

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5045437号
(P5045437)

(45) 発行日 平成24年10月10日 (2012.10.10)

(24) 登録日 平成24年7月27日 (2012.7.27)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 5 D
GO 3 F 7/20 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 6 F
	GO 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 22 (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2007-522300 (P2007-522300)	(73) 特許権者	000004112
(86) (22) 出願日	平成18年6月20日 (2006.6.20)		株式会社ニコン
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/312347		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(87) 国際公開番号	W02006/137410	(74) 代理人	100064908
(87) 国際公開日	平成18年12月28日 (2006.12.28)		弁理士 志賀 正武
審査請求日	平成21年6月22日 (2009.6.22)	(72) 発明者	長橋 良智
(31) 優先権主張番号	特願2005-180443 (P2005-180443)		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
(32) 優先日	平成17年6月21日 (2005.6.21)	(72) 発明者	中野 勝志
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		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
(31) 優先権主張番号	特願2005-214317 (P2005-214317)		
(32) 優先日	平成17年7月25日 (2005.7.25)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

審査官 岩本 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を露光する露光装置において、
露光光の光路空間に液体を供給する供給口と、
イオン化されたイオン液体を前記供給口に供給する液体供給装置と、を備え、
前記液体供給装置は、液体をイオン化して前記イオン液体を生成するイオン液体生成装置を有する露光装置。

【請求項 2】

基板を露光する露光装置において、
露光光の光路空間に液体を供給する供給口と、
イオン化されたイオン液体を前記供給口に供給する液体供給装置と、を備え、
前記液体供給装置は、陽イオン液体と陰イオン液体とのそれぞれを供給する露光装置。

【請求項 3】

前記供給口に対して前記陽イオン液体を流す第1流路と、前記陰イオン液体を流す第2流路とをさらに備えた請求項2記載の露光装置。

【請求項 4】

前記供給口近傍に設けられ、前記第1流路を流れた陽イオン液体と前記第2流路を流れた陰イオン液体とを混合する混合装置と、

前記混合装置と前記供給口とを接続する第3流路と、をさらに備え、

前記混合装置で生成された液体が前記第3流路を介して前記供給口に供給される請求項

3 記載の露光装置。

【請求項 5】

イオン化されていない非イオン液体を前記混合装置に供給する第 4 流路をさらに備え、
前記混合装置で生成された液体が前記第 3 流路を介して前記供給口に供給される請求項

4 記載の露光装置。

【請求項 6】

基板を露光する露光装置において、

露光光の光路空間に液体を供給する供給口と、

イオン化されたイオン液体を前記供給口に供給する液体供給装置と、を備え、

前記供給口に対して前記イオン液体を流す流路と、イオン化されていない非イオン液体
を流す流路とをさらに備えた露光装置。

10

【請求項 7】

前記供給口近傍に設けられ、前記イオン液体を流す流路を流れたイオン液体と前記非イ
オン液体を流す流路を流れた非イオン液体とを混合する混合装置と、

前記混合装置と前記供給口とを接続する流路と、をさらに備え、

前記混合装置で生成された液体が、前記混合装置と前記供給口とを接続する流路を介し
て前記供給口に供給される請求項 6 記載の露光装置。

【請求項 8】

前記混合装置に供給される前記非イオン液体の量は、前記イオン液体の量よりも多い請
求項 5 又は 7 記載の露光装置。

20

【請求項 9】

前記非イオン液体の帯電状態に応じて、前記混合装置における混合動作を制御する制御
装置をさらに備えた請求項 5、7、8 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 10】

基板を露光する露光装置において、

露光光の光路空間に陽イオン液体を供給する第 1 供給口と、

前記光路空間に陰イオン液体を供給する第 2 供給口と、を備えた露光装置。

【請求項 11】

前記第 1 供給口と前記第 2 供給口を有するノズル部材を備え、

前記陽イオン液体と前記陰イオン液体は前記ノズル部材の内部で混合された後で、前記
光路空間に供給される請求項 10 記載の露光装置。

30

【請求項 12】

基板を露光する露光装置において、

露光光の光路空間にイオン化されたイオン液体を供給する第 1 供給口と、

前記光路空間にイオン化されていない非イオン液体を供給する第 2 供給口と、を備えた
露光装置。

【請求項 13】

前記第 1 供給口と前記第 2 供給口を有するノズル部材を備え、

前記イオン液体と前記非イオン液体は前記ノズル部材の内部で混合された後で、前記光
路空間に供給される請求項 12 記載の露光装置。

40

【請求項 14】

前記液体は、水を含む請求項 1 ～ 13 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 15】

請求項 1 ～ 請求項 14 のいずれか一項記載の露光装置を用いるデバイス製造方法。

【請求項 16】

基板を露光する露光方法において、

露光光の光路空間に対してイオン化されたイオン液体を供給する動作と、

前記光路空間に満たされた液体を介して前記基板上に前記露光光を照射する動作と、

前記光路空間に対して陽イオン液体と陰イオン液体とのそれぞれを供給する動作と、を
含み、

50

前記陽イオン液体と前記陰イオン液体とを前記光路空間に供給する直前に混合する露光方法。

【請求項 17】

基板を露光する露光方法において、
露光光の光路空間に対してイオン化されたイオン液体を供給する動作と、
前記光路空間に満たされた液体を介して前記基板上に前記露光光を照射する動作と、
前記光路空間に対して陽イオン液体と陰イオン液体とのそれぞれを供給する動作と、を
含み、
前記陽イオン液体と前記陰イオン液体とを前記光路空間で混合する露光方法。

【請求項 18】

基板を露光する露光方法において、
露光光の光路空間に対してイオン化されたイオン液体を供給する動作と、
前記光路空間に満たされた液体を介して前記基板上に前記露光光を照射する動作と、
前記光路空間に対してイオン化されていない非イオン液体を供給する動作と、を含む露
光方法。

【請求項 19】

基板を露光する露光方法において、
露光光の光路空間に対してイオン化されたイオン液体を供給する動作と、
前記光路空間に満たされた液体を介して前記基板上に前記露光光を照射する動作と、
前記光路空間に対してイオン化されていない非イオン液体を供給する動作と、を含み、
前記イオン液体と前記非イオン液体とを前記光路空間に供給する直前に混合する露光方
法。

【請求項 20】

基板を露光する露光方法において、
露光光の光路空間に対してイオン化されたイオン液体を供給する動作と、
前記光路空間に満たされた液体を介して前記基板上に前記露光光を照射する動作と、
前記光路空間に対してイオン化されていない非イオン液体を供給する動作と、を含み、
前記イオン液体と前記非イオン液体とを前記光路空間で混合する露光方法。

【請求項 21】

前記液体は、水を含む請求項 16～20 のいずれか一項記載の露光方法。

【請求項 22】

請求項 16～請求項 21 のいずれか一項記載の露光方法を用い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、露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法に関するものである。

本願は、2005年6月21日に出願された特願2005-180443号、及び2005年7月25日に出願された特願2005-214317号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイス等のマイクロデバイス（電子デバイスなど）の製造工程の一つであるフォトリソグラフィ工程では、マスクのパターン像を感光性の基板上に露光する露光装置が用いられる。マイクロデバイスの製造においては、デバイスの高密度化のために、基板上に形成されるパターンの微細化が要求されている。この要求に応えるために露光装置の更なる高解像度化が望まれており、その高解像度化を実現するための手段の一つとして、下記特許文献に開示されているような、露光光の光路空間を液体で満たし、その液体を介して基板上に露光光を照射して基板を露光する液浸露光装置が案出されている。

【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】

【0003】

露光光の光路空間に満たされる液体が帯電していると、露光装置の性能が劣化したり、あるいは製造されるデバイスの性能が劣化する不都合が生じる可能性がある。例えば、液体が帯電していると、基板の周囲に配置される電気機器が誤作動したり、あるいは、基板上に形成されるパターンが劣化する可能性がある。

【0004】

また、基板上にパターンを形成するために液体を介して基板を露光する際、露光光の光路に満たされる液体中に気泡が存在すると、基板上に形成されるパターンに欠陥が生じる等、露光不良が発生し、製造されるデバイスの性能の劣化をもたらす可能性がある。

10

【0005】

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、基板を良好に露光することができる露光装置及び露光方法を提供することを目的とする。また、露光装置の性能の劣化を抑制できるメンテナンス方法を提供することを目的とする。また、所望の性能を有するデバイスを製造できるデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す各図に対応付けした以下の構成を採用している。但し、各要素に付した括弧付き符号はその要素の例示に過ぎず、各要素を限定するものではない。

20

【0007】

本発明の第1の態様に従えば、基板（P）を露光する露光装置において、露光光（EL）の光路空間（K）に液体（2）を供給する供給口（8）と、イオン化されたイオン液体（2A、2B）を供給口（8）に供給する液体供給装置（10）とを備えた露光装置（EX）が提供される。

【0008】

本発明の第1の態様によれば、イオン化されたイオン液体を供給することで、帯電した液体が露光光の光路空間に満たされることを防止することができる。

【0009】

本発明の第2の態様に従えば、基板（P）を露光する露光装置において、露光光（EL）の光路空間（K）に陽イオン液体（2A）を供給する第1供給口（8A）と、光路空間（K）に陰イオン液体（2B）を供給する第2供給口（8B）とを備えた露光装置（EX）が提供される。

30

【0010】

本発明の第2の態様によれば、陽イオン液体と陰イオン液体とを供給することで、帯電した液体が露光光の光路空間に満たされることを防止することができる。

【0011】

本発明の第3の態様に従えば、基板（P）を露光する露光装置において、露光光（EL）の光路空間（K）にイオン化されたイオン液体（2A、2B）を供給する第1供給口（8A）と、光路空間（K）にイオン化されていない非イオン液体（2P）を供給する第2供給口（8B）とを備えた露光装置（EX）が提供される。

40

【0012】

本発明の第3の態様によれば、イオン液体と非イオン液体とを供給することで、帯電した液体が露光光の光路空間に満たされることを防止することができる。

【0013】

本発明の第4の態様に従えば、基板（P）を露光する露光装置において、露光光（EL）の光路空間（K）を液体（2）で満たすための液浸装置（1）と、液体（2）に接触する所定部材（FL、6）をイオン化したイオン液体（2A、2B）で洗浄する洗浄装置（1）とを備えた露光装置（EX）が提供される。

【0014】

50

本発明の第４の態様によれば、所定部材をイオン液体で洗浄することによって、露光装置の性能の劣化を抑制することができる。

【００１５】

本発明の第５の態様に従えば、上記態様の露光装置（ＥＸ）を用いるデバイス製造方法が提供される。

【００１６】

本発明の第５の態様によれば、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

【００１７】

本発明の第６の態様に従えば、基板（Ｐ）を露光する露光方法において、露光光（ＥＬ）の光路空間（Ｋ）に対してイオン化されたイオン液体（２Ａ、２Ｂ）を供給する動作と、光路空間（Ｋ）に満たされた液体（２）を介して基板（Ｐ）上に露光光（ＥＬ）を照射する動作とを含む露光方法が提供される。

10

【００１８】

本発明の第６の態様によれば、イオン化されたイオン液体を供給することで、帯電した液体が露光光の光路空間に満たされることを防止することができる。

【００１９】

本発明の第７の態様に従えば、上記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。

【００２０】

本発明の第７の態様によれば、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

20

【００２１】

本発明の第８の態様に従えば、基板（Ｐ）を露光する露光装置（ＥＸ）のメンテナンス方法において、露光光（ＥＬ）の光路空間（Ｋ）に満たされる液体（２）に接触する所定部材（ＦＬ）をイオン化したイオン液体（２Ａ）で洗浄する動作を含むメンテナンス方法が提供される。

【００２２】

本発明の第８の態様によれば、所定部材をイオン液体で洗浄することによって、露光装置の性能の劣化を抑制することができる。

【００２３】

本発明の第９の態様に従えば、基板（Ｐ）を露光する露光装置において、露光光（ＥＬ）の光路空間（Ｋ）を液体（２）で満たす液浸機構（６など）と、液体（２）中に生じた気泡の帯電を防止する帯電防止装置（例えば１４）と、を備えた露光装置（ＥＸ）が提供される。

30

【００２４】

本発明の第９の態様によれば、液体中に気泡が生成された場合でも、その気泡の液体中での縮小、消滅を妨げる帯電が防止されているので、液体中の気泡に起因する露光不良の発生を抑え、基板を良好に露光することができる。

【図面の簡単な説明】

【００３７】

【図１】第１実施形態に係る露光装置の概略構成図である。

40

【図２】ノズル部材を下から見た図である。

【図３】第１実施形態に係る液体供給系を説明するための図である。

【図４】イオン水生成装置の一例を説明するための模式図である。

【図５Ａ】基板の一例を示す図である。

【図５Ｂ】基板の一例を示す図である。

【図６】除電装置の一例を説明するための図である。

【図７】第２実施形態に係る液体供給系を説明するための図である。

【図８】第３実施形態に係る液体供給系を説明するための図である。

【図９】第４実施形態に係る液体供給系を説明するための図である。

【図１０Ａ】第５実施形態に係る液体供給系を説明するための図である。

50

【図 10 B】第 5 実施形態に係る液体供給系を説明するための図である。
 【図 10 C】第 5 実施形態に係る液体供給系を説明するための図である。
 【図 11】第 6 実施形態に係る液体供給系を説明するための図である。
 【図 12】第 7 実施形態に係る動作を説明するための図である。
 【図 13】第 8 実施形態に係る露光装置を説明するための図である。
 【図 14】第 9 実施形態に係る露光装置を示す概略構成図である。
 【図 15】第 9 実施形態に係る液体供給系を説明するための図である。
 【図 16】脱気装置の一例を説明するための図である。
 【図 17】気泡が帯電している様子を説明するための模式図である。
 【図 18】第 10 実施形態に係る露光装置を示す図である。
 【図 19】第 11 実施形態に係る液体供給系を説明するための図である。
 【図 20】第 12 実施形態に係る液体供給系を説明するための図である。
 【図 21】イオン水生成装置の一例を説明するための図である。
 【図 22】第 13 実施形態に係る露光装置を示す図である。
 【図 23】マイクロデバイスの製造工程の一例を説明するためのフローチャート図である。

10

【符号の説明】

【0038】

1…液浸システム（液浸装置、洗浄装置）、2…液体、2A…アノード水（陽イオン液体）、2B…カソード水（陰イオン液体）、2P…超純水（非イオン液体）、6…ノズル部材（流路形成部材）、7…制御装置、8（8A～8D）…供給口、10…液体供給系（液体供給装置）、12…イオン水生成装置（イオン液体生成装置）、13…供給管系、14…混合装置、114…除電フィルタ、116…脱気装置、117…イオン水生成装置、119…導電性部材、150…混合装置、151…二酸化炭素供給装置、154…混合装置、EL…露光光、EX…露光装置、FL…最終光学素子（光学部材）、FL2…境界光学素子（光学部材）、K（K2）…光路空間、P…基板

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

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が、本発明はこれに限定されない。なお、以下の説明においては、XYZ直交座標系を設定し、このXYZ直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。水平面内における所定方向をX軸方向、水平面内においてX軸方向と直交する方向をY軸方向、X軸方向及びY軸方向のそれぞれに直交する方向（すなわち鉛直方向）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、 θX 、 θY 、及び θZ 方向とする。

30

【0040】

<第1実施形態>

第1実施形態について説明する。図1は第1実施形態に係る露光装置EX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を保持して移動可能なマスクステージ3と、基板Pを保持して移動可能な基板ステージ4と、マスクステージ3に保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のパターン像を基板P上に投影する投影光学系PLと、露光装置EX全体の動作を制御する制御装置7とを備えている。なお、ここでの基板は半導体ウエハ等の基材上に感光材（フォトリソグ）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。なお、本実施形態においては、マスクとして透過型のマスクを用いるが、反射型のマスクを用いてもよい。

40

【0041】

本実施形態の露光装置EXは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、少なくとも投影光学系PLの像面側の露光光ELの光路空間Kを液体2で満たす液浸システム1を備えている。液浸システム1の動作は制御装置7に制御される。露光装置EXは、少なくと

