

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5295165号  
(P5295165)

(45) 発行日 平成25年9月18日(2013.9.18)

(24) 登録日 平成25年6月21日(2013.6.21)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 L 21/027 (2006.01)	H O 1 L 21/30 5 1 5 D
G O 3 F 7/20 (2006.01)	G O 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 50 (全 49 頁)

(21) 出願番号	特願2010-87342 (P2010-87342)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成22年4月5日(2010.4.5)		株式会社ニコン
(62) 分割の表示	特願2005-169549 (P2005-169549)		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
原出願日	平成17年6月9日(2005.6.9)	(73) 特許権者	591149595
(65) 公開番号	特開2010-171451 (P2010-171451A)		株式会社ニコンエンジニアリング
(43) 公開日	平成22年8月5日(2010.8.5)		神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町3丁目30番地4
審査請求日	平成22年4月5日(2010.4.5)	(74) 代理人	100064908
(31) 優先権主張番号	特願2004-172569 (P2004-172569)		弁理士 志賀 正武
(32) 優先日	平成16年6月10日(2004.6.10)	(74) 代理人	100108578
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 高橋 詔男
(31) 優先権主張番号	特願2004-245260 (P2004-245260)	(74) 代理人	100107836
(32) 優先日	平成16年8月25日(2004.8.25)		弁理士 西 和哉
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置、露光方法及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投影光学系の光学素子と液体とを介して基板上に露光光を照射して、前記基板を露光する露光装置において、

前記液体を供給するとともに前記液体を回収するノズル部材を備え、

前記ノズル部材は、前記露光光の光路空間の外側の第1の位置に設けられ、液体を供給する液体供給口と、

前記液体供給口からの液体を回収する液体回収口と、

前記液体供給口から供給された液体が前記光路空間を介して該光路空間の外側の前記第1の位置とは異なる第2の位置に向かって流れるように配置されたガイド部材と、を備え

10

前記ノズル部材は、前記光学素子を囲むように配置され、

前記ノズル部材と前記光学素子の側面との間には隙間が形成され、

前記ノズル部材は、前記基板の露光中に、前記液体供給口からの液体の供給と前記液体回収口からの液体の回収とを続ける露光装置。

【請求項 2】

前記ガイド部材は、前記投影光学系の像面側に配置され、前記露光光が通過する開口部を有する請求項1に記載の露光装置。

【請求項 3】

前記開口部は、略十字状である請求項2に記載の露光装置。

20

## 【請求項 4】

前記液体供給口は、前記投影光学系と前記ガイド部材との間の空間を含む内部空間に液体を供給する請求項 2 又は 3 に記載の露光装置。

## 【請求項 5】

前記液体供給口からの液体は、前記開口部を介して、前記基板上へ供給される請求項 4 に記載の露光装置。

## 【請求項 6】

前記ガイド部材の少なくとも一部は、前記投影光学系の像面側の端面の下に配置される請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 7】

投影光学系と液体とを介して基板上に露光光を照射して、前記基板を露光する露光装置において、

前記液体を供給するとともに前記液体を回収するノズル部材を備え、

前記ノズル部材は、前記露光光の光路空間の外側の第 1 の位置に設けられ、液体を供給する液体供給口と、

前記液体供給口からの液体を回収する液体回収口と、

前記液体供給口から供給された液体が前記光路空間を介して該光路空間の外側の前記第 1 の位置とは異なる第 2 の位置に向かって流れるように配置されたガイド部材と、を備え

、

前記ガイド部材の少なくとも一部は、前記投影光学系の像面側の端面の下に配置され、

前記ノズル部材は、前記基板の露光中に、前記液体供給口からの液体の供給と前記液体回収口からの液体の回収とを続ける露光装置。

## 【請求項 8】

前記液体供給口は、前記光路空間を挟んだ両側のそれぞれに設けられている請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 9】

前記第 2 の位置又はその近傍に排気口が配置されている請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 10】

前記排気口は、前記投影光学系の像面周囲の気体と接続されている請求項 9 に記載の露光装置。

## 【請求項 11】

前記排気口は、吸気系に接続されている請求項 9 に記載の露光装置。

## 【請求項 12】

前記排気口は、前記光路空間を挟んだ両側のそれぞれに設けられている請求項 9 ～ 11 のいずれか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 13】

前記排気口を介して前記投影光学系の像面周囲の液体が回収される請求項 9 ～ 12 のいずれか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 14】

前記露光光の光路空間を非液浸状態とするために、前記排気口から液体の回収が行われる請求項 13 に記載の露光装置。

## 【請求項 15】

前記排気口は、気体を供給可能である請求項 9 ～ 14 のいずれか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 16】

前記液体供給口から、気体を供給可能である請求項 1 ～ 15 のいずれか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 17】

投影光学系と液体とを介して基板上に露光光を照射して、前記基板を露光する露光装置

10

20

30

40

50

において、

前記液体を供給するとともに前記液体を回収するノズル部材を備え、

前記ノズル部材は、前記露光光の光路空間の外側の第 1 の位置に設けられ、液体を供給する液体供給口と、

前記液体供給口からの液体を回収する液体回収口と、

前記液体供給口から供給された液体が前記光路空間を介して該光路空間の外側の前記第 1 の位置とは異なる第 2 の位置に向かって流れるように配置されたガイド部材と、を備え

、

前記液体供給口から、気体を供給可能であり、

前記ノズル部材は、前記基板の露光中に、前記液体供給口からの液体の供給と前記液体回収口からの液体の回収とを続ける露光装置。

10

【請求項 1 8】

前記ガイド部材は、前記第 1 の位置から前記光路空間に向かう流れを形成する第 1 ガイド部と、

前記光路空間から前記第 2 の位置に向かう流れを形成する第 2 ガイド部とを有し、

前記第 1 ガイド部によって形成される流路と前記第 2 ガイド部によって形成される流路とは交差している請求項 1 ~ 1 7 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 1 9】

前記ガイド部材は、前記第 1 の位置から前記光路空間に向かう流れを形成する第 1 ガイド部を有し、

20

前記第 1 ガイド部によって形成される前記第 1 の位置近傍の流路は、前記第 1 の位置から前記光路空間に向かって漸次窄まるように形成される請求項 1 ~ 1 8 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 2 0】

前記ガイド部材は、前記光路空間から前記第 2 の位置に向かう流れを形成する第 2 ガイド部を有し、

前記第 2 ガイド部によって形成される前記第 2 の位置近傍の流路は、前記光路空間から前記第 2 の位置に向かって漸次拡がるように形成される請求項 1 ~ 1 9 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 2 1】

30

前記第 1 の位置は、前記投影光学系からの前記露光光が照射される投影領域に対して一側に配置され、前記第 2 の位置は、前記投影領域に対して他側に配置される請求項 1 ~ 1 7 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 2 2】

前記基板は、前記投影光学系の光軸と垂直な平面内の第 1 軸と平行な方向に移動しながら露光される請求項 1 ~ 2 1 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 2 3】

前記基板は、前記第 1 軸と平行な第 1 方向及び前記第 1 方向の反対の第 2 方向に移動しながら露光される請求項 2 2 に記載の露光装置。

【請求項 2 4】

40

前記第 1 の位置は、前記投影領域に対して前記第 1 軸と平行な方向に配置される請求項 2 2 又は 2 3 に記載の露光装置。

【請求項 2 5】

前記液体供給口は、前記第 1 軸と平行な方向に沿って液体を供給する請求項 2 4 に記載の露光装置。

【請求項 2 6】

前記第 1 の位置は、前記投影領域に対して前記平面内において前記第 1 軸と交差する第 2 軸と平行な方向に配置される請求項 2 2 又は 2 3 に記載の露光装置。

【請求項 2 7】

前記液体供給口は、前記第 2 軸と平行な方向に沿って液体を供給する請求項 2 6 に記載

50

の露光装置。

【請求項 2 8】

前記第 1 軸と前記第 2 軸とは直交する請求項 2 6 又は 2 7 に記載の露光装置。

【請求項 2 9】

前記液体回収口には多孔部材が配置されている請求項 1 ~ 2 8 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 3 0】

前記ガイド部材は、前記基板と対向するように配置された平坦部を有する請求項 1 ~ 2 9 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 3 1】

前記平坦部は、前記基板の表面と略平行となるように配置される請求項 3 0 に記載の露光装置。

【請求項 3 2】

前記平坦部は、前記露光光の光路を囲むように配置される請求項 3 0 又は 3 1 に記載の露光装置。

【請求項 3 3】

前記平坦部は、前記投影光学系の像面側の端面と前記基板との間に、前記露光光が照射される投影領域を囲むように配置される請求項 3 0 ~ 3 2 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 3 4】

投影光学系と液体とを介して基板上に露光光を照射して、前記基板を露光する露光装置において、

前記液体を供給するとともに前記液体を回収するノズル部材を備え、

前記ノズル部材は、前記露光光の光路空間の外側の第 1 の位置に設けられ、液体を供給する液体供給口と、

前記液体供給口からの液体を回収する液体回収口と、

前記液体供給口から供給された液体が前記光路空間を介して該光路空間の外側の前記第 1 の位置とは異なる第 2 の位置に向かって流れるように配置されたガイド部材と、を備え、

、

前記ガイド部材は、前記基板と対向するように配置された平坦部を有し、

前記平坦部は、前記投影光学系の像面側の端面と前記基板との間に、前記露光光が照射される投影領域を囲むように配置され、

前記ノズル部材は、前記基板の露光中に、前記液体供給口からの液体の供給と前記液体回収口からの液体の回収とを続ける露光装置。

【請求項 3 5】

前記液体回収口は、前記露光光の光路に対して前記平坦部よりも外側に、前記基板と対向するように配置される請求項 3 0 ~ 3 4 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 3 6】

前記液体回収口は、前記投影領域に対して前記平坦部の外側で、且つ前記平坦部を取り囲むように配置されている請求項 3 5 に記載の露光装置。

【請求項 3 7】

前記平坦部と前記液体回収口との間に配置された溝部を有する請求項 3 6 に記載の露光装置。

【請求項 3 8】

前記液体回収口は、前記溝部を囲むように配置される請求項 3 7 に記載の露光装置。

【請求項 3 9】

前記溝部は、前記基板が対向するように配置された第 1 開口を有する請求項 3 7 又は 3 8 に記載の露光装置。

【請求項 4 0】

前記溝部は、前記第 1 開口を介して、前記投影光学系の像面周囲の気体と流通している

10

20

30

40

50

請求項 3 9 に記載の露光装置。

【請求項 4 1】

前記溝部は、大気開放のための第 2 開口を有する請求項 3 9 又は 4 0 に記載の露光装置。

【請求項 4 2】

前記溝部に流通路を介して接続された吸引装置を備える請求項 3 7 ~ 4 1 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 4 3】

前記基板の液浸露光中において、前記吸引装置の駆動は停止される請求項 4 2 に記載の露光装置。

【請求項 4 4】

前記吸引装置の駆動により、前記溝部の内部空間が負圧にされ、前記第 1 開口から液体が回収される請求項 4 2 又は 4 3 に記載の露光装置。

【請求項 4 5】

前記ノズル部材は、前記露光光の光路に対して前記平坦部の外側において前記平坦部に対して傾斜するように配置された斜面を有する請求項 3 0 ~ 4 4 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 4 6】

前記斜面は、前記基板の表面が対向可能である請求項 4 5 に記載の露光装置。

【請求項 4 7】

前記液体回収口が前記斜面に形成されている請求項 4 5 又は 4 6 に記載の露光装置。

【請求項 4 8】

前記斜面は、前記露光光の光軸から離れるにつれて、前記基板表面との間隔が大きくなるように形成されている請求項 4 5 ~ 4 7 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 4 9】

前記ノズル部材は、前記斜面の周縁に、前記液体の漏出を抑制するための壁部を有する請求項 4 5 ~ 4 8 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 5 0】

請求項 1 ~ 請求項 4 9 のいずれか一項に記載の露光装置を用いるデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、液体を介して基板を露光する露光装置及びデバイス製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0 0 0 2】

半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、いわゆるフォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短いほど、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 248 nm であるが、更に短波長の ArF エキシマレーザの 193 nm 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。

【0 0 0 3】

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

10

20

30

40

50

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

ここで、 $\lambda$  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  $\lambda$  を短くして、開口数  $NA$  を大きくすると、焦点深度  $DOF$  が狭くなることが分かる。

【0004】

焦点深度  $DOF$  が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のフォーカスマージンが不足するおそれがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば下記特許文献1に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たして液浸領域を形成し、液体中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  $1.2 \sim 1.6$  程度) になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約  $n$  倍に拡大するというものである。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開第99/49504号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、上記特許文献1に開示されているように、マスクと基板とを走査方向に同期移動しつつマスクに形成されたパターンを基板に露光する走査型露光装置が知られている。走査型露光装置においては、デバイスの生産性向上等を目的として、走査速度(スキャン速度)の高速化が要求される。ところが、スキャン速度を高速化した場合、液浸領域の状態(大きさなど)を所望状態に維持することが困難となり、ひいては液体を介した露光精度及び計測精度の劣化を招く。そのため、スキャン速度を高速化した場合においても、液体の液浸領域を所望状態に維持することが要求される。

20

【0007】

例えば、液浸領域を所望状態に維持できず、液体中に気泡や空隙(Void)が生成されると、液体を通過する露光光がその気泡や空隙(Void)によって基板上に良好に到達せず、基板上に形成されるパターンに欠陥が生じる等の不都合が生じる。また、液体の供給及び回収を行いながら基板上の一部に局所的に液浸領域を形成するとき、スキャン速度の高速化に伴って液浸領域の液体を十分に回収することが困難となる可能性がある。液体を十分に回収できないと、例えば基板上に残留した液体の気化により基板上に付着跡(所謂ウォーターマーク、以下液体が水でない場合も液体の付着後をウォーターマークと称する)が形成される。ウォーターマークは基板上のフォトレジストに影響を及ぼす可能性があり、その影響によって生産されるデバイスの性能が劣化する可能性がある。また、スキャン速度の高速化に伴って液浸領域を所望の大きさに維持することが困難となる可能性もある。また、スキャン速度の高速化に伴って液浸領域の液体が流出する可能性もある。

30

【0008】

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、液浸領域を所望状態に維持して良好に露光処理できる露光装置、露光方法及びその露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図1～図33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。

【0010】

本発明の第1の態様に従えば、投影光学系(PL)と液体(LQ)とを介して基板(P)上に露光光(EL)を照射して、基板(P)を露光する露光装置において、液体(LQ)

50

）を供給するとともに液体（ＬＱ）を回収する液浸機構（１１，２１など）を備え、液浸機構は、基板（Ｐ）の表面と対向するように形成された斜面（２）を有し、液浸機構の液体回収口（２２）が、斜面（２）に形成されている露光装置（ＥＸ）が提供される。

【００１１】

本発明の第１の態様によれば、液浸機構の液体回収口が、基板の表面と対向する斜面に形成されているので、投影光学系の像面側に形成された液浸領域と基板とを相対移動させた場合においても、液浸領域の液体とその外側の空間との界面（気液界面）の移動量を抑えつつ、界面形状の大きな変化も抑えることができる。したがって、液浸領域の状態（大きさなど）を所望状態に維持することができる。また、液浸領域の広がりを抑えることができるので、露光装置全体のコンパクト化を図ることもできる。

10

【００１２】

本発明の第２の態様に従えば、投影光学系（ＰＬ）と基板（Ｐ）とを介して基板（Ｐ）上に露光光（ＥＬ）を照射して、基板（Ｐ）を露光する露光装置において、液体（ＬＱ）を供給するとともに液体（ＬＱ）を回収する液浸機構（１１，２１など）を備え、液浸機構は、基板（Ｐ）の表面と対向するように、且つ基板（Ｐ）の表面と略平行となるように形成された平坦部（７５）を有し、液浸機構の平坦部（７５）は、投影光学系（ＰＬ）の像面側の端面（Ｔ１）と基板（Ｐ）との間に、露光光（ＥＬ）が照射される投影領域（ＡＲ１）を囲むように配置され、液浸機構の液体供給口（１２）は、露光光（ＥＬ）が照射される投影領域（ＡＲ１）に対して平坦部（７５）の外側に配置されている露光装置（ＥＸ）が提供される。

20

【００１３】

本発明の第２の態様によれば、基板表面と平坦部との間に形成される小さいギャップを、投影領域の近傍に、且つ投影領域を囲むように形成することができるので、投影領域を覆うために必要十分な小さな液浸領域を維持することができるばかりでなく、平坦部の外側に液体供給口が設けられているので、液浸領域を形成する液体中への気体の混入が防止され、露光光の光路を液体で満たし続けることが可能となる。

【００１４】

本発明の第３の態様に従えば、投影光学系（ＰＬ）と液体（ＬＱ）とを介して基板（Ｐ）上に露光光（ＥＬ）を照射して、基板（Ｐ）を露光する露光装置において、液体（ＬＱ）を供給するとともに液体（ＬＱ）を回収する液浸機構（１１，２１など）を備え、液浸機構は、露光光（ＥＬ）の光路空間の外側の第１の位置に設けられ、液体（ＬＱ）を供給する液体供給口（１２）と、液体供給口（１２）から供給された液体（ＬＱ）が光路空間を介して該光路空間の外側の第１の位置とは異なる第２の位置に向かって流れるように液体の流れをガイドするガイド部材（１７２Ｄ）とを備えた露光装置（ＥＸ）が提供される。

30

【００１５】

本発明の第３の態様によれば、露光光の光路空間の外側の第１の位置に設けられた液体供給口から供給された液体は、ガイド部材によって、光路空間の外側の第１の位置とは異なる第２の位置に流れるので、露光光の光路空間に満たされた液体中に気体部分（気泡）が形成される等の不都合の発生を抑制し、液体を所望状態に維持することができる。

40

【００１６】

本発明の第４の態様に従えば、液体（ＬＱ）を介して基板（Ｐ）に露光光（ＥＬ）を照射して基板（Ｐ）を露光する露光装置であって、基板（Ｐ）と対向する端面（Ｔ１）を有し、基板（Ｐ）に照射される露光光（ＥＬ）が通過する光学系（ＰＬ）と、液体（ＬＱ）を供給するとともに、液体を回収する液浸機構（１１，２１など）とを備え、その液浸機構が、基板（Ｐ）と光学系の端面（Ｔ１）との間に基板（Ｐ）に平行に対向するように配置され、且つ露光光（ＥＬ）の光路を取り囲むように配置された平坦面（７５）を有するプレート部材（１７２Ｄ）を有し、光学系の端面（Ｔ１）近傍に設けられた供給口（１２）から光学系の端面（Ｔ１）とプレート部材（１７２Ｄ）との間の空間（Ｇ２）へ液体（ＬＱ）を供給するとともに、露光光（ＥＬ）の光路に対してプレート部材の平坦面

50

よりも離れた位置に、且つ基板（P）と対向するように配置された回収口（22）から液体を回収する露光装置（EX）が提供される。

【0017】

本発明の第4の態様の露光装置によれば、プレート部材の平坦面と基板との間の微小なギャップが露光光を取り囲むように形成され、さらにその平坦面の外側に液体の回収口が配置されているので、基板上に所望状態の安定な液浸領域を維持することができる。またプレート部材と光学系の端面との間の空間に液体を供給するようにしているので、露光光の光路上に形成される液浸領域に気泡や空隙（Void）が発生しにくい。

【0018】

また本発明の第5の態様に従えば、液体（LQ）を介して基板（P）に露光光（EL）を照射して基板（P）を露光する露光装置であって、液体（LQ）と接触する端面（T1）を有し、露光光（EL）が通過する光学部材（LS1）と、液体（LQ）を供給するとともに、液体（LQ）を回収する液浸機構（11、21など）とを備え、その液浸機構は、基板（P）に平行に対向するように、且つ露光光（EL）の光路を取り囲むように配置された平坦面（75）と、露光光（EL）の光路に対して平坦面（75）の外側にその平坦面に対して傾斜した斜面（2、2'）とを有する露光装置（EX）が提供される。

【0019】

本発明の第5の態様の露光装置によれば、プレート部材の平坦面と基板との間の微小なギャップが露光光を取り囲むように形成されているので、基板上に所望状態の安定な液浸領域を維持することができる。また、その平坦面の外側に斜面が形成されているので、液体の拡がりや抑制され、液体の漏出などを防止することができる。

【0020】

本発明の第6の態様に従えば、光学部材（LS1）と液体（LQ）とを介して基板（P）に露光光（EL）を照射して基板（P）を露光する露光方法であって、光学部材（LS1）の端面（T1）と対向するように基板（P）を配置し、光学部材の端面（T1）と基板（P）との間に露光光（EL）の光路を囲むように配置されたプレート部材（172D）の一方面と、光学部材の端面（T1）との間の空間（G2）へ液体を供給して、光学部材の端面（T1）と基板（P）との間の空間、及び前記前記プレート部材の他方面と前記基板との間を液体で満たし、その液体の供給と並行して、基板（P）と対向するように配置された回収口（22）から液体（LQ）を回収して、基板（P）上の一部に液浸領域（AR2）を形成し、基板上の一部に液浸領域（AR2）を形成する液体（LQ）を介して、基板上に露光光を照射し、基板（P）を露光する露光方法が提供される。

【0021】

本発明の第6の態様の露光方法によれば、プレート部材の平坦面と基板との間の微小なギャップが露光光を取り囲むように形成されているので、基板上に所望状態の安定な液浸領域を維持することができる。また、プレート部材と光学部材の端面との間の空間へ液体を供給するようにしているので、露光光の光路における液体中での気泡や空隙（Void）の発生を抑制することができる。

【0022】

本発明の第7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。

【0023】

本発明の第7の態様によれば、スキャン速度を高速化した場合でも液体の液浸領域を所望状態に維持した状態で良好に露光処理できるので、所望の性能を有するデバイスを高い生産効率で製造することができる。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、スキャン速度を高速化した場合においても、液体の液浸領域を所望状態に維持することができるので、露光処理を良好に効率良く行うことができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50



