

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-188060

(P2009-188060A)

(43) 公開日 平成21年8月20日(2009.8.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30 515D	5F046
G03F 7/20 (2006.01)	G03F 7/20 521	

審査請求 未請求 請求項の数 31 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2008-24445 (P2008-24445)	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(22) 出願日	平成20年2月4日(2008.2.4)	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578 弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100107836 弁理士 西 和哉
		(72) 発明者	西井 康文 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
		Fターム(参考)	5F046 AA28

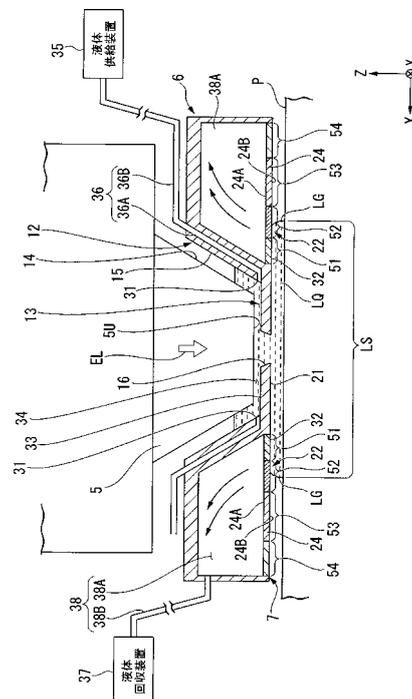
(54) 【発明の名称】 液浸システム、露光装置、露光方法、及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 基板等の物体上における液体の残留を抑制できる液浸システムを提供する。

【解決手段】 液浸システムは、光学部材と液体とを介して露光光で基板を露光する液浸露光で用いられ、光学部材と基板との間の露光光の光路を液体で満たす。液浸システムは、露光光の光路の周囲に配置された第1面と、露光光の光路に対して第1面の外側に設けられ、対向する物体上の液体を吸引して回収する液体回収領域とを備える。液体回収領域は、第1面の外縁と隣り合って配置される第1領域と、露光光の光路に対して第1領域の外側に配置された第2領域と、露光光の光路に対して第2領域の外側に配置された第3領域とを含む。第2領域における吸引力は、第1領域における吸引力及び第3領域における吸引力より小さい。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

光学部材と液体とを介して露光光で基板を露光する液浸露光で用いられ、前記光学部材と前記基板との間の前記露光光の光路を前記液体で満たすための液浸システムであって、前記露光光の光路の周囲に配置された第 1 面と、

前記露光光の光路に対して前記第 1 面の外側に設けられ、対向する物体上の液体を吸引して回収する液体回収領域と、を備え、

前記液体回収領域は、前記第 1 面の外縁と隣り合って配置される第 1 領域と、前記露光光の光路に対して前記第 1 領域の外側に配置された第 2 領域と、前記露光光の光路に対して前記第 2 領域の外側に配置された第 3 領域と、を含み、