50

もマスクMのパターン像を基板Pに露光している間、液浸システム1を使って、露光光ELの光路空間Kを液体2で満たす。露光装置EXは、投影光学系PLと光路空間Kに満たされた液体2とを介してマスクMを通過した露光光ELを基板P上に照射することによって、マスクMのパターン像を基板P上に露光する。また、本実施形態の露光装置EXは、光路空間Kに満たされた液体2が、投影光学系PLの投影領域ARを含む基板P上の一部の領域に、投影領域ARよりも大きく且つ基板Pよりも小さい液体2の液浸領域LRを局所的に形成する局所液浸方式を採用している。

【0042】

なお、本実施形態においては、主に液浸領域LRは基板P上に形成される場合について説明するが、投影光学系PLの像面側において、投影光学系PLの複数の光学素子のうち、投影光学系PLの像面に最も近い最終光学素子FLと対向する位置に配置された物体上、例えば基板ステージ4の一部等にも液浸領域LRを形成可能である。

10

【0043】

照明光学系ILは、マスクM上の所定の照明領域を均一な照度分布の露光光ELで照明するものである。照明光学系ILから射出される露光光ELとしては、例えば水銀ランプから射出される輝線（g線、h線、i線）及びKrFエキシマレーザ光（波長248nm）等の遠紫外光（DUV光）、ArFエキシマレーザ光（波長193nm）及びF₂レーザ光（波長157nm）等の真空紫外光（VUV光）などが用いられる。本実施形態においてはArFエキシマレーザ光が用いられる。

【0044】

20

マスクステージ3は、リニアモータ等のアクチュエータを含むマスクステージ駆動装置3Dの駆動により、マスクMを保持した状態で、X軸、Y軸、及びθZ方向に移動可能である。マスクステージ3（ひいてはマスクM）の位置情報はレーザ干渉計3Lによって計測される。レーザ干渉計3Lはマスクステージ3上に設けられた移動鏡3Kを用いてマスクステージ3の位置情報を計測する。制御装置7は、レーザ干渉計3Lの計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置3Dを駆動し、マスクステージ3に保持されているマスクMの位置制御を行う。

【0045】

なお、移動鏡3Kは平面鏡のみでなくコーナーキューブ（レトロリフレクタ）を含むものとしてもよいし、移動鏡3Kをマスクステージ3に固設する代わりに、例えばマスクステージ3の端面（側面）を鏡面加工して形成される反射面を用いてもよい。また、マスクステージ3は、例えば特開平8-130179号公報（対応米国特許第6,721,034号）に開示される粗微動可能な構成としてもよい。

30

【0046】

投影光学系PLは、マスクMのパターン像を所定の投影倍率で基板Pに投影するものであって、複数の光学素子を有しており、それら光学素子は鏡筒PKで保持されている。本実施形態の投影光学系PLは、その投影倍率が例えば1/4、1/5、1/8等の縮小系であり、前述の照明領域と共役な投影領域ARにマスクパターンの縮小像を形成する。なお、投影光学系PLは縮小系、等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、投影光学系PLは、反射光学素子を含まない屈折系、屈折光学素子を含まない反射系、反射光学素子と屈折光学素子とを含む反射屈折系のいずれであってもよい。また、投影光学系PLは、倒立像と正立像とのいずれを形成してもよい。また本実施形態においては、投影光学系PLの複数の光学素子のうち、投影光学系PLの像面に最も近い最終光学素子FLのみが光路空間Kの液体2と接触する。

40

【0047】

基板ステージ4は、基板Pを保持する基板ホルダ4Hを有しており、ベース部材5上で、基板ホルダ4Hに基板Pを保持して移動可能である。基板ホルダ4Hは、基板ステージ4上に設けられた凹部4Rに配置されており、基板ステージ4のうち凹部4R以外の上面4Fは、基板ホルダ4Hに保持された基板Pの表面とほぼ同じ高さ（面一）になるような平坦面となっている。これは、例えば基板Pの露光動作時、液浸領域LRの一部が基板P

50

の表面からはみ出して上面 4 F に形成されるためである。なお、基板ステージ 4 の上面 4 F の一部、例えば基板 P を囲む所定領域（液浸領域 L R がはみ出す範囲を含む）のみ、基板 P の表面とほぼ同じ高さとしてもよい。また、投影光学系 P L の像面側の光路空間 K を液体 2 で満たし続けることができる（即ち、液浸領域 L R を良好に保持できる）ならば、基板ホルダ 4 H に保持された基板 P の表面と基板ステージ 4 の上面 4 F との間に段差があってもよい。さらに、基板ホルダ 4 H を基板ステージ 4 の一部と一体に形成してもよいが、本実施形態では基板ホルダ 4 H と基板ステージ 4 とを別々に構成し、例えば真空吸着などによって基板ホルダ 4 H を凹部 4 R に固定している。

【0048】

基板ステージ 4 は、リニアモータ等のアクチュエータを含む基板ステージ駆動装置 4 D の駆動により、基板 P を保持した状態で、X 軸、Y 軸、Z 軸、 θX 、 θY 、及び θZ 方向の 6 自由度の方向に移動可能である。基板ステージ 4（ひいては基板 P）の位置情報はレーザ干渉計 4 L によって計測される。レーザ干渉計 4 L は基板ステージ 4 に設けられた移動鏡 4 K を用いて基板ステージ 4 の X 軸、Y 軸、及び θZ 方向に関する位置情報を計測する。また、基板ステージ 4 に保持されている基板 P の表面の面位置情報（Z 軸、 θX 、及び θY 方向に関する位置情報）は、不図示のフォーカス・レベリング検出系によって検出される。制御装置 7 は、レーザ干渉計 4 L の計測結果及びフォーカス・レベリング検出系の検出結果に基づいて基板ステージ駆動装置 4 D を駆動し、基板ステージ 4 に保持されている基板 P の位置制御を行う。

【0049】

なお、レーザ干渉計 4 L は基板ステージ 4 の Z 軸方向の位置、及び θX 、 θY 方向の回転情報をも計測可能としてよく、その詳細は、例えば特表 2001-510577 号公報（対応国際公開第 1999/28790 号パンフレット）に開示されている。さらに、移動鏡 4 K を基板ステージ 4 に固設する代わりに、例えば基板ステージ 4 の一部（側面など）を鏡面加工して形成される反射面を用いてもよい。

【0050】

また、フォーカス・レベリング検出系はその複数の計測点でそれぞれ基板 P の Z 軸方向の位置情報を計測することで、基板 P の θX 及び θY 方向の傾斜情報（回転角）を検出するものであるが、この複数の計測点はその少なくとも一部が液浸領域 L R（又は投影領域 A R）内に設定されてもよいし、あるいはその全てが液浸領域 L R の外側に設定されてもよい。さらに、例えばレーザ干渉計 4 L が基板 P の Z 軸、 θX 及び θY 方向の位置情報を計測可能であるときは、基板 P の露光動作中にその Z 軸方向の位置情報が計測可能となるようにフォーカス・レベリング検出系を設けなくてもよく、少なくとも露光動作中はレーザ干渉計 4 L の計測結果を用いて Z 軸、 θX 及び θY 方向に関する基板 P の位置制御を行うようにしてもよい。

【0051】

次に、液浸システム 1 について説明する。液浸システム 1 は、投影光学系 P L の最終光学素子 F L と、投影光学系 P L の像面側において、最終光学素子 F L に対向する位置に配置された基板 P との間の露光光 E L の光路空間 K を液体 2 で満たす。本実施形態においては、液体 2 として水（純水）を用いる。

【0052】

液浸システム 1 は、露光光 E L の光路空間 K に対して所定位置に設けられ、露光光 E L の光路空間 K に液体 2 を供給する供給口 8、及び液体 2 を回収する回収口 9 を有するノズル部材 6 と、供給口 8 に液体 2 を供給する液体供給系 10 と、回収口 9 を介して液体 2 を回収する液体回収系 20 とを備えている。制御装置 7 は、液浸システム 1 を制御して、供給口 8 を介した液体 2 の供給動作と回収口 9 を介した液体 2 の回収動作とを並行して行うことで、露光光 E L の光路空間 K を液体 2 で満たし、基板 P 上の一部の領域に液体 2 の液浸領域 L R を局所的に形成する。

【0053】

液体供給系 10 は、超純水 2 P を製造する超純水製造装置 11 と、超純水製造装置 11

10

20

30

40

50

で生成された超純水 2 P をイオン化してイオン水 2 A、2 B を生成するイオン水生成装置 1 2 と、イオン水生成装置 1 2 で生成されたイオン水 2 A、2 B をノズル部材 6 の供給口 8 に供給する供給管系 1 3 とを備えている。ノズル部材 6 の内部には、供給口 8 と供給管系 1 3 とを接続する内部流路（供給流路）が形成されている。液体 2 が流れるノズル部材 6 の供給流路は、供給口 8 を介して光路空間 K に接続されている。また、不図示ではあるが、液体供給系 1 0 は、供給する液体 2 の温度を調整する温度調整装置、供給する液体 2 中の気体成分を低減する脱気装置、及び液体 2 中の異物を取り除くフィルタユニット等も備えており、クリーンで温度調整された液体 2 を供給可能である。

【0054】

液体回収系 2 0 は、ノズル部材 6 の回収口 9、及び回収管系 2 3 を介して液体 2 を吸引回収する真空ポンプ等の真空系を含む吸引装置 2 1 を備えている。ノズル部材 6 の内部には、回収口 9 と回収管系 2 3 とを接続する内部流路（回収流路）が形成されている。液体 2 が流れるノズル部材 6 の回収流路は、回収口 9 を介して光路空間 K に接続されている。

【0055】

なお、液体供給系 1 0 あるいは液体回収系 2 0 の少なくとも一部を構成する機器を、露光装置 E X が設置される工場等の設備で代用してもよい。

【0056】

ノズル部材 6 は、投影光学系 P L の光学素子のうち、投影光学系 P L の像面に最も近い最終光学素子 F L を囲むように環状に形成されている。本実施形態においては、液体 2 を供給する供給口 8 及び液体 2 を回収する回収口 9 はノズル部材 6 の下面 6 A に形成されている。

【0057】

図 2 はノズル部材 6 を下面 6 A 側から見た図である。ノズル部材 6 は投影光学系 P L の像面側に配置される少なくとも 1 つの光学素子（本例では、最終光学素子 F L）を囲むように設けられた環状部材である。供給口 8（8 A～8 D）は、ノズル部材 6 の下面 6 A において、投影光学系 P L の最終光学素子 F L（光路空間 K）を囲むように、複数の所定位置のそれぞれに設けられている。本実施形態においては、ノズル部材 6 には 4 つの供給口 8 A～8 D が設けられている。供給口 8 A～8 D のそれぞれは、平面視において円弧状のスリット状に形成されている。

【0058】

また、回収口 9 は、ノズル部材 6 の下面 6 A において、最終光学素子 F L に対して供給口 8 よりも外側に設けられており、最終光学素子 F L 及び供給口 8 を囲むように環状に設けられている。なお本実施形態においては、回収口 9 には、例えばチタン製またはステンレス鋼（例えば S U S 3 1 6）製のメッシュ部材、あるいはセラミックス製の多孔体等からなる多孔部材 9 T が配置されている。

【0059】

本実施形態においては、液浸システム 1 は、多孔部材 9 T の各孔の径、多孔部材 9 T と液体 2 との接触角、及び液体 2 の表面張力などに応じて、ノズル部材 6 の内部に設けられた回収流路の圧力と外部空間（大気空間）の圧力との差（多孔部材 9 T の一方の面側の圧力と他方の面側の圧力との差）を最適化することによって、回収口 9（多孔部材 9 T）を介して液体 2 のみを回収するように設けられている。具体的には、液浸システム 1 は、吸引装置 2 1 による回収流路に対する吸引力を制御して、回収流路の圧力を最適化することによって、液体 2 のみを回収する。これにより、液体 2 と気体とを一緒に吸引すること起因する振動の発生が抑制されている。

【0060】

制御装置 7 は、液浸システム 1 を制御して、供給口 8 を介した液体 2 の供給動作と回収口 9 を介した液体 2 の回収動作とを並行して行うことで、光路空間 K を液体 2 で満たし、基板 P 上の一部の領域に液体 2 の液浸領域 L R を局所的に形成する。

【0061】

図 3 は液体供給系 1 0 を説明するための図である。図 3 において、液体供給系 1 0 は、

10

20

30

40

50

超純水 2 P を製造する超純水製造装置 1 1 と、超純水製造装置 1 1 で生成された超純水 2 P をイオン化してイオン水 2 A、2 B を生成するイオン水生成装置 1 2 と、イオン水生成装置 1 2 で生成されたイオン水 2 A、2 B をノズル部材 6 の供給口 8 に供給する供給管系 1 3 とを備えている。供給管系 1 3 は、接続管 1 3 P と、第 1 供給管 1 3 A と、第 2 供給管 1 3 B と、第 3 供給管 1 3 C と、第 4 供給管 1 3 D とを備えている。ノズル部材 6 の内部には、供給口 8 と供給管系 1 3 (第 3 供給管 1 3 C) とを接続する内部流路 (供給流路) 8 L が形成されている。

【0062】

超純水製造装置 1 1 は、水をクリーン化して超純水 2 P を製造する。超純水製造装置 1 1 によって製造された超純水 2 P は、接続管 1 3 P を介してイオン水生成装置 1 2 に送られる。

10

【0063】

イオン水生成装置 1 2 は、超純水 2 P をイオン化して、陽イオン水 2 A と陰イオン水 2 B とを生成する。以下の説明においては、陽イオン水 2 A を適宜、アノード水 2 A と称し、陰イオン水 2 B を適宜、カソード水 2 B と称する。イオン化する前の超純水 2 P と比較して、アノード水 2 A は水素イオン (H^+) を多く含み、カソード水 2 B は水酸イオン (OH^-) を多く含む。

【0064】

図 4 はイオン水生成装置 1 2 の一例を示す模式図である。イオン水生成装置 1 2 は、超純水 2 P が供給される電解槽 3 0 を有している。電解槽 3 0 の内部は、隔膜 (イオン交換膜) 3 6、3 7 によって、第 1、第 2、第 3 室 3 1、3 2、3 3 に仕切られている。超純水 2 P は、第 1、第 2、第 3 室 3 1、3 2、3 3 のそれぞれに供給される。第 1 室 3 1 には陽極 3 4 が配置され、第 2 室 3 2 には陰極 3 5 が配置されている。第 3 室 3 3 は、第 1 室 3 1 と第 2 室 3 2 との間に設けられており、例えばイオン交換樹脂が充填されている。第 1、第 2、第 3 室 3 1、3 2、3 3 に超純水 2 P を供給し、陽極 3 4 及び陰極 3 5 に電圧を印加することによって、第 1 室 3 1 においてはアノード水 2 A が生成され、第 2 室 3 2 においてはカソード水 2 B が生成される。このように、イオン水生成装置 1 2 は、超純水 2 P を電気分解することによって、電解イオン水 2 A、2 B を生成することができる。なお、電解槽 3 0 に供給される超純水 2 P あるいは電解槽 3 0 から送出されたイオン水に所定の電解質を添加するようにしてもよい。なお、図 4 に示すイオン水生成装置 1 2 は一例であり、イオン水 2 A、2 B を生成可能であれば、任意の構成を採用することができる。

20

30

【0065】

図 3 に戻って、液体供給系 1 0 は、供給口 8 に対してイオン水生成装置 1 2 で生成されたアノード水 2 A を流す第 1 供給管 1 3 A と、カソード水 2 B を流す第 2 供給管 1 3 B とを備えている。また、液体供給系 1 0 は、第 1 供給管 1 3 A を流れたアノード水 2 A と、第 2 供給管 1 3 B を流れたカソード水 2 B とを混合する混合装置 1 4 を備えている。混合装置 1 4 は、供給口 8 を有するノズル部材 6 の近傍に設けられている。混合装置 1 4 とノズル部材 6 の内部に設けられた供給流路 8 L とは第 3 供給管 1 3 C を介して接続されている。したがって、供給口 8 と混合装置 1 4 とは、第 3 供給管 1 3 C 及び供給流路 8 L を介して接続されている。混合装置 1 4 で生成された液体 2 は、第 3 供給管 1 3 C 及び供給流路 8 L を介して供給口 8 に供給される。このように、液体供給系 1 0 は、第 1、第 2 供給管 1 3 A、1 3 B を含む供給管系 1 3 を用いて、アノード水 2 A とカソード水 2 B とのそれぞれを、混合装置 1 4 を介して、供給口 8 に供給する。光路空間 K には、供給管系 1 3 によって供給口 8 に供給された液体 2 が、その供給口 8 より供給される。