## 【 0 0 2 5 】

【図 1】本発明の露光装置の第 1 の実施形態を示す概略構成図である。  
 【図 2】第 1 の実施形態に係るノズル部材近傍を示す概略斜視図である。  
 【図 3】第 1 の実施形態に係るノズル部材を下側から見た斜視図である。  
 【図 4】第 1 の実施形態に係るノズル部材近傍を示す側断面図である。  
 【図 5】液体回収機構の一実施形態を示す概略構成図である。  
 【図 6】液体回収機構による液体回収動作の原理を説明するための模式図である。  
 【図 7】第 1 の実施形態に係る液体回収動作を説明するための模式図である。  
 【図 8】液体回収動作の比較例を示す模式図である。  
 【図 9】第 2 の実施形態に係るノズル部材を示す模式図である。  
 【図 10】第 3 の実施形態に係るノズル部材を示す模式図である。  
 【図 11】第 4 の実施形態に係るノズル部材を示す模式図である。  
 【図 12】第 5 の実施形態に係るノズル部材を示す下側から見た斜視図である。  
 【図 13】第 6 の実施形態に係るノズル部材近傍を示す概略斜視図である。  
 【図 14】第 6 の実施形態に係るノズル部材を下側から見た斜視図である。  
 【図 15】第 6 の実施形態に係るノズル部材近傍を示す側断面図である。  
 【図 16】第 6 の実施形態に係るノズル部材の作用を説明するための図である。  
 【図 17】第 7 の実施形態に係るノズル部材を下側から見た斜視図である。  
 【図 18】第 7 の実施形態に係るノズル部材近傍を示す側断面図である。  
 【図 19】第 8 の実施形態に係るノズル部材近傍を示す概略斜視図である。  
 【図 20】第 8 の実施形態に係るノズル部材を下側から見た斜視図である。  
 【図 21】第 8 の実施形態に係るノズル部材近傍を示す側断面図である。  
 【図 22】第 8 の実施形態に係るノズル部材近傍を示す側断面図である。  
 【図 23】第 8 の実施形態に係るガイド部材を示す平面図である。  
 【図 24】第 8 の実施形態に係るノズル部材近傍を示す側断面図である。  
 【図 25】第 9 の実施形態に係るガイド部材を示す平面図である。  
 【図 26】第 10 の実施形態に係るガイド部材を示す平面図である。  
 【図 27】第 11 の実施形態に係るガイド部材を示す平面図である。  
 【図 28】第 12 の実施形態に係るガイド部材を示す平面図である。  
 【図 29】第 13 の実施形態に係るガイド部材を示す平面図である。  
 【図 30】第 14 の実施形態に係るガイド部材を示す平面図である。  
 【図 31】第 15 の実施形態に係るガイド部材を示す平面図である。  
 【図 32】第 16 の実施形態に係るガイド部材を示す平面図である。  
 【図 33】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】

10

20

30

## 【 0 0 2 6 】

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。

## 【 0 0 2 7 】

## &lt; 第 1 の実施形態 &gt;

40

図 1 は本発明に係る露光装置の第 1 の実施形態を示す概略構成図である。図 1 において、露光装置 E X は、マスク M を保持して移動可能なマスクステージ M S T と、基板 P を保持して移動可能な基板ステージ P S T と、マスクステージ M S T に保持されているマスク M を露光光 E L で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 のパターン像を基板ステージ P S T に保持されている基板 P に投影露光する投影光学系 P L と、露光装置 E X 全体の動作を統括制御する制御装置 C O N T とを備えている。

## 【 0 0 2 8 】

本実施形態の露光装置 E X は、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に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、液体 L Q を供給するとともに液体 L Q を回収する液浸機構 1 を備えている。液浸機構 1 は、投影光学

50

系 P L の像面側に液体 L Q を供給する液体供給機構 1 0 と、液体供給機構 1 0 で供給された液体 L Q を回収する液体回収機構 2 0 とを備えている。露光装置 E X は、少なくともマスク M のパターン像を基板 P 上に転写している間、液体供給機構 1 0 から供給した液体 L Q により投影光学系 P L の投影領域 A R 1 を含む基板 P 上の一部に、投影領域 A R 1 よりも大きく且つ基板 P よりも小さい液浸領域 A R 2 を局所的に形成する。具体的には、露光装置 E X は、投影光学系 P L の像面側端部の光学素子 L S 1 と、その像面側に配置された基板 P 表面との間に液体 L Q を満たす局所液浸方式を採用し、この投影光学系 P L と基板 P との間の液体 L Q 及び投影光学系 P L を介してマスク M を通過した露光光 E L を基板 P に照射することによってマスク M のパターンを基板 P に投影露光する。制御装置 C O N T は、液体供給機構 1 0 を使って基板 P 上に液体 L Q を所定量供給するとともに、液体回収機構 2 0 を使って基板 P 上の液体 L Q を所定量回収することで、基板 P 上に液体 L Q の液浸領域 A R 2 を局所的に形成する。

10

#### 【 0 0 2 9 】

投影光学系 P L の像面近傍、具体的には投影光学系 P L の像面側端部の光学素子 L S 1 の近傍には、後に詳述するノズル部材 7 0 が配置されている。ノズル部材 7 0 は、基板 P ( 基板ステージ P S T ) の上方において光学素子 L S 1 の周りを囲むように設けられた環状部材である。本実施形態において、ノズル部材 7 0 は液浸機構 1 の一部を構成している。

#### 【 0 0 3 0 】

本実施形態では、露光装置 E X としてマスク M と基板 P とを走査方向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 ) を使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、投影光学系 P L の光軸 A X と一致する方向を Z 軸方向、Z 軸方向に垂直な平面内でマスク M と基板 P との同期移動方向 ( 走査方向 ) を X 軸方向、Z 軸方向及び X 軸方向に垂直な方向 ( 非走査方向 ) を Y 軸方向とする。また、X 軸、Y 軸、及び Z 軸まわりの回転 ( 傾斜 ) 方向をそれぞれ、X、Y、及び Z 方向とする。

20

#### 【 0 0 3 1 】

露光装置 E X は、床面上に設けられたベース B P と、そのベース B P 上に設置されたメインコラム 9 とを備えている。メインコラム 9 には、内側に向けて突出する上側段部 7 及び下側段部 8 が形成されている。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って、メインコラム 9 の上部に固定された支持フレーム 3 により支持されている。

30

#### 【 0 0 3 2 】

照明光学系 I L は、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、及び露光光 E L によるマスク M 上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等を有している。マスク M 上の所定の照明領域は照明光学系 I L により均一な照度分布の露光光 E L で照明される。照明光学系 I L から射出される露光光 E L としては、例えば水銀ランプから射出される輝線 ( g 線、h 線、i 線 ) 及び K r F エキシマレーザ光 ( 波長 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 <sub>2</sub> 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。本実施形態においては A r F エキシマレーザ光が用いられる。

40

#### 【 0 0 3 3 】

本実施形態においては、液体 L Q として純水が用いられる。純水は A r F エキシマレーザ光のみならず、例えば水銀ランプから射出される輝線 ( g 線、h 線、i 線 ) 及び K r F エキシマレーザ光 ( 波長 2 4 8 n m ) 等の遠紫外光 ( D U V 光 ) も透過可能である。

#### 【 0 0 3 4 】

マスクステージ M S T は、マスク M を保持して移動可能である。マスクステージ M S T は、マスク M を真空吸着 ( 又は静電吸着 ) により保持する。マスクステージ M S T の下面には非接触軸受である気体軸受 ( エアベアリング ) 8 5 が複数設けられている。マスクス

50

ステージMSTは、エアベアリング85によりマスク定盤4の上面(ガイド面)に対して非接触支持されている。マスクステージMST及びマスク定盤4の中央部にはマスクMのパターン像を通過させる開口部MK1、MK2がそれぞれ形成されている。マスク定盤4は、メインコラム9の上側段部7に防振装置86を介して支持されている。すなわち、マスクステージMSTは、防振装置86及びマスク定盤4を介してメインコラム9(上側段部7)に支持された構成となっている。また、防振装置86によって、メインコラム9の振動が、マスクステージMSTを支持するマスク定盤4に伝わらないように、マスク定盤4とメインコラム9とが振動的に分離されている。

【0035】

マスクステージMSTは、制御装置CONTにより制御されるリニアモータ等を含むマスクステージ駆動装置MSTDの駆動により、マスクMを保持した状態で、マスク定盤4上において、投影光学系PLの光軸AXに垂直な平面内、すなわちXY平面内で2次元移動可能及びZ方向に微少回転可能である。マスクステージMSTは、X軸方向に指定された走査速度で移動可能となっており、マスクMの全面が少なくとも投影光学系PLの光軸AXを横切ることができるだけのX軸方向の移動ストロークを有している。

【0036】

マスクステージMST上には移動鏡81が設けられている。また、移動鏡81に対向する位置にはレーザ干渉計82が設けられている。マスクステージMST上のマスクMの2次元方向の位置、及びZ方向の回転角(場合によってはX、Y方向の回転角も含む)はレーザ干渉計82によりリアルタイムで計測される。レーザ干渉計82の計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTは、レーザ干渉計82の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置MSTDを駆動し、マスクステージMSTに保持されているマスクMの位置制御を行う。

【0037】

投影光学系PLは、マスクMのパターンを所定の投影倍率で基板Pに投影露光するものであって、基板P側の先端部に設けられた光学素子LS1を含む複数の光学素子で構成されており、それら光学素子は鏡筒PKで支持されている。本実施形態において、投影光学系PLは、投影倍率が例えば1/4、1/5、あるいは1/8の縮小系である。なお、投影光学系PLは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、屈折素子と反射素子とを含む反射屈折系、反射素子を含まない屈折系、屈折素子を含まない反射系のいずれであってもよい。また、本実施形態の投影光学系PLの先端部の光学素子LS1は鏡筒PKより露出しており、その光学素子LS1には液浸領域AR2の液体LQが接触する。

【0038】

投影光学系PLを保持する鏡筒PKの外周にはフランジPFが設けられており、投影光学系PLはこのフランジPFを介して鏡筒定盤5に支持されている。鏡筒定盤5は、メインコラム9の下側段部8に防振装置87を介して支持されている。すなわち、投影光学系PLは、防振装置87及び鏡筒定盤5を介してメインコラム9(下側段部8)に支持された構成となっている。また、防振装置87によって、メインコラム9の振動が、投影光学系PLを支持する鏡筒定盤5に伝わらないように、鏡筒定盤5とメインコラム9とが振動的に分離されている。

【0039】

基板ステージPSTは、基板Pを保持する基板ホルダPHを支持して移動可能である。基板ホルダPHは、例えば真空吸着等により基板Pを保持する。基板ステージPSTの下面には非接触軸受である気体軸受(エアベアリング)88が複数設けられている。基板ステージPSTは、エアベアリング88により基板定盤6の上面(ガイド面)に対して非接触支持されている。基板定盤6は、ベースBP上に防振装置89を介して支持されている。また、防振装置89によって、ベースBP(床面)やメインコラム9の振動が、基板ステージPSTを支持する基板定盤6に伝わらないように、基板定盤6とメインコラム9及びベースBP(床面)とが振動的に分離されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 0 】

基板ステージ P S T は、制御装置 C O N T により制御されるリニアモータ等を含む基板ステージ駆動装置 P S T D の駆動により、基板 P を基板ホルダ P H を介して保持した状態で、基板定盤 6 上において、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。更に基板ステージ P S T は、Z 軸方向、X 方向、及び Y 方向にも移動可能である。

## 【 0 0 4 1 】

基板ステージ P S T 上には移動鏡 8 3 が設けられている。また、移動鏡 8 3 に対向する位置にはレーザ干渉計 8 4 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 8 4 によりリアルタイムで計測される。また、不図示ではあるが、露光装置 E X は、基板ステージ P S T に支持されている基板 P の表面の位置情報を検出するフォーカス・レベリング検出系を備えている。フォーカス・レベリング検出系としては、基板 P の表面に斜め方向より検出光を照射する斜入射方式、あるいは静電容量型センサを用いた方式等を採用することができる。フォーカス・レベリング検出系は、基板 P 表面の Z 軸方向の位置情報、及び基板 P の X 及び Y 方向の傾斜情報を液体 L Q を介して、あるいは液体 L Q を介さずに検出する。液体 L Q 1 を介さずに基板 P 表面の面情報を検出するフォーカス・レベリング検出系の場合、投影光学系 P L から離れた位置で基板 P 表面の面情報を検出するものであってもよい。投影光学系 P L から離れた位置で基板 P 表面の面情報を検出する露光装置は、例えば米国特許第 6 , 6 7 4 , 5 1 0 号に開示されている。

## 【 0 0 4 2 】

レーザ干渉計 8 4 の計測結果は制御装置 C O N T に出力される。フォーカス・レベリング検出系の検出結果も制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T は、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 P S T D を駆動し、基板 P のフォーカス位置及び傾斜角を制御して基板 P の表面を投影光学系 P L の像面に合わせ込むとともに、レーザ干渉計 8 4 の計測結果に基づいて、基板 P の X 軸方向及び Y 軸方向における位置制御を行う。

## 【 0 0 4 3 】

基板ステージ P S T 上には凹部 9 0 が設けられており、基板 P を保持するための基板ホルダ P H は凹部 9 0 に配置されている。そして、基板ステージ P S T のうち凹部 9 0 以外の上面 9 1 は、基板ホルダ P H に保持された基板 P の表面とほぼ同じ高さ（面一）になるような平坦面（平坦部）となっている。また本実施形態においては、移動鏡 8 3 の上面も、基板ステージ P S T の上面 9 1 とほぼ面一に設けられている。

## 【 0 0 4 4 】

基板 P の周囲に基板 P 表面とほぼ面一の上面 9 1 を設けたので、基板 P のエッジ領域を液浸露光するときにおいても、基板 P のエッジ部の外側には段差部がほぼ無いので、投影光学系 P L の像面側に液体 L Q を保持して液浸領域 A R 2 を良好に形成することができる。また、基板 P のエッジ部とその基板 P の周囲に設けられた平坦面（上面）9 1 との間には 0 . 1 ~ 2 mm 程度の隙間があるが、液体 L Q の表面張力によりその隙間に液体 L Q が流れ込むことはほとんどなく、基板 P の周縁近傍を露光する場合にも、上面 9 1 により投影光学系 P L の下に液体 L Q を保持することができる。

## 【 0 0 4 5 】

液浸機構 1 の液体供給機構 1 0 は、液体 L Q を投影光学系 P L の像面側に供給するためのものであって、液体 L Q を送出可能な液体供給部 1 1 と、液体供給部 1 1 にその一端部を接続する供給管 1 3 とを備えている。供給管 1 3 の他端部はノズル部材 7 0 に接続されている。本実施形態においては、液体供給機構 1 0 は純水を供給するものであって、液体供給部 1 1 は、純水製造装置、及び供給する液体（純水）L Q の温度を調整する温調装置等を備えている。なお、所定の水質条件を満たしていれば、露光装置 E X に純水製造装置を設けずに、露光装置 E X が配置される工場の純水製造装置（用力）を用いるようにしてもよい。また、液体（純水）L Q の温度を調整する温調装置も露光装置 E X に設けずに、

10

20

30

40

50

工場などの設備を代わりに用いてもよい。液体供給機構 10 (液体供給部 11) の動作は制御装置 CONT により制御される。基板 P 上に液浸領域 AR2 を形成するために、液体供給機構 10 は、制御装置 CONT の制御の下で、投影光学系 PL の像面側に配置された基板 P 上に液体 LQ を所定量供給する。

【0046】

また、供給管 13 の途中には、液体供給部 11 から送出され、投影光学系 PL の像面側に供給される単位時間あたりの液体量を制御するマスフローコントローラと呼ばれる流量制御器 16 が設けられている。流量制御器 16 による液体供給量の制御は制御装置 CONT の指令信号の下で行われる。

【0047】

液浸機構 1 の液体回収機構 20 は、投影光学系 PL の像面側の液体 LQ を回収するためのものであって、液体 LQ を回収可能な液体回収部 21 と、液体回収部 21 にその一端部を接続する回収管 23 とを備えている。回収管 23 の他端部はノズル部材 70 に接続されている。液体回収部 21 は例えば真空ポンプ等の真空系 (吸引装置)、及び回収された液体 LQ と気体とを分離する気液分離器、回収された液体 LQ を収容するタンク等を備えている。なお、真空系、気液分離器、タンクなどの少なくとも一部を露光装置 EX に設けずに、露光装置 EX が配置される工場などの設備を用いるようにしてもよい。液体回収機構 20 (液体回収部 21) の動作は制御装置 CONT により制御される。基板 P 上に液浸領域 AR2 を形成するために、液体回収機構 20 は、制御装置 CONT の制御の下で、液体供給機構 10 より供給された基板 P 上の液体 LQ を所定量回収する。

【0048】

ノズル部材 70 はノズルホルダ 92 に保持されており、そのノズルホルダ 92 はメインコラム 9 の下側段部 8 に接続されている。ノズル部材 70 をノズルホルダ 92 を介して支持しているメインコラム 9 と、投影光学系 PL の鏡筒 PK をフランジ PF を介して支持している鏡筒定盤 5 とは、防振装置 87 を介して振動的に分離されている。したがって、ノズル部材 70 で発生した振動が投影光学系 PL に伝達されることは防止されている。また、ノズル部材 70 をノズルホルダ 92 を介して支持しているメインコラム 9 と、基板ステージ PST を支持している基板定盤 6 とは、防振装置 89 を介して振動的に分離している。したがって、ノズル部材 70 で発生した振動が、メインコラム 9 及びベース BP を介して基板ステージ PST に伝達されることが防止されている。また、ノズル部材 70 をノズルホルダ 92 を介して支持しているメインコラム 9 と、マスクステージ MST を支持しているマスク定盤 4 とは、防振装置 86 を介して振動的に分離されている。したがって、ノズル部材 70 で発生した振動がメインコラム 9 を介してマスクステージ MST に伝達されることが防止されている。

【0049】

次に、図 2、図 3、及び図 4 を参照しながら、液浸機構 1 及びその液浸機構 1 の一部を構成するノズル部材 70 について説明する。図 2 はノズル部材 70 近傍を示す概略斜視図の一部破断図、図 3 はノズル部材 70 を下側から見た斜視図、図 4 は側断面図である。

【0050】

ノズル部材 70 は、投影光学系 PL の像面側先端部の光学素子 LS1 の近傍に配置されており、基板 P (基板ステージ PST) の上方において光学素子 LS1 の周りを囲むように設けられた環状部材である。ノズル部材 70 は、その中央部に投影光学系 PL (光学素子 LS1) を配置可能な穴部 70H を有している。ノズル部材 70 の穴部 70H の内側面と投影光学系 PL の光学素子 LS1 の側面との間には間隙が設けられている。間隙は、投影光学系 PL の光学素子 LS1 とノズル部材 70 とを振動的に分離するために設けられたものである。これにより、ノズル部材 70 で発生した振動が、投影光学系 PL (光学素子 LS1) 側に直接的に伝達することが防止されている。

【0051】

なお、ノズル部材 70 の穴部 70H の内側面は液体 LQ に対して撥液性 (撥水性) であり、投影光学系 PL の側面とノズル部材 70 の内側面との間隙への液体 LQ の浸入が抑制

10

20

30

40

50

されている。

【 0 0 5 2 】

ノズル部材 7 0 の下面には、液体 L Q を供給する液体供給口 1 2、及び液体 L Q を回収する液体回収口 2 2 が形成されている。また、ノズル部材 7 0 の内部には、液体供給口 1 2 に接続する供給流路 1 4、及び液体回収口 2 2 に接続する回収流路 2 4 が形成されている。また、供給流路 1 4 には供給管 1 3 の他端部が接続されており、回収流路 2 4 には回収管 2 3 の他端部が接続されている。液体供給口 1 2、供給流路 1 4、及び供給管 1 3 は液体供給機構 1 0 の一部を構成するものであり、液体回収口 2 2、回収流路 2 4、及び回収管 2 3 は液体回収機構 2 0 の一部を構成するものである。

【 0 0 5 3 】

液体供給口 1 2 は、基板ステージ P S T に支持された基板 P の上方において、その基板 P 表面と対向するように設けられている。液体供給口 1 2 と基板 P 表面とは所定距離だけ離れている。液体供給口 1 2 は、露光光 E L が照射される投影光学系 P L の投影領域 A R 1 を囲むように配置されている。本実施形態においては、液体供給口 1 2 は、投影領域 A R 1 を囲むように、ノズル部材 7 0 の下面において環状のスリット状に形成されている。また、本実施形態においては、投影領域 A R 1 は、Y 軸方向（非走査方向）を長手方向とする矩形状に設定されている。

【 0 0 5 4 】

供給流路 1 4 は、供給管 1 3 の他端部にその一部を接続されたバッファ流路部 1 4 H と、その上端部をバッファ流路部 1 4 H に接続し、下端部を液体供給口 1 2 に接続した傾斜流路部 1 4 S とを備えている。傾斜流路部 1 4 S は液体供給口 1 2 に対応した形状を有し、その X Y 平面に沿った断面は光学素子 L S 1 を囲む環状のスリット状に形成されている。傾斜流路部 1 4 S は、その内側に配置されている光学素子 L S 1 の側面に応じた傾斜角度を有しており、側断面視において、投影光学系 P L（光学素子 L S 1）の光軸 A X から離れるにつれて、基板 P の表面との間隔が大きくなるように形成されている。

【 0 0 5 5 】

バッファ流路部 1 4 H は、傾斜流路部 1 4 S の上端部を囲むようにその外側に設けられており、X Y 方向（水平方向）に拡がるように形成された空間部である。バッファ流路部 1 4 H の内側（光軸 A X 側）と傾斜流路部 1 4 S の上端部とは接続しており、その接続部は曲がり角部 1 7 となっている。そして、その接続部（曲がり角部）1 7 の近傍、具体的にはバッファ流路部 1 4 H の内側（光軸 A X 側）の領域には、傾斜流路部 1 4 S の上端部を囲むように形成された堤防部 1 5 が設けられている。堤防部 1 5 はバッファ流路部 1 4 H の底面より + Z 方向に突出するように設けられている。堤防部 1 5 によって、バッファ流路部 1 4 H よりも狭い狭流路部 1 4 N が形成されている。

【 0 0 5 6 】

本実施形態においては、ノズル部材 7 0 は、第 1 部材 7 1 と、第 2 部材 7 2 とを組み合わせ形成されている。第 1、第 2 部材 7 1、7 2 は、例えばアルミニウム、チタン、ステンレス鋼、ジュラルミン、またはこれらを少なくとも二つ含む合金によって形成可能である。