前記第 2 領域における吸引力は、前記第 1 領域における吸引力及び前記第 3 領域における吸引力より小さい液浸システム。

**【請求項 2】**

前記第 1 領域における吸引力と、前記第 3 領域における吸引力とは、ほぼ同じである請求項 1 記載の液浸システム。

**【請求項 3】**

前記第 1 領域における吸引力と、前記第 3 領域における吸引力とは、異なる請求項 1 記載の液浸システム。

**【請求項 4】**

前記液体回収領域は、前記露光光の光路に対して前記第 3 領域の外側に配置された第 4 領域を含み、

前記第 4 領域における吸引力は、前記第 3 領域における吸引力より大きい請求項 1 ~ 3 のいずれか一項記載の液浸システム。

**【請求項 5】**

前記第 4 領域における吸引力は、前記露光光の光路に対する放射方向において、徐々に大きくなる請求項 4 記載の液浸システム。

**【請求項 6】**

前記液体回収領域は、多孔部材の表面を含む請求項 1 ~ 5 のいずれか一項記載の液浸システム。

**【請求項 7】**

前記物体上の液体の少なくとも一部は、前記多孔部材を介して回収される請求項 6 記載の液浸システム。

**【請求項 8】**

前記多孔部材の単位面積当たりの孔の割合によって、前記吸引力が変化する請求項 6 又は 7 記載の液浸システム。

**【請求項 9】**

前記多孔部材は、前記物体と対向する第 1 面と、前記第 1 面との間に前記孔が形成された第 2 面とを有し、

第 1 面と前記第 2 面との圧力差によって、前記吸引力が変化する請求項 6 又は 7 記載の液浸システム。

**【請求項 10】**

光学部材と液体とを介して露光光で基板を露光する液浸露光で用いられ、前記光学部材と前記基板との間の前記露光光の光路を前記液体で満たすための液浸システムであって、前記露光光の光路の周囲に配置された第 1 面と、

前記露光光の光路に対して前記第 1 面の外側に設けられ、対向する物体上の液体を吸引して回収する多孔部材の表面を含む液体回収領域と、を備え、

前記液体回収領域は、前記第 1 面の外縁と隣り合って配置される第 1 領域と、前記露光光の光路に対して前記第 1 領域の外側に配置された第 2 領域と、前記露光光の光路に対して前記第 2 領域の外側に配置された第 3 領域と、を含み、

前記第 2 領域における開口率は、前記第 1 領域における開口率及び前記第 3 領域にお

10

20

30

40

50

る開口率より小さい液浸システム。

【請求項 1 1】

前記第 1 領域における開口率と、前記第 3 領域における開口率とは、ほぼ同じである請求項 1 0 記載の液浸システム。

【請求項 1 2】

前記第 1 領域における開口率と、前記第 3 領域における開口率とは、異なる請求項 1 0 記載の液浸システム。

【請求項 1 3】

前記液体回収領域は、前記露光光の光路に対して前記第 3 領域の外側に配置された第 4 領域を含み、

前記第 4 領域における開口率は、前記第 3 領域における開口率より大きい請求項 1 0 ~ 1 2 のいずれか一項記載の液浸システム。

【請求項 1 4】

前記第 4 領域における開口率は、前記露光光の光路に対する放射方向において、徐々に大きくなる請求項 1 3 記載の液浸システム。

【請求項 1 5】

前記開口率は、前記多孔部材の単位面積当たりの孔の割合である請求項 1 0 ~ 1 4 のいずれか一項記載の液浸システム。

【請求項 1 6】

前記物体上の液体の少なくとも一部は、前記多孔部材を介して回収される請求項 1 0 ~ 1 5 のいずれか一項記載の液浸システム。

【請求項 1 7】

前記露光光の光路に対する放射方向において、前記第 2 領域の大きさは、前記第 1 領域の大きさより大きい請求項 1 ~ 1 6 のいずれか一項記載の液浸システム。

【請求項 1 8】

前記露光光の光路に対する放射方向において、前記第 2 領域の大きさは、前記第 3 領域の大きさより小さい請求項 1 ~ 1 7 のいずれか一項記載の液浸システム。

【請求項 1 9】

前記露光光の光路に対する放射方向において、前記第 2 領域の大きさは、前記第 3 領域の大きさとほぼ同じである請求項 1 ~ 1 7 のいずれか一項記載の液浸システム。

【請求項 2 0】

前記第 3 領域の少なくとも一部と前記物体との間隔は、前記第 2 領域の少なくとも一部と前記物体との間隔よりも小さい請求項 1 ~ 1 9 のいずれか一項記載の液浸システム。

【請求項 2 1】

前記第 2 領域の少なくとも一部は、前記露光光の光路に対する放射方向において下方に傾斜している請求項 1 ~ 2 0 のいずれか一項記載の液浸システム。

【請求項 2 2】

前記第 1 面の少なくとも一部は、前記物体の表面とほぼ平行である請求項 1 ~ 2 1 のいずれか一項記載の液浸システム。

【請求項 2 3】

前記液体回収領域の少なくとも一部は、前記第 1 面とほぼ平行である請求項 1 ~ 2 2 のいずれか一項記載の液浸システム。

【請求項 2 4】

前記露光光に対して前記基板が所定方向に移動され、  
前記液体回収領域は、前記露光光の光路に対する前記所定方向の両側に配置されている請求項 1 ~ 2 3 のいずれか一項記載の液浸システム。