40

【0066】

また、液体供給系 1 0 は、超純水製造装置 1 1 と混合装置 1 4 とを接続する第 4 供給管 1 3 D を備えている。第 4 供給管 1 3 D は、超純水製造装置 1 1 で製造され、イオン化されていない超純水 2 P を混合装置 1 4 に供給する。

【0067】

50

また、第1供給管13Aの途中には、イオン水生成装置12で生成され、混合装置14に供給されるアノード水2Aの量（単位時間当たりの供給量）を調整する調整機構15Aが設けられている。同様に、第2供給管13Bの途中には、イオン水生成装置12で生成され、混合装置14に供給されるカソード水2Bの量（単位時間当たりの供給量）を調整する調整機構15Bが設けられている。また、第4供給管13Dの途中には、超純水製造装置11で製造され、混合装置14に供給される超純水2Pの量（単位時間当たりの供給量）を調整する調整機構15Dが設けられている。調整機構15A、15B、15Dは、例えばバルブ機構を含む。

【0068】

混合装置14は、第1供給管13A、第2供給管13B、及び第4供給管13Dのそれぞれを介して供給されたアノード水2A、カソード水2B、及び超純水2Pを混合する。混合装置14で生成された液体2は、第3供給管13C及びノズル部材6に形成された供給流路8Lを介して供給口8に供給される。光路空間Kには、供給管系13によって供給口8に供給された液体2が、その供給口8より供給される。

【0069】

本実施形態では、混合装置14で生成され、供給口8（光路空間K）に供給される液体を適宜、混合水2（又は液体2）と称する。

【0070】

本実施形態においては、供給管系13の各管13A、13B、13C、13D、13Pは、例えばポリ四フッ化エチレン（テフロン（登録商標））を含む材料によって形成されている。ポリ四フッ化エチレンは、液体（水）に不純物（溶出物）を溶出し難い材料、すなわち液体（水）を汚染し難い材料であるため、供給管系13を流れる液体は、汚染されることなく、供給口8に供給される。

【0071】

また、供給流路8Lには、液体2に帯電している静電気を取り除くためのフィルタ16が設けられている。以下の説明においては、帯電している液体を電氣的に中和して、その液体に帯電している電気（静電気）を取り除くことを適宜、除電と称し、静電気を取り除くフィルタ16を適宜、除電フィルタ16と称する。

【0072】

除電フィルタ16は、導電性の発泡金属によって構成されており、不図示のアース線を介して接地（アース）されている。導電性の発泡金属は、例えば多孔質の銅、アルミニウム等で構成されている。なお、除電フィルタ16は、導電性の網状部材で構成されていてもよい。

【0073】

なお、図3では供給流路8Lを簡略化しているが、供給流路8Lは、複数の供給口8（8A～8D）のそれぞれに接続するように複数設けられており、それら供給流路8Lのそれぞれに除電フィルタ16が設けられている。本実施形態においては、ノズル部材6の内部には、供給管系13の第3供給管13Cの下端部に接続する主流路と、主流路から各供給口8A～8Dに向かって分岐するように設けられた複数の分岐流路とが設けられており、除電フィルタ16は、その複数の分岐流路のそれぞれに設けられている。

【0074】

次に、上述の構成を有する露光装置EXを用いて基板Pを露光する方法について説明する。

【0075】

制御装置7は、基板Pを液浸露光するために、液浸システム1を駆動する。超純水製造装置11で生成された超純水2Pは、接続管13Pを介してイオン水生成装置12に供給される。イオン水生成装置12は、超純水2Pをイオン化して、アノード水2Aとカソード水2Bとのそれぞれを生成する。

【0076】

イオン水生成装置12で生成されたアノード水2A及びカソード水2Bは、第1供給管

10

20

30

40

50

1 3 A 及び第 2 供給管 1 3 B を介して混合装置 1 4 に供給される。また、超純水製造装置 1 1 で生成された超純水 2 P は、第 4 供給管 1 3 D を介して混合装置 1 4 に供給される。

【0077】

ここで、制御装置 7 は、調整機構 1 5 A、1 5 B、1 5 D を用いて、第 4 供給管 1 3 D を介して混合装置 1 4 に供給される超純水 2 P の量を、第 1、第 2 供給管 1 3 A、1 3 B を介して混合装置 1 4 に供給されるイオン水 2 A、2 B の量よりも多くする。すなわち、本実施形態においては、混合装置 1 4 に供給された超純水 2 P に対して、少量のイオン水 2 A、2 B が添加される。混合装置 1 4 は、第 1 供給管 1 3 A、第 2 供給管 1 3 B、及び第 4 供給管 1 3 D のそれぞれを介して供給されたアノード水 2 A、カソード水 2 B、及び超純水 2 P を混合し、混合水 2 を生成する。

10

【0078】

超純水 2 P は、電気的な絶縁性が高く、例えばその比抵抗は $18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 程度である。そのため、超純水 2 P は、第 4 供給管 1 3 D を流れる間に、第 4 供給管 1 3 D との摩擦、管内に設けられたオリフィスで発生するキャビテーションなどによって、帯電し易い（静電気を帯びやすい）。一方、イオン水 2 A、2 B は導電性を有しているため、第 1、第 2 供給管 1 3 A、1 3 B を流れても、帯電し難い。液体供給系 1 0 は、第 4 供給管 1 3 D を流れる超純水 2 P が帯電した場合でも、その超純水 2 P を混合装置 1 4 においてイオン水 2 A、2 B と混合することにより、超純水 2 P をイオン水 2 A、2 B によって電氣的に中和して、超純水 2 P に帯電していた静電気を取り除く（除電）することができる。

【0079】

20

混合装置 1 4 で生成され、除電された混合水（液体）2 は、第 3 供給管 1 3 C 及びノズル部材 6 に形成された供給流路 8 L を介して供給口 8 に供給される。混合装置 1 4 で生成された液体 2 は、第 3 供給管 1 3 C 及び／又は供給流路 8 L を流れるが、混合装置 1 4 は供給口 8（ノズル部材 6）の近傍に設けられており、液体供給系 1 0 は、混合装置 1 4 を用いて、イオン水 2 A、2 B と超純水 2 P とを光路空間 K に供給する直前に混合している。すなわち、混合装置 1 4 と供給口 8 との間の流路の長さは僅かである。したがって、混合装置 1 4 において除電された後の液体 2 が、第 3 供給管 1 3 C 及び供給流路 8 L を流れている間に、再び帯電することが抑制されている。

【0080】

また、本実施形態においては、供給流路 8 L の途中には、液体 2 の除電を行う除電装置として機能する除電フィルタ 1 6 が設けられている。発泡金属等からなる除電フィルタ 1 6 を液体 2 が通過すると、液体 2 に帯電していた静電気は、除電フィルタ 1 6 により回収されて、アース線により大地に放電される。つまり、除電フィルタ 1 6 によって液体 2 の除電を行うことができる。そのため、第 3 供給管 1 3 C 及び／又は供給流路 8 L を流れる液体 2 が仮に帯電していても、除電フィルタ 1 6 を用いて液体 2 を除電することができる。

30

【0081】

そして、除電された液体 2 が供給口 8 に供給されることにより、供給口 8 からは光路空間 K に対して除電された液体 2 が供給されることとなる。光路空間 K は、静電気を帯びていない液体 2 で満たされる。制御装置 7 は、その光路空間 K に満たされた液体 2 を介して基板 P 上に露光光 E L を照射することによって、基板 P を液浸露光する。

40

【0082】

本実施形態の露光装置 E X は、マスク M と基板 P とを所定の走査方向（例えば Y 軸方向）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。制御装置 7 は、レーザ干渉計 4 L を用いて、基板 P（基板ステージ 4）の位置情報を計測しながら、露光光 E L に対して基板 P を移動しつつ、基板 P 上に設定された複数のショット領域を順次露光する。制御装置 7 は、1 つのショット領域の露光終了後に、基板 P（基板ステージ 4）をステッピング移動して次のショット領域を露光開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で基板 P を移動しながら各ショット領域を順次走査露光する。本実施形態の露光装置 E X においては、供

50

給口 8 に対して供給される液体 2 の除電を行っているので、すなわち液体 2 が光路空間 K に供給される前に、その液体 2 の除電を行っているので、光路空間 K には帯電していない液体 2 が供給される。露光装置 E X は、帯電していない液体 2 を介して基板 P を露光することができる。

【0083】

以上説明したように、イオン化されたイオン水 2 A、2 B を供給口 8 に供給することで、帯電した液体 2 が光路空間 K に満たされることを防止することができる。したがって、例えば基板 P 上に先に形成されているパターン（回路パターン）が静電気の放電によって破壊されたり、投影光学系 P L 及び／又は基板 P の周囲に配置されている電気機器が静電気の放電時に発生する電氣的ノイズによって誤作動する等の不都合の発生を抑制することができる。また、帯電した液体 2 の静電気により、光路空間 K の周囲の不純物が液体 2 及び／又は基板 P 上に吸い寄せられると、その不純物によって基板 P を良好に露光できなくなるが、除電した液体 2 を供給することによって、そのような不都合の発生も抑制することができる。このように、液体 2 の除電を行うことで、製造されるデバイスの性能の劣化、あるいは露光装置 E X の性能の劣化を防止することができ、デバイスを製造する際の歩留まりの低下を抑えることができる。

【0084】

そして、本実施形態においては、電氣的な絶縁性を有する超純水 2 P をイオン化して導電性を発現させる構成であるため、超純水 2 P（液体 2）に導電性を与えるための添加物を加えていない。したがって、供給口 8（光路空間 K）に供給される液体 2 の不純物の含有量は極めて低く、液体 2 の光透過率低下、温度上昇、金属汚染等を引き起こすことのない所望の液質を維持した液体 2 で光路空間 K を満たすことができ、基板 P を良好に露光することができる。

【0085】

露光光 E L が照射される基板 P の形態としては、図 5 A 及び 5 B に示すものが挙げられる。図 5 A に示す基板 P は、半導体ウエハ等の基材 W と、その基材 W を覆う感光材からなる第 1 膜 R g とを備えている。また、図 5 B に示す基板 P は、半導体ウエハ等の基材 W と、その基材 W を覆う第 1 膜 R g と、その第 1 膜 R g を覆う第 2 膜 T c とを備えている。ここで、第 2 膜 T c は、トップコート膜とも呼ばれ、例えば、液体 2 から第 1 膜 R g、基材 W を保護する機能などを有している。そして、図 5 A に示す基板 P においては、第 1 膜 R g が液体 2 と接触する液体接触面を形成し、図 5 B に示す基板 P においては、第 2 膜 T c が液体 2 と接触する液体接触面を形成している。液体 2 の放電によって、第 1 膜 R g 及び／又は第 2 膜 T c が損傷し、基板 P を良好に露光できなくなる不都合が生じる可能性があるが、除電された液体 2 を基板 P 上に供給することにより、そのような不都合の発生を防止することができる。特に、液浸露光において、投影光学系 P L と基板 P との間で液体 2 を良好に保持して所望状態の液浸領域 L R を形成するために、液体 2 と基板 P の液体接触面との親和性（接触角）を最適化している場合、基板 P の液体接触面を形成する第 1 膜 R g 及び／又は第 2 膜 T c が液体 2 の放電によって損傷すると、液体 2 と基板 P との接触角が変化し、液浸領域 L R を良好に形成できなくなる可能性がある。本実施形態においては、光路空間 K に供給される前の液体 2 を除電しているので、第 1 膜 R g 及び第 2 膜 T c を含む基板 P に対するダメージを抑え、液浸領域 L R を良好に形成することができる。

【0086】

また、本実施形態においては、液体供給系 10 は、アノード水 2 A とカソード水 2 B とのそれぞれを供給している。したがって、超純水製造装置 11 から第 4 供給管 13 D を介して混合装置 14 に供給された超純水 2 P がプラス又はマイナスのいずれに帯電していても、アノード水 2 A 及びカソード水 2 B のどちらかによって、その超純水 2 P を除電することができる。すなわち、超純水 2 P がプラス及びマイナスのいずれに帯電しているのが未知であっても、アノード水 2 A 及びカソード水 2 B の両方を混合装置 14 に供給し、その混合装置 14 において、超純水 2 P とアノード水 2 A とカソード水 2 B とを混合することにより、アノード水 2 A 及びカソード水 2 B のいずれか一方によって、超純水 2 P を

除電することができる。

【0087】

また、本実施形態では液体として水（純水）を用いているが、水以外の液体を用いた場合、その液体が流れる管の材質等によって、液体がプラス及びマイナスのいずれに帯電するのかが未知となる状況が生じる可能性がある。その場合においても、帯電している非イオン化液体と、その非イオン化液体をイオン化することで生成された陽イオン液体及び陰イオン液体とを混合することにより、陽イオン液体及び陰イオン液体のいずれか一方によって、非イオン液体を除電することができる。

【0088】

また、超純水2Pに帯電している静電気を取り除くためのイオン水2A、2Bの量は少量でよい。また、本実施形態のように、混合装置14に供給される超純水2Pの量を、イオン水2A、2Bの量よりも多くすることにより、イオン水生成装置12においては、イオン水2A、2Bを多量に生成しなくてすむ。制御装置7は、調整機構15A、15B、15Dを用いて、混合装置14に対するイオン水2A、2B及び超純水2Pのそれぞれの供給量を最適化することで、超純水2Pを良好に除電できる。

【0089】

また、本実施形態においては、液体2が流れる流路中に、除電フィルタ16が設けられているので、供給口8を介して光路空間Kに供給される液体2の除電をより確実に行うことができる。

【0090】

なお、図6に示すように、例えば最終光学素子FLの下面など、光路空間Kに満たされる液体2と接触する位置に、液体2の除電を行うための電極部材17を設けるようにしてもよい。図6に示す電極部材17は、最終光学素子FLの下面のうち、露光光ELの通過を妨げず、且つ光路空間Kに満たされた液体2に接触する位置に設けられている。図6に示す例では、電極部材17は、最終光学素子FLの下面の周縁領域を覆うように環状に設けられている。電極部材17は、例えば、最終光学素子FLの下面に蒸着によって形成された導電体である。電極部材17は、不図示のアース線を介して接地（アース）されている。電極部材17は、供給口8より光路空間Kに供給された後の液体2の除電を行うことができる。したがって、供給口8を介して光路空間Kに供給された後の液体2が仮に帯電しても、その液体2の除電を電極部材17を用いて行うことができる。電極部材17は、除電フィルタ16の代わりに設けてもよいし、あるいは除電フィルタ16と組み合わせて用いることとしてもよい。なお、以下では電極部材17を導電性部材とも呼ぶ。

【0091】

なお、上述の実施形態において、回収口9に設けられた多孔部材9Tを導電体によって構成することも可能である。回収口9に配置される導電体からなる多孔部材9Tはアース線を介して接地（アース）される。回収口9に配置された多孔部材9Tは、光路空間Kを満たす液体2と接触するので、光路空間Kに供給された後の液体2の除電を行うことができる。この場合、除電フィルタ16及び電極部材（導電性部材）17の少なくとも一方と組み合わせることとしてもよい。

【0092】

なお、上述の実施形態においては、供給流路中に除電フィルタ16が設けられているが、この除電フィルタ16は無くてもよい。非イオン水である超純水2Pにイオン水2A、2Bを混合（添加）することで、供給口8に供給される液体2を十分に除電できるのであれば、除電フィルタ16は省略することができる。同様に、上述の電極部材17も省略することができる。

【0093】

＜第2実施形態＞

次に、第2実施形態について説明する。上述の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、その説明を簡略若しくは省略する。