【 0 0 5 7 】

第 1 部材 7 1 は、側板部 7 1 A と、側板部 7 1 A の上部の所定位置にその外側端部を接続した天板部 7 1 B と、天板部 7 1 B の内側端部にその上端部を接続した傾斜板部 7 1 C と、傾斜板部 7 1 C の下端部に接続した底板部 7 1 D（図 3 参照）とを有しており、それら各板部は互いに接合されて一体化されている。第 2 部材 7 2 は、第 1 部材 7 1 の上端部にその外側端部を接続した天板部 7 2 B と、天板部 7 2 B の内側端部にその上端部を接続した傾斜板部 7 2 C と、傾斜板部 7 2 C の下端部に接続した底板部 7 2 D とを有しており、それら各板部は互いに接合されて一体化されている。そして、第 1 部材 7 1 の天板部 7 1 B によってバッファ流路部 1 4 H の底面が形成され、第 2 部材 7 2 の天板部 7 2 B の下面によってバッファ流路部 1 4 H の天井面が形成されている。また、第 1 部材 7 1 の傾斜板部 7 1 C の上面（光学素子 L S 1 側に向く面）によって傾斜流路部 1 4 S の底面が形成

10

20

30

40

50

され、第２部材７２の傾斜板部７２Ｃの下面（光学素子ＬＳ１とは反対側に向く面）によって傾斜流路部１４Ｓの天井面が形成されている。第１部材７１の傾斜板部７１Ｃ及び第２部材７２の傾斜板部７２Ｃのそれぞれはすり鉢状に形成されている。これら第１、第２部材７１、７２を組み合わせることによってスリット状の供給流路１４が形成される。また、バッファ流路部１４Ｈの外側は、第１部材７１の側板部７１Ａの上部領域によって閉塞されており、第２部材７２の傾斜板部７２Ｃの上面は、光学素子ＬＳ１の側面と対向している。

#### 【００５８】

液体回収口２２は、基板ステージＰＳＴに支持された基板Ｐの上方において、その基板Ｐ表面と対向するように設けられている。液体回収口２２と基板Ｐ表面とは所定距離だけ離れている。液体回収口２２は、投影光学系ＰＬの投影領域ＡＲ１に対して液体供給口１２の外側に、投影領域ＡＲ１に対して液体供給口１２よりも離れて設けられており、液体供給口１２、及び投影領域ＡＲ１を囲むように形成されている。具体的には、第１部材７１の側板部７１Ａ、天板部７１Ｂ、及び傾斜板部７１Ｃによって下向きに開口する空間部２４が形成されており、空間部２４の前記開口部により液体回収口２２が形成されており、前記空間部２４により回収流路２４が形成されている。そして、回収流路（空間部）２４の一部に、回収管２３の他端部が接続されている。

10

#### 【００５９】

液体回収口２２には、その液体回収口２２を覆うように複数の孔を有する多孔部材２５が配置されている。多孔部材２５は複数の孔を有したメッシュ部材により構成されている。多孔部材２５としては、例えば略六角形状の複数の孔からなるハニカムパターンを形成されたメッシュ部材によって構成可能である。多孔部材２５は薄板状に形成されており、例えば１００μｍ程度の厚みを有するものである。

20

#### 【００６０】

多孔部材２５は、ステンレス鋼（例えばＳＵＳ３１６）などからなる多孔部材の基材となる板部材に孔あけ加工を施すことで形成可能である。また、液体回収口２２に、複数の薄板状の多孔部材２５を重ねて配置することも可能である。また、多孔部材２５に、液体ＬＱへの不純物の溶出を抑えるための表面処理、あるいは親液性を高めるための表面処理を施してもよい。そのような表面処理としては、多孔部材２５に酸化クロムを付着する処理が挙げられ、例えば株式会社神鋼環境ソリューションの「GOLDEP」処理あるいは「GOLDEP WHITE」処理が挙げられる。このような表面処理を施すことにより、多孔部材２５から液体ＬＱに不純物が溶出する等の不都合を防止できる。また、ノズル部材７０（第１、第２部材７１、７２）に上述した表面処理を施してもよい。また、多孔部材２５を、第１液体ＬＱ１への不純物の溶出が少ない材料（チタンなど）を用いて形成してもよい。

30

#### 【００６１】

ノズル部材７０は平面視四角形状である。図３に示すように、液体回収口２２は、ノズル部材７０の下面において、投影領域ＡＲ１及び液体供給口１２を取り囲むように平面視枠状（口の字状）に形成されている。そして、その液体回収口２２に薄板状の多孔部材２５が配置されている。また、液体回収口２２（多孔部材２５）と液体供給口１２との間には、第１部材７１の底板部７１Ｄが配置されている。液体供給口１２は、第１部材７１の底板部７１Ｄと、第２部材７２の底板部７２Ｄとの間において平面視環状のスリット状に形成されたものである。

40

#### 【００６２】

ノズル部材７０のうち、底板部７１Ｄ、７２Ｄそれぞれの基板Ｐと対向する面（下面）は、ＸＹ平面と平行な平坦面となっている。すなわち、ノズル部材７０は、基板ステージＰＳＴに支持された基板Ｐの表面（ＸＹ平面）と対向するように、且つ基板Ｐの表面と略平行となるように形成された下面を有する底板部７１Ｄ、７２Ｄを備えた構成となっている。また、本実施形態においては、底板部７１Ｄの下面と底板部７２Ｄの下面とは略面一であり、基板ステージＰＳＴに配置された基板Ｐ表面とのギャップが最も小さくなる部分となる。これにより、底板部７１Ｄ、７２Ｄの下面と基板Ｐとの間で液体ＬＱを良好に保

50

持して液浸領域 A R 2 を形成することができる。以下の説明においては、基板 P の表面と対向するように、且つ基板 P の表面 ( X Y 平面 ) と略平行となるように形成された底板部 7 1 D、7 2 D の下面 ( 平坦部 ) を合わせて、「ランド面 7 5」と適宜称する。

【 0 0 6 3 】

ランド面 7 5 は、ノズル部材 7 0 のうち、基板ステージ P S T に支持された基板 P に最も近い位置に配置された面である。なお本実施形態においては、底板部 7 1 D の下面と底板部 7 2 D の下面とは略面一となっているため、底板部 7 1 D の下面及び底板部 7 2 D の下面を合わせてランド面 7 5 としているが、底板部 7 1 D が配置されている部分も多孔部材 2 5 を配置して液体回収口としてもよく、この場合には底板部 7 2 D の下面のみがランド面 7 5 となる。

10

【 0 0 6 4 】

多孔部材 2 5 は、基板ステージ P S T に支持された基板 P と対向する下面 2 を有している。そして、多孔部材 2 5 は、その下面 2 が基板ステージ P S T に支持された基板 P の表面 ( すなわち X Y 平面 ) に対して傾斜するように液体回収口 2 2 に設けられている。すなわち、液体回収口 2 2 に設けられた多孔部材 2 5 は、基板ステージ P S T に支持された基板 P の表面と対向する斜面 ( 下面 ) 2 を有している。液体 L Q は、液体回収口 2 2 に配置された多孔部材 2 5 の斜面 2 を介して回収される。そのため、液体回収口 2 2 は斜面 2 に形成された構成となっている。換言すれば、本実施形態においては、斜面全体が液体回収口 2 2 として機能する。また、液体回収口 2 2 は、露光光 E L が照射される投影領域 A R 1 を囲むように形成されているため、その液体回収口 2 2 に配置された多孔部材 2 5 の斜面 2 は、投影領域 A R 1 を囲むように形成された構成となっている。

20

【 0 0 6 5 】

基板 P と対向する多孔部材 2 5 の斜面 2 は、投影光学系 P L ( 光学素子 L S 1 ) の光軸 A X から離れるにつれて、基板 P の表面との間隔が大きくなるように形成されている。図 3 に示すように、本実施形態においては、液体回収口 2 2 は平面視口の字状に形成され、その液体回収口 2 2 には 4 枚の多孔部材 2 5 A ~ 2 5 D が組み合わされて配置されている。このうち、投影領域 A R 1 に対して X 軸方向 ( 走査方向 ) 両側のそれぞれに配置されている多孔部材 2 5 A、2 5 C は、その表面と X Z 平面とを直交させつつ、光軸 A X から離れるにつれて基板 P の表面との間隔が大きくなるように配置されている。また、投影領域 A R 1 に対して Y 軸方向の両側のそれぞれに配置されている多孔部材 2 5 B、2 5 D は、その表面と Y Z 平面とを直交させつつ、光軸 A X から離れるにつれて基板 P の表面との間隔が大きくなるように配置されている。

30

【 0 0 6 6 】

X Y 平面に対する多孔部材 2 5 の下面 2 の傾斜角は液体 L Q の粘性や基板 P 表面における液体 L Q の接触角等を考慮して 3 ~ 2 0 度の間に設定される。なお本実施形態においては、その傾斜角は 7 度に設定されている。

【 0 0 6 7 】

第 1 部材の傾斜板部 7 1 C の下端部に接続された底板部 7 1 D の下面と側板部 7 1 A の下端部とは、Z 軸方向においてほぼ同じ位置 ( 高さ ) に設けられている。また、多孔部材 2 5 は、その斜面 2 の内縁部と底板部 7 1 D の下面 ( ランド面 7 5 ) とがほぼ同じ高さになるように、且つ斜面 2 の内縁部と底板部 7 1 D の下面 ( ランド面 7 5 ) とが連続するように、ノズル部材 7 0 の液体回収口 2 2 に取り付けられている。すなわち、ランド面 7 5 は、多孔部材 2 5 の斜面 2 と連続的に形成されている。また、多孔部材 2 5 は光軸 A X から離れるにつれて基板 P の表面との間隔が大きくなるように配置されている。そして、斜面 2 ( 多孔部材 2 5 ) の外縁部の外側には、側板部 7 1 A の下部の一部の領域によって形成された壁部 7 6 が設けられている。壁部 7 6 は、多孔部材 2 5 ( 斜面 2 ) を囲むように、その周縁に設けられたものであって、投影領域 A R 1 に対して液体回収口 2 2 の外側に設けられており、液体 L Q の漏出を抑制するためのものである。

40

【 0 0 6 8 】

ランド面 7 5 を形成する底板部 7 2 D の一部は、Z 軸方向に関して、投影光学系 P L の

50



光学素子LS1の像面側の端面(下面)T1と基板Pとの間に配置されている。すなわち、ランド面75の一部が、投影光学系PLの光学素子LS1の下面(端面)T1の下にもぐり込んでいる。また、ランド面75を形成する底板部72Dの中央部には、露光光ELが通過する開口部74が形成されている。開口部74は、投影領域AR1に応じた形状を有しており、本実施形態においてはY軸方向(非走査方向)を長手方向とする楕円状に形成されている。開口部74は投影領域AR1よりも大きく形成されており、投影光学系PLを通過した露光光ELは、底板部72Dに遮られることなく、基板P上に到達できる。すなわち、ランド面75の少なくとも一部は、露光光ELの光路を妨げない位置において、露光光ELの光路を囲むように、且つ投影光学系PLの端面T1の下にもぐり込むようにして配置されている。換言すれば、ランド面75の少なくとも一部は、投影光学系PLの像面側の端面T1と基板Pとの間において、投影領域AR1を囲むように配置されている。また、底板部72Dは、その下面をランド面75として、基板Pの表面と対向するように配置されており、光学素子LS1の下面T1及び基板Pとは接触しないように設けられている。なお、開口部74のエッジ部74Eは、直角状であってもよいし、鋭角に形成されていてもよいし、円弧状に形成されていてもよい。

#### 【0069】

そして、ランド面75は、投影領域AR1と液体回収口22に配置された多孔部材25の斜面2との間に配置された構成となっている。液体回収口22は、投影領域AR1に対してランド面75の外側で、且つランド面75を囲むように配置された構成となっている。すなわち、液体回収口22は、露光光ELの光路に対してランド面75より離れた位置に、ランド面を囲むように配置されている。また、液体供給口12も、投影領域AR1に対してランド面75の外側に配置された構成となっている。液体供給口12は、投影光学系PLの投影領域AR1と液体回収口22との間に設けられた構成となっており、液浸領域AR2を形成するための液体LQは、液体供給口12を介して、投影光学系PLの投影領域AR1と液体回収口22との間で供給される。なお、液体供給口12と液体回収口22の数、位置及び形状は、本実施形態で述べるものに限られず、液浸領域AR2を所望状態に維持できる構成であればよい。例えば、液体回収口22はランド面75を囲まないように配置されていてもよい。この場合、ノズル部材70の下面のうち、投影領域AR1に対して走査方向(X方向)の両側の所定領域のみ、あるいは投影領域AR1に対して非走査方向(Y方向)の両側の所定領域のみに液体回収口22を設けるようにしてもよい。

#### 【0070】

上述したように、ランド面75は、光学素子LS1の下面T1と基板Pとの間に配置されており、基板P表面と光学素子LS1の下面T1との距離は、基板P表面とランド面75との距離よりも長くなっている。すなわち、光学素子LS1の下面T1は、ランド面75より高い位置に(基板Pに対して遠くなるように)形成されている。本実施形態においては、光学素子LS1の下面T1と基板Pとの距離は3mm程度であり、ランド面75と基板Pとの距離は1mm程度である。そして、ランド面75には液浸領域AR2の液体LQが接触するようになっており、光学素子LS1の下面T1にも液浸領域AR2の液体LQが接触するようになっており、すなわち、ランド面75及び下面T1は、液浸領域AR2の液体LQと接触する液体接触面となっている。

#### 【0071】

投影光学系PLの光学素子LS1の液体接触面T1は、親液性(親水性)を有している。本実施形態においては、液体接触面T1に対して親液化処理が施されており、その親液化処理によって、光学素子LS1の液体接触面T1が親液性となっている。また、ランド面75も親液化処理されて親液性を有している。なお、ランド面75の一部(例えば、底板部71Dの下面)は撥液化処理されて撥液性を有していてもよい。もちろん、上述したように、第1部材71及び第2部材72を、親液性の材料で形成して、ランド面75に親液性を持たせてもよい。

#### 【0072】

光学素子LS1の液体接触面T1等の所定部材を親液性にするための親液化処理として

は、例えば、 $MgF_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 等の親液性材料を付着させる等の処理が挙げられる。あるいは、本実施形態における液体LQは極性の大きい水であるため、親液化処理（親水化処理）としては、例えばアルコールなどOH基を持った極性の大きい分子構造の物質で薄膜を形成することで、親液性（親水性）を付与することもできる。また、光学素子LS1を蛍石又は石英で形成することにより、これら蛍石又は石英は水との親和性が高いため、親液化処理を施さなくても、良好な親液性を得ることができ、光学素子LS1の液体接触面（端面）T1のほぼ全面に液体LQを密着させることができる。

#### 【0073】

また、ランド面75の一部を撥液性にする場合の撥液化処理としては、例えば、ポリ四フッ化エチレン（テフロン（登録商標））等のフッ素系樹脂材料、アクリル系樹脂材料、シリコン系樹脂材料等の撥液性材料を付着させる等の処理が挙げられる。また、基板ステージPSTの上面91を撥液性にするることにより、液浸露光中における基板P外側（上面91外側）への液体LQの流出を抑え、また液浸露光後においても液体LQを円滑に回収できて上面91に液体LQが残留する不都合を防止できる。

#### 【0074】

基板P上に液体LQを供給するために、制御装置CONTは、液体供給部11を駆動して液体供給部11より液体LQを送出する。液体供給部11より送出された液体LQは、供給管13を流れた後、ノズル部材70の供給流路14のうちバッファ流路部14Hに流入する。バッファ流路部14Hは水平方向に広がる空間部であり、バッファ流路部14Hに流入した液体LQは水平方向に広がるように流れる。バッファ流路部14Hの流路下流側である内側（光軸AX側）の領域には堤防部15が形成されているため、液体LQはバッファ流路部14Hの全域に広がった後、一旦貯められる。そして、バッファ流路部14Hに液体LQが所定量以上貯まった後（液体LQの液面が堤防部15の高さ以上になった後）、狭流路部14Nを介して傾斜流路部14Sに流入する。傾斜流路部14Sに流入した液体LQは、傾斜流路部14Sを下方に向かって流れ、液体供給口12より投影光学系PLの像面側に配置された基板P上に供給される。液体供給口12は基板Pの上方より基板P上に液体LQを供給する。

#### 【0075】

このように、堤防部15を設けたことにより、バッファ流路部14Hから流れ出た液体LQは、投影領域AR1を囲むように環状に形成された液体供給口12の全域からほぼ均一に基板P上に供給される。つまり、堤防部15（狭流路部14N）が形成されていないと、傾斜流路部14Sを流れる液体LQの流量は、供給管13とバッファ流路部14Hとの接続部近傍の領域のほうが他の領域よりも多くなるため、環状に形成された液体供給口12の各位置において基板P上に対する液体供給量が不均一となる場合がある。しかしながら、狭流路部14Nを設けてバッファ流路部14Hを形成し、そのバッファ流路部14Hに所定量以上の液体LQが貯められた後、液体供給口12への液体供給が開始されるようにしたので、液体供給口12の各位置における流量分布や流速分布を均一化した状態で基板P上に液体LQを供給することができる。ここで、供給流路14の曲がり角部17近傍には例えば供給開始時などに気泡が残存しやすいが、この曲がり角部17近傍の供給流路14を狭めて狭流路部14Nを形成したことにより、狭流路部14Nを流れる液体LQの流速を高速化でき、その高速化された液体LQの流れにより気泡を液体供給口12を介して供給流路14外部に排出できる。そして、気泡を排出した後、液浸露光動作を実行することにより、液浸領域AR2に気泡がない状態で露光処理できる。なお堤防部15は、バッファ流路14Hの天井面より-Z方向に突出するように設けられていてもよい。要は、バッファ流路部14Hよりも狭い狭流路部14Nが、バッファ流路部14Hよりも流路下流側に設けられていればよい。

#### 【0076】

なお、堤防部15は部分的に低く（高く）してもよい。堤防部15に部分的に高さの異なる領域を設けておくことによって、液体LQの供給を開始したときに液浸領域AR2を形成する液体中への気体（気泡）の残留を防止することができる。またバッファ流路部1

10

20

30

40

50

4 Hを複数の流路に分割して、スリット状の液体供給口 1 2 の位置に応じて異なる量の液体 L Q を供給できるようにしてもよい。

【 0 0 7 7 】

基板 P 上の液体 L Q を回収するために、制御装置 C O N T は、液体回収部 2 1 を駆動する。真空系を有する液体回収部 2 1 が駆動されることにより、基板 P 上の液体 L Q は、多孔部材 2 5 を配置された液体回収口 2 2 を介して回収流路 2 4 に流入する。液浸領域 A R 2 の液体 L Q を回収するとき、その液体 L Q には多孔部材 2 5 の下面（斜面）2 が接触する。液体回収口 2 2 （多孔部材 2 5 ）は基板 P の上方において、基板 P に対向するように設けられているため、基板 P 上の液体 L Q を上方より回収する。回収流路 2 4 に流入した液体 L Q は、回収管 2 3 を流れた後、液体回収部 2 1 に回収される。

10

【 0 0 7 8 】

図 5 は液体回収部 2 1 の一例を示す図である。図 5 において、液体回収部 2 1 は、回収管 2 3 の一端部に接続された回収タンク 2 6 と、回収タンク 2 6 に配管 2 7 K を介して接続された真空ポンプ（真空系）2 7 と、回収タンク 2 6 に配管 2 9 K を介して接続された排液ポンプ（排水ポンプ）2 9 と、回収タンク 2 6 の内側に設けられた液位センサ（水位センサ）2 8 とを備えている。回収管 2 3 の一端部は、回収タンク 2 6 の上部に接続されている。また、その一端部を真空ポンプ 2 7 に接続した配管 2 7 K の他端部は、回収タンク 2 6 の上部に接続されている。また、その一端部を排液ポンプ 2 9 に接続した配管 2 9 K の他端部は、回収タンク 2 6 の下部に接続されている。真空ポンプ 2 7 が駆動することにより、ノズル部材 7 0 の液体回収口 2 2 を介して液体 L Q が回収され、回収タンク 2 6 に収容される。排液ポンプ 2 9 が駆動することにより、回収タンク 2 6 に収容されている液体 L Q は、配管 2 9 K を介して外部に排出される。真空ポンプ 2 7 及び排液ポンプ 2 9 の動作は制御装置 C O N T に制御される。液位センサ 2 8 は、回収タンク 2 6 に収容されている液体 L Q の液位（水位）を計測するものであって、その計測結果を制御装置 C O N T に出力する。制御装置 C O N T は、回収タンク 2 6 に収容された液体 L Q の液位（水位）がほぼ一定となるように、液位センサ 2 8 の出力に基づいて、排液ポンプ 2 9 の吸引力（排水力）を調整する。制御装置 C O N T は、回収タンク 2 6 内の液体 L Q の液位をほぼ一定に維持できるため、回収タンク 2 6 内の圧力を安定化することができる。したがって、液体回収口 2 2 を介した液体 L Q の回収力（吸引力）を安定させることができる。なお、図 5 に示す実施形態において、排液ポンプ 2 9 の代わりに排液バルブを設け、液位センサ 2 8 の出力に基づいて、排液バルブの開閉調整あるいは排出口の径調整を行う等して、回収タンク 2 6 内の液体 L Q の液位をほぼ一定に維持するようにしてもよい。

20

30

【 0 0 7 9 】

本実施形態における液体回収機構 2 0 の回収方法の一例について説明する。なお、本実施形態においては、この回収方法をバブルポイント法と呼ぶことにする。液体回収機構 2 0 は、このバブルポイント法を用いて回収口 2 2 から液体 L Q だけを回収するようにしており、これによって液体回収に起因する振動の発生を抑制することができる。

【 0 0 8 0 】

以下、図 6 の模式図を参照しながら、本実施形態における液体回収機構 2 0 による液体回収動作の原理について説明する。液体回収機構 2 0 の回収口 2 2 には、多孔部材 2 5 が配置される。多孔部材 2 5 としては、例えば多数の孔が形成された薄板状のメッシュ部材を使用することができる。バブルポイント法は、多孔部材 2 5 が濡れた状態で、多孔部材 2 5 の上面と下面との圧力差を後述の所定条件を満足するように制御することで、多孔部材 2 5 の孔から液体 L Q だけを回収するものである。バブルポイントの条件に係るパラメータとしては、多孔部材 2 5 の孔径、多孔部材 2 5 の液体 L Q との接触角（親和性）、及び液体回収部 2 1 の吸引力（多孔部材 2 5 の上面の圧力）等が挙げられる。

40

【 0 0 8 1 】

図 6 は、多孔部材 2 5 の部分断面の拡大図であって、多孔部材 2 5 を介して行われる液体回収の一態様を示すものである。多孔部材 2 5 の下には、基板 P が配置されており、多孔部材 2 5 と基板 P との間には、気体空間及び液体空間が形成されている。このような状