【請求項 2 5】

前記液体回収領域は、前記露光光の光路の周囲に配置されている請求項 1 ~ 2 4 のいずれか一項記載の液浸システム。

【請求項 2 6】

10

20

30

40

50

前記第 1 面及び前記液体回収領域を有する液浸部材を備え、  
前記液浸部材は、前記光路を囲むように配置されている請求項 1 ~ 25 のいずれか一項記載の液浸システム。

【請求項 27】

前記物体は、前記基板を含む請求項 1 ~ 26 のいずれか一項記載の液浸システム。

【請求項 28】

液体を介して露光光で基板を露光する露光装置であって、  
請求項 1 ~ 27 のいずれか一項記載の液浸システムを備えた露光装置。

【請求項 29】

請求項 28 記載の露光装置を用いて基板を露光することと、  
露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法。

10

【請求項 30】

液体を介して露光光で基板を露光する露光方法であって、  
請求項 1 ~ 27 のいずれか一項記載の液浸システムを用いて、前記光学部材と前記基板との間の前記露光光の光路を液体で満たすことと、  
前記光学部材と前記液体とを介して前記基板に露光光を照射することと、を含む露光方法。

【請求項 31】

請求項 30 記載の露光方法を用いて基板を露光することと、  
露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液浸システム、露光装置、露光方法、及びデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

フォトリソグラフィ工程で用いられる露光装置において、下記特許文献に開示されているような、液体を介して露光光で基板を露光する液浸露光装置が知られている。

【特許文献 1】米国特許出願公開 2007/0046910 号公報

【特許文献 2】国際公開第 2007/055373 号パンフレット

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

液浸露光装置において、基板が高速で移動したり、長距離を移動したりした場合、例えば投影光学系等の光学部材と基板との間の露光光の光路を液体で所望状態に満たすことが困難となる可能性がある。また、基板が高速で移動したり、長距離を移動したりした場合、液体が所定空間から漏出したり、基板上に液体（膜、滴など）が残留したりする可能性がある。それにより、基板に形成されるパターンに欠陥が生じる等、露光不良が発生する可能性がある。その結果、不良デバイスが製造される可能性がある。

【0004】

40

本発明は、基板等の物体上における液体の残留を抑制できる液浸システムを提供することを目的とする。また本発明は、基板等の物体上における液体の残留を抑制でき、露光不良の発生を抑制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。また本発明は、不良デバイスの発生を抑制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】

【0005】

本発明の第 1 の態様に従えば、光学部材と液体とを介して露光光で基板を露光する液浸露光で用いられ、光学部材と基板との間の露光光の光路を液体で満たすための液浸システムであって、露光光の光路の周囲に配置された第 1 面と、露光光の光路に対して第 1 面の外側に設けられ、対向する物体上の液体を吸引して回収する液体回収領域と、を備え、液

50

体回収領域は、第1面の外縁と隣り合って配置される第1領域と、露光光の光路に対して第1領域の外側に配置された第2領域と、露光光の光路に対して第2領域の外側に配置された第3領域と、を含み、第2領域における吸引力は、第1領域における吸引力及び第3領域における吸引力より小さい液浸システムが提供される。

【0006】

本発明の第2の態様に従えば、光学部材と液体とを介して露光光で基板を露光する液浸露光で用いられ、光学部材と基板との間の露光光の光路を液体で満たすための液浸システムであって、露光光の光路の周囲に配置された第1面と、露光光の光路に対して第1面の外側に設けられ、対向する物体上の液体を吸引して回収する多孔部材の表面を含む液体回収領域と、を備え、液体回収領域は、第1面の外縁と隣り合って配置される第1領域と、露光光の光路に対して第1領域の外側に配置された第2領域と、露光光の光路に対して第2領域の外側に配置された第3領域と、を含み、第2領域における開口率は、第1領域における開口率及び第3領域における開口率より小さい液浸システムが提供される。