【0094】

図7は第2実施形態に係る液体供給系10を示す図である。図7において、液体供給系10は、イオン水生成装置12で生成されたアノード水2A及びカソード水2Bのいずれか一方を流す第1供給管13Aと、イオン化されていない超純水2Pを流す第4供給管13Dとを備えている。また、ノズル部材6（供給口8）近傍には、第1供給管13Aを流れたアノード水2A又はカソード水2Bと、第4供給管13Dを流れた超純水2Pとを混合する混合装置14が設けられている。混合装置14で生成された液体2は、第3供給管13C及び内部流路8Lを介して供給口8に供給される。

【0095】

第4供給管13Dを流れる超純水2Pがプラス及びマイナスのどちらに帯電しているのかが、例えば実験、シミュレーション等によって予め分かっている場合、制御装置7は、イオン水生成装置12を制御し、その超純水2Pを除電するためのイオン水を、第1供給管13Aを介して混合装置14に供給する。すなわち、例えば超純水2Pが流れる第4供給管13Dの材質等によって、超純水2Pがプラス及びマイナスのどちらに帯電するのが既知となる場合がある。そこで、帯電した超純水2Pをアノード水2Aによって除電することができるのであれば、制御装置7は、イオン水生成装置12から第1供給管13Aを介して混合装置14にアノード水2Aを供給する。これにより、液体供給系10は、混合装置14において、アノード水2Aによって、超純水2Pを除電することができる。一方、第4供給管13Dを流れることによって帯電した超純水2Pをカソード水2Bによって除電することができるのであれば、制御装置7は、イオン水生成装置12から第1供給管13Aを介して混合装置14にカソード水2Bを供給する。これにより、液体供給系10は、混合装置14において、カソード水2Bによって、超純水2Pを除電することができる。このように、制御装置7は、超純水2Pの帯電状態に応じて、混合装置14にアノード水2A及びカソード水2Bのどちらを供給するのを選択し、その選択したほうのイオン水を混合装置14に供給することができる。

【0096】

そして、液体供給系10は、混合装置14で生成された混合水（液体）2を、第3供給管13C及び供給流路8Lを介して供給口8に供給することにより、供給口8からは光路空間Kに対して除電された液体2が供給されることとなる。光路空間Kは、静電気を帯びていない液体2で満たされる。

【0097】

なお、本実施形態においては、イオン水生成装置12は、アノード水2A及びカソード水2Bの両方を生成できる構成であるが、第4供給管13Dを流れる超純水2Pの帯電状態、すなわち第4供給管13Dを流れる超純水2Pがプラス及びマイナスのどちらに帯電するのが既知である場合には、イオン水生成装置12は、アノード水2A及びカソード水2Bのいずれか一方を生成するものであってもよい。

【0098】

また、本実施形態において、水以外の液体を用いた場合でも、その液体が流れる管の材質等によって、液体がプラス及びマイナスのどちらに帯電するのが既知である場合には、帯電している非イオン化液体と、陽イオン液体及び陰イオン液体のいずれか一方とを混合することにより、非イオン液体を除電することができる。

【0099】

<第3実施形態>

次に、第3実施形態について説明する。以下の説明において、上述の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、その説明を簡略若しくは省略する。図8は第3実施形態に係る液体供給系10を示す図である。図7において、非イオン水である超純水2Pを流す第4供給管13Dには、第4供給管13Dを流れる超純水2Pの帯電状態を計測可能な計測装置18が設けられている。計測装置18は、第4供給管13Dを流れる超純水2Pの帯電量を計測することができる。また、計測装置18は、第4供給管13Dを流れる超純水2Pがプラス及びマイナスのどちらに帯電しているのかを計測することができる。

【0100】

制御装置7は、計測装置18の計測結果に基づいて、混合装置14における混合動作を制御する。例えば、制御装置7は、計測装置18の計測結果に基づいて、第4供給管13Dを流れる超純水2Pの帯電量が極僅かである（あるいは超純水2Pは帯電していない）と判断した場合、第1供給管13A及び第2供給管13Bのそれぞれに設けられている調整機構15A、15Bを制御して、第1供給管13A及び第2供給管13Bを介して混合装置14に供給されるイオン水2A、2Bの量を少なくする。あるいは、制御装置7は、計測装置18の計測結果に基づいて、第4供給管13Dを流れる超純水2Pの帯電量が極僅かである（あるいは超純水2Pは帯電していない）と判断した場合、調整機構15A、15Bを制御して、混合装置14に対するイオン水2A、2Bの供給を停止する。一方、制御装置7は、計測装置18の計測結果に基づいて、第4供給管13Dを流れる超純水2Pの帯電量が多いと判断した場合、調整機構15A、15Bを制御して、第1供給管13A及び第2供給管13Bを介して混合装置14に供給されるイオン水2A、2Bの量を多くする。また、制御装置7は、超純水2Pにアノード水2Aを添加することによってその超純水2Pを除電することができると判断した場合、混合装置14にアノード水2Aが供給されるように、調整機構15A、15Bを制御する。同様に、制御装置7は、超純水2Pにカソード水2Bを添加することによってその超純水2Pを除電することができると判断した場合、混合装置14にカソード水2Bが供給されるように、調整機構15A、15Bを制御する。なお、本実施形態では超純水2Pの帯電量と、プラス及びマイナスのどちらに帯電しているかとの両方について計測するものとしたが、これに限らず、どちらか一方のみを計測することとしてもよい。

10

20

【0101】

<第4実施形態>

次に、第4実施形態について説明する。以下の説明において、上述の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、その説明を簡略若しくは省略する。図9は第4実施形態に係る液体供給系10を示す図である。図9において、液体供給系10は、イオン水生成装置12で生成されたアノード水2Aを流す第1供給管13Aと、カソード水2Bを流す第2供給管13Bとを備えている。ノズル部材6（供給口8）近傍には、第1供給管13Aを流れたアノード水2Aと、第2供給管13Bを流れたカソード水2Bとを混合する混合装置14が設けられている。混合装置14で生成された液体2は、第3供給管13C及び内部流路8Lを介して供給口8に供給される。本実施形態においては、混合装置14には超純水2Pは供給されず、液体供給系10は、混合装置14を用いて、アノード水2Aとカソード水2Bとを光路空間Kに供給する直前に混合する。

30

【0102】

アノード水2A及びカソード水2Bは導電性を有しているため、第1供給管13A及び第2供給管13Bを流れても、帯電し難くなっている。混合装置14に供給されたアノード水2A及びカソード水2Bは混合されることによって、電氣的に中和される。そして、その電氣的に中和された液体（混合水）2が供給口8に供給されることにより、光路空間Kには、静電気を帯びていない液体2が満たされる。

【0103】

<第5実施形態>

次に、第5実施形態について説明する。以下の説明において、上述の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、その説明を簡略若しくは省略する。上述の各実施形態では、光路空間Kに向かって供給されたイオン水2A、2B及び超純水2Pは、混合装置14で処理（混合）された後、供給口8に向かって供給され、その供給口8を介して光路空間Kに供給されているが、本実施形態の特徴的な部分は、液体供給系10が、イオン水2A、2B及び超純水2Pを供給口8に対して直接的に供給するための流路を有している点にある。

40

【0104】

図10Aにおいて、液体供給系10は、ノズル部材6の供給口8にアノード水2Aを供

50

給する第1流路13Aと、カソード水2Bを流す第2流路13Bと、超純水2Pを流す第4流路13Dとを備えている。このように構成することにより、供給口8に供給されたアノード水2A、カソード水2B、及び超純水2Pのそれぞれは、供給口8近傍で混合された後、光路空間Kに供給される。これにより、光路空間Kには、静電気を帯びていない液体2が満たされる。

【0105】

図10Bにおいて、液体供給系10は、第1流路13Aを用いてノズル部材6の供給口8にアノード水2A又はカソード水2Bのいずれか一方を供給し、第4流路13Dを用いて超純水2Pを供給している。これにより、供給口8に供給されたアノード水2A（又はカソード水2B）と超純水2Pとは、供給口8近傍で混合された後、光路空間Kに供給される。これにより、光路空間Kには、静電気を帯びていない液体2が満たされる。

10

【0106】

図10Cにおいて、液体供給系10は、第1流路13Aを用いてノズル部材6の供給口8にアノード水2Aを供給し、第2流路13Bを用いてカソード水2Bを供給している。これにより、供給口8に供給されたアノード水2Aとカソード水2Bとは、供給口8近傍で混合された後、光路空間Kに供給される。これにより、光路空間Kには、静電気を帯びていない液体2が満たされる。本実施形態においては、光路空間Kを満たす液体（混合水）2は導電性を有するため、基板ステージ4を駆動し、液体2と他部材との間に摩擦が生じても液体2が帯電することはない。

20

【0107】

<第6実施形態>

次に、第6実施形態について説明する。以下の説明において、上述の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、その説明を簡略若しくは省略する。図11において、液体供給系10は、露光光ELの光路空間Kにイオン化されたイオン水2A、2Bを供給する第1供給口8A（8C）と、露光光ELの光路空間Kにイオン化されていない超純水2Pを供給する第2供給口8B（8D）とを備えている。図2等を参照して説明したように、本実施形態のノズル部材6は複数の供給口8A～8Dを有しており、複数の供給口8A～8Dのうち一部の供給口を介してイオン水2A、2Bを光路空間Kに供給し、他の一部の供給口を介して超純水2Pを光路空間Kに供給可能である。以下の説明においては、説明を簡略化するため、第1供給口8Aからイオン水2A、2Bのうちアノード水2Aが供給され、第2供給口8Bから超純水2Pが供給されるものとする。

30

【0108】

第1供給口8Aは、供給流路8L及び第1供給管13Aを介してイオン水生成装置12に接続されており、第2供給口8Bは、供給流路8L及び第4供給管13Dを介して超純水製造装置11に接続されている。制御装置7は、光路空間Kを液体2で満たすために、第1供給口8A及び第2供給口8Bのそれぞれを介して、光路空間Kに対して、アノード水2A及び超純水2Pのそれぞれを供給する。光路空間Kに供給されたアノード水2Aと超純水2Pとは、光路空間Kで混合される。これにより、超純水2Pが帯電していても、アノード水2Aによって除電することができ、光路空間Kを、静電気を帯びていない液体2で満たすことができる。

40

【0109】

なお、本実施形態においては、第1供給口8Aからはイオン水としてアノード水2Aが供給されているが、カソード水2Bを供給することもできる。また、互いに異なる供給口のそれぞれから、アノード水2A及びカソード水2Bのそれぞれを供給することもできる。例えば、供給口8Aからアノード水2Aを供給し、供給口8Cからカソード水2Bを供給し、供給口8B、8Dから超純水2Pを供給することができる。また、超純水2Pの帯電状態に応じて、アノード水2A及びカソード水2Bのいずれか一方を供給することができるし、アノード水2A又はカソード水2Bの供給量を適宜調整することもできる。

【0110】

また、超純水2Pを供給せず、露光光ELの光路空間Kに対して、第1供給口8A（8

50

C)を介してアノード水2 Aを供給し、第2供給口8 B(8 D)を介してカソード水2 Bを供給するようにしてもよい。光路空間Kに供給されたアノード水2 Aとカソード水2 Bとは、光路空間Kで混合される。これにより、光路空間Kを、静電気を帯びていない液体2で満たすことができる。

【0111】

＜第7実施形態＞

次に、第7実施形態について説明する。以下の説明において、上述の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、その説明を簡略若しくは省略する。本実施形態では、露光光E Lの光路空間Kを満たすための液体2に接触する部材をイオン水で洗浄する例について説明する。電解イオン水は洗浄用液体として用いることができる。アノード水は、有機物を除去する作用、バクテリア等の生菌を消滅させる殺菌作用、あるいはパーティクルを除去する作用を有し、カソード水は、パーティクルを除去する作用及び／又はパーティクルの付着を防止する作用を有している。これらイオン水2 A、2 Bを使用することによって、ノズル部材6、最終光学素子F Lなど、光路空間Kを満たすための液体2に接触する部材を効果的に洗浄することができる。

10

【0112】

また、光路空間Kを満たす液体2として超純水を用いた場合、その超純水が、供給管系1 3、ノズル部材6の内部流路(供給流路、回収流路)、回収管系2 3などに留まった状態を長時間放置したり、ノズル部材6の液体接触面(下面6 Aなど)あるいは最終光学素子F Lの液体接触面(下面など)に付着した状態を長時間放置しておく、バクテリア(生菌)等の汚染物が発生する可能性が高い。液体2が流れる流路にバクテリア等の汚染物が発生すると、超純水製造装置1 1あるいはイオン水生成装置1 2から清浄な液体を送出したとしても、流路を流れるうちに、液体が汚染物によって汚染され、光路空間Kには汚染された液体2が供給されることとなる。また、汚染物が最終光学素子F Lに付着した場合には、基板Pに照射される露光光E Lの照度が低下したり、照度むらが生じる不都合が生じる。このように、バクテリア等の汚染物の発生によって、投影光学系P Lを含む露光装置E Xの性能が劣化する不都合が生じる可能性がある。

20

【0113】

そこで、殺菌作用を有するアノード水2 Aを、供給管系1 3、ノズル部材6の内部流路、及び回収管系2 3等の流路に流すことによって、これら各流路、ノズル部材6の下面、及び最終光学素子F Lを洗浄し、バクテリア等を除去(消滅)することができる。

30

【0114】

図1 2は、アノード水2 Aを用いて洗浄処理を行っている状態を示す図である。洗浄処理は、例えば露光装置E Xのメンテナンス時など、露光装置E Xの稼動を所定期間停止するときに行われる。洗浄処理時においては、基板ステージ4の基板ホルダ4 Hには、ダミー基板D Pが保持される。ダミー基板D Pは、デバイスを製造するための基板Pとほぼ同じ外形を有しており、基板ホルダ4 Hによって保持可能である。ダミー基板D Pは、アノード水2 Aによって汚染物を発生しない表面を有している。洗浄処理を行うとき、露光装置E Xは、投影光学系P Lの最終光学素子F Lと基板ステージ4に保持されたダミー基板D Pとを対向させる。その状態で、露光装置E Xは、液浸システム1を用いて、投影光学系P Lとダミー基板D Pとの間をアノード水2 Aで満たし、ダミー基板D P上にアノード水2 Aの液浸領域L Rを形成する。液浸システム1は、液浸領域L Rを形成するために、最終光学素子F L及びノズル部材6とダミー基板D Pとの間の空間(光路空間)Kに対するアノード水2 Aの供給動作と回収動作とを並行して行う。これにより、液浸システム1は、供給管系1 3、ノズル部材6の内部流路、及び回収管系2 3などの流路にアノード水2 Aを流すことができ、これら流路をアノード水2 Aで洗浄することができる。また、アノード水2 Aの液浸領域L Rを形成することによって、ノズル部材6の下面(液体接触面)、最終光学素子F Lの下面(液体接触面)などもアノード水2 Aによって洗浄される。

40

【0115】

洗浄処理を行うときには、液浸システム1は、光路空間Kに対するアノード水2 Aの供

50

給動作と回収動作とを所定時間並行して行う。なお、液浸システム 1 は、最終光学素子 F L 及びノズル部材 6 とダミー基板 D P の間にアノード水 2 A を保持した後、アノード水 2 A の供給動作と回収動作とを停止してもよい。

【0116】

アノード水 2 A を用いた洗浄処理終了後、デバイスを製造するための基板 P の露光処理を再開する場合には、液浸システム 1 は、上述の第 1 ～第 6 実施形態で説明したように、光路空間 K に対して、イオン水 2 A、2 B、超純水 2 P を適宜供給する。洗浄処理後において、供給管系 1 3 あるいはノズル部材 6 の供給流路にアノード水 2 A が残留していても、そのアノード水 2 A は、供給されたイオン水 2 A、2 B、超純水 2 P と混ざり合っ

10

【0117】

以上説明したように、イオン水（アノード水）によって洗浄処理を行うことができる。そして、本実施形態では、超純水 2 P をイオン化したイオン水（アノード水）で洗浄処理しているので、洗浄処理後、短時間のうちに露光処理に移行することができる。すなわち、供給管系 1 3 などの流路を洗浄するために、液浸露光を行うときに光路空間 K に満たされる液体（水）とは別の洗浄用機能液を用いた場合、その機能液を用いた洗浄処理後、露光処理に移行する前に、流路に残留している機能液を洗い流す処理（すすぎ洗浄）が必要となる。本実施形態では、すすぎ洗浄は不要、あるいはすすぎ洗浄を行う場合でも短時間で済むので、露光装置 E X の稼働率を向上することができる。