50

況は、例えば、図 4 に示した液浸領域 A R 2 の端部で生じる。あるいは、液浸領域 A R 2 の液体 L Q 中に空隙 ( V o i d ) が形成された場合にも、このような状況が生じ得る。より具体的には、多孔部材 2 5 の第 1 孔 2 5 H a と基板 P との間には気体空間が形成され、多孔部材 2 5 の第 2 孔 2 5 H b と基板 P との間には液体空間が形成されている。また、多孔部材 2 5 の上には、回収流路 2 4 の一部を形成する流路空間が形成されている。

#### 【 0 0 8 2 】

図 6 において、多孔部材 2 5 の第 1 孔 2 5 H a と基板 P との間の空間の圧力 ( 多孔部材 2 5 H の下面での圧力 ) を  $P_a$ 、多孔部材 2 5 の上の流路空間の圧力 ( 多孔部材 2 5 の上面での圧力 ) を  $P_b$ 、孔 2 5 H a、2 5 H b の孔径 ( 直径 ) を  $d$ 、多孔部材 2 5 ( 孔 2 5 H の内側 ) の液体 L Q との接触角を  $\theta$ 、液体 L Q の表面張力を  $\gamma$  として、

$$(4 \times \gamma \times \cos \theta) / d < (P_a - P_b) \dots (1A)$$

の条件が成立する場合、図 6 に示すように、多孔部材 2 5 の第 1 孔 2 5 H a の下側 ( 基板 P 側 ) に気体空間が形成されても、多孔部材 2 5 の下側の空間の気体が孔 2 5 H a を介して多孔部材 2 5 の上側の空間に移動 ( 侵入 ) することを防止することができる。すなわち、上記 ( 1 A ) 式の条件を満足するように、接触角  $\theta$ 、孔径  $d$ 、液体 L Q の表面張力  $\gamma$ 、圧力  $P_a$ 、 $P_b$  を最適化することで、液体 L Q と気体との界面が多孔部材 2 5 の孔 2 5 H a 内に維持され、第 1 孔 2 5 H a からの気体の侵入を抑えることができる。一方、多孔部材 2 5 の第 2 孔 2 5 H b の下側 ( 基板 P 側 ) には液体空間が形成されているので、第 2 孔 2 5 H b を介して液体 L Q のみを回収することができる。

#### 【 0 0 8 3 】

なお、上記 ( 1 A ) 式の条件においては、説明を簡単にするために多孔部材 2 5 の上の液体 L Q の静水圧は考慮してない。

#### 【 0 0 8 4 】

また、本実施形態において、液体回収機構 2 0 は、多孔部材 2 5 の下の空間の圧力  $P_a$ 、孔 2 5 H の直径  $d$ 、多孔部材 2 5 ( 孔 2 5 H の内側面 ) の液体 L Q との接触角  $\theta$ 、液体 ( 純水 ) L Q の表面張力  $\gamma$  は一定として、液体回収部 2 1 の吸引力を制御して、上記 ( 1 A ) 式を満足するように、多孔部材 2 5 の上の流路空間の圧力を調整している。ただし、上記 ( 1 A ) 式において、 $(P_a - P_b)$  が大きいほど、すなわち、 $(4 \times \gamma \times \cos \theta) / d$  が大きいほど、上記 ( 1 A ) 式を満足するような圧力  $P_b$  の制御が容易になるので、孔 2 5 H a、2 5 H b の直径  $d$ 、及び多孔部材 2 5 の液体 L Q との接触角  $\theta$  は可能な限り小さくすることが望ましい。

#### 【 0 0 8 5 】

次に、上述した構成を有する露光装置 E X を用いてマスク M のパターン像を基板 P に露光する方法について説明する。

#### 【 0 0 8 6 】

制御装置 C O N T は、液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 を有する液浸機構 1 により、基板 P 上に液体 L Q を所定量供給するとともに基板 P 上の液体 L Q を所定量回収することで、基板 P 上に液体 L Q の液浸領域 A R 2 を形成する。液浸機構 1 より供給された液体 L Q は、投影領域 A R 1 を含む基板 P 上の一部に、投影領域 A R 1 よりも大きく且つ基板 P よりも小さい液浸領域 A R 2 を局所的に形成する。

#### 【 0 0 8 7 】

そして、制御装置 C O N T は、液体供給機構 1 0 による基板 P 上に対する液体 L Q の供給と並行して、液体回収機構 2 0 による基板 P 上の液体 L Q の回収を行いつつ、基板 P を支持する基板ステージ P S T を X 軸方向 ( 走査方向 ) に移動しながら、マスク M のパターン像を投影光学系 P L と基板 P との間の液体 L Q 及び投影光学系 P L を介して基板 P 上に投影露光する。

#### 【 0 0 8 8 】

本実施形態における露光装置 E X は、マスク M と基板 P とを X 軸方向 ( 走査方向 ) に移動しながらマスク M のパターン像を基板 P に投影露光するものであって、走査露光時には、液浸領域 A R 2 の液体 L Q 及び投影光学系 P L を介してマスク M の一部のパターン像が

投影領域 A R 1 内に投影され、マスク M が - X 方向（又は + X 方向）に速度 V で移動するの同期して、基板 P が投影領域 A R 1 に対して + X 方向（又は - X 方向）に速度  $\cdot V$ （ $\cdot$  は投影倍率）で移動する。基板 P 上には複数のショット領域が設定されており、1つのショット領域への露光終了後に、基板 P のステップ・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に対する走査露光処理が順次行われる。

【 0 0 8 9 】

本実施形態においては、多孔部材 2 5 は基板 P の表面に対して傾斜しており、液体回収口 2 2 に配置された多孔部材 2 5 の斜面 2 を介して液体 L Q を回収する構成であって、液体 L Q は斜面 2 を含む液体回収口 2 2 を介して回収される構成である。また、ランド面 7 5（底板部 7 1 D の下面）と斜面 2 とは連続的に形成されている。その場合において、図 7（a）に示す初期状態（ランド面 7 5 と基板 P との間に液体 L Q の液浸領域 A R 2 が形成されている状態）から、基板 P を液浸領域 A R 2 に対して + X 方向に所定速度で所定距離だけスキャン移動した場合、図 7（b）に示すような状態となる。図 7（b）に示すようなスキャン移動後の所定状態においては、液浸領域 A R 2 の液体 L Q には、斜面 2 に沿って斜め上方に移動する成分 F 1 と、水平方向に移動する成分 F 2 とが生成される。その場合、液浸領域 A R 2 の液体 L Q とその外側の空間との界面（気液界面）L G の形状は維持される。また、たとえ液浸領域 A R 2 に対して基板 P を高速に移動したとしても、界面 L G の形状の大きな変化を抑制することができる。

【 0 0 9 0 】

また、斜面 2 と基板 P との間の距離は、ランド面 7 5 と基板 P との間の距離よりも大きい。すなわち、斜面 2 と基板 P との間の空間は、ランド面 7 5 と基板 P との間の空間よりも大きい。したがって、基板 P を移動したとき、図 7（a）に示す初期状態での界面 L G' と、図 7（b）に示すスキャン移動後の所定状態での界面 L G との距離 L を比較的小さくすることができる。そのため、液浸領域 A R 2 の広がりを抑えて、液浸領域 A R 2 の大きさを小さくすることができる。

【 0 0 9 1 】

例えば、図 8（a）に示すように、ランド面 7 5 と液体回収口 2 2 に配置された多孔部材 2 5 の下面 2' とが連続的に形成されており、多孔部材 2 5 の下面 2' が基板 P に対して傾斜しておらず、基板 P 表面と略平行である場合、換言すれば、下面 2' を含む液体回収口 2 2 が傾斜していない場合においても、液浸領域 A R 2 に対して基板 P を移動したとき、界面 L G の形状は維持される。ところが、下面 2' は傾斜していないので、液体 L Q には水平方向に移動する成分 F 2 のみが生成され、上方に移動する成分（F 1）はほとんど生成されない。その場合、界面 L G は基板 P の移動量とほぼ同じ距離を移動するため、初期状態での界面 L G' とスキャン移動後の所定状態での界面 L G との距離 L は比較的大きい値となり、それに伴って液浸領域 A R 2 も大きくなる。すると、その大きな液浸領域 A R 2 に応じてノズル部材 7 0 も大型化しなければならず、また、液浸領域 A R 2 の大きさに応じて基板ステージ P S T 自体の大きさや基板ステージ P S T の移動ストロークも大きくする必要があり、露光装置 E X 全体の巨大化を招く。そして、液浸領域 A R 2 の大型化は、液浸領域 A R 2 に対する基板 P のスキャン速度が高速化するにつれて顕著になる。

【 0 0 9 2 】

また、図 8（b）に示すように、ランド面 7 5 と液体回収口 2 2（多孔部材 2 5 の下面 2'）との間に段差を設けることによって、下面 2' と基板 P との間の距離を、ランド面 7 5 と基板 P との間の距離よりも大きくした場合、換言すれば、下面 2' と基板 P との間の空間を、ランド面 7 5 と基板 P との間の空間よりも大きくした場合、液体 L Q には上方に移動する成分 F 1' が生成されるので、距離 L を比較的小さい値にすることができ、液浸領域 A R 2 の大型化を抑制することができる。ところが、ランド面 7 5 と下面 2' との間には段差が設けられており、ランド面 7 5 と下面 2' とは連続的に形成されていないので、界面 L G の形状が崩れやすくなる。界面 L G の形状が崩れると、液浸領域 A R 2 の液体 L Q 中に気体が噛み込んで液体 L Q 中に気泡が生成される不都合が発生する可能性が高

くなる。また、例えば基板 P を + X 方向に高速スキャンしたとき、段差があると、界面 L G の形状が崩れるとともに上方に移動する成分 F 1 ' がより大きくなり、液浸領域 A R 2 の最も + X 側の領域の液体 L Q の膜厚が薄くなり、その状態で基板 P を - X 方向（逆スキャン）に移動したとき、液体 L Q がちぎれる現象が発生する可能性が高くなる。そのちぎれた液体（図 8（b）中、符号 L Q ' 参照）が、例えば基板 P 上に残存すると、その液体 L Q ' の気化により基板上に付着跡（所謂ウォーターマーク）が形成される不都合が生じる。また、液体 L Q が基板 P の外側に流出し、周辺部材及び機器に錆びや漏電等の不都合を引き起こす可能性も高くなる。そして、前記不都合が発生する可能性は、液浸領域 A R 2 に対する基板 P のスキャン速度が高速化するにつれて高くなる。

#### 【 0 0 9 3 】

10

本実施形態においては、ランド面 7 5（底板部 7 1 D の下面）と連続的に斜面 2 を形成し、液浸機構 1（液体回収機構 2 0）の液体回収口 2 2 を、基板 P の表面と対向する斜面 2 に形成したので、投影光学系 P L の像面側に形成された液浸領域 A R 2 と基板 P とを相対移動させた場合においても、液浸領域 A R 2 の液体 L Q とその外側の空間との界面 L G の移動距離を抑えつつ、界面 L G の形状を維持する（界面 L G の形状変化を小さくする）ことができ、液浸領域 A R 2 の大きさや形状を所望状態に維持することができる。したがって、液体 L Q 中に気泡が生成されたり、あるいは液体を十分に回収できなかったり、液体が流出する等の不都合が防止される。また、液浸領域 A R 2 の大きさを小さくすることができる。したがって、露光装置 E X 全体のコンパクト化を図ることもできる。

#### 【 0 0 9 4 】

20

また、基板 P を高速スキャンした場合、液浸領域 A R 2 の液体 L Q が外側に流出したり、液浸領域 A R 2 の液体 L Q が周囲に飛散する可能性が高くなるが、斜面 2 の周縁に壁部 7 6 を設けたので、液体 L Q の漏出を抑制することができる。すなわち、多孔部材 2 5 の周縁に壁部 7 6 を設けることによって、壁部 7 6 の内側にバッファ空間が形成されるので、液体 L Q が壁部 7 6 の内側面に達しても、液浸領域 A R 2 を形成する液体 L Q は壁部 7 6 の内側のバッファ空間に濡れ拡がるため、壁部 7 6 の外側への液体 L Q の漏出をより確実に防止することができる。

#### 【 0 0 9 5 】

また、ランド面 7 5 の一部（底板部 7 2 D の下面）が投影領域 A R 1 を囲むように投影光学系 P L の端面 T 1 の下に配置されているので、ランド面 7 5 の一部（底板部 7 2 D の下面）と基板 P 表面との間に形成される小さいギャップが、投影領域の近傍に、且つ投影領域を囲むように形成される。したがって、投影領域 A R 1 を覆うために必要十分な小さな液浸領域を保ち続けることができる。したがって、基板 P を高速に移動（スキャン）した場合にも、液浸領域 A R 2 の液体 L Q 中への気体の混入や液体 L Q の流出などの不都合を抑えつつ、露光装置 E X 全体のコンパクト化を図ることができる。また、ランド面 7 5 の一部（底板部 7 2 D の下面）の外側に液体供給口 1 2 が配置されているので、液浸領域 A R 2 を形成する液体 L Q 中への気体（気泡）の混入が防止され、基板 P を高速で移動させた場合にも、露光装置 E L の光路を液体で満たし続けることが可能となる。

30

#### 【 0 0 9 6 】

#### < 第 2 の実施形態 >

40

次に、本発明の第 2 の実施形態について図 9 を参照しながら説明する。ここで、以下の説明において、上述した実施形態と同一又は同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略若しくは省略する。上述した第 1 の実施形態においては、薄板状の多孔部材 2 5 を基板 P に対して傾斜して取り付けすることで、斜面 2 を形成しているが、図 9 に示すように、ノズル部材 7 0 の下面に、露光装置 E L の光軸 A X から離れるにつれて、基板 P の表面との間隔が大きくなるような斜面 2 ' を設け、その斜面 2 ' の一部の所定位置（所定領域）に液体回収口 2 2 を形成するようにしてもよい。そして、その液体回収口 2 2 に多孔部材 2 5 を設けるようにしてもよい。この場合において、ノズル部材 7 0 の斜面 2 ' と多孔部材 2 5 の下面 2 とは連続しており、斜面 2 ' と下面 2 とはほぼ面一となっている。こうすることによっても、例えば斜面 2 ' と基板 P との間に液体 L Q の界面 L G が形

50

成された場合に、その界面 L G の形状を維持し、液浸領域 A R 2 の液体 L Q 中に気泡が生成される等の不都合を防止することができる。また、液浸領域 A R 2 の大きさを小さくすることもできる。

【 0 0 9 7 】

< 第 3 の実施形態 >

図 1 0 は本発明の第 3 の実施形態を示す図である。図 1 0 に示すように、多孔部材 2 5 の下面 2 のうち、光軸 A X に近い第 1 領域 2 A の基板 P に対する傾斜角度が、その外側の第 2 領域 2 B の基板 P に対する傾斜角度よりも大きくなるように形成してもよい。

【 0 0 9 8 】

< 第 4 の実施形態 >

図 1 1 は本発明の第 4 の実施形態を示す図である。図 1 1 に示すように、多孔部材 2 5 の下面 2 のうち、光軸 A X に近い第 1 領域 2 A の基板 P に対する傾斜角度が、その外側の第 2 領域 2 B の基板 P に対する傾斜角度よりも小さくなるように形成してもよい。すなわち、多孔部材 2 5 の下面 2 は平坦面である必要は無く、多孔部材 2 5 の下面 2 が露光光 E L の光軸 A X から離れるにつれて、基板 P の表面との間隔が大きくなるように設けられていればよい。

【 0 0 9 9 】

< 第 5 の実施形態 >

図 1 2 は本発明の第 5 の実施形態を示す図である。図 1 2 に示すように、ノズル部材 7 0 の下面に形成されている斜面（多孔部材 2 5 の下面）に、複数のフィン部材 1 5 0 を形成してもよい。フィン部材 1 5 0 は側面視略三角形状であって、図 1 2 の側断面図において、多孔部材 2 5 の下面 2 と壁部 7 6 の内側に形成されるバッファ空間に配置される。またフィン部材 1 5 0 は、その長手方向を外側に向けるようにして放射状に、壁部 7 6 の内側面 7 6 に取り付けられる。ここで、複数のフィン部材 1 5 0 同士は離間しており、各フィン部材 1 5 0 間には空間部が形成されている。このように複数のフィン部材 1 5 0 を配置することによって、ノズル部材 7 0 の下面に形成されている斜面（多孔部材 2 5 の下面）での液体接触面積を増加させることができるので、ノズル部材 7 0 の下面における液体 L Q の保持性能を向上させることができる。なお、複数のフィン部材は等間隔で設けられてもよいし、不等間隔であってもよい。例えば、投影領域 A R 1 に対して X 軸方向の両側に配置されるフィン部材 1 5 0 の間隔を、投影領域 A R 1 に対して Y 軸方向の両側に配置されるフィン部材 1 5 0 の間隔より小さく設定してもよい。なお、フィン部材 1 5 0 の表面は液体 L Q に対して親液性であることが好ましい。また、フィン部材 1 5 0 はステンレス鋼（例えば S U S 3 1 6 ）に「GOLDEP」処理あるいは「GOLDEP WHITE」処理することで形成してもよいし、ガラス（石英）などで形成することもできる。

【 0 1 0 0 】

< 第 6 の実施形態 >

次に、本発明の第 6 の実施形態について、図 1 3、図 1 4、図 1 5、及び図 1 6 を参照しながら説明する。なお、上述の各実施形態と同一または類似の機構及び部材には、共通の符号を付して詳細な説明は省略する。図 1 3 はノズル部材 7 0 ' 近傍を示す概略斜視図の一部破断図、図 1 4 はノズル部材 7 0 ' を下側から見た斜視図、図 1 5 は Y Z 平面と平行な側断面図、図 1 6 は X Z 平面と平行な側断面図である。

【 0 1 0 1 】

本実施形態におけるノズル部材 7 0 ' は、第 1 部材 1 7 1 と第 2 部材 1 7 2 とを組み合わせ構成されており、全体として平面視略円形状に形成されている。第 1 部材 1 7 1 は、側板部 1 7 1 A と、厚肉の傾斜板部 1 7 1 C とを有しており、側板部 1 7 1 A の上端部と傾斜板部 1 7 1 C の上端部とが接続されている。一方、第 2 部材 1 7 2 は、傾斜板部 1 7 2 C と、傾斜板部 1 7 2 C の下端部に接続した底板部 1 7 2 D とを有している。第 1 部材 1 7 1 の傾斜板部 1 7 1 C、及び第 2 部材 1 7 2 の傾斜板部 1 7 2 C のそれぞれは、すり鉢状に形成されており、第 2 部材 1 7 2 の傾斜板部 1 7 2 C は、第 1 部材 1 7 1 の傾斜板部 1 7 1 C の内側に配置されている。そして、第 1 部材 1 7 1 の傾斜板部 1 7 1 C の内

側面 171T と、第 2 部材 172 の傾斜板部 172C の外側面 172S とが僅かに離れる状態となるように、第 1 部材 171 及び第 2 部材 172 が不図示の支持機構で支持されている。そして、第 1 部材 171 の傾斜板部 171C の内側面 171T と、第 2 部材 172 の傾斜板部 172C の外側面 172S との間には、平面視円環状であってスリット状の溝部 73 が設けられている。本実施形態においては、溝部 73 のスリット幅 G1 は例えば 3mm 程度に設定されている。また本実施形態においては、溝部 73 は、XY 平面（基板 P の表面）に対して約 45 度の傾斜を持つように形成されている。

#### 【0102】

光学素子 LS1 は、第 2 部材 172 の傾斜板部 172C によって形成された穴部 70H の内側に配置されるようになっており、その穴部 70H に配置された光学素子 LS1 の側面と、第 2 部材 172 の傾斜板部 172C の内側面 172T とが対向する。そして、その傾斜板部 172C の内側面 172T は、液体 LQ に対して撥液性（撥水性）となっており、投影光学系 PL の側面と傾斜板部 172C（ノズル部材 70'）の内側面 172T との間隙への液体 LQ の浸入が抑制されている。

#### 【0103】

第 1 部材 171 の傾斜板部 171C のうち、基板 P と対向する下面 171R は、XY 平面と平行な平坦面となっている。また、第 2 部材 172 の底板部 172D のうち、基板 P と対向する下面 172R も、XY 平面と平行な平坦面となっている。そして、第 1 部材 171 の傾斜板部 171C の下面 171R と、第 2 部材 172 の底板部 172D の下面 172R とは略面一となっており、これら傾斜板部 171C の下面 171R、及び底板部 172D の下面 172R によって、ノズル部材 70' のうち、基板ステージ PST に支持された基板 P 表面（基板ステージ PST の上面）と対向し、この基板 P 表面（基板ステージ PST の上面）に最も近い面であるランド面 75 が形成されている。また、ランド面 75 を形成する底板部 172D の中央部には、露光光 EL が通過する開口部 74 が形成されている。すなわち、ランド面 75 は、投影領域 AR1 を取り囲むように形成されている。

#### 【0104】

図 15 に示すように、ランド面 75 を形成する底板部 172D の一部は、Z 軸方向に関して、投影光学系 PL の光学素子 LS1 の像面側の下面 T1 と基板 P（基板ステージ PST）との間に配置されている。底板部 172D は、光学素子 LS1 の下面 T1 及び基板 P（基板ステージ PST）とは接触しないように設けられている。底板部 172 の上面は光学素子 LS1 の下面 T1 と対向するように、且つ光学素子 LS1 の下面とほぼ平行に配置され、投影光学系 PL の端面 T1 と底板部 172D の上面との間には、所定の隙間（空間）G2 が形成されている。

#### 【0105】

第 1 部材 171 には、下向きに開口する空間部 24 が形成されており、上述した第 1 の実施形態と同様、空間部 24 の開口部に液体回収口 22 が形成されており、空間部 24 が回収流路として機能する。そして、回収流路（空間部）24 の一部に、回収管 23 の他端部が接続されている。液体回収口 22 には、その液体回収口 22 を覆うように複数の孔を有する多孔部材 25 が配置されている。多孔部材 25 は、基板ステージ PST に支持された基板 P と対向する下面 2 を有している。上述した第 1 の実施形態と同様、多孔部材 25 は、その下面 2 が基板ステージ PST に支持された基板 P の表面（すなわち XY 平面）に対して傾斜するように液体回収口 22 に設けられている。多孔部材 25 の斜面 2 は、投影光学系 PL（光学素子 LS1）の光軸 AX から離れるにつれて、基板 P の表面との間隔が大きくなるように形成されている。また、図 15 に示すように、多孔部材 25 は、その斜面 2 の内縁部と第 1 部材 171 の下面 171R（ランド面 75）とがほぼ同じ高さになるように、且つ斜面 2 の内縁部と下面 171R（ランド面 75）とが連続するように、ノズル部材 70' の液体回収口 22 に取り付けられている。