10

【0007】

本発明の第3の態様に従えば、液体を介して露光光で基板を露光する露光装置であって、第1、第2の態様の液浸システムを備えた露光装置が提供される。

【0008】

本発明の第4の態様に従えば、第3の態様の露光装置を用いて基板を露光することと、露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法が提供される。

20

【0009】

本発明の第5の態様に従えば、液体を介して露光光で基板を露光する露光方法であって、第1、第2の態様の液浸システムを用いて、光学部材と基板との間の露光光の光路を液体で満たすことと、光学部材と液体とを介して基板に露光光を照射することと、を含む露光方法が提供される。

【0010】

本発明の第6の態様に従えば、第5の態様の露光方法を用いて基板を露光することと、露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、露光光の光路を液体で所望状態に満たして、露光不良の発生を抑制でき、不良デバイスの発生を抑制できる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

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。そして、水平面内の所定方向を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軸方向のそれぞれと直交する方向（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、X、Y、及びZ方向とする。

40

【0013】

<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の一例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1と、基板Pを保持して移動可能な基板ステージ2と、マスクステージ1を移動する第1駆動システム1Dと、基板ステージ2を移動する第2駆動システム2Dと、マスクステージ1及び基板ステージ2それぞれの位置情報を計測可能な干渉計システム3と、マスクMを露光光ELで照明する照明系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターンの像を基板P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4とを備えている。

【0014】

50

マスクMは、基板Pに投影されるデバイスパターンが形成されたレチクルを含む。マスクMは、例えばガラス板等の透明板上にクロム等の遮光膜を用いて所定のパターンが形成された透過型マスクを含む。なお、マスクMとして、反射型マスクを用いることもできる。基板Pは、デバイスを製造するための基板である。基板Pは、例えばシリコンウエハのような半導体ウエハ等の基材に感光膜が形成されたものを含む。感光膜は、感光材（フォトレジスト）の膜である。また、基板Pが、感光膜と別の膜を含んでもよい。例えば、基板Pが、反射防止膜を含んでもよいし、感光膜を保護する保護膜（トップコート膜）を含んでもよい。

#### 【0015】

本実施形態の露光装置EXは、液体LQを介して露光光ELで基板Pを露光する液浸露光装置である。露光装置EXは、露光光ELの光路Kの少なくとも一部が液体LQで満たされるように液浸空間LSを形成可能な液浸部材6を備えている。液浸空間LSは、液体LQで満たされた空間である。本実施形態においては、液体LQとして、水（純水）を用いる。

10

#### 【0016】

本実施形態において、液浸空間LSは、投影光学系PLの複数の光学素子のうち、投影光学系PLの像面に最も近い終端光学素子5から射出される露光光ELの光路Kが液体LQで満たされるように形成される。終端光学素子5は、投影光学系PLの像面に向けて露光光ELを射出する射出面5Uを有する。液浸空間LSは、終端光学素子5とその終端光学素子5の射出面5Uと対向する位置に配置された物体との間の光路Kが液体LQで満た

20

#### 【0017】

液浸部材6は、終端光学素子5の近傍に配置されている。液浸部材6は、下面7を有する。本実施形態において、射出面5Uと対向可能な物体は、下面7と対向可能である。物体の表面が射出面5Uと対向する位置に配置されたとき、下面7の少なくとも一部と物体の表面とが対向する。射出面5Uと物体の表面とが対向しているとき、射出面5Uと物体の表面との間に液体LQを保持できる。また、液浸部材6の下面7と物体の表面とが対向しているとき、下面7と物体の表面との間に液体LQを保持できる。一方側の射出面5U及び下面7と、他方側の物体の表面との間に保持された液体LQによって、液浸空間LS