20

【0118】

なお、洗浄するための液体（アノード水）に、洗浄作用（殺菌作用）を促進するための所定の材料（薬液）を適宜添加してもよい。

【0119】

なお、本実施形態では、基板ホルダ 4 H でダミー基板 D P を保持し、投影光学系 P L とダミー基板 D P との間の空間をアノード水 2 A で満たして液浸領域 L R を形成しているが、例えば基板ステージ 4 の上面 4 F の一部、基板ステージ 4、及びダミー基板 D P とは別の物体を投影光学系 P L の下に配置し、その基板ステージ 4 の上面 4 F 及び／又は物体上にアノード水 2 A の液浸領域 L R を形成するようにしてもよい。この場合、アノード水 2 A によって、基板ステージ 4 の上面 4 F 及び／又は物体を洗浄することができる。この別の物体は、例えば基板ステージ 4 とは独立に可動な計測ステージなどを含み、この計測ステージの表面（基準マーク、又はセンサなどの計測部材を含む）なども洗浄可能となる。

30

【0120】

なお、アノード水 2 A を用いて洗浄するとき、例えば供給管系 1 3、回収管系 2 3、あるいはノズル部材 6 などに超音波振動子などの加振装置を取り付け、これら部材を加振（超音波加振）しながらアノード水 2 A を流すようにしてもよい。

【0121】

なお、本実施形態では、アノード水 2 A によって洗浄を行っているが、カソード水 2 B を用いて洗浄を行ってもよい。上述のように、カソード水 2 B も、パーティクル除去などの洗浄作用を有している。

【0122】

40

また、アノード水 2 A とカソード水 2 B の両方を用いて洗浄を行ってもよい。さらに本実施形態では、ノズル部材 6 の供給口 8 からイオン水（アノード水 2 A とカソード水 2 B の少なくとも一方）を供給して、液体 2 と接する部材の洗浄を行うものとしたが、これに限らず、例えば投影光学系 P L の最終光学素子 F L 及び／又はノズル部材 6 と対向して配置される物体（例えば、前述の計測ステージなど）に供給口を設け、この供給口からのイオン水でノズル部材 6 などの洗浄を行うこととしてもよい。特に、光路空間 K での液体 2 の帯電が問題とならない場合は、例えばイオン水生成装置 1 2 で生成されるイオン水を、ノズル部材 6 ではなくその物体に導くこととしてもよい。また、本実施形態では、露光装置 E X の稼働を所定期間停止した後などのメンテナンス時に上記洗浄処理を行うものとしたが、これに限らず、例えば露光装置 E X の稼働中であっても上記洗浄処理を行ってもよ

50

い。

【0123】

<第8実施形態>

次に、第8実施形態について説明する。以下の説明において、上述の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、その説明を簡略若しくは省略する。上述の各実施形態においては、イオン水2A、2Bを、投影光学系PLのうち投影光学系PLの像面に最も近い最終光学素子FLと基板P（あるいはダミー基板DP等の物体）との間の露光光ELの光路空間Kに供給する場合について説明したが、例えば、国際公開第2004/019128号パンフレットに開示されているように、最終光学素子FLの物体面側（マスクM側）の光路空間も液体で満たすことができる。

10

【0124】

図13において、露光装置EXは、イオン水2A、2Bを、最終光学素子FLと、最終光学素子FLに次いで投影光学系PLの像面に近い光学素子FL2との間に供給する液浸システム1'を備えている。以下の説明においては、最終光学素子FLに次いで投影光学系PLの像面に近い光学素子FL2を適宜、境界光学素子FL2と称する。

【0125】

液浸システム1'は、最終光学素子FLと境界光学素子FL2との間の光路空間K2に液体2を供給する供給口8'と、液体2を回収する回収口9'とを備えている。液浸システム1'は、上述の第1実施形態で説明した液浸システム1とほぼ同等の構成を有しており、超純水製造装置11で製造された超純水2Pとイオン水生成装置12で生成されたイオン水2A、2Bとを混合する混合装置14を備えている。混合装置14で生成された混合水（液体）2は光路空間K2に供給される。これにより、供給口8'からは光路空間K2に対して除電された液体2が供給されることとなる。光路空間K2は、静電気を帯びていない液体2で満たされる。これにより、投影光学系PLの周囲に配置されている電気機器が静電気の放電時に発生する電氣的ノイズによって誤作動したり、静電気の放電によって光学素子FL、FL2がダメージを受けるといった不都合の発生を抑制することができる。

20

【0126】

もちろん、上述の各実施形態同様、光路空間K2に対して、アノード水2A又はカソード水2Bのいずれか一方と超純水2Pとを供給するようにしてもよいし、超純水2Pの帯電状態に応じて、混合装置14における混合動作を制御してもよいし、超純水2Pを供給せずに、アノード水2Aとカソード水2Bとを供給するようにしてもよいし、混合装置14を設けずに、供給口8'に直接的に、イオン水2A、2B、超純水2Pを適宜供給してもよいし、イオン水2A、2Bと超純水2Pとのそれぞれを別々の供給口を介して光路空間K2に供給するようにしてもよいし、アノード水2Aとカソード水2Bとのそれぞれを別々の供給口を介して光路空間K2に供給するようにしてもよい。

30

【0127】

また、露光装置EXのメンテナンス時などにおいて、液浸システム1'を用いて、光路空間K2にイオン水（アノード水）を供給するようにしてもよい。これにより、境界光学素子FL2、最終光学素子FLなどのバクテリア等による汚染を防止できる。光路空間K2にアノード水2Aを供給して、最終光学素子FL、境界光学素子FL2、鏡筒PKの内壁などを洗浄する際には、液浸システム1'は、光路空間K2に対するアノード水2Aの供給動作と回収動作とを所定時間並行して行うようにしてもよいし、光路空間K2をアノード水2Aで満たした後、アノード水2Aの供給動作と回収動作とを停止してもよい。

40

【0128】

同様に、カソード水2Bを用いて洗浄処理を行うこととしてもよい。なお、本実施形態では液浸システム1とは別に液浸システム1'を設けるものとしたが、液浸システム1'の少なくとも一部を液浸システム1で兼用することとしてもよい。また、上述の第1実施形態と同様に、イオン水の供給の代わりに、あるいはそれと組み合わせて、光路空間K2の所定位置、例えば境界光学素子FL2の下面（射出面）と最終光学素子FLの上面（入

50

射面)との少なくとも一方に、液体2の除電を行うための電極部材(液体2の帯電を防止するための導電性部材)を設けることとしてもよい。さらに、液体2の供給流路中に除電フィルタを設けることとしてもよい。

【0129】

なお、上述の第1～第8実施形態においては、露光装置EXがイオン水生成装置12を備えた構成であるが、露光装置EXとは別のイオン水生成装置で生成されたイオン水を光路空間K(K2)に供給するようにしてもよい。同様に、露光装置EXとは別の超純水製造装置で生成された超純水を用いるようにしてもよい。要は、露光装置EXが超純水製造装置及びイオン水生成装置の少なくとも一方を備えていなくてもよい。

【0130】

<第9実施形態>

次に、第9実施形態について説明する。以下の説明において、上述の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、その説明を簡略若しくは省略する。本実施形態では、露光装置ELの光路空間Kを満たすための液体2を脱気する例について説明する。

【0131】

また、本実施形態の露光装置EXは、液体2中の気泡に起因する露光不良を抑制するために、液体2の帯電を防止する帯電防止装置を備えている。後述するように、本実施形態においては、帯電防止装置として、液体2に帯電している電気を取り除く除電装置(除電フィルタ)が設けられており、液体2に帯電している電気を取り除くことによって、液体2の帯電を防止又は効果的に抑制する。

【0132】

図14に示すように、液体供給系10は、供給管113を介して供給口8に液体2を供給する液体供給装置111を備えている。ノズル部材6の内部には、供給口8と供給管113とを接続する内部流路(供給流路)が形成されている。液体供給装置111は、供給管113及びノズル部材6の供給流路を介して供給口8に清浄で温度調整された液体2を供給することができる。

【0133】

液体回収系20は、ノズル部材6の回収口9、及び回収管123を介して液体2を回収する液体回収装置121を備えている。ノズル部材6の内部には、回収口9と回収管123とを接続する内部流路(回収流路)が形成されており、真空ポンプ等の真空系(吸引装置)を含む液体回収装置121は、ノズル部材6の回収流路及び回収管123を介して回収口9から液体2を回収することができる。

【0134】

ノズル部材6は、投影光学系PLの最終光学素子FLを囲むように環状に形成されている。供給口8は、投影光学系PLの最終光学素子FL(光路空間K)を囲むように、ノズル部材6の複数の所定位置のそれぞれに設けられている。回収口9は、ノズル部材6において、最終光学素子FLに対して供給口8よりも外側に設けられており、最終光学素子FL及び供給口8を囲むように環状に設けられている。

【0135】

なお、本実施形態においては、回収口9には、例えばチタン製のメッシュ部材、あるいはセラミックス製の多孔体等からなる多孔部材9Tが配置されている。

【0136】

図15は液体供給装置111を示す概略構成図である。液体供給装置111は、超純水を製造する超純水製造装置115と、供給する液体2中の気体成分を低減する脱気装置116と、供給する液体2の温度を調整する温度調整装置118とを備えており、清浄で温度調整された液体2を供給可能である。

【0137】

超純水製造装置115は、水を精製して超純水を製造する。超純水製造装置115で製造された超純水は、脱気装置116で脱気される。脱気装置116は、液体2(超純水)

10

20

30

40

50

を脱気して、液体 2 中の溶存気体濃度（溶存酸素濃度、溶存窒素濃度）を低下させる。温度調整装置 118 は、光路空間 K に供給される液体 2 の温度調整を行うものであって、液体 2 の温度調整を行った後、その温度調整された液体 2 を供給管 113 に送出する。温度調整装置 118 は、供給する液体 2 の温度を、例えば露光装置が収容されているチャンバ（不図示）内の温度とほぼ同じ値に調整する。

【0138】

なお、液体供給系 10 の少なくとも一部を構成する機器、例えば超純水製造装置等を、露光装置 EX が設置される工場等の設備で代用してもよい。同様に、液体回収系 20（図 14 参照）の少なくとも一部を構成する機器、例えば真空系等を、露光装置 EX が設置される工場等の設備で代用してもよい。また、液体供給装置 111 が、液体 2 中の異物（particle）を取り除くフィルタユニットを備えていてもよい。

10

【0139】

供給管 113 は、ノズル部材 6 の内部に形成された内部流路 8L を介して供給口 8 と接続されている。本実施形態においては、供給管 113 は、例えば PTFE（ポリテトラフルオエチレン）、PFA（テトラフルオロエチレン-パーフルオロアルコキシエチレン共重合体）などのフッ素系樹脂を含む絶縁材料によって形成されている。これらの材料は、液体（水）2 に不純物（溶出物）を溶出し難い材料、すなわち液体（水）を汚染し難い材料であるため、供給管 113 を流れる液体 2 は、汚染されることなく、供給口 8 に供給される。

【0140】

20

また、光路空間 K に供給される液体 2 と接触する位置には、液体 2 に帯電している静電気を取り除くための除電装置として機能するフィルタ 114 が設けられている。本実施形態においては、フィルタ 114 は供給流路 8L に設けられており、光路空間 K に供給される液体 2 と接触可能である。以下の説明においては、帯電している液体を電氣的に中和して、その液体に帯電している電気（静電気）を取り除くことを適宜、除電と称し、静電気を取り除くフィルタ 114 を適宜、除電フィルタ 114 と称する。

【0141】

除電フィルタ 114 は、導電性を有する導電性部材であり、不図示のアース線を介してアース（接地）されている。本実施形態においては、除電フィルタ 114 は、導電性の発泡金属によって構成されている。導電性の発泡金属は、例えば多孔質の銅、アルミニウム等で構成されている。なお、除電フィルタ 114 は、導電性の網状部材で構成されていてもよい。除電フィルタ 114 を発泡金属あるいは網状部材で構成することにより、液体供給装置 111 から供給口 8 に向けて供給された液体 2 は、除電フィルタ 114 を通過することができ、除電された液体 2 が供給口 8 から供給される。

30

【0142】

図 16 は脱気装置 116 の一例を示す概略構成図である。脱気装置 116 は、ハウジング 171 と、ハウジング 171 の内部に収容された筒状の中空系束 172 とを備えている。ハウジング 171 の内壁と中空系束 172 との間には所定空間 173 が設けられている。中空系束 172 は、ストロー状の中空系膜 174 の複数を平行に束ねたものである。中空系膜 174 は、疎水性が高く気体透過性に優れた素材（例えば、ポリ 4 メチルペンテン 1）で形成されている。ハウジング 171 の両端には真空キャップ部材 175a、175b が固定されている。真空キャップ部材 175a、175b は、ハウジング 171 の両端外側に密閉空間 176a、176b を形成する。真空キャップ部材 175a、175b には、不図示の真空ポンプに接続された脱気口 177a、177b が設けられている。また、ハウジング 171 の両端には、封止部材 178a、178b が設けられている。封止部材 178a、178b は、中空系束 172 の両端のみが密閉空間 176a、176b に連結されるように、その中空系束 172 を保持している。脱気口 177a、177b に接続された真空ポンプは、それぞれの中空系膜 174 の内側を減圧状態にすることができる。中空系束 172 の内部には、超純水製造装置 115 に接続された管 179 が配置されている。管 179 には複数の液体供給穴 180 が設けられており、封止部材 178a、178

40

50

b及び中空糸束172で囲まれた空間181には、液体供給穴180から液体2が供給される。液体供給穴180から空間181に液体2が供給されると、その液体2は、平行に束ねられた中空糸膜174の層を横切るように外側へ向かって流れ、中空糸膜174の外表面と接触する。上述のように、中空糸膜174のそれぞれは、疎水性が高く気体透過性に優れた素材で形成されているので、液体2は中空糸膜174の内側に入ることなく、各中空糸膜174の間を通過して中空糸束172の外側の空間173に移動する。一方、液体2中に溶解している気体（分子）は、中空糸膜174の内側が減圧状態（20 Torr程度）になっているので、各中空糸膜174の内側へ移動する（吸収される）。中空糸膜174の層を横切る間に液体2から除去（脱気）された気体成分は、矢印183で示すように、中空糸束172の両端から密閉空間176a、176b介して脱気口177a、177bから排出される。また、脱気処理された液体2は、ハウジング171に設けられた液体出口182から供給管113（光路空間K）に供給される。本実施形態においては、液体供給装置111は、脱気装置116を用いて、光路空間Kに供給する液体2の溶存気体濃度を例えば5ppm以下にする。

10

【0143】

次に、上述の構成を有する露光装置EX（図14参照）を用いて基板Pを露光する方法について説明する。制御装置7は、基板Pを液浸露光するために、液浸システム1を駆動する。超純水製造装置115で製造された超純水（液体2）は、脱気装置116に供給される。脱気装置116は液体2を脱気する。脱気装置116で脱気された液体2は、温度調整装置118を通過した後、供給管113を介して、ノズル部材6の供給流路8Lに供給される。供給流路8Lに供給された液体2は、除電フィルタ114を介して、供給口8から光路空間Kに供給される。制御装置7は、露光光ELの光路空間Kを満たす液体2を介して基板P上に露光光ELを照射することによって、基板Pを液浸露光する。

20

【0144】

本実施形態の露光装置EXは、液体2中の気泡に起因する露光不良を抑制するために、除電フィルタ114を用いて、液体2の帯電を防止する。超純水は、電気的な絶縁性が高く、例えばその比抵抗は18MΩ・cm程度である。そのため、超純水は、供給管113を流れる間に、供給管113との摩擦、管内に設けられたオリフィスで発生するキャビテーション等によって、帯電し易い（静電気を帯びやすい）。液体2が帯電していると、液体2中に生成された気泡が低減又は消失し難くなる可能性がある。