#### 【0106】

また、図 14 に示すように、ノズル部材 70' の下面において、液体回収口 22 は、開口部 74（投影領域 AR1）、溝部 73、及びランド面 75 を取り囲むように平面視円環

10

20

30

40

50



状に形成されている。ランド面 75 は、露光光 E L が通過する開口部 74 (投影領域 A R 1) と液体回収口 22 に配置された多孔部材 25 の斜面 2 との間に配置されている。液体回収口 22 は、開口部 74 (投影領域 A R 1) に対してランド面 75 の外側で、且つランド面 75 を囲むように配置された構成となっている。

#### 【0107】

斜面 (多孔部材 25 の下面) 2 には、第 5 の実施形態で説明したような、複数のフィン部材 150 が放射状に設けられている。フィン部材 150 は側面視略三角形状であって、多孔部材 25 の下面 2 と壁部 76 の内側に形成されるバッファ空間に配置される。本実施形態においては、フィン部材 150 それぞれの厚みは約 0.1 mm 程度であり、周方向に 2 度の間隔で多数配置されている。

10

#### 【0108】

図 13 に示すように、第 2 部材 172 の傾斜板部 172 C の内側面 172 T のうち、投影光学系 P L の投影領域 A R 1 に対して Y 軸方向両側のそれぞれには、凹部 14 A が形成されている。凹部 14 A は、傾斜板部 172 C の傾斜方向に沿って形成されており、光学素子 L S 1 の側面との間で所定の隙間 G 3 (図 15 参照) を形成している。そして、凹部 14 A と光学素子 L S 1 との間に形成された隙間 G 3 によって、投影光学系 P L の像面側に液体 L Q を供給する供給流路 14 が形成されている。供給流路 14 の上端部は、不図示の供給管 (供給流路) を介して液体供給部 11 に接続されており、下端部は、投影光学系 P L の下面 T 1 と底板部 172 D との間の隙間 (空間) G 2 に接続され、その下端部に、隙間 G 2 に液体 L Q を供給する液体供給口 12 が形成されている。そして、液浸機構 1 は、液体供給部 11 より送出した液体 L Q を、流路 14 の下端部に設けられた液体供給口 12 を介して、投影光学系 P L と底板部 172 D との間の隙間 G 2 に供給するようになっている。本実施形態においては、供給流路 14 は、X Y 平面 (基板 P の表面) に対して、約 45 度の傾斜を持つように形成されている。

20

#### 【0109】

なお、底板部 172 D の上面などに凹凸を設けて、底板部 172 D の上面での液体の流れる方向や液体の流速をコントロールするようにしてもよい。例えば、液体供給口 12 から底板部 172 D の上面 172 A に供給された液体 L Q の流れ方向を決めるために、液体供給口 12 にフィン状の部材を配置したり、底板部 172 D の上面 172 A にフィン状の突起部を設けるようにしてもよい。この場合、液体 L Q を流す方向および液体 L Q の流速は、気体部分が残留することなく、投影光学系 P L の像面側の光路空間を液体で満たし続けることができるように、実験やシミュレーションの結果に基づいて最適化するのが好ましい。また、液体 L Q を流す方向および液体 L Q の流速は、投影光学系 P L の像面側の空間から液体 L Q をほぼすべて回収して、非液浸状態を形成するとき、光学素子 L S 1 の端面 T 1 などに液体 L Q の残留がしないように、実験やシミュレーションの結果に基づいて最適化するのが好ましい。あるいは、液体 L Q を流す方向および液体 L Q の流速は、基板 P (感光性の樹脂など) から溶出した物質を含む液体が滞留しないように、実験やシミュレーションの結果に基づいて最適化するのが好ましい。

30

#### 【0110】

更に、第 2 部材 172 のうち、投影領域 A R 1 に対して X 軸方向両側のそれぞれには、第 2 部材 172 の傾斜板部 172 C の内部を傾斜方向に沿って貫通するスリット状の貫通孔 130 が形成されている。貫通孔 130 の下端部 130 A に形成された開口は、投影光学系 P L の下面 T 1 と底板部 172 D との間の隙間 (空間) G 2 に接続しており、上端部 130 B は大気開放されている。下端部 130 A の開口は、底板部 172 D の上面 172 A に沿って、すなわち、基板に平行な方向に液体を送出することができる。

40

#### 【0111】

第 1 部材 171 と第 2 部材 172 との間の溝部 73 は、露光光 E L が照射される投影領域 A R 1 と、液体回収口 22 の斜面 2 との間に配置され、開口部 74 (投影領域 A R 1) を囲むようにして形成されている。更に、溝部 73 は、ランド面 75 の一部を構成する下面 172 R も取り囲むようにして形成されている。換言すれば、ランド面 75 の一部を構

50

成する下面 172R の外側に溝部 73 が配置されている。その溝部 73 は、基板ステージ P S T の上面（基板ステージ P S T に支持されている基板 P）と対向するように配置された開口部 73A を有している。すなわち、溝部 73 は下側を向くように開口している。開口部 73A は、投影光学系 P L の像面近傍に設けられており、溝部 73 は、その内部において、開口部 73A を介して、投影光学系 P L の像面周囲の気体と流通している。

【0112】

また、溝部 73 は、基板 P（基板ステージ P S T）と対向する開口部 73A 以外にも、大気開放のための開口部 73B を有している。本実施形態においては、溝部 73 は、その上端部に大気開放のための開口部 73B を有している。なお、開口部 73B は、溝部 73 の上端部に沿って、平面視円環状に形成されているが、溝部 73 の上端部の一部のみに形成されていてもよい。また、溝部 73 の内部と外部とを流通するための流通路は、溝部 73 の上端部に限らず、任意の位置に設けてもよい。例えば、第 1 部材 171 の一部に、溝部 73 内部の Z 軸方向における中間位置（所定位置）と溝部 73 外部とを流通するための流路を形成し、その流路を介して溝部 73 を大気開放するようにしてもよい。

【0113】

このように、基板 P（基板ステージ P S T）に対向する開口部 73A と大気開放のための開口部 73B とを有する溝部 73B を形成しているため、ノズル部材 70' と基板 P（基板ステージ P S T）との間の液体 L Q の一部が溝部 73 内部に出入りすることができる。したがって、ノズル部材 70' の大きさ（径）が小さくても、液体回収口 22 の外側への液体 L Q の流出を抑えることができる。

【0114】

また、図 15 に示すように、第 1 部材 171 の一部には、溝部 73 の内部と外部とを流通するための流通路 131 が形成され、その流通路 131 に真空系を含む吸引装置 132 が接続されている。流通路 131 及び吸引装置 132 は、ノズル部材 70' と基板 P（基板ステージ P S T）との間の液体 L Q、すなわち液浸領域 A R 2 を形成する液体 L Q 2 を完全に回収するときに、その液体 L Q を溝部 73 を介して回収するために使用される。

【0115】

次に、上述した構成を有するノズル部材 70' を有する液浸機構 1 の動作について説明する。基板 P 上に液体 L Q を供給するために、制御装置 C O N T は、液体供給部 11 を駆動して液体供給部 11 より液体 L Q を送出する。液体供給部 11 より送出された液体 L Q は、供給管を流れた後、ノズル部材 70' の供給流路 14 の上端部に流入する。供給流路 14 の上端部に流入した液体 L Q は、傾斜板部 172C の傾斜方向に沿って下方に向かって流れ、液体供給口 12 より投影光学系 P L の端面 T 1 と底板部 172D との間の空間 G 2 に供給される。ここで、空間 G 2 に液体 L Q を供給する前に空間 G 2 に存在していた気体部分は、貫通孔 130 や開口部 74 を介して外部に排出される。したがって、空間 G 2 に対する液体 L Q の供給開始時に、空間 G 2 に気体が留まってしまうといった不都合の発生を防止でき、液体 L Q 中に気体部分（気泡）が生成される不都合を防止できる。

【0116】

空間 G 2 に供給された液体 L Q は、空間 G 2 を満たした後、開口部 74 を介して、ランド面 75 と基板 P（基板ステージ P S T）との間の空間に流入する。このとき、液体回収機構 20 が単位時間あたり所定量で基板 P 上の液体 L Q を回収しているため、開口部 74 を介してランド面 75 と基板 P（基板ステージ P S T）との間の空間に流入した液体 L Q によって、基板 P 上に所望の大きさの液浸領域 A R 2 が形成される。

【0117】

なお、本実施形態では、露光光 E L が通過する開口部 74 を小さくしてランド面 75 の大きさを比較的大きくするようにしているので、基板 P（基板ステージ P S T）とノズル部材 70' との間において液体 L Q を良好に保持することができる。

【0118】

基板 P を液浸露光している間など、液浸領域 A R 2 を形成している間は、溝部 73 に接続されている流通路 131 は閉じられ、吸引装置 132 の駆動は停止している。したがっ

て、投影領域 A R 1 を覆うようにして形成されている液浸領域 A R 2 に対して基板 P ( 基板ステージ P S T ) を移動する場合であっても、液浸領域 A R 2 の液体 L Q の一部が、大気開放されている溝部 7 3 に出入りすることができ、液浸領域 A R 2 が拡大したり、液浸領域 A R 2 の液体 L Q が流出する等の不都合の発生を防止することができる。すなわち、例えば図 1 6 に示すように、基板 P を + X 方向に移動することによって、液浸領域 A R 2 の液体 L Q も、基板 P の移動とともに + X 方向に移動しようとする。この場合、液体 L Q の + X 方向への移動によって、液浸領域 A R 2 が + X 方向に拡大したり、液浸領域 A R 2 の液体 L Q が液体回収口 2 2 の外側へ流出する可能性がある。ところが、その + X 方向へ移動する液体 L Q の一部は、+ X 側の溝部 7 3 に入り広がるため ( 図 1 6 中、矢印 F 3 参照 ) 、液浸領域 A R 2 の拡大や液体 L Q の流出等を抑えることができる。

10

#### 【 0 1 1 9 】

また、基板 P の液浸露光が完了したときなど、ノズル部材 7 0 ' と基板 P ( 基板ステージ P S T ) との間の液体 L Q を全て回収するときには、制御装置 C O N T は、液体供給機構 1 0 による液体供給動作を停止し、液体回収機構 2 0 による液体回収口 2 2 を介した液体回収動作を行うとともに、溝部 7 3 に接続された流通路 1 3 1 を開いて、吸引装置 1 3 2 を駆動し、溝部 7 3 の内部空間を負圧にして、溝部 7 3 の開口部 7 3 A を介した液体回収動作も並行して行う。このように、基板 P ( 基板ステージ P S T ) に最も近い開口部 7 3 A も使うことで、ノズル部材 7 0 ' と基板 P ( 基板ステージ P S T ) との間の液体 L Q をより短時間に確実に回収することができる。この場合、液体 L Q の回収口として機能する開口部 7 3 A の大きさに比べて、大気開放のための開口部 7 3 B は小さいため、溝部 7 3 内部を十分な負圧にして液体 L Q を回収することができる。

20

#### 【 0 1 2 0 】

また、溝部 7 3 を介して液体 L Q を回収する場合、溝部 7 3 内の気体が液体 L Q と一緒に流通路 1 3 1 に流入して、ノズル部材 7 0 ' に振動が発生する可能性があるが、溝部 7 3 を介して行われる液体 L Q の回収は、基板 P の露光動作などの精度を必要とする動作を行っていないときに実行されるため問題とならない。

#### 【 0 1 2 1 】

なお本実施形態においては、供給流路 1 4 を形成する凹部 1 4 A は、投影領域 A R 1 に対して Y 軸方向両側のそれぞれに 1 つずつ ( 合計 2 つ ) 設けられているが、露光光 E L が照射される投影光学系 P L の投影領域 A R 1 を取り囲むように任意の複数箇所に設けることができる。また、凹部 1 4 A の上端部近傍に、第 1 の実施形態で説明したような堤防部 1 5 ( バッファ流路部 1 4 H ) を設けることもできる。

30

#### 【 0 1 2 2 】

##### < 第 7 の実施形態 >

次に、本発明の第 7 の実施形態について、図 1 7 及び図 1 8 を参照しながら説明する。なお、上述の各実施形態と同一または類似の機構及び部材には、共通の符号を付して詳細な説明は省略する。図 1 7 はノズル部材 7 0 ' を下側から見た斜視図、図 1 8 は側断面図である。図 1 7 及び図 1 8 において、上述した第 6 の実施形態と異なる点は、第 2 部材 7 2 の底板部 1 7 2 D の大きさが小さく、底板部 1 7 2 D は、投影光学系 P L の下面 T 1 と基板 P ( 基板ステージ P S T ) との間に殆ど配置されていない点にある。すなわち、底板部 1 7 2 D に形成された開口部 7 4 は、投影光学系 P L ( 光学素子 L S 1 ) の下面 T 1 とほぼ同じ大きさで、投影領域 A R 1 よりも十分に大きい略円形状に形成されている。そして、光学素子 L S 1 の下面 T 1 の殆どが基板 P ( 基板ステージ P S T ) と対向するように露出している。液体供給部 1 1 から送出された液体 L Q は、光学素子 L S 1 の側面と凹部 1 4 A との間に形成された供給流路 1 4 を介して、投影光学系 P L の下面 T 1 と基板 P ( 基板ステージ P S T ) との間の空間に供給される。本実施形態においては、ランド面 7 5 の面積が小さくなるものの、第 6 の実施形態に比べて、底板部 1 7 2 と投影光学系 P L の光学素子 L S 1 との間に殆ど空間がなく、気体が留まりやすい部分が少ないので、液体 L Q の供給開始時において、液浸領域 A R 2 を形成する液体 L Q 中に気体部分 ( 気泡 ) が生成される不都合をより確実に防止することができる。

40

50

## 【 0 1 2 3 】

なお、上述の第 6 の実施形態及び第 7 の実施形態においては、説明を簡単にするために、ノズル部材 7 0 ' は、第 1 部材 1 7 1 と第 2 部材 1 7 2 との組み合わせから構成されているが、実際には他のいくつかの部材を更に組み合わせで構成されている。もちろん、ノズル部材 7 0 ' を一つの部材で構成するようにしてもよい。

## 【 0 1 2 4 】

また、上述の第 6 の実施形態及び第 7 の実施形態において、液体 L Q の供給開始時に空間 G 2 の気体を貫通孔 1 3 0 を使って排出するようにしているが、貫通孔 1 3 0 を吸引装置（真空系）に接続して、液体 L Q の供給開始時に空間 G 2 の気体を強制的に排出するようにしてもよい。

10

## 【 0 1 2 5 】

また、上述の第 6 の実施形態及び第 7 の実施形態において、底板部 1 7 2 D の開口部 7 4 は、図 1 4 や図 1 7 に示した形状に限らず、気体部分が残留することなく、基板 P（基板ステージ P S T）が動いても、投影光学系 P L の像面側の光路空間を液体 L Q で満たし続けることができるように決めることができる。

## 【 0 1 2 6 】

また、上述の第 6 の実施形態及び第 7 の実施形態において、ノズル部材 7 0 ' と基板 P（基板ステージ P S T）との間（投影光学系 P L の像面側の光路空間）の液体 L Q を全て回収する場合には、液体回収口 2 2 や開口部 7 3 A を使った液体回収動作に加えて、液体供給口 1 2 から気体を吹き出すようにしてもよい。液体供給口 1 2 から吹き出された気体は、投影光学系 P L の先端部の光学素子 L S 1 の下面 T 1 に吹き付けられるため、光学素子 L S 1 の下面 T 1 に付着（残留）している液体 L Q を除去することができる。液体供給口 1 2 から吹き出された気体は、下面 T 1 に沿って流れ、光学素子 L S 1 の下面 T 1 において露光光 E L が通過する領域、即ち、光学素子 L S 1 の下面 T 1 の投影領域 A R 1 に対応する領域に付着している液体（液滴）L Q をその領域の外側へ移動する（退かす）ことができる。これにより、光学素子 L S 1 の下面 T 1 において露光光 E L が通過する領域に付着していた液体 L Q が除去される。なお、吹き付けた気体によって、光学素子 L S 1 の下面 T 1 に付着していた液体 L Q を気化（乾燥）することで除去するようにしてもよい。液体供給口 1 2 からは、ケミカルフィルタやパーティクル除去フィルタを含むフィルタ装置（不図示）を介したクリーンな気体が吹き出される。また、気体としては、露光装置 E X が収容されたチャンバ内部の気体とほぼ同じ気体、例えば空気（ドライエア）が使用される。なお、吹き出す気体としては窒素ガス（ドライ窒素）を使用してもよい。

20

30

## 【 0 1 2 7 】

また、液体 L Q を全て回収する場合に、空間 G 2 に存在していた気体を外部に排出するための貫通孔 1 3 0 に真空系などを接続して、貫通孔 1 3 0 の下端 1 3 0 A に形成された開口から液体 L Q を吸引して、回収するようにしてもよい。

## 【 0 1 2 8 】

また、空間 G 2 に存在していた気体を外部に排出するための貫通孔 1 3 0 に、気体供給系を接続し、その貫通孔 1 3 0 を介して気体を吹き出すようにしてもよい。

## 【 0 1 2 9 】

なお、第 6 及び第 7 の実施形態において、液体供給口 1 2 を投影領域 A R 1 に対して X 軸方向両側のそれぞれに配置し、走査方向両側のそれぞれから液体 L Q を供給するようにしてもよい。この場合、貫通孔 1 3 0 の下端部 1 3 0 A は、例えば投影領域 A R 1 に対して Y 軸方向両側のそれぞれの位置など、液体供給口 1 2 とは別の位置に設けられる。

40

## 【 0 1 3 0 】

また、第 6 及び第 7 の実施形態においては、傾斜板部 1 7 2 C の凹部 1 4 A と光学素子 L S 1 の側面との間の隙間 G 3 によって供給流路 1 4 が形成され、その供給流路 1 4 の下端部が液体供給口 1 2 として機能しているが、貫通孔 1 3 0 の上端部 1 3 0 B と液体供給部 1 1 とを接続し、貫通孔 1 3 0 を供給流路として機能させるとともに、貫通孔 1 3 0 の下端部 1 3 0 A を液体供給口として機能させてもよい。貫通孔 1 3 0 の上端部 1 3 0 B と

50

液体供給部 11 とを接続して貫通孔 130 を介して液体 LQ を供給する場合には、傾斜板部 172C の凹部 14A と光学素子 LS1 の側面との間の隙間 G3 と、液体供給部 11 とは接続されず（隙間 G3 は供給流路として機能せず）、隙間 G3 の上端部は大気開放される。そして、貫通孔 130 より空間 G2 に対して液体 LQ を供給する前に、空間 G2 に存在していた気体は、隙間 G3 を介して外部に排出される。このように、貫通孔 130 を介して液体 LQ を供給する場合においても、空間 G2 に対する液体 LQ の供給開始時に、空間 G2 に気体が留まってしまうといった不都合の発生を防止でき、液体 LQ 中に気体部分（気泡）が生成される不都合を防止できる。また、この場合においても、隙間 G3 の上端部と吸引装置（真空系）とを接続して、液体 LQ の供給開始時に空間 G2 の気体を強制的に排出するようにしてもよい。

10

#### 【0131】

また、貫通孔 130 を介して液体 LQ を供給する場合、液体供給口として機能する貫通孔 130 の下端部 130A を、投影領域 AR1 に対して、Y 軸方向両側のそれぞれに配置し、非走査方向両側のそれぞれから液体 LQ を供給するようにしてもよい。

#### 【0132】

##### < 第 8 の実施形態 >

次に、本発明の第 8 の実施形態について、図 19、図 20、図 21、及び図 22 を参照しながら説明する。図 19 はノズル部材 70 " 近傍を示す概略斜視図の一部破断図、図 20 はノズル部材 70 " を下側から見た斜視図、図 21 は YZ 平面と平行な側断面図、図 22 は XZ 平面と平行な側断面図である。以下の説明において、上述の各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。

20

#### 【0133】

ノズル部材 70 " は、第 1 部材 171 と第 2 部材 172 と第 3 部材 173 とを組み合わせ構成されており、全体として平面視略円形状に形成されている。第 1 部材 171 は、側板部 171A と、厚肉の傾斜板部 171C とを有している。第 2 部材 172 は、傾斜板部 172C と、傾斜板部 172C の下端部に接続した底板部 172D とを有している。第 3 部材 173 は、第 1 部材 171 及び第 2 部材 172 の上端部に接続されており、第 3 部材 173 の中央部には、光学素子 LS1 を配置するための穴部 173H が形成されている。光学素子 LS1 は、第 3 部材 173 の穴部 173H、及び第 2 部材 172 の傾斜板部 172C によって形成された穴部 70H の内側に配置されるようになっており、穴部 70H の内側に配置された光学素子 LS1 の側面と、第 2 部材 172 の傾斜板部 172C の内側面 172T とが対向する。また、第 1 部材 171 の傾斜板部 171C の内側面 171T と、第 2 部材 172 の傾斜板部 172C の外側面 172S との間には、平面視円環状であってスリット状の溝部 73 が設けられている。溝部 73 は、XY 平面（基板 P の表面）に対して約 45 度の傾斜を持つように形成されている。

30

#### 【0134】

また、第 1 部材 171 の傾斜板部 171C の下面 171R と、第 2 部材 172 の底板部 172D の下面 172R とによって、ノズル部材 70 " のうち、基板ステージ PST に支持された基板 P 表面（基板ステージ PST の上面）と対向し、この基板 P 表面（基板ステージ PST の上面）に最も近い面であるランド面 75 が形成されている。ランド面 75 は、投影領域 AR1 を取り囲むように形成されている。

40

#### 【0135】

ランド面 75 を形成する底板部 172D の一部は、Z 軸方向に関して、投影光学系 PL の光学素子 LS1 の像面側の下面 T1 と基板 P（基板ステージ PST）との間に配置されている。底板部 172D は、光学素子 LS1 の下面 T1 及び基板 P（基板ステージ PST）とは接触しないように設けられている。底板部 172D の上面は光学素子 LS1 の下面 T1 と対向するように、且つ光学素子 LS1 の下面とほぼ平行に配置され、投影光学系 PL の端面 T1 と底板部 172D の上面との間には、所定の隙間（空間）G2 が形成されている。

#### 【0136】

50

第１部材１７１には、回収流路として機能する空間部２４が形成されており、空間部２４の開口部に液体回収口２２が形成されている。液体回収口２２は、開口部７４（投影領域ＡＲ１）、溝部７３、及びランド面７５を取り囲むように平面視円環状に形成されている。回収流路（空間部）２４の一部には回収管２３の他端部が接続されている。液体回収口２２には、基板ステージＰＳＴに支持された基板Ｐと対向する斜面２を有する多孔部材２５が配置されている。多孔部材２５は、その斜面２の内縁部と第１部材１７１の下面１７１Ｒ（ランド面７５）とがほぼ同じ高さになるように、且つ斜面２の内縁部と下面１７１Ｒ（ランド面７５）とが連続するように、液体回収口２２に取り付けられている。斜面２には、複数のフィン部材１５０が放射状に設けられている。