30

#### 【0018】

本実施形態において、射出面5U及び下面7と対向可能な物体は、終端光学素子5の射出側（像面側）で移動可能な物体を含み、射出面5U及び下面7と対向する位置に移動可能な物体を含む。本実施形態においては、その物体は、基板ステージ2、及びその基板ステージ2に保持された基板Pの少なくとも一方を含む。なお、以下においては、説明を簡単にするために、主に、一方側の射出面5U及び下面7と他方側基板Pの表面とが対向している状態を例にして説明する。しかしながら、一方側の射出面5U及び下面7と他方側の基板ステージ2の表面とが対向している場合も同様である。

#### 【0019】

本実施形態においては、射出面5U及び下面7と対向する位置に配置された基板Pの表面の一部の領域（局所的な領域）が液体LQで覆われるように液浸空間LSが形成され、その基板Pの表面と下面7との間に液体LQの界面（メニスカス、エッジ）LGが形成される。すなわち、本実施形態においては、露光装置EXは、基板Pの露光時に、投影光学系PLの投影領域PRを含む基板P上の一部の領域が液体LQで覆われるように液浸空間LSを形成する局所液浸方式を採用する。

40

#### 【0020】

照明系ILは、所定の照明領域IRを均一な照度分布の露光光ELで照明する。照明系ILは、照明領域IRに配置されたマスクMの少なくとも一部を均一な照度分布の露光光ELで照明する。照明系ILから射出される露光光ELとして、例えば水銀ランプから射

50

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F<sub>2</sub>レーザ光（波長157nm）等の真空紫外光（VUV光）等が用いられる。本実施形態においては、露光光ELとして、紫外光（真空紫外光）であるArFエキシマレーザ光を用いる。

#### 【0021】

マスクステージ1は、マスクMを保持するマスク保持部1Hを有する。マスク保持部1Hは、マスクMを着脱可能である。本実施形態において、マスク保持部1Hは、マスクMのパターン形成面（下面）とXY平面とがほぼ平行となるように、マスクMを保持する。第1駆動システム1D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1は、第1駆動システム1Dの作動により、マスクMを保持してXY平面内を移動可能である。本実施形態においては、マスクステージ1は、マスク保持部1HでマスクMを保持した状態で、X軸、Y軸及びZ方向の3つの方向に移動可能である。

10

#### 【0022】

投影光学系PLは、所定の投影領域PRに露光光ELを照射する。投影光学系PLは、投影領域PRに配置された基板Pの少なくとも一部に、マスクMのパターンの像を所定の投影倍率で投影する。投影光学系PLの複数の光学素子は、鏡筒PKで保持される。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又は1/8等の縮小系である。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。本実施形態においては、投影光学系PLの光軸AXは、Z軸とほぼ平行である。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。

20

#### 【0023】

基板ステージ2は、ベース部材8のガイド面8G上を移動可能である。本実施形態においては、ガイド面8Gは、XY平面とほぼ平行である。基板ステージ2は、基板Pを保持して、ガイド面8Gに沿って、XY平面内を移動可能である。

#### 【0024】

基板ステージ2は、基板Pを保持する基板保持部2Hを有する。基板保持部2Hは、基板Pをリリース可能に保持可能である。本実施形態において、基板保持部2Hは、基板Pの露光面（表面）とXY平面とがほぼ平行となるように、基板Pを保持する。第2駆動システム2D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2は、第2駆動システム2Dの作動により、基板Pを保持してXY平面内を移動可能である。本実施形態においては、基板ステージ2は、基板保持部2Hで基板Pを保持した状態で、X軸、Y軸、Z軸、X、Y及びZ方向の6つの方向に移動可能である。

30

#### 【0025】

基板ステージ2は、基板保持部2Hの周囲に配置された上面2Tを有する。本実施形態において、上面2Tは、平坦であり、XY平面とほぼ平行である。また、基板ステージ2は、凹部2Cを有する。基板保持部2Hは、凹部2Cの内側に配置される。本実施形態において、上面2Tと、基板保持部2Hに保持された基板Pの表面とが、ほぼ同一平面内に配置される（面一となる）。