30

【0145】

液体2中に生成された気泡は、表面張力の作用により自己加圧されており、急速に液体2に溶解する可能性が高い。特に、直径が1～50μm程度の微細な気泡（以下、マイクロバブルと称する）、及びそのマイクロバブルが縮小する過程で生成される、直径が1μm以下の超微細な気泡（以下、ナノバブルと称する）は、物理的に極めて不安定であり、液体2中に生成されても、直ちに低減又は消失する可能性が高い。

【0146】

ところが、液体2が帯電している場合、液体2中に生成されたナノバブルは低減又は消失し難くなり、液体2中に残留する可能性が高くなる。液体2が帯電している場合、図17の模式図に示すように、液体2中に生じたナノバブルの周囲に電荷が配置され、ナノバブルが帯電する可能性が高くなる。すると、静電気的な反発力が生じて、ナノバブルの更なる縮小が妨げられ、ナノバブルが低減又は消失し難くなると考えられる。このように、液体2の帯電に伴ってナノバブルが帯電すると、その帯電したナノバブルは低減又は消失し難くなる可能性が高くなる。また、ナノバブルに限らず、マイクロバブル、あるいはマイクロバブルよりも大きい気泡（バブル）が液体2に生成された場合であっても、液体2が帯電している場合、その液体2中に生成された気泡（バブル）は低減又は消失し難くなる可能性が高くなる。ナノバブル及びマイクロバブルを含む気泡は、異物として作用するため、その気泡が光路空間Kを満たす液体2中に存在していたり、あるいは基板P上に付着した場合、基板P上に形成されるパターンの欠陥等、露光不良の発生を引き起こす。

40

【0147】

50

なお、図 17 においては、気泡がマイナスに帯電しているが、プラスに帯電する場合もある。

【0148】

本実施形態では、除電フィルタ 114 を用いて光路空間 K に供給される液体 2 の除電を行うことで、光路空間 K を満たす液体 2 の帯電を防止又は効果的に抑制している。上述のように、ナノバブルは物理的に極めて不安定であるため、液体 2 が帯電していない場合には、そのナノバブルは直ちに低減又は消失する可能性が高くなる。したがって、液体 2 の帯電を防止することにより、液体 2 中にナノバブルが生成されても、そのナノバブルの帯電が抑制され、そのナノバブルを直ちに低減又は消失させることができる。したがって、液体 2 中にナノバブルが存在することに起因する露光不良の発生を抑制することができる。また、ナノバブルに限らず、液体 2 の帯電を防止することにより、液体 2 中に生成されたナノバブルよりも大きいマイクロバブルを含む気泡を直ちに低減又は消失させることができる。

10

【0149】

図 15 を参照して説明したように、本実施形態においては、除電フィルタ 114 は、供給流路 8L に設けられており、発泡金属等からなる除電フィルタ 114 を液体 2 が通過すると、液体 2 に帯電していた静電気は、除電フィルタ 114 により回収されて、アース線により大地に放電される。そのため、供給管 113 及び／又は供給流路 8L を流れる液体 2 が仮に帯電しても、除電フィルタ 114 はその液体 2 の除電を行うことができる。したがって、液浸システム 1 は、帯電が防止又は効果的に抑制された液体 2 で光路空間 K を満たすことができ、液体 2 中に気泡が残留することを抑制することができる。

20

【0150】

また、本実施形態においては、液体供給装置 111 は脱気装置 116 を有しており、液浸システム 1 は脱気された液体 2 を露光光 E L の光路空間 K に供給している。脱気された液体 2 は、気泡を溶かし込んで低減又は消失させることができる。したがって、液浸システム 1 は、液体 2 の帯電を防止又は効果的に抑制した状態で、脱気された液体 2 を供給することにより、液体 2 中に気泡が生成された場合でも、その気泡を脱気された液体 2 中に溶かし込んで直ちに低減又は消失させることができる。

【0151】

以上説明したように、液体 2 が帯電している場合、液体 2 中に生成された気泡は低減又は消失し難くなる可能性が高くなるが、液体 2 の帯電を防止することで、液体 2 中に気泡が生成された場合でも、その気泡の帯電を抑制することができる。したがって、液体 2 中での気泡の残留を抑制することができ、気泡に起因するパターンの欠陥等の露光不良の発生を抑え、基板 P を良好に露光することができる。

30

【0152】

そして、本実施形態では、液浸システム 1 は、脱気された液体 2 を露光光 E L の光路空間 K に供給するため、気泡が帯電しても、気泡の帯電が抑制されているので、発生した気泡を、脱気された液体 2 に溶かし込んで直ちに低減又は消失させることができる。したがって、除電フィルタ 114 で液体 2 の帯電を防止することによって、脱気された液体 2 中での気泡の残留を効果的に抑制することができる。

40

【0153】

また、脱気装置 116 を用いて、液体 2 中の溶存気体濃度、特に溶存酸素濃度を低減することにより、露光光 E L に対する液体 2 の透過率の低下を抑制することができる。酸素は露光光 E L を吸収し、露光光 E L の光量を低減させる可能性があるため、液体 2 中の溶存酸素濃度が高いと、その液体 2 の露光光 E L に対する透過率が低下する可能性がある。本実施形態では、脱気装置 116 を用いて溶存気体濃度（溶存酸素濃度）を低減することで、露光光 E L に対する液体 2 の透過率の低下を抑制することができる。

【0154】

また、本実施形態では、供給流路 8L に設けられた除電フィルタ 114 を用いて、液浸システム 1 の供給口 8 から露光光 E L の光路空間 K に供給される前の液体 2 の除電を行っ

50

ており、光路空間Kに供給される前の液体2の帯電を防止する処理を行っている。したがって、液浸システム1は、帯電が防止又は効果的に抑制された液体2で光路空間Kを満たすことができる。

【0155】

＜第10実施形態＞

次に、第10実施形態について説明する。以下の説明において、上述の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、その説明を簡略若しくは省略する。

【0156】

図18に示すように、例えば最終光学素子FLの下面など、光路空間Kに満たされる液体2と接触する位置に、液体2の帯電を防止するための導電性部材119を設けるようにしてもよい。図18に示す導電性部材119は、最終光学素子FLの下面のうち、露光光ELの通過を妨げず、且つ光路空間Kに満たされた液体2に接触する位置に設けられている。導電性部材119は、例えば、最終光学素子FLの下面の周縁領域を覆うように環状に設けられている。導電性部材119は、例えば、最終光学素子FLの下面に蒸着によって形成された導電体である。導電性部材119は、不図示のアース線を介して接地（アース）されている。導電性部材119は、供給口8より光路空間Kに供給された後の液体2の帯電を防止する。供給口8を介して光路空間Kに供給された後の液体2が仮に帯電しても、導電性部材119は、その液体2の除電を行うことができ、光路空間Kを満たす液体2の帯電を防止又は効果的に抑制することができる。なお、導電性部材119は除電フィルタ114の代わりに設けてもよいし、あるいは除電フィルタ114と組み合わせて用いることとしてもよい。

【0157】

＜第11実施形態＞

次に、第11実施形態について図19を参照して説明する。以下の説明において、上述の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、その説明を簡略若しくは省略する。本実施形態の特徴的な部分は、液体2に、その液体2の比抵抗を調整可能な所定物質を混合することによって、液体2の帯電を防止する点にある。

【0158】

図19において、液浸システム1の液体供給装置111は、供給口8に供給するための液体2と、その液体2の比抵抗を調整可能な所定物質とを混合する混合装置150を有している。本実施形態では、液体2の比抵抗を調整する物質として、二酸化炭素を用いる。液体供給装置111は、混合装置150に二酸化炭素を供給する二酸化炭素供給装置151を有しており、混合装置150は、二酸化炭素供給装置151から供給された二酸化炭素と、超純水製造装置115から脱気装置116を介して供給された液体（超純水）2とを混合する。制御装置7は、二酸化炭素供給装置151から混合装置150に供給する二酸化炭素の量を調整可能である。

【0159】

混合装置150は、二酸化炭素供給装置151から供給された二酸化炭素を、脱気装置116で脱気された液体2に溶解する。液体2にその液体2の比抵抗を調整する二酸化炭素を溶解させることにより、液体2の帯電を防止又は効果的に抑制することができる。

【0160】

なお、液体2に溶解される二酸化炭素の量は、液体2の帯電を防止できる程度、且つ液体2に溶解された二酸化炭素に起因して生じる気泡の大きさ又は量が許容値以下になる程度に最適に調整されている。換言すれば、液体2中には、溶存気体濃度の許容値以下の二酸化炭素が溶解される。液体2の帯電を防止するために液体2に溶解する二酸化炭素の量は極僅かであり、液体2に溶解した二酸化炭素によって、露光不良を発生させるような気泡は生成されない。

【0161】

混合装置150には、液体2の比抵抗を計測可能な比抵抗計（不図示）が設けられている。制御装置7は、比抵抗計を用いて、混合装置150で生成された液体2（二酸化炭素

が溶解した純水)の比抵抗値をモニタしつつ、その計測される比抵抗値が所定範囲内の値となるように、二酸化炭素供給装置151から混合装置150に供給する二酸化炭素の量を調整する。これにより、混合装置150の内部で、超純水製造装置115(脱気装置116)から供給された液体2中に二酸化炭素供給装置151から供給された二酸化炭素が混入し、溶解して、所望の比抵抗値の液体2が生成される。すなわち、本実施形態では、純水に比抵抗を低下させる二酸化炭素を混入して溶解させて、供給口8から光路空間Kに液体2として供給する。

【0162】

なお、純水中への二酸化炭素の混入(溶解)は、純水中に二酸化炭素を直接注入する方式、中空糸膜を介して純水中に二酸化炭素を混入させる方式など、各種の方式を採用することができる。なお、二酸化炭素を含む空気を純水中に溶解させても良い。なお、本実施形態においては、液体2の比抵抗値は、10[MΩ・cm]以下、望ましくは0.1~1.0[MΩ・cm]に調整される。

10

【0163】

以上説明したように、供給口8から供給される前に、液体2中に二酸化炭素を溶解することにより、光路空間Kに供給される液体2の帯電が防止又は効果的に抑制される。また、液体2は二酸化炭素を含んでいるので、供給管113あるいは供給流路8Lを流れている間においても、液体2が帯電することが防止されている。そして、二酸化炭素によって、液体2の帯電が防止されているため、液体2中に気泡が生成された場合でも、気泡の帯電が抑えられ、その気泡を直ちに低減又は消失させることができ、液体2中での気泡の残留を抑制することができる。

20

【0164】

また、脱気装置116を用いて、液体2中の溶存気体濃度、特に溶存酸素濃度を低減することにより、露光光ELに対する液体2の透過率の低下を抑制することができる。そして、液体2中の溶存酸素濃度を十分に低減した後、その液体2に所定量の二酸化炭素を混合(溶解)することにより、所望の透過率を維持し、気泡の生成を抑えつつ、液体2の帯電を防止することができる。

【0165】

なお、上述の第11実施形態においては、液浸システム1の供給口8から露光光ELの光路空間Kに供給される前の液体2に二酸化炭素を混合(溶解)しているが、例えば供給口8が複数設けられている場合には、複数の供給口のうち、第1の供給口から光路空間Kに二酸化炭素を含んでいない第1の液体を供給し、第2の供給口から光路空間Kに二酸化炭素を含んだ第2の液体を供給し、第1の液体と第2の液体とを光路空間K上で混合することによって、光路空間Kを満たす液体2の帯電を防止するようにしてもよい。また、光路空間Kにおいて、液体2と二酸化炭素とを混合してもよい。

30

【0166】

なお、上述の第11実施形態において、供給流路中に除電フィルタ114が設けられているが、この除電フィルタ114は無くてもよい。液体2に二酸化炭素を混合(混合)することで、供給口8に供給される液体2の帯電を防止又は抑制できるのであれば、除電フィルタ114は省略することができる。

40

【0167】

<第12実施形態>

次に、第12実施形態について図20及び図21を参照しながら説明する。以下の説明において、上述の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、その説明を簡略若しくは省略する。本実施形態の特徴的な部分は、液体2の比抵抗を調整可能な所定物質として、イオン化されたイオン化液体(イオン水)を用いた点にある。

【0168】

図20において、液浸システム1の液体供給系10は、超純水を製造する超純水製造装置115と、超純水製造装置115で製造された超純水を脱気する脱気装置116と、脱気装置116で脱気された超純水をイオン化してイオン水2A、2Bを生成するイオン水

50

生成装置 117 と、イオン水生成装置 117 で生成されたイオン水 2A、2B と超純水製造装置 115 で製造された超純水とを混合する混合装置 154 と、供給管系 113 とを備えている。供給管系 113 は、第 1 供給管 113A と、第 2 供給管 113B と、第 3 供給管 113C と、第 4 供給管 113D とを備えている。ノズル部材 6 の内部には、供給口 8 と供給管系 113（第 3 供給管 113C）とを接続する内部流路（供給流路）8L が形成されている。

【0169】

イオン水生成装置 117 は、超純水をイオン化して、陽イオン水 2A と陰イオン水 2B とを生成する。以下の説明においては、陽イオン水 2A を適宜、アノード水 2A と称し、陰イオン水 2B を適宜、カソード水 2B と称する。イオン化する前の超純水と比較して、アノード水 2A は水素イオン（H⁺）を多く含み、カソード水 2B は水酸イオン（OH⁻）を多く含む。

10

【0170】

図 21 はイオン水生成装置 117 の一例を示す模式図である。イオン水生成装置 117 は、超純水が供給される電解槽 130 を有している。電解槽 130 の内部は、隔膜（イオン交換膜）136、137 によって、第 1、第 2、第 3 室 131、132、133 に仕切られている。超純水は、第 1、第 2、第 3 室 131、132、133 のそれぞれに供給される。第 1 室 131 には陽極 134 が配置され、第 2 室 132 には陰極 135 が配置されている。第 3 室 133 は、第 1 室 131 と第 2 室 132 との間に設けられており、例えばイオン交換樹脂が充填されている。第 1、第 2、第 3 室 131、132、133 に超純水を供給し、陽極 134 及び陰極 135 に電圧を印加することによって、第 1 室 131 においてはアノード水 2A が生成され、第 2 室 132 においてはカソード水 2B が生成される。このように、イオン水生成装置 117 は、超純水を電気分解することによって、電解イオン水 2A、2B を生成することができる。なお、電解槽 130 に供給される超純水あるいは電解槽 130 から送出されたイオン水に所定の電解質を添加するようにしてもよい。なお、図 21 に示すイオン水生成装置 117 は一例であり、イオン水 2A、2B を生成可能であれば、任意の構成を採用することができる。

20

【0171】

図 20 に戻って、イオン水生成装置 117 で生成されたアノード水 2A は、第 1 供給管 113A を介して混合装置 154 に供給される。イオン水生成装置 117 で生成されたカソード水 2B は、第 2 供給管 113B を介して混合装置 154 に供給される。超純水生成装置 115 で製造された、イオン化されていない超純水は、第 4 供給管 113D を介して混合装置 154 に供給される。

30

【0172】

第 1 供給管 113A の途中には、イオン水生成装置 117 で生成され、混合装置 154 に供給されるアノード水 2A の量（単位時間当たりの供給量）を調整する調整機構 155A が設けられている。同様に、第 2 供給管 113B の途中には、イオン水生成装置 117 で生成され、混合装置 154 に供給されるカソード水 2B の量（単位時間当たりの供給量）を調整する調整機構 155B が設けられている。また、第 4 供給管 113D の途中には、超純水製造装置 115 で製造され、混合装置 154 に供給される超純水の量（単位時間当たりの供給量）を調整する調整機構 155D が設けられている。調整機構 155A、155B、155D は、例えばバルブ機構を含む。制御装置 7 は、調整機構 155A、155B、155D を用いて、第 4 供給管 113D を介して混合装置 154 に供給される超純水の量を、第 1、第 2 供給管 113A、113B を介して混合装置 154 に供給されるイオン水 2A、2B の量よりも多くする。すなわち、本実施形態においては、混合装置 154 に供給された超純水に対して、少量のイオン水 2A、2B が添加される。

40

【0173】

混合装置 154 は、第 1 供給管 113A、第 2 供給管 113B、及び第 4 供給管 113D のそれぞれを介して供給されたアノード水 2A、カソード水 2B、及び超純水を混合する。供給口 8 と混合装置 154 とは、第 3 供給管 113C 及び供給流路 8L を介して接続