【０１３７】

第２部材１７２のうち、投影領域ＡＲ１に対してＹ軸方向両側のそれぞれには、第２部材１７２の傾斜板部１７２Ｃの内部を傾斜方向に沿って貫通するスリット状の貫通孔１４０が形成されている。そして、貫通孔１４０の上端部１４０Ｂは、不図示の供給管（供給流路）を介して液体供給部１１に接続されており、下端部１４０Ａは、投影光学系ＰＬの下面Ｔ１と底板部１７２Ｄとの間の隙間（空間）Ｇ２に接続されている。すなわち、貫通孔１４０は供給流路として機能し、その貫通孔１４０の下端部１４０Ａに形成されている開口は、隙間Ｇ２に液体ＬＱを供給する液体供給口として機能している。そして、液体供給口１４０Ａは、露光光ＥＬが照射される投影領域ＡＲ１を挟んだＹ軸方向両側のそれぞれに設けられており、露光光ＥＬの光路空間の外側において、その露光光ＥＬの光路空間を挟んだ両側のそれぞれの所定位置（第１の位置）に設けられた構成となっている。

【０１３８】

液浸機構１は、液体供給部１１より送出した液体ＬＱを、供給流路（貫通孔）１４０を介して、液体供給口（下端部）１４０Ａより、投影光学系ＰＬと底板部１７２Ｄとの間の隙間（空間）Ｇ２を含む内部空間に供給するようになっている。供給流路１４０は、ＸＹ平面（基板Ｐの表面）に対して、約４５度の傾斜を持つように形成されている。なお、液体供給口１４０Ａから底板部１７２Ｄの上面に供給された液体ＬＱの流れ方向を決めるために、液体供給口１４０Ａにフィン状の部材を配置したり、底板部１７２Ｄの上面にフィン状の突起部を設けるようにしてもよい。

【０１３９】

第２部材１７２のうち、投影領域ＡＲ１に対してＸ軸方向両側のそれぞれには、第２部材１７２の傾斜板部１７２Ｃの内部を傾斜方向に沿って貫通するスリット状の貫通孔１３０が形成されている。第２部材１７２の上面のうち、貫通孔１３０の上端部１３０Ｂが形成されている所定領域と第３部材１７３との間には隙間が形成されている。そして、貫通孔１３０の上端部１３０Ｂは大気開放されており、貫通孔１３０の下端部１３０Ａは、投影光学系ＰＬの下面Ｔ１と底板部１７２Ｄとの間の隙間（空間）Ｇ２に接続されている。したがって、隙間Ｇ２の気体は、貫通孔１３０の上端部１３０Ｂを介して、外部空間に排出（排気）可能となっている。すなわち、貫通孔１３０の下端部１３０Ａに形成されている開口は、隙間Ｇ２の気体を排気する排気口として機能し、貫通孔１３０は排気流路として機能している。また、排気口（下端部）１３０Ａは、隙間（空間）Ｇ２の気体、すなわち投影光学系ＰＬの像面周囲の気体と接続された構成となっている。そして、排気口１３０Ａは、露光光ＥＬが照射される投影領域ＡＲ１を挟んだＸ軸方向両側のそれぞれに設けられており、露光光ＥＬの光路空間の外側において、その露光光ＥＬの光路空間を挟んだ両側のそれぞれの所定位置（第２の位置）に設けられた構成となっている。

【０１４０】

上述のように、液体供給口１４０Ａは、露光光ＥＬの光路空間の外側の所定位置（第１の位置）に設けられている。そして、底板部１７２Ｄは、液体供給口１４０Ａから供給された液体ＬＱの流れをガイドするガイド部材としての機能も有している。底板部（ガイド部材）１７２Ｄは、露光光ＥＬの光路空間の液体ＬＱ中に気体が留まるのを防止するように配置されている。すなわち、底板部１７２Ｄは、露光光ＥＬの光路空間の外側の第１の位置に設けられている液体供給口１４０Ａから供給された液体ＬＱが、露光光ＥＬの光路

空間を介してその光路空間の外側の第1の位置とは異なる第2の位置に向かって流れるように配置されている。なお、底板部172Dは、基板Pと対向するように配置されたランド面(平坦部)75を有しており、上述の実施形態と同様に、露光光ELの光路を安定して液体LQで満たす機能も有している。

#### 【0141】

図23は、底板部(ガイド部材)172Dの平面図である。本実施形態において、露光光ELの光路空間の外側の第2の位置には排気口130Aが設けられており、底板部172Dは、液体供給口140Aから供給された液体LQを、排気口130Aが設けられている第2の位置に向かって流すように配置されている。ガイド部材172Dは、露光光ELの光路空間内において、渦流が生成されないように、液体LQを流す。すなわち、底板部172Dは、液体供給口140Aが配置されている第1の位置から供給された液体LQが、排気口130Aが設けられている第2の位置に向かって流れるように形成された開口74'を有しており、露光光ELの光路空間内における渦流の生成が防止されている。

#### 【0142】

底板部172Dは、液体供給口140Aが設けられた第1の位置から、露光光ELの光路空間(投影領域AR1)に向かう流れを形成する第1ガイド部181と、露光光ELの光路空間から、排気口130Aが設けられた第2の位置に向かう流れを形成する第2ガイド部182とを有している。すなわち、第1ガイド部181によって、液体供給口140Aから露光光ELの光路空間に向かって液体LQを流す流路181Fが形成され、第2ガイド部182によって、露光光ELの光路空間から第2の位置(排気口130A)に向かって液体LQを流す流路182Fが形成されている。

#### 【0143】

第1ガイド部181によって形成される流路181Fと、第2ガイド部182によって形成される流路182Fとは交差している。第1ガイド部181によって形成された流路181Fは、液体LQをほぼY軸方向に沿って流し、第2ガイド部182によって形成された流路182Fは、液体LQをほぼX軸方向に沿って流す。そして、第1ガイド部181と第2ガイド部182とによって、平面視略十字状の開口部74'が形成されている。開口部74'は、投影光学系PLの像面側に配置されたものであって、露光光ELは、略十字状に形成された開口部74'のほぼ中央部を通過するように設けられている。すなわち、露光光ELの光路空間は、第1ガイド部181によって形成された流路181Fと、第2ガイド部182によって形成された流路182Fとの交差部に設定されている。

#### 【0144】

本実施形態においては、第1ガイド部181によって形成された流路181Fと、第2ガイド部182によって形成された流路182Fとはほぼ直交している。また、第1ガイド部181によって形成された流路181Fの幅D1と、第2ガイド部182によって形成された流路182Fの幅D2とはほぼ同じである。また、本実施形態においては、第1ガイド部181と第2ガイド部182との接続部190は曲線状(円弧状)に形成されている。

#### 【0145】

液体供給口140Aは、投影光学系PLの下面T1と底板部172Dとの間の隙間(空間)G2を含む内部空間に液体LQを供給する。液体供給口140Aから隙間G2に供給された液体LQは、第1ガイド部材181にガイドされつつ露光光ELの光路空間に向かって流れ、露光光ELの光路空間を通過した後、第2ガイド部182にガイドされつつ露光光ELの光路空間の外側に向かって流れる。すなわち、液体LQの流路は第1ガイド部材181及び第2ガイド部182の交差位置またはその近傍で屈曲している。液浸機構1は、液体LQを底板部172Dの第1、第2ガイド部181、182でガイドしつつ流すことにより、露光光ELの光路空間内において、渦流が生成されることを抑制する。これにより、露光光ELの光路空間中に気体(気泡)があっても、液体LQの流れによって、気体(気泡)を露光光ELの光路空間の外側の第2の位置に排出し、露光光ELの光路空間に気体(気泡)が留まることを防止する。

## 【 0 1 4 6 】

図 1 9、図 2 1 等に示すように、第 1 部材 1 7 1 と第 2 部材 1 7 2 との間の溝部 7 3 は、露光光 E L の光路空間を含む開口部 7 4 ' を囲むようにして形成されている。更に溝部 7 3 は、ランド面 7 5 の一部を構成する下面 1 7 2 R も取り囲むようにして形成されている。溝部 7 3 の下端部には、基板 P ( 基板ステージ P S T の上面 ) と対向するように配置された開口部 7 3 A が形成されている。開口部 7 3 A は平面視略円環状に形成されている。一方、溝部 7 3 の上端部にも平面視略円環状の開口部 7 3 B が形成されている。また、第 1 部材 1 7 1 の傾斜板部 1 7 1 C の上端部のうち、第 2 部材 1 7 2 と対向する部分には切欠部 1 7 1 K が形成されており、その切欠部 1 7 1 K によって、溝部 7 3 の上端部には幅広部が形成されている。そして、その幅広部と第 3 部材 1 7 3 との間で空間 7 3 W が形成されている。溝部 7 3 の上端部の開口部 7 3 B は空間 7 3 W の内側に配置されており、溝部 7 3 の下端部 ( 投影光学系 P L の像面側近傍 ) に設けられた開口部 7 3 A と空間 7 3 W とは溝部 7 3 を介して接続されている。すなわち、空間 7 3 W は、溝部 7 3 ( 開口部 7 3 A ) を介して、投影光学系 P L の像面周囲の気体と流通している。

10

## 【 0 1 4 7 】

また、図 2 1 に示すように、第 3 部材 1 7 3 の一部には、空間 7 3 W と接続する流通路 1 3 1 ' が形成され、その流通路 1 3 1 ' と真空系を含む吸引装置 1 3 2 とが配管 1 3 3 を介して接続されている。流通路 1 3 1 ' 及び吸引装置 1 3 2 は、ノズル部材 7 0 " と基板 P ( 基板ステージ P S T ) との間の液体 L Q を完全に回収するときに、その液体 L Q を溝部 7 3 を介して回収するために使用される。

20

## 【 0 1 4 8 】

また、第 3 部材 1 7 3 のうち、流通路 1 3 1 ' と別の位置には、空間 7 3 W の内部と外部とを流通する穴部 1 3 4 が形成されている。穴部 1 3 4 の径 ( 大きさ ) は、流通路 1 3 1 ' の径 ( 大きさ ) よりも小さく、開口部 7 3 A よりも十分に小さい。本実施形態においては、穴部 1 3 4 の直径は約 1 mm である。穴部 1 3 4 によって、空間 7 3 W が大気開放されており、これにより、投影光学系 P L の像面周囲の気体 ( 空間 G 2 ) も、開口部 7 3 A、溝部 7 3、及び空間 7 3 W を介して大気開放されている。これにより、ノズル部材 7 0 " と基板 P ( 基板ステージ P S T ) との間の液体 L Q の一部が溝部 7 3 内部に入出入りすることができる。したがって、ノズル部材 7 0 " の大きさ ( 径 ) が小さくても、液体回収口 2 2 の外側への液体 L Q の流出を抑えることができる。

30

## 【 0 1 4 9 】

次に、上述した構成を有するノズル部材 7 0 " を有する液浸機構 1 の動作について説明する。基板 P 上に液体 L Q を供給するために、制御装置 C O N T は、液体供給部 1 1 を駆動して液体供給部 1 1 より液体 L Q を送出する。液体供給部 1 1 より送出された液体 L Q は、供給管を流れた後、ノズル部材 7 0 " の供給流路 1 4 0 の上端部 1 4 0 B に流入する。供給流路 1 4 0 の上端部 1 4 0 B に流入した液体 L Q は、供給流路 1 4 0 を流れ、液体供給口 1 4 0 A より投影光学系 P L の端面 T 1 と底板部 1 7 2 D との間の空間 G 2 に供給される。ここで、空間 G 2 に液体 L Q を供給する前に空間 G 2 に存在していた気体部分は、貫通孔 1 3 0 や開口部 7 4 ' を介して外部に排出される。したがって、空間 G 2 に対する液体 L Q の供給開始時に、空間 G 2 に気体が留まってしまうといった不都合の発生を防止でき、液体 L Q 中に気体部分 ( 気泡 ) が生成される不都合を防止できる。また、液体供給部 1 1 より送出された液体 L Q は、溝部 ( 供給流路 ) 1 4 0 の内側を流れるので、光学素子 L S 1 の側面等に力を加えることなく、空間 G 2 に供給される。また、液体 L Q は光学素子 L S 1 の側面に接しないので、光学素子 L S 1 の側面に例えば所定の機能材料がコーティングされている場合であっても、機能材料に影響を及ぼすことが抑制されている。

40

## 【 0 1 5 0 】

空間 G 2 に供給された液体 L Q は、空間 G 2 を満たした後、開口部 7 4 ' を介して、ランド面 7 5 と基板 P ( 基板ステージ P S T ) との間の空間に流入する。このとき、液体回収機構 2 0 が単位時間あたり所定量で基板 P 上の液体 L Q を回収しているため、開口部 7 4 ' を介してランド面 7 5 と基板 P ( 基板ステージ P S T ) との間の空間に流入した液体

50



LQによって、基板P上に所望の大きさの液浸領域AR2が形成される。

【0151】

液体供給口140Aから空間G2に対して供給された液体LQは、第1ガイド部181にガイドされつつ露光光ELの光路空間（投影領域AR1）に向かって流れた後、第2ガイド部182にガイドされつつ露光光ELの光路空間の外側に向かって流れるので、仮に液体LQ中に気体部分（気泡）が生成されても、液体LQの流れによって、その気泡を露光光ELの光路空間の外側に排出することができる。また、底板部172Dは、露光光ELの光路空間において渦流が生成されないように液体LQを流すので、露光光ELの光路空間に気泡が留まることを防止することができる。また、底板部172Dは、液体LQを排気口130Aに向けて流すので、液体LQ中に存在している気体部分（気泡）は、排気口130Aを介して外部に円滑に排出される。また、ランド面75と基板P（基板ステージPST）との間の空間の液体LQ中に気体部分（気泡）が存在しても、ランド面75と基板P（基板ステージPST）との間の空間の液体LQは、気体部分（気泡）とともに回収口22を介して回収される。

10

【0152】

基板Pを液浸露光している間など、液浸領域AR2を形成している間は、溝部73に接続されている流通路131'は閉じられ、吸引装置132の駆動は停止している。したがって、投影領域AR1を覆うようにして形成されている液浸領域AR2に対して基板P（基板ステージPST）を移動する場合であっても、液浸領域AR2の液体LQの一部が、穴部134を介して大気開放されている溝部73に出入りするため（図22中、矢印F3参照）、液浸領域AR2が拡大したり、液浸領域AR2の液体LQが流出する等の不都合の発生を防止することができる。

20

【0153】

また、基板Pの液浸露光が完了したときなど、ノズル部材70'と基板P（基板ステージPST）との間の液体LQを全て回収するときには、制御装置CONTは、液体回収機構20による液体回収口22を介した液体回収動作を行うとともに、溝部73に接続された流通路131'を開いて、吸引装置132を駆動し、溝部73の内部空間を負圧にして、溝部73の開口部73Aを介した液体回収動作も並行して行う。このように、基板P（基板ステージPST）に最も近い開口部73Aも使うことで、ノズル部材70'と基板P（基板ステージPST）との間の液体LQをより短時間に確実に回収することができる。この場合、液体LQの回収口として機能する開口部73Aの大きさに比べて、大気開放のための穴部134は小さいため、溝部73内部を十分な負圧にして液体LQを回収することができる。また、ノズル部材70'と基板P（基板ステージPST）との間の液体LQを全て回収する場合には、液体回収口22や開口部73Aを使った液体回収動作に加えて、液体供給口140から気体を吹き出すようにしてもよい。

30

【0154】

なお、基板Pを液浸露光している間など、液浸領域AR2を形成している間においても、液浸領域AR2の状態（形状など）を維持できる程度であれば、溝部73に接続された流通路131'を開けて、吸引装置132を駆動してもよい。こうすることにより、液体LQ中の気泡を溝部73を介して回収することができる。

40

【0155】

また、図24に示すように、溝部130の上端部130Bと吸引装置（吸気系）135とを接続し、排気口130Aと吸引装置135とを溝部130を介して接続するようにしてもよい。そして、例えば液浸領域AR2を形成するための液体LQの供給開始時に、吸引装置135を駆動して溝部130の内側を負圧にし、空間G2の気体を強制的に排出するようにしてもよい。こうすることによっても、空間G2に気体が留まってしまうといった不都合の発生を防止でき、液体LQ中に気体部分（気泡）が生成される不都合を防止できる。また、吸引装置135を駆動しつつ基板Pを液浸露光してもよいし、基板Pの液浸露光中には吸引装置135の駆動を停止するようにしてもよい。

【0156】

50

なお、ノズル部材 70”は、第 1、第 2、第 3 部材 171、172、173 の 3 つの部材から構成されているが、一つの部材で構成されていてもよいし、3 つ以外の複数の部材から構成されていてもよい。

【0157】

< 第 9 の実施形態 >

図 25 は、第 9 の実施形態を示す図である。本実施形態の特徴的な部分は、第 2 ガイド部 182 によって形成される流路 182 F の幅 D2 が、第 1 ガイド部 181 によって形成される流路 181 F によって形成される流路 181 F の幅 D1 よりも小さい点にある。こうすることにより、第 1 ガイド部 181 によって形成される流路 181 F を流れる液体 LQ の流速に対して、第 2 ガイド部 182 によって形成される流路 182 F を流れる液体 LQ の流速を高めることができる。したがって、露光光 E L の光路空間の気体（気泡）を、高速化された液体 LQ の流れによって、露光光 E L の光路空間の外側に迅速に且つ円滑に排出することができる。

10

【0158】

< 第 10 の実施形態 >

図 26 は、第 10 の実施形態を示す図である。本実施形態の特徴的な部分は、第 2 ガイド部 182 によって形成された流路 182 F の幅 D2 が、露光光 E L の光路空間（投影領域 A R 1 または第 2 ガイド部 182 の上流側）から、排気口 130 A が設けられている第 2 の位置（または第 2 ガイド部 182 の下流側）に向かって漸次窄まるように形成されている点にある。このような構成であっても、第 1 ガイド部 181 によって形成される流路 181 F を流れる液体 LQ の流速に対して、第 2 ガイド部 182 によって形成される流路 182 F を流れる液体 LQ の流速を高めることができ、気体（気泡）を露光光 E L の光路空間の外側に迅速に且つ円滑に排出することができる。

20

【0159】

< 第 11 の実施形態 >

図 27 は、第 11 の実施形態を示す図である。本実施形態の特徴的な部分は、第 1 ガイド部 181 と第 2 ガイド部 182 との接続部 190 は直線状に形成されており、第 1 ガイド部 181 と第 2 ガイド部 182 との間に角部が形成されている点にある。このような構成であっても、渦流の生成を抑制し、露光光 E L の光路空間の液体 LQ に気体（気泡）が留まることを防止して、気体（気泡）を露光光 E L の光路空間の外側に排出することができる。

30

【0160】

< 第 12 の実施形態 >

図 28 は、第 12 の実施形態を示す図である。本実施形態の特徴的な部分は、第 1 ガイド部 181 によって形成される流路 181 F のうち、液体供給口 140 A 近傍の所定領域（の流路幅）が、液体供給口 140 A から露光光 E L の光路空間（投影領域 A R 1）に向かって（上流から下流に）漸次窄まるように形成されており、第 2 ガイド部 182 によって形成される流路 182 F のうち、排気口 130 A 近傍の所定領域（の流路幅）が、露光光 E L の光路空間（投影領域 A R 1）から排気口 130 A に向かって（上流から下流に）漸次拡がるように形成されている点にある。また、本実施形態においては、第 1 ガイド部 181 と第 2 ガイド部 182 とはほぼ直角に交差している。このような構成であっても、渦流の生成を抑制し、露光光 E L の光路空間の液体 LQ に気体（気泡）が留まることを防止して、気体（気泡）を露光光 E L の光路空間の外側に排出することができる。

40

【0161】

< 第 13 の実施形態 >

図 29 は、第 13 の実施形態を示す図である。本実施形態の特徴的な部分は、液体供給口 140 A が 1 つだけ設けられている点にある。そして、第 1 ガイド部 181 によって形成された流路 181 F と、第 2 ガイド部 182 によって形成された流路 182 F とはほぼ直交しており、開口部 74' は平面視略 T 字状に形成されている。このような構成であっても、渦流の生成を抑制し、露光光 E L の光路空間の液体 LQ に気体（気泡）が留まるこ

50

とを防止して、気体（気泡）を露光光 E L の光路空間の外側に排出することができる。

【0162】

<第14の実施形態>

図30は、第14の実施形態を示す図である。本実施形態の特徴的な部分は、第1ガイド部181によって形成された流路181Fと、第2ガイド部182によって形成された流路182Fとは直交しておらず、90度以外の所定の角度で交差している点にある。また、液体供給口140A（第1の位置）は、露光光 E L の光路空間（投影領域 A R 1）の外側の領域のうち、投影領域 A R 1 と Y 軸方向に関して並んだ位置から Z 方向にずれた位置に設けられており、排気口130A（第2の位置）も、投影領域 A R 1 と X 軸方向に関して並んだ位置から Z 方向にずれた位置に設けられている。このような構成であっても、渦流の生成を抑制し、露光光 E L の光路空間の液体 L Q に気体（気泡）が留まることを防止して、気体（気泡）を露光光 E L の光路空間の外側に排出することができる。

10

【0163】

<第15の実施形態>

図31は、第15の実施形態を示す図である。本実施形態の特徴的な部分は、液体供給口140A及び排気口130Aのそれぞれが、露光光 E L の光路空間の外側の領域のうち、3つの所定位置のそれぞれに設けられている点にある。本実施形態においては、液体供給口140Aと排気口130Aとは、露光光 E L の光路空間（投影領域 A R 1）の外側の領域において、投影光学系 P L の光軸 A X を囲むように、ほぼ等間隔で交互に配置されている。そして、第1ガイド部181によって形成された複数の流路181Fと第2ガイド部182によって形成された複数の流路182Fとは所定角度で互いに交差している。このような構成であっても、渦流の生成を抑制し、露光光 E L の光路空間の液体 L Q に気体（気泡）が留まることを防止して、気体（気泡）を露光光 E L の光路空間の外側に排出することができる。