50

されている。混合装置 1 5 4 で生成された液体 2 は、第 3 供給管 1 1 3 及び供給流路 8 L を介して供給口 8 に供給される。混合装置 1 5 4 で生成された液体 2 は、供給口 8 から光路空間 K に供給される。

【0174】

超純水は、電気的な絶縁性が高く帯電し易い（静電気を帯びやすい）。一方、イオン水 2 A、2 B は導電性を有しており、超純水の比抵抗を調整可能である。液体供給系 1 0 は、超純水が帯電した場合でも、その超純水を混合装置 1 5 4 においてイオン水 2 A、2 B と混合することにより、超純水を除電することができ、光路空間 K に供給される液体 2 の帯電を防止することができる。

【0175】

以上説明したように、イオン化されたイオン水 2 A、2 B と超純水とを混合することにより、供給口 8 から光路空間 K に供給される液体 2 の帯電を防止することができる。したがって、液体 2 中に気泡が生成された場合でも、気泡の帯電が抑えられているので、その気泡を脱気された液体 2 中で直ちに低減又は消失させることができ、液体 2 中での気泡の残留を抑制することができる。

【0176】

そして、本実施形態においては、電気的な絶縁性を有する超純水をイオン化して導電性を発現させる構成であるため、超純水に導電性を与えるための添加物を加えていない。したがって、供給口 8（光路空間 K）に供給される液体 2 の不純物の含有量は極めて低く、液体 2 の透過率低下、温度上昇、金属汚染等を引き起こすことのない所望の液質を維持した液体 2 で光路空間 K を満たすことができ、基板 P を良好に露光することができる。

【0177】

なお、上述の第 1 2 実施形態においては、液体供給系 1 0 は、アノード水とカソード水とのそれぞれを供給しているが、超純水がプラス又はマイナスのいずれに帯電しているのかが既知であれば、アノード水及びカソード水のいずれか一方のみを供給するようにしてもよい。

【0178】

なお、上述の第 1 2 実施形態においては、液浸システム 1 の供給口 8 から露光光 E L の光路空間 K に供給される前の超純水にイオン水を混合（添加）しているが、例えば供給口 8 が複数設けられている場合には、複数の供給口のうち、第 1 の供給口から光路空間 K に超純水を供給し、第 2 の供給口から光路空間 K にイオン水（アノード水及びカソード水の少なくとも一方）を供給し、超純水とイオン水とを光路空間 K で混合することによって、光路空間 K を満たす液体 2 の帯電を防止するようにしてもよい。

【0179】

なお、上述の第 1 2 実施形態において、供給流路中に除電フィルタ 1 1 4 が設けられているが、この除電フィルタ 1 1 4 は無くてもよい。非イオン水である超純水にイオン水を混合（添加）することで、供給口 8 に供給される液体 2 の帯電を防止又は効果的に抑制できるのであれば、除電フィルタ 1 1 4 は省略することができる。

【0180】

なお、上述の第 1 2 実施形態においては、露光装置 E X がイオン水生成装置 1 1 7 を備えた構成であるが、露光装置 E X とは別のイオン水生成装置で生成されたイオン水を光路空間 K に供給するようにしてもよい。即ち、露光装置 E X は、イオン水生成装置を備えていなくてもよく、同様に、超純水製造装置 1 1 5、及び脱気装置 1 1 6 の少なくとも一方を備えていなくてもよい。

【0181】

なお、上述の第 9 ～第 1 2 実施形態で説明した帯電防止装置のかわりに、投影光学系 P L の像面側の空間近傍に、特開 2 0 0 3 - 3 3 2 2 1 8 号公報に開示されているような除電装置（イオナイザなど）を配置し、液体 2 の帯電を防止するようにしてもよい。もちろん、第 9 ～第 1 2 実施形態の帯電防止装置とイオナイザ等の除電装置とを併用してもよい。また、上述の第 9 ～第 1 2 実施形態において、多孔部材 9 T を導電体で構成してもよい

10

20

30

40

50

。この場合、前述した除電フィルタ114、導電性部材119、及び除電装置（イオナイザなど）の少なくとも1つの代替とする、あるいはそれらと組み合わせることとしてもよい。

【0182】

＜第13実施形態＞

次に、第13実施形態について図22を参照しながら説明する。以下の説明において、上述の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、その説明を簡略若しくは省略する。上述の第9～第12実施形態においては、帯電が防止された液体2を、投影光学系PLのうち投影光学系PLの像面に最も近い最終光学素子FLと基板Pとの間の露光光ELの光路空間Kに供給する場合について説明したが、例えば、国際公開第2004/019128号パンフレットに開示されているように、最終光学素子FLの物体面側（マスクM側）の光路も液体で満たすことができる。

10

【0183】

図22において、露光装置EXは、最終光学素子FLと、最終光学素子FLに次いで投影光学系PLの像面に近い境界光学素子FL2との間に液体2を供給する液浸システム1'を備えている。

【0184】

液浸システム1'は、最終光学素子FLと境界光学素子FL2との間の光路空間K2に液体2を供給する供給口8'と、液体2を回収する回収口9'とを備えている。液浸システム1'は、上述の各実施形態で説明した液浸システム1とほぼ同等の構成を有しており、帯電が防止された液体2で光路空間K2を満たすことができる。これにより、露光光ELの光路空間K2に供給された液体2中の気泡に起因する露光不良を抑制することができる。

20

【0185】

以上のように、液体2の帯電を防止することによって、液体2中での気泡の帯電が抑制されるため、液体2で気泡が発生したとしても、液体2での気泡の残留を抑えることができる。すなわち、液体2の帯電を防止する帯電防止装置を、液体2中での気泡の帯電を防止する帯電防止装置として機能させ、液体2中の気泡に起因する露光不良等の不具合の発生を抑えることができる。

【0186】

なお、本実施形態では液浸システム1とは別に液浸システム1'を設けるものとしたが、液浸システム1'の少なくとも一部を液浸システム1で兼用することとしてもよい。また、光路空間K2の所定位置、例えば境界光学素子FL2の射出面と最終光学素子FLの入射面との少なくとも一方に、液体2の帯電を防止する導電性部材を設ける、あるいは光路空間K2近傍に前述したイオナイザなどの除電装置を設けることとしてもよい。さらに、液浸システム1'における液体2の供給流路中に除電フィルタを設けることとしてもよい。

30

【0187】

なお、液体2中の気泡は、基板Pの露光のみならず、液体2を介して行われる各種計測などにも影響を与える可能性があるが、上述の第9～第13実施形態のように、気泡の帯電を防止することによって、液体2での気泡の残留が抑えられているため、液体2を介して行われる各種計測も高精度に実行することができる。したがって、その計測に基づいて実行される基板Pの露光も良好に行うことができる。

40

【0188】

なお、上述の各実施形態において、液体または液体中の気泡の帯電防止は、露光に影響がない範囲で、液体または液体中の気泡の少しの帯電を許容する。例えば、露光処理または露光装置に不都合が生じない範囲内であれば、液体または液体中の気泡がわずかに帯電してもよい。例えば、液体中の気泡の種類、数、及び／又は量が許容範囲内になるように、帯電防止によって液体中の気泡が消失すればよい。同様に、液体または液体中の気泡の除電は、露光に影響がない範囲で、液体または液体中の気泡における少しの残留電荷を許

50

容する。例えば、露光処理または露光装置に不都合が生じない範囲内であれば、液体または液体中の気泡にわずかに電荷が残ってもよい。例えば、液体中の気泡の種類、数、及び／又は量が許容範囲内になるように、除電によって液体中の気泡が消失すればよい。

【0189】

なお、上述の各実施形態において、最終光学素子FLと基板Pとの間の光路空間Kを液体2で満たす液浸システム1の構成は、上述のものに限られず、各種の構成を採用することができる。例えば、米国特許公開第2004/0165159号公報、国際公開第2004/055803号公報に開示されているような構成を採用することもできる。

【0190】

また、第8及び第13実施形態の液浸システム1'の構成も、上述のものに限られず、各種の構成を採用することができ、例えば国際公開第2004/107048号公報に開示されている構成を採用することもできる。

【0191】

なお、ノズル部材6を含む液浸システム1（液浸空間形成部材）の形態は、上述のものに限られず、例えば国際公開第2004/086468号パンフレット（対応米国公開2005/0280791A1）、特開2004-289126号公報（対応米国特許第6,952,253号）などに開示されるノズル部材を用いてもよい。具体的には、上述の各実施形態ではノズル部材6の下面が投影光学系PLの下端面（射出面）とほぼ同じ高さ（Z位置）に設定されているが、例えばノズル部材6の下面を投影光学系PLの下端面よりも像面側（基板側）に設定してもよい。この場合、ノズル部材6の一部（下端部）を、露光光ELを遮らないように投影光学系PL（最終光学素子FL）の下側まで潜り込ませて設けてもよい。また、上述の各実施形態ではノズル部材6の下面に供給口8を設けているが、例えば投影光学系PLの最終光学素子FLの側面と対向するノズル部材6の内側面（傾斜面）に供給口8を設けてもよい。

【0192】

上述の各実施形態では液体2として純水（超純水）が用いられている。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及び光学素子（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。

【0193】

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。

【0194】

なお、上記各実施形態の液体2は水（純水）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2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）、あるいは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2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及び基板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。

【0195】

また、液体2としては、屈折率が1.6～1.8程度のものを使用してもよい。更に、石英あるいは蛍石よりも屈折率が高い（例えば1.6以上）材料で光学素子FLを形成してもよい。液体LQとして、種々の液体、例えば、超臨界流体を用いることも可能である。

10

20

30

40

50

【0196】

なお、上記各実施形態では干渉計システム（3L、4L）を用いてマスクステージ3、及び基板ステージ4の各位置情報を計測するものとしたが、これに限らず、例えば各ステージに設けられるスケール（回折格子）を検出するエンコーダシステムを用いてもよい。この場合、干渉計システムとエンコーダシステムの両方を備えるハイブリッドシステムとし、干渉計システムの計測結果を用いてエンコーダシステムの計測結果の較正（キャリブレーション）を行うことが好ましい。また、干渉計システムとエンコーダシステムとを切り替えて用いる、あるいはその両方を用いて、ステージの位置制御を行うようにしてもよい。

【0197】

10

上記各実施形態では、投影光学系PLの先端に光学素子FLが取り付けられており、この光学素子により投影光学系PLの光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整を行うことができる。なお、投影光学系PLの先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系PLの光学特性の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光ELを透過可能な平行平板（カバーガラスなど）であってもよい。

【0198】

なお、液体2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。

【0199】

20

なお、上記各実施形態では、投影光学系PLと基板P表面との間は液体2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2を満たす構成であってもよい。

【0200】

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、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。

【0201】

露光装置EXとしては、マスクMと基板Pとを同期移動してマスクMのパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（スキャニングステッパ）の他に、マスクMと基板Pとを静止した状態でマスクMのパターンを一括露光し、基板Pを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（ステッパ）にも適用することができる。

30

【0202】

また、露光装置EXとしては、第1パターンと基板Pとをほぼ静止した状態で第1パターンの縮小像を投影光学系（例えば1/8縮小倍率で反射素子を含まない屈折型投影光学系）を用いて基板P上に一括露光する方式の露光装置にも適用できる。この場合、更にその後、第2パターンと基板Pとをほぼ静止した状態で第2パターンの縮小像をその投影光学系を用いて、第1パターンと部分的に重ねて基板P上に一括露光するスティッチ方式の一括露光装置にも適用できる。また、スティッチ方式の露光装置としては、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し、基板Pを順次移動させるステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。

40

【0203】

また、上記各実施形態では投影光学系PLを備えた露光装置を例に挙げて説明してきたが、投影光学系PLを用いない露光装置及び露光方法に本発明を適用することができる。投影光学系を用いない場合であっても、露光光はマスク又はレンズなどの光学部材を介して基板に照射され、そのような光学部材と基板との間の所定空間に液浸領域が形成される。

【0204】

50

また、本発明は、例えば特開平10-163099号公報及び特開平10-214783号公報（対応米国特許第6,590,634号）、特表2000-505958号公報（対応米国特許第5,969,441号）、米国特許第6,208,407号などに開示されているような複数の基板ステージを備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。

【0205】

更に、特開平11-135400号公報（対応国際公開1999/23692）、及び特開2000-164504号公報（対応米国特許第6,897,963号）等々に開示されているように、基板を保持する基板ステージと、基準マークが形成された基準部材及び各種の光電センサを搭載した計測ステージとを備えた露光装置にも本発明を適用することができる。

10

【0206】

また、上述の実施形態においては、投影光学系PLと基板Pとの間に局所的に液体を満たす露光装置を採用しているが、本発明は、例えば特開平6-124873号公報、特開平10-303114号公報、米国特許第5,825,043号などに開示されているような露光対象の基板の表面全体が液体中に浸かっている状態で露光を行う液浸露光装置にも適用可能である。

【0207】

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、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD）、マイクロマシン、MEMS、DNAチップ、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。

20

【0208】

なお、上述の実施形態においては、光透過性の基板上に所定の遮光パターン（又は位相パターン・減光パターン）を形成した光透過型マスクを用いたが、このマスクに代えて、例えば米国特許第6,778,257号公報に開示されているように、露光すべきパターンの電子データに基づいて透過パターン又は反射パターン、あるいは発光パターンを形成する電子マスク（可変成形マスクとも呼ばれ、例えば非発光型画像表示素子（空間光変調器）の一種であるDMD（Digital Micro-mirror Device）などを含む）を用いてもよい。

30

【0209】

また、例えば国際公開第2001/035168号パンフレットに開示されているように、干渉縞を基板P上に形成することによって、基板P上にライン・アンド・スペースパターンを露光する露光装置（リソグラフィシステム）にも本発明を適用することができる。

【0210】

さらに、例えば特表2004-519850号公報（対応米国特許第6,611,316号）に開示されているように、2つのマスクのパターンを、投影光学系を介して基板上で合成し、1回のスキャン露光によって基板上の1つのショット領域をほぼ同時に二重露光する露光装置にも本発明を適用することができる。

40

【0211】

なお、本国際出願で指定又は選択された国の法令で許容される限りにおいて、上記各実施形態及び変形例で引用した露光装置などに関する全ての公開公報及び米国特許の開示を援用して本文の記載の一部とする。

【0212】

以上のように、本願実施形態の露光装置EXは、本願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、電氣的精度、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氣的精度を達成するための調整

50

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 2 1 3 】

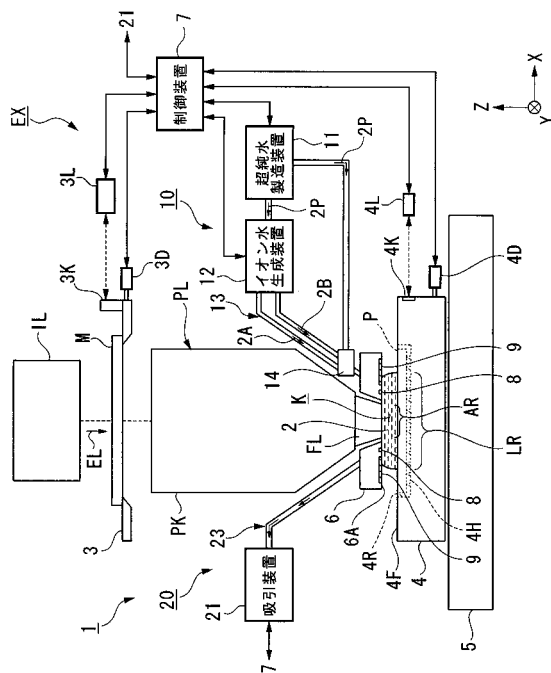
半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図 23 に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ 201、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作するステップ 202、デバイスの基材である基板を製造するステップ 203、前述した実施形態の露光装置 EX によりマスクのパターンを基板に露光する工程、露光した基板を現像する工程、現像した基板の加熱（キュア）及びエッチング工程などの基板処理プロセスを含むステップ 204、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程などの加工プロセスを含む）205、検査ステップ 206 等を経て製造される。

【産業上の利用可能性】

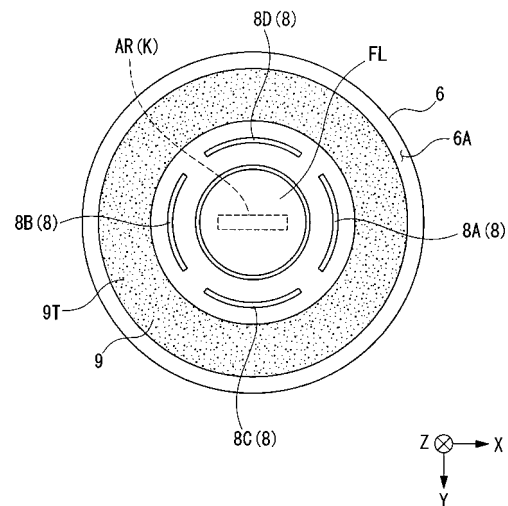
【 0 2 1 4 】

本発明によれば、露光装置の性能の劣化を抑制し、基板を良好に露光することができ、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、本発明によれば、液体中の気泡に起因する露光不良を抑制し、基板を良好に露光することができ、また、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。それゆえ、本発明は、例えば半導体素子、液晶表示素子又はディスプレイ、薄膜磁気ヘッド、ＣＣＤ、マイクロマシン、ＭＥＭＳ、ＤＮＡチップ、レチクル（マスク）のような広範囲な製品を製造するための露光装置及び方法に極めて有用となる。

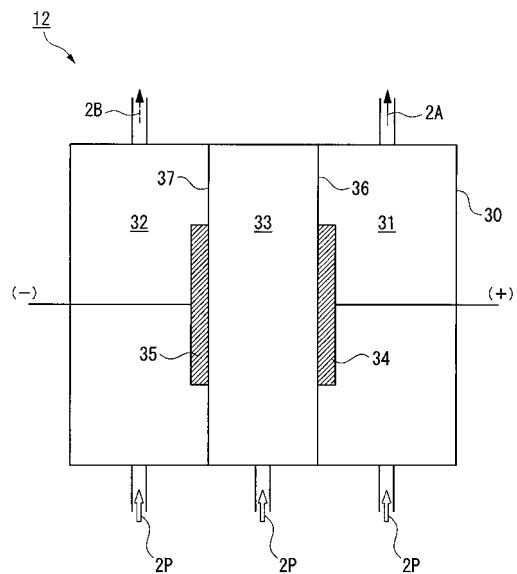
【図 1】



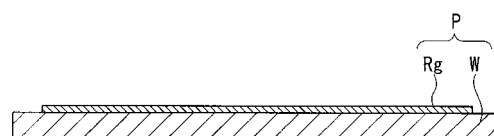
【図 2】



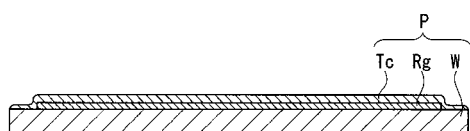
【図 4】



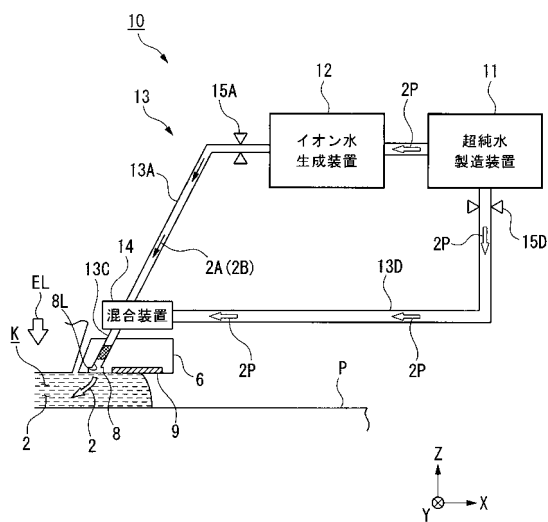
【図 5 A】



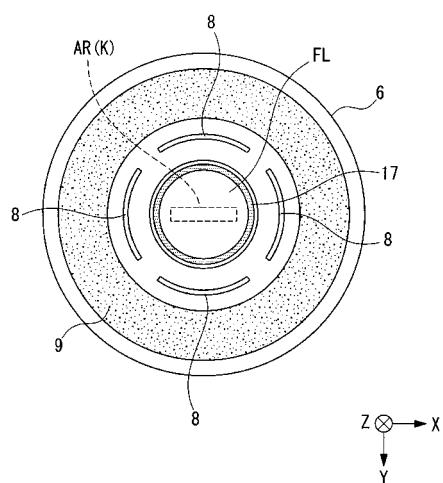
【図 5 B】



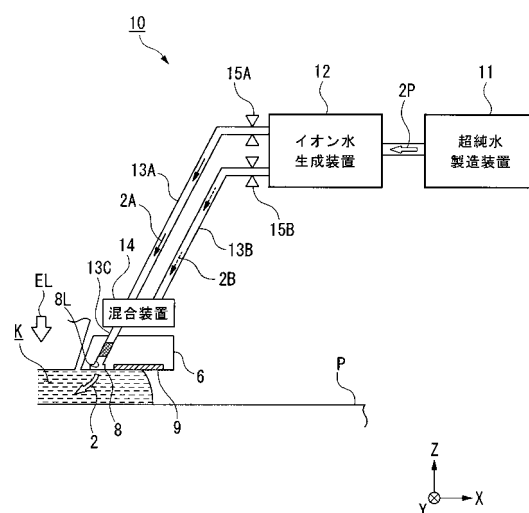
【图 7】



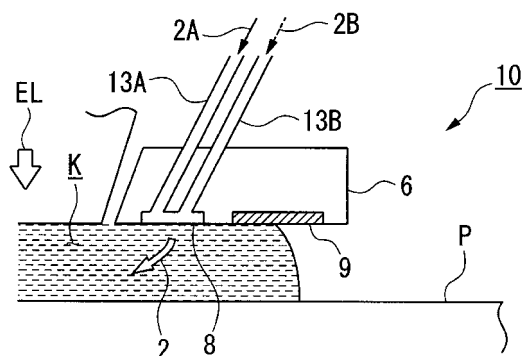
【图 6】



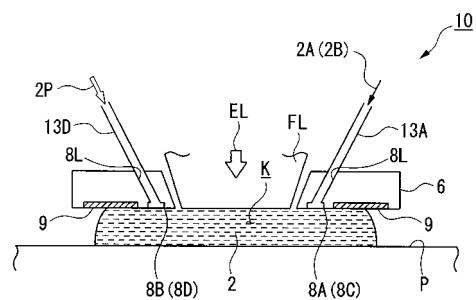
【図 9】



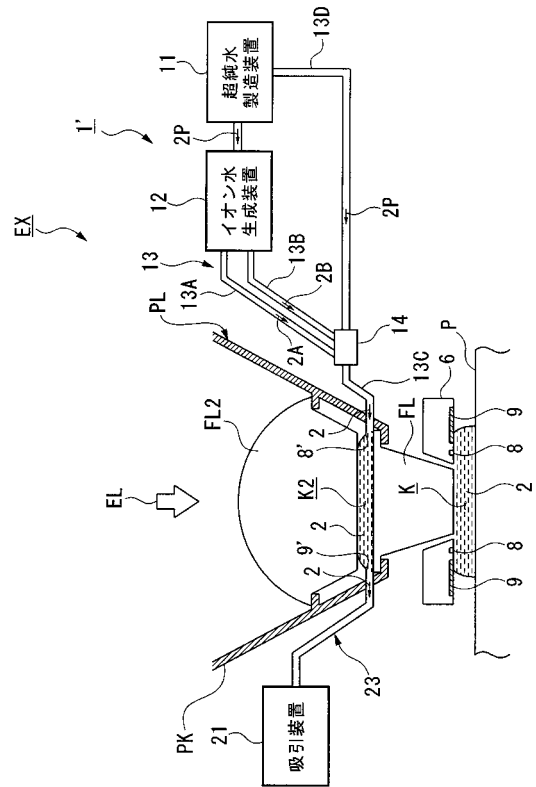
【図 10 C】



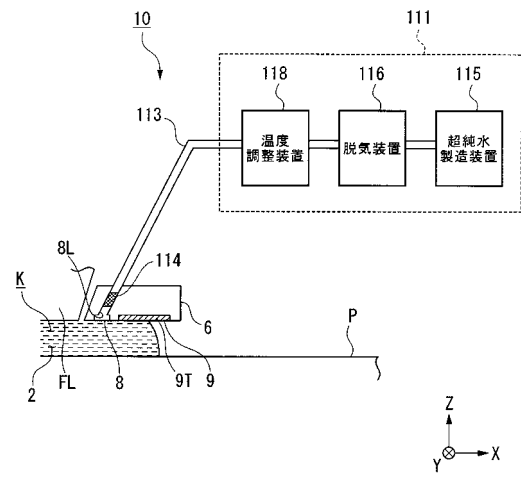
【図 1 1】



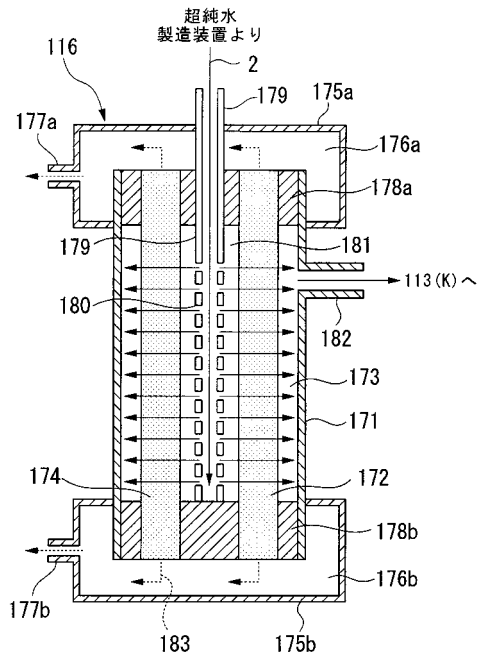
【図 1 3】



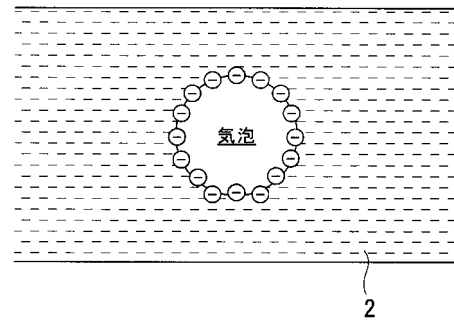
【图 15】



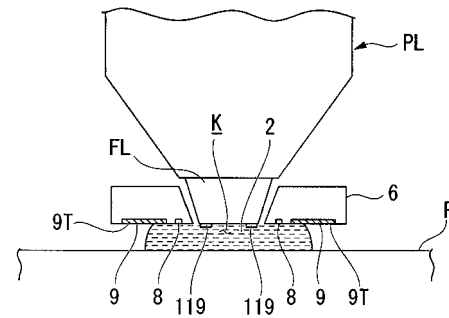
【図 16】



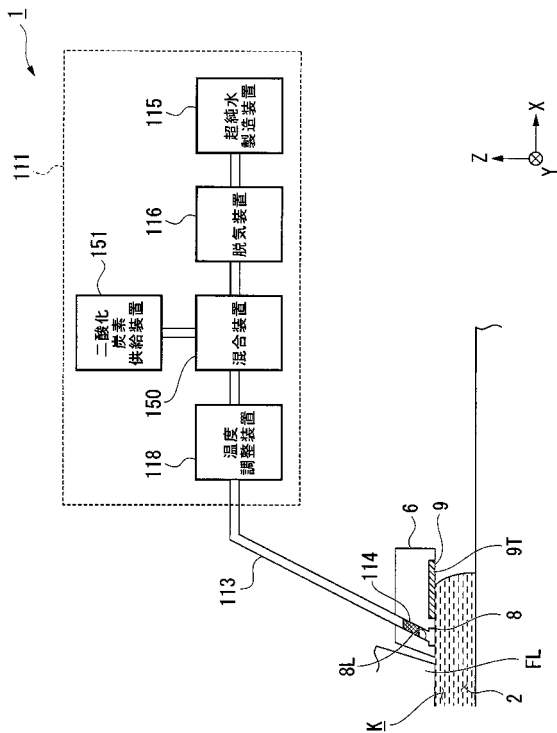
【図 17】



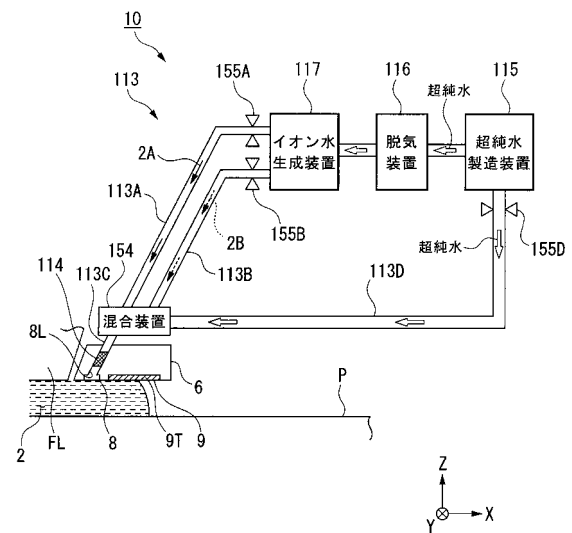
【図 18】



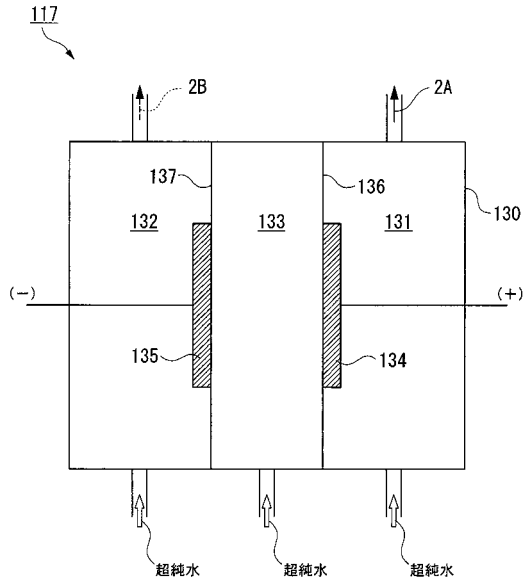
【図 19】



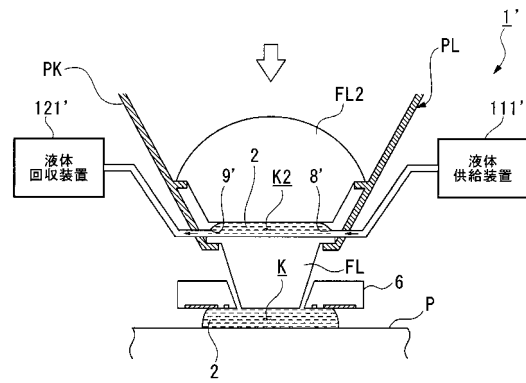
【図 20】



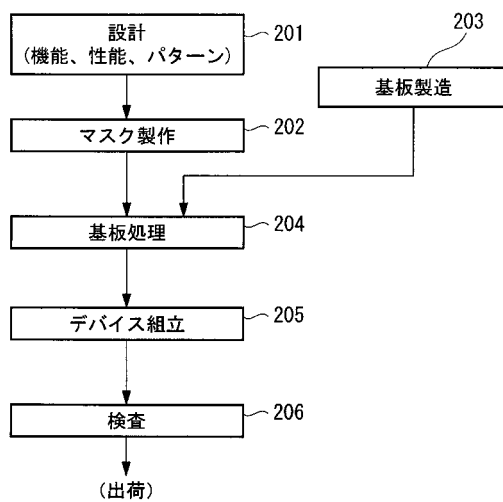
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-186112 (JP, A)
特開2005-197690 (JP, A)
特開2006-073951 (JP, A)
特表2007-520893 (JP, A)
特開2005-183693 (JP, A)
特開2005-079238 (JP, A)
国際公開第2005/031824 (WO, A1)
国際公開第2005/031820 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20