20

【0164】

<第16の実施形態>

図32は、第16の実施形態を示す図である。本実施形態の特徴的な部分は、液体供給口140A（第1の位置）は、露光光 E L の光路空間（投影領域 A R 1）の外側の領域のうち、投影領域 A R 1 と Y 軸方向に関して並んだ位置に設けられており、排気口130A（第2の位置）は、投影領域 A R 1 と X 軸方向に関して並んだ位置から Z 方向にずれた位置に設けられている。本実施形態においては、排気口130Aは、露光光 E L の光路空間（投影領域 A R 1）の外側の領域のうち、投影領域 A R 1 と X 軸方向に関して並んだ位置から Z 方向にほぼ45度ずれた位置に設けられている。また、底板部（ガイド部材）172Dは、液体供給口140Aから露光光 E L の光路空間に向かう流れを形成する第1ガイド部181と、露光光 E L の光路空間から排気口130Aに向かう流れを形成する第2ガイド部182とを有している。第1ガイド部181によって形成された流路181Fは、液体 L Q をほぼ Y 軸方向に沿って流す。一方、第2ガイド部182によって形成された流路182Fは、流路181Fと直交し、液体 L Q をほぼ X 軸方向に沿って流す第1領域182Faと、第1領域182Faを流れた液体 L Q を排気口130Aに向かって流す第2領域182Fbとを有している。流路181Fと流路182Fの第1領域182Faとによって、平面視略十字状の開口部74'が形成されている。このような構成によれば、液体供給口140Aや排気口130Aを設ける位置に制約がある場合でも、渦流の生成を抑制し、露光光 E L の光路空間の液体 L Q に気体（気泡）が留まることを防止して、気体（気泡）を露光光 E L の光路空間の外側に排出することができる。

30

40

【0165】

なお、渦流の生成を抑制し、気体（気泡）を露光光 E L の光路空間の外側に排出することができるのであれば、液体供給口140A及び排気口130Aの数及び配置、及びその液体供給口140A及び排気口130Aに応じた流路181F、182Fの形状等は任意に設定可能である。例えば、液体供給口140A及び排気口130Aを4つ以上の複数設けてもよいし、液体供給口140Aと排気口130Aとの数が互いに異なってもよい

50

し、液体供給口 140A と排気口 130A とが不等間隔で配置されていてもよい。液体供給口 140A 及び排気口 130A の数及び配置、及びその液体供給口 140A 及び排気口 130A に応じた流路 181F、182F の形状等は、渦流の生成が抑制され、気体（気泡）を露光光 EL の光路空間の外側に排出することができるように、実験やシミュレーションの結果に基づいて最適化するのが好ましい。

【0166】

なお、上述の第 8 ～ 第 16 の実施形態においては、液浸機構 1 は、底板部（ガイド部材）172D によって、第 1 の位置に設けられている液体供給口 140A から供給された液体 LQ を、第 2 の位置に設けられている排気口 130A に向かって流しているが、第 2 の位置には排気口 130A が無くてもよい。排気口 130A が無くても、露光光 EL の光路空間にある気体部分（気泡）を、液体 LQ の流れによって、露光光 EL の光路空間の外側に排出することができ、露光光 EL の光路空間の液体 LQ 中に気体が留まることを防止できる。一方、第 2 の位置に排気口 130A を設けることにより、露光光 EL の光路空間より気体を円滑に排出することができる。

10

【0167】

また、上述の第 8 ～ 第 16 の実施形態においては、液浸機構 1 は、投影領域 AR1 に対して Y 軸方向に沿って液体 LQ を供給しているが、例えば液体供給口 140A を投影領域 AR1 に対して X 軸方向両側のそれぞれに設け、投影領域 AR1 に対して X 軸方向に沿って液体 LQ を供給するようにしてもよい。

【0168】

20

なお、上述した第 1 ～ 第 16 の実施形態において、ノズル部材 70 の下面に形成されている斜面（多孔部材の下面）は曲面であってもよい。また、図 9 ～ 図 11 を参照して説明した第 2 ～ 第 4 の実施形態において、多孔部材 25 の下面 2 の周縁に壁部 76 を設けても良い。

【0169】

なお、上述した第 1 ～ 第 16 の実施形態においては、液体回収口 22 には多孔部材 25 が配置されているが、多孔部材 25 は無くてもよい。その場合においても、例えばノズル部材 70 の下面に、露光光 EL の光軸 AX から離れるにつれて、基板 P の表面との間隔が大きくなるような斜面を設け、その斜面の所定位置に液体回収口を設けることにより、界面 LG の形状を維持し、液浸領域 AR2 の液体 LQ 中に気泡が生成される等の不都合を防止することができる。また、液浸領域 AR2 の大きさを小さくすることもできる。

30

【0170】

また、上述の第 1 ～ 16 実施形態においては、ノズル部材 70 の下面の斜面（多孔部材の下面）に液体回収口を設けているが、液体 LQ の液浸領域 AR2 を所望状態に維持可能であれば、ノズル部材 70 の下面に斜面を形成せずに、ランド面 75 とほぼ平行（面一）な面に液体回収口を設けるようにしてもよい。すなわち、基板 P に対する液体 LQ の接触角が大きい場合、あるいは液体回収口 22 からの液体 LQ の回収能力が高い場合など、基板 P の移動速度を大きくしても液体 LQ を漏出させることなく回収できるならば、ランド面 75 とほぼ平行（例えば面一）な面に液体回収口を設けるようにしてもよい。

【0171】

40

また、上述の第 1 ～ 第 16 の実施形態においては、ノズル部材 70 の下面に形成されている斜面（多孔部材の下面）の周縁に壁部 76 を設けているが、液体 LQ の漏出が抑えられる場合には、壁部 76 を省くこともできる。

【0172】

また、上述の第 1 ～ 第 16 の実施形態においては、基板 P と対向する開口 73A を有する溝部 73 をノズル部材に設けているが、この溝部 73 を省略してもよい。この場合、投影光学系 PL の像面側の空間を非液浸状態にするために、液体回収口 22 を使って、投影光学系 PL の像面側の液体 LQ をすべて回収すればよい。この場合、第 6 ～ 16 実施形態のように、底板部 72D の上面と光学素子 LS1 との間の空間 G2 に接続された開口が形成されている場合には、液体回収口 22 の液体回収動作と並行して、その開口から液体 L

50

Qを回収するようにしてもよい。

【0173】

また、上述の第1～第6の実施形態におけるノズル部材70は、ランド面（平坦部）75の一部が投影光学系PLと基板Pとの間に形成され、その外側に斜面（多孔部材25の下面）が形成されているが、ランド面の一部を投影光学系PLの下に配置せずに、投影光学系PLの光軸に対して投影光学系PLの端面T1の外側（周囲）に配置するようにしてもよい。この場合、ランド面75は投影光学系PLの端面T1とほぼ面一でもよいし、ランド面75のZ軸方向の位置が、投影光学系PLの端面T1に対して+Z方向又は-Z方向に離れていてもよい。

【0174】

また、上述の第1～第5の実施形態においては、投影領域AR1を囲むように、液体供給口12は環状のスリット状に形成されているが、互いに離れた複数の供給口を設けるようにしてもよい。この場合、特に供給口の位置は限定されないが、投影領域AR1の両側（X軸方向の両側またはY軸方向の両側）に一つずつ供給口を設けることもできるし、投影領域AR1のX軸及びY軸方向の両側に一つずつ（計4つ）供給口を設けることもできる。また所望の液浸領域AR2が形成可能であれば、投影領域AR1に対して所定方向に離れた位置に一つの供給口を設けるだけでもよい。また、複数の供給口から液体LQの供給を行う場合には、それぞれの供給口から供給される液体LQの量を調整可能にして、各供給口から異なる量の液体を供給するようにしてもよい。

【0175】

また、上述の第1～第16の実施形態においては、投影光学系PLの光学素子LS1は屈折力を有するレンズ素子であるが、光学素子LS1として無屈折力の平行平板を用いてもよい。

【0176】

また、上述の第1～第16の実施形態においては、投影光学系PLの光学素子LS1の像面側（下面側）の光路空間を液体LQで満たすようにしているが、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、投影光学系PLの光学素子LS1の上面側と下面側との両方の光路空間を液体で満たす構成を採用することもできる。

【0177】

上述したように、本実施形態における液体LQ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。なお工場等から供給される純水の純度が低い場合には、露光装置が超純水製造器を持つようにしてもよい。

【0178】

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程度と言われており、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程度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倍程度に拡大されるため、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。

【0179】

なお、上述したように液浸法を用いた場合には、投影光学系の開口数NAが0.9～1.3になることもある。このように投影光学系の開口数NAが大きくなる場合には、従来から露光光として用いられているランダム偏光光では偏光効果によって結像性能が悪化することもあるので、偏光照明を用いるのが望ましい。その場合、マスク（レチクル）のライン・アンド・スペースパターンのラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明を行い、マスク（レチクル）のパターンからは、S偏光成分（TE偏光成分）、すなわちラ

10

20

30

40

50

インパターンの長手方向に沿った偏光方向成分の回折光が多く射出されるようにするとよい。投影光学系 P L と基板 P 表面に塗布されたレジストとの間が液体で満たされている場合、投影光学系 P L と基板 P 表面に塗布されたレジストとの間が空気（気体）で満たされている場合に比べて、コントラストの向上に寄与する S 偏光成分（T E 偏光成分）の回折光のレジスト表面での透過率が高くなるため、投影光学系の開口数 N A が 1 . 0 を越えるような場合でも高い結像性能を得ることができる。また、位相シフトマスクや特開平 6 - 1 8 8 1 6 9 号公報に開示されているようなラインパターンの長手方向に合わせた斜入射照明法（特にダイポール照明法）等を適宜組み合わせると更に効果的である。特に、直線偏光照明法とダイポール照明法との組み合わせは、ライン・アンド・スペースパターンの周期方向が所定の一方方向に限られている場合や、所定の一方方向に沿ってホールパターンが密集している場合に有効である。例えば、透過率 6 % のハーフトーン型の位相シフトマスク（ハーフピッチ 4 5 n m 程度のパターン）を、直線偏光照明法とダイポール照明法とを併用して照明する場合、照明系の瞳面においてダイポールを形成する二光束の外接円で規定される照明 を 0 . 9 5、その瞳面における各光束の半径を 0 . 1 2 5、投影光学系 P L の開口数を N A = 1 . 2 とすると、ランダム偏光光を用いるよりも、焦点深度（D O F）を 1 5 0 n m 程度増加させることができる。

#### 【 0 1 8 0 】

また、例えば A r F エキシマレーザを露光光とし、1 / 4 程度の縮小倍率の投影光学系 P L を使って、微細なライン・アンド・スペースパターン（例えば 2 5 ~ 5 0 n m 程度のライン・アンド・スペース）を基板 P 上に露光するような場合、マスク M の構造（例えばパターンの微細度やクロムの厚み）によっては、Wave guide 効果によりマスク M が偏光板として作用し、コントラストを低下させる P 偏光成分（T M 偏光成分）の回折光より S 偏光成分（T E 偏光成分）の回折光が多くマスク M から射出されるようになる。この場合、上述の直線偏光照明を用いることが望ましいが、ランダム偏光光でマスク M を照明しても、投影光学系 P L の開口数 N A が 0 . 9 ~ 1 . 3 のように大きい場合でも高い解像性能を得ることができる。

#### 【 0 1 8 1 】

また、マスク M 上の極微細なライン・アンド・スペースパターンを基板 P 上に露光するような場合、Wire Grid 効果により P 偏光成分（T M 偏光成分）が S 偏光成分（T E 偏光成分）よりも大きくなる可能性もあるが、例えば A r F エキシマレーザを露光光とし、1 / 4 程度の縮小倍率の投影光学系 P L を使って、2 5 n m より大きいライン・アンド・スペースパターンを基板 P 上に露光するような場合には、S 偏光成分（T E 偏光成分）の回折光が P 偏光成分（T M 偏光成分）の回折光よりも多くマスク M から射出されるので、投影光学系 P L の開口数 N A が 0 . 9 ~ 1 . 3 のように大きい場合でも高い解像性能を得ることができる。

#### 【 0 1 8 2 】

更に、マスク（レチクル）のラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明（S 偏光照明）だけでなく、特開平 6 - 5 3 1 2 0 号公報に開示されているように、光軸を中心とした円の接線（周）方向に直線偏光する偏光照明法と斜入射照明法との組み合わせも効果的である。特に、マスク（レチクル）のパターンが所定の一方方向に延びるラインパターンだけでなく、複数の異なる方向に延びるラインパターンが混在（周期方向が異なるライン・アンド・スペースパターンが混在）する場合には、同じく特開平 6 - 5 3 1 2 0 号公報に開示されているように、光軸を中心とした円の接線方向に直線偏光する偏光照明法と輪帯照明法とを併用することによって、投影光学系の開口数 N A が大きい場合でも高い結像性能を得ることができる。例えば、透過率 6 % のハーフトーン型の位相シフトマスク（ハーフピッチ 6 3 n m 程度のパターン）を、光軸を中心とした円の接線方向に直線偏光する偏光照明法と輪帯照明法（輪帯比 3 / 4）とを併用して照明する場合、照明 を 0 . 9 5、投影光学系 P L の開口数を N A = 1 . 0 0 とすると、ランダム偏光光を用いるよりも、焦点深度（D O F）を 2 5 0 n m 程度増加させることができ、ハーフピッチ 5 5 n m 程度のパターンで投影光学系の開口数 N A = 1 . 2 では、焦点深度を 1 0 0 n m 程度増加さ

10

20

30

40

50

せることができる。

【0183】

本実施形態では、投影光学系 P L の先端に光学素子 L S 1 が取り付けられており、このレンズにより投影光学系 P L の光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整を行うことができる。なお、投影光学系 P L の先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系 P L の光学特性の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光 E L を透過可能な平行平板であってもよい。

【0184】

なお、液体 L Q の流れによって生じる投影光学系 P L の先端の光学素子と基板 P との間の圧力が大きい場合には、その光学素子を交換可能とするのではなく、その圧力によって光学素子が動かないように堅固に固定してもよい。

10

【0185】

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

【0186】

また、図 1 ～ 図 18 を使って説明した実施形態の投影光学系 P L は、先端の光学素子の像面側の光路空間を液体で満たしているが、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、光学素子 L S 1 のマスク M 側の光路空間も液体で満たす投影光学系を採用することもできる。

20

【0187】

なお、本実施形態の液体 L Q は水であるが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光 E L の光源が F<sub>2</sub> レーザである場合、この F<sub>2</sub> レーザ光は水を透過しないので、液体 L Q としては F<sub>2</sub> 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。この場合、液体 L Q と接触する部分には、例えばフッ素を含む極性の小さい分子構造の物質で薄膜を形成することで親液化処理する。また、液体 L Q としては、その他にも、露光光 E L に対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系 P L や基板 P 表面に塗布されているフォトレジストに対して安定なもの（例えばセダー油）を用いることも可能である。この場合も表面処理は用いる液体 L Q の極性に応じて行われる。

30

【0188】

なお、図 1、4、15、16、18、21、22 及び 24 を用いた説明において、光学素子 L S 1 の下面 T 1 と基板 P を対向させた状態で、光学素子 L S 1 の下面 T 1 と基板 P の間の空間を液体 L Q 1 で満たしているが、投影光学系 P L と他の部材（例えば、基板ステージの上面 91 など）が対向している場合にも、投影光学系 P L と他の部材との間を液体で満たすことができることは言うまでもない。

【0189】

なお、上記各実施形態の基板 P としては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版（合成石英、シリコンウエハ）等が適用される。

40

【0190】

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（レチクル）を用いたが、このレチクルに代えて、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を用いても良い。

【0191】

また、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、干渉縞をウエハ W 上に形成することによって、ウエハ W 上にライン・アンド・スペースパタ

50

ーンを形成する露光装置（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。

【0192】

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。

【0193】

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。

【0194】

また、本発明は、特開平10-163099号公報、特開平10-214783号公報、特表2000-505958号公報などに開示されているツインステージ型の露光装置にも適用できる。

【0195】

更に、特開平11-135400号公報に開示されているように、基板P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や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。

【0196】

露光装置EXの種類としては、基板Pに半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD）あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

【0197】

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。

【0198】

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。

【0199】

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。

【0200】

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

【0201】



以上のように、本願実施形態の露光装置 E X 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、光学精度を保つように、組み立てることによって製造される。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。

10

#### 【0202】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図33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 E X 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。

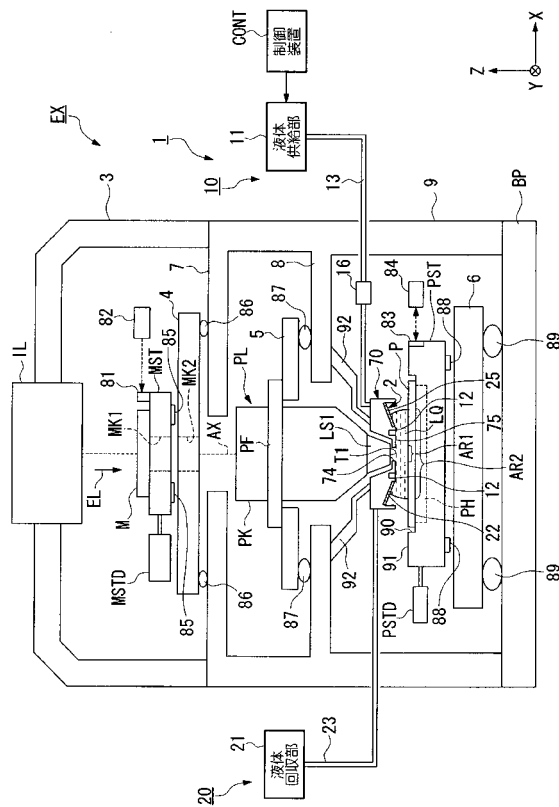
#### 【符号の説明】

#### 【0203】

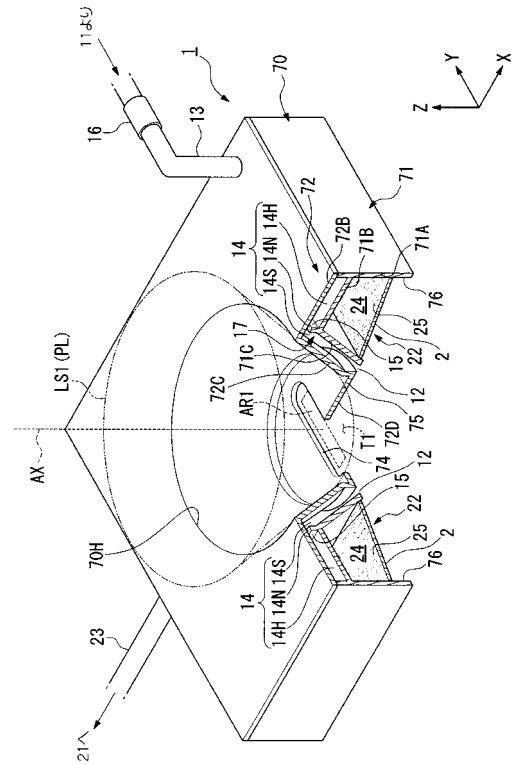
20

1...液浸機構、2...斜面、12...液体供給口、22...液体回収口、25...多孔部材、7070'、70''...ノズル部材、71D、72D...底板部（板状部材）、73...溝部、73A...開口部、74、74'...開口部、75...ランド面（平坦部）、76...壁部、130A...排気口、135...吸引装置（吸気系）、140A...液体供給口、172D...底板部（部材、ガイド部材）、181...第1ガイド部、181F...流路、182...第2ガイド部、182F...流路、AR1...投影領域、AR2...液浸領域、AX...光軸、EL...露光光、EX...露光装置、G2...隙間（空間）、LQ...液体、P...基板、PL...投影光学系、T1...端面

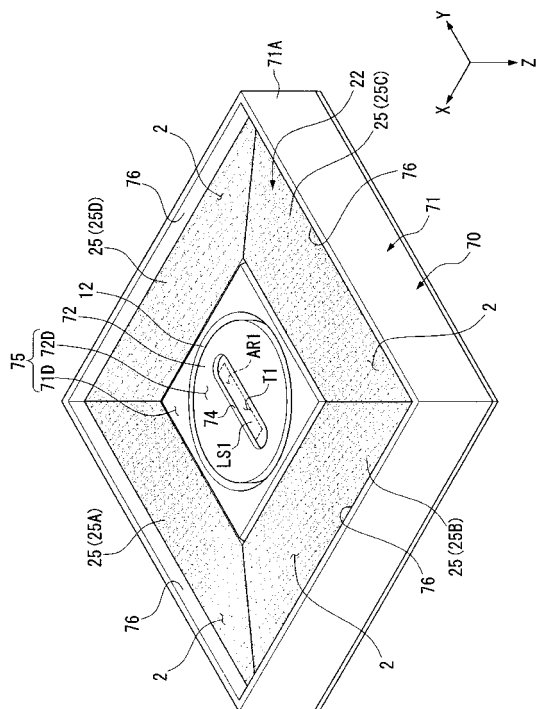
【 図 1 】



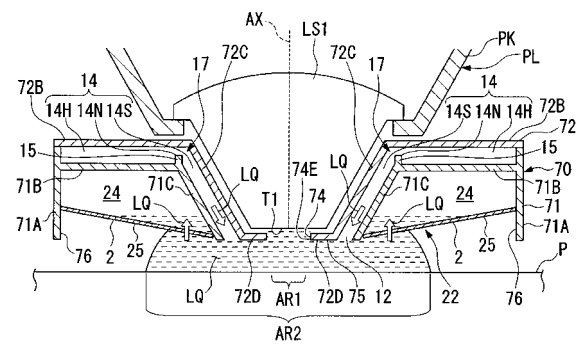
【 図 2 】



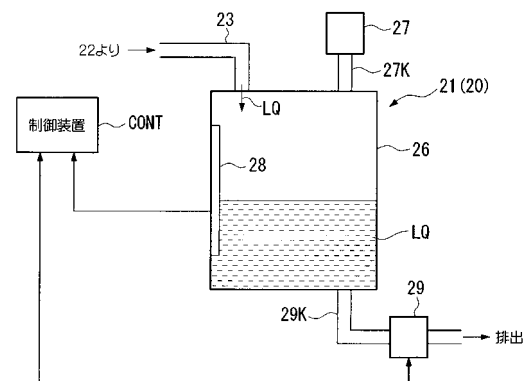
【圖 3】



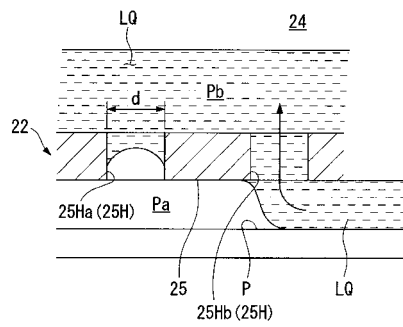
【圖 4】



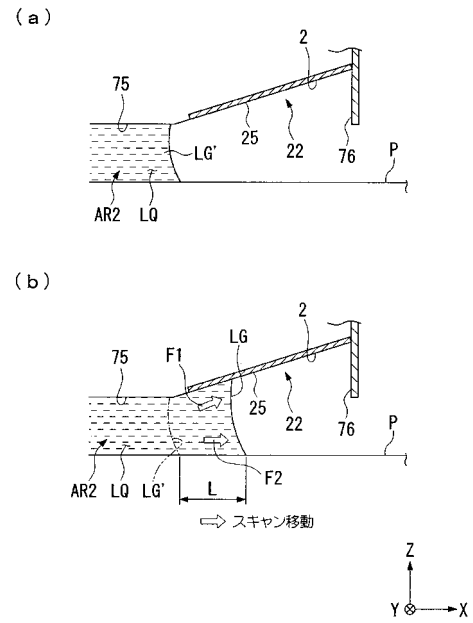
【 図 5 】



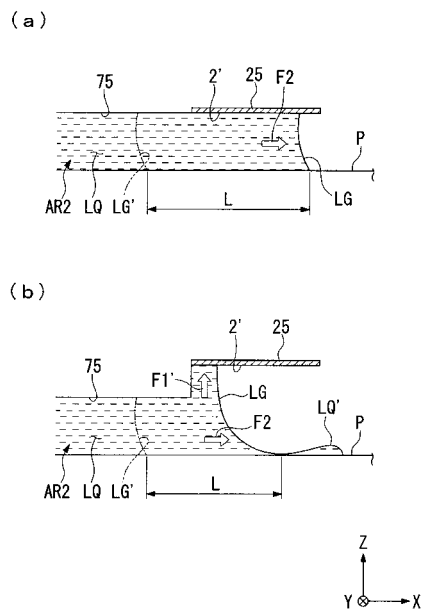
【 図 6 】



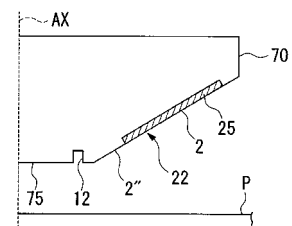
【 図 7 】



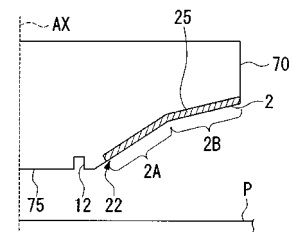
【圖 8】



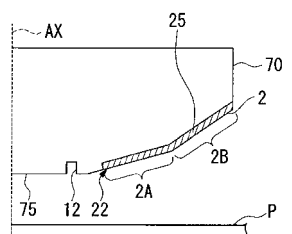
【 図 9 】



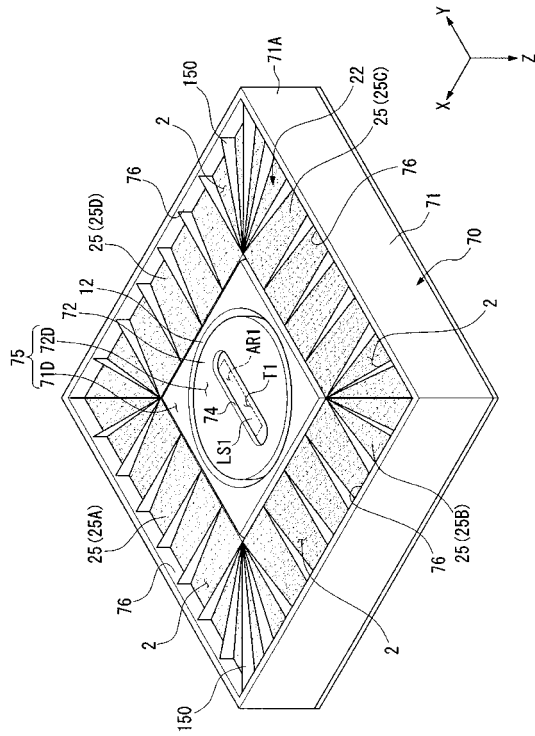
【 図 1 0 】



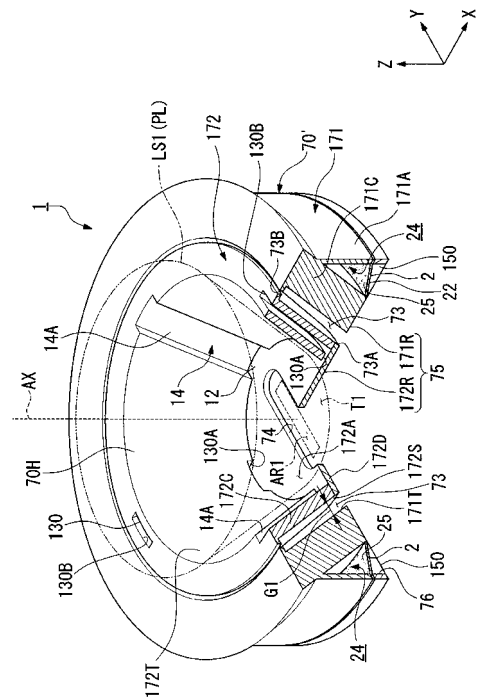
【 図 1 1 】



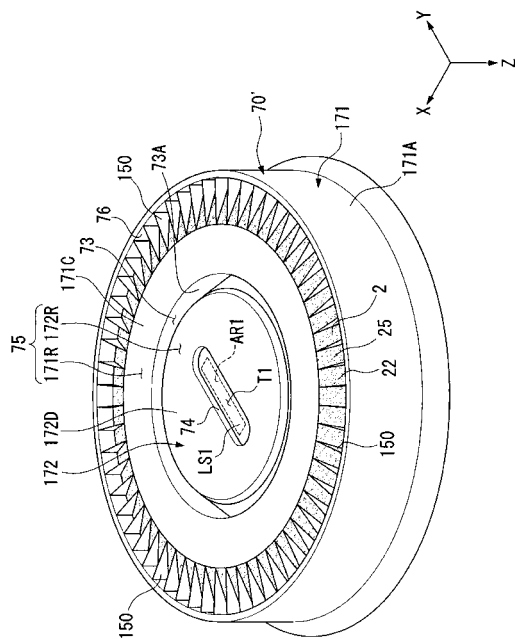
【図 12】



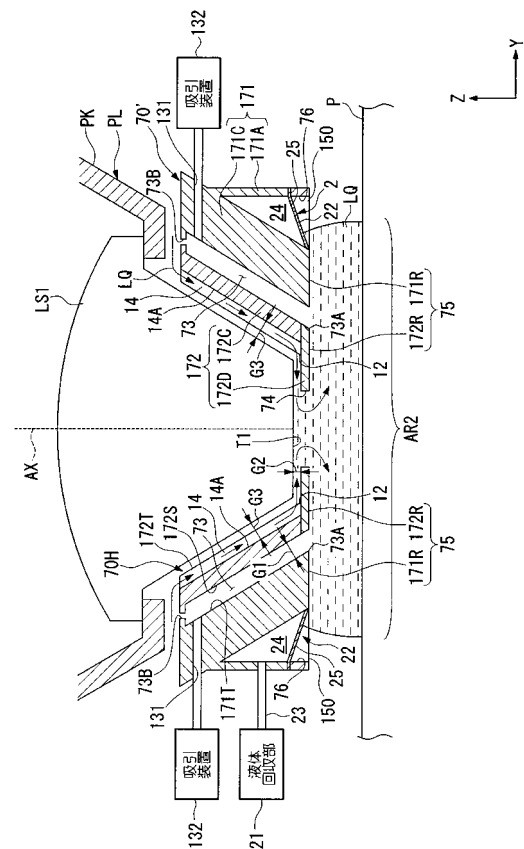
【図 13】



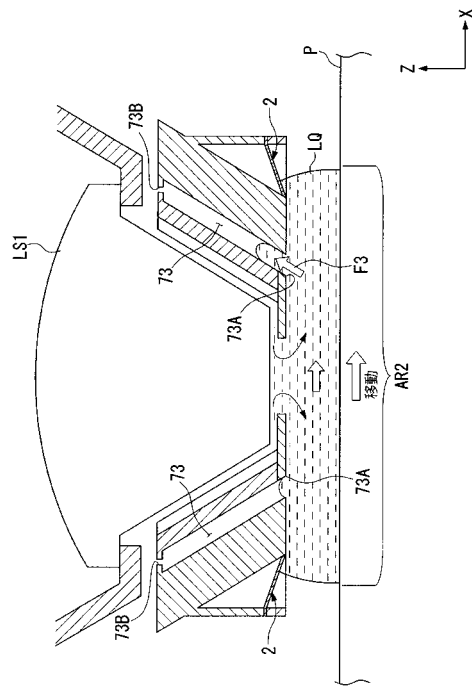
【図 14】



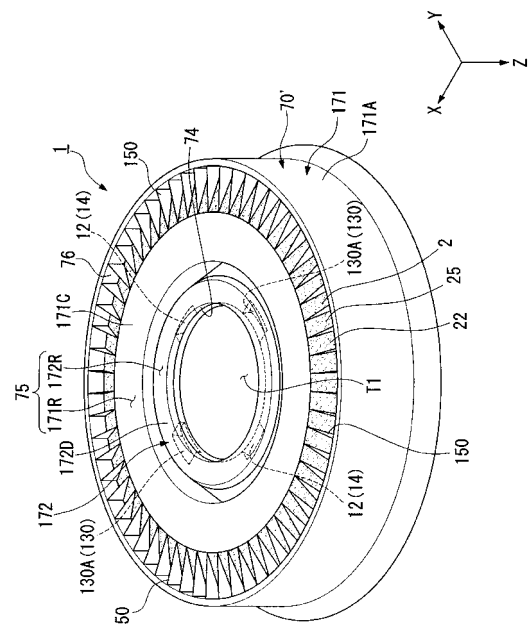
【図 15】



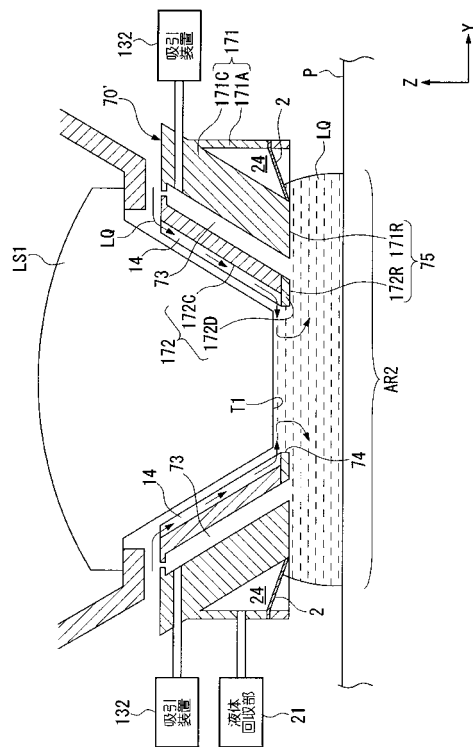
【図 16】



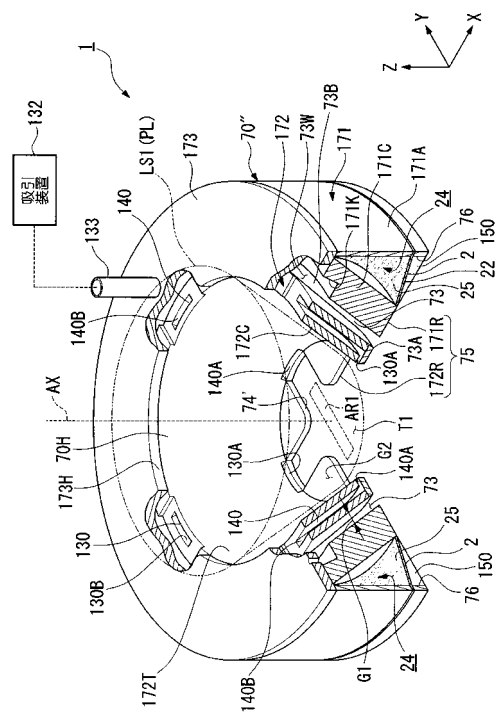
【図 17】



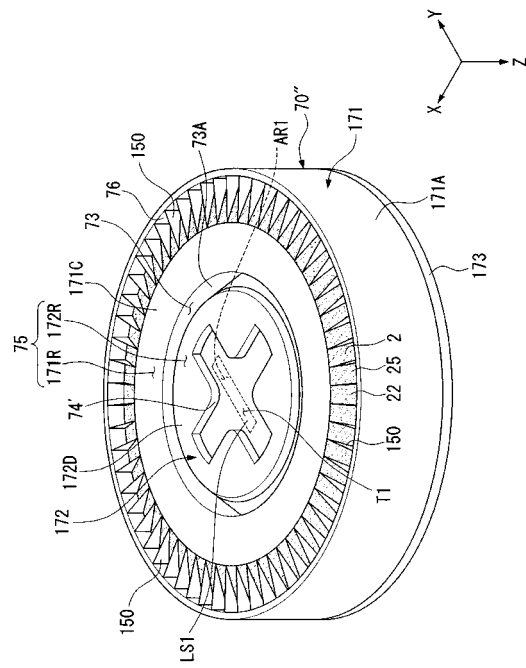
【図 18】



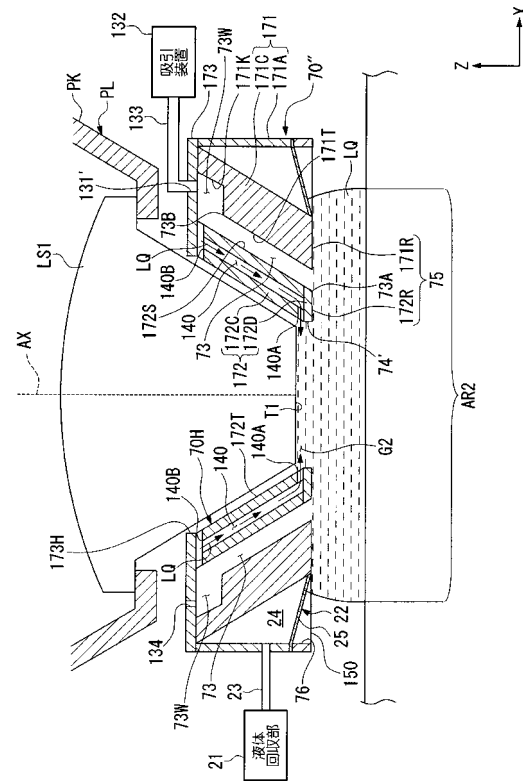
【図 19】



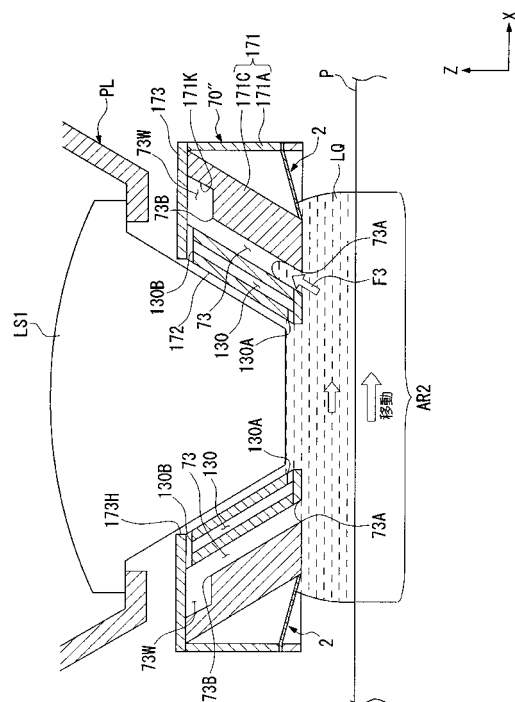
【図20】



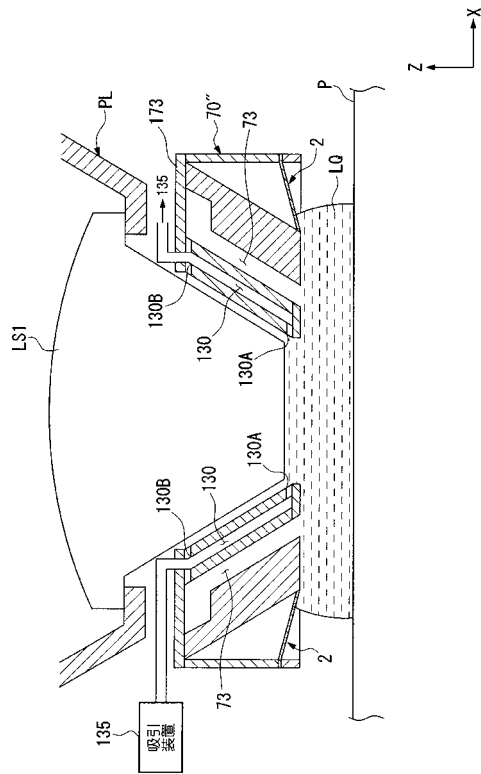
【図21】



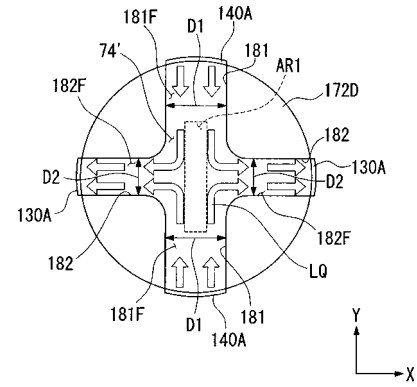
【図22】



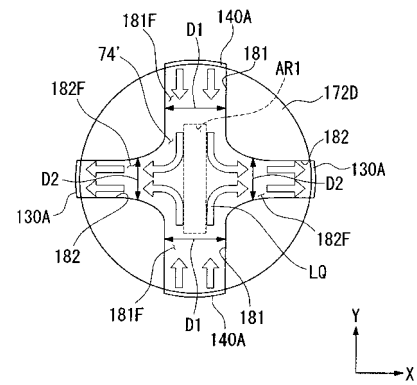
【図 24】



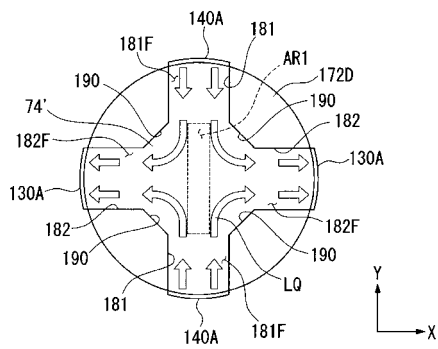
【図 25】



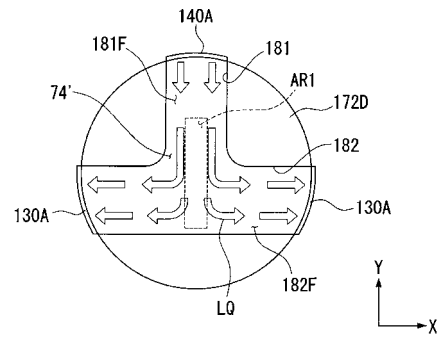
【図 26】



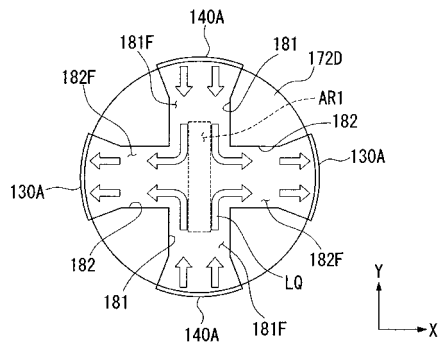
【図 27】



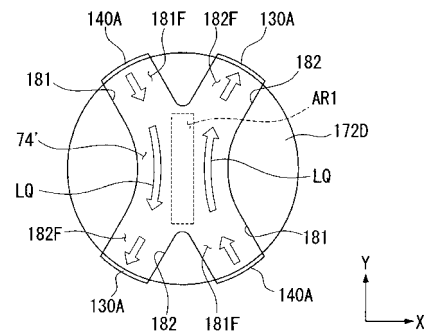
【図 29】



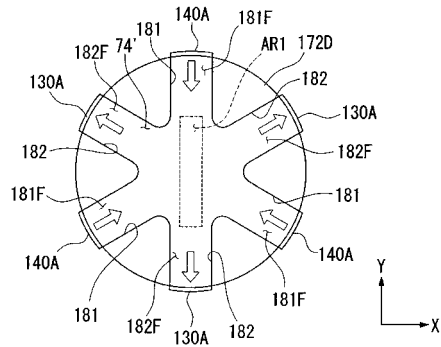
【図 28】



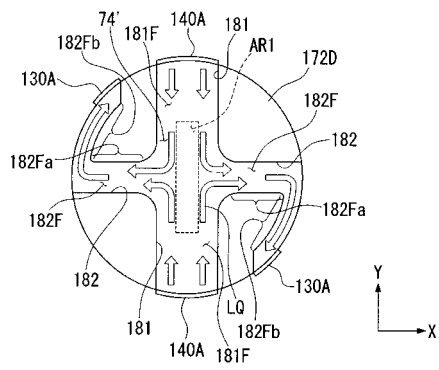
【図 30】



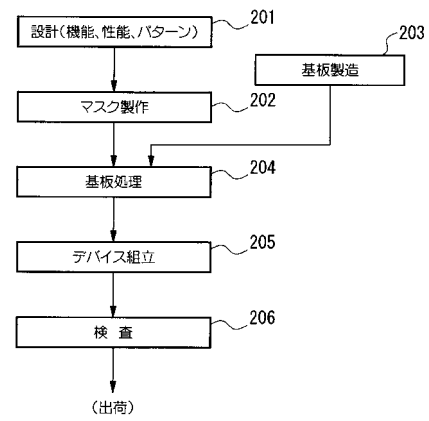
【図 3 1】



【図 3 2】



【図 3 3】





---

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願2004-330582(P2004-330582)

(32)優先日 平成16年11月15日(2004.11.15)

(33)優先権主張国 日本国(JP)

(72)発明者 長坂 博之

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

(72)発明者 奥山 猛

神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町3丁目30番4号 株式会社ニコンエンジニアリング内

審査官 新井 重雄

(56)参考文献 特開2005-012228(JP,A)

特開2005-020013(JP,A)

特開2005-005713(JP,A)

特開2004-310016(JP,A)

特開2005-167211(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20