40

#### 【0026】

干渉計システム3は、XY平面内におけるマスクステージ1及び基板ステージ2のそれぞれの位置情報を計測する。干渉計システム3は、XY平面内におけるマスクステージ1の位置情報を計測するレーザ干渉計3Aと、XY平面内における基板ステージ2の位置情報を計測するレーザ干渉計3Bとを備えている。レーザ干渉計3Aは、マスクステージ1に配置された反射面1Rに計測光を照射し、その反射面1Rを介した計測光を用いて、X軸、Y軸、及びZ方向に関するマスクステージ1（マスクM）の位置情報を計測する。レーザ干渉計3Bは、基板ステージ2に配置された反射面2Rに計測光を照射し、その反射面2Rを介した計測光を用いて、X軸、Y軸、及びZ方向に関する基板ステージ2（基板P）の位置情報を計測する。

50

## 【 0 0 2 7 】

また、本実施形態においては、基板ステージ 2 に保持された基板 P の表面の位置情報を検出するフォーカス・レベリング検出システム（不図示）が配置されている。フォーカス・レベリング検出システムは、Z 軸、 X、及び Y 方向に関する基板 P の表面の位置情報を検出する。

## 【 0 0 2 8 】

基板 P の露光時、マスクステージ 1 の位置情報がレーザ干渉計 3 A で計測され、基板ステージ 2 の位置情報がレーザ干渉計 3 B で計測される。制御装置 4 は、レーザ干渉計 3 A の計測結果に基づいて、第 1 駆動システム 1 D を作動し、マスクステージ 1 に保持されているマスク M の位置制御を実行する。また、制御装置 4 は、レーザ干渉計 3 B の計測結果及びフォーカス・レベリング検出システムの検出結果に基づいて、第 2 駆動システム 2 D を作動し、基板ステージ 2 に保持されている基板 P の位置制御を実行する。

## 【 0 0 2 9 】

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に同期移動しつつ、マスク M のパターンの像を基板 P に投影する走査型露光装置（所謂スキャニングステッパ）である。基板 P の露光時、制御装置 4 は、マスクステージ 1 及び基板ステージ 2 を制御して、マスク M 及び基板 P を、露光光 E L の光路（光軸 A X）と交差する X Y 平面内の所定の走査方向に移動する。本実施形態においては、基板 P の走査方向（同期移動方向）を Y 軸方向とし、マスク M の走査方向（同期移動方向）も Y 軸方向とする。制御装置 4 は、基板 P を投影光学系 P L の投影領域 P R に対して Y 軸方向に移動するとともに、その基板 P の Y 軸方向への移動と同期して、照明系 I L の照明領域 I R に対してマスク M を Y 軸方向に移動しつつ、投影光学系 P L と基板 P 上の液浸空間 L S の液体 L Q とを介して基板 P に露光光 E L を照射する。これにより、基板 P は露光光 E L で露光され、マスク M のパターンの像が基板 P に投影される。

## 【 0 0 3 0 】

次に、液浸部材 6 について、図 2 ~ 図 5 を参照して説明する。図 2 は、液浸部材 6 の近傍を示す側断面図、図 3 は、液浸部材 6 を示す概略斜視図の一部破断図、図 4 は、液浸部材 6 を下側から見た斜視図、図 5 は、液浸部材 6 の一部を拡大した側断面図である。

## 【 0 0 3 1 】

なお、以下の説明においては、終端光学素子 5 の射出面 5 U 及び液浸部材 6 の下面 7 と対向する位置に基板 P の表面が配置されている場合を例にして説明するが、上述のように、終端光学素子 5 の射出面 5 U 及び液浸部材 6 の下面 7 と対向する位置には、基板ステージ 2 の上面 2 T 等、基板 P 以外の物体も配置可能である。また、以下の説明においては、終端光学素子 5 の射出面 5 U を適宜、終端光学素子 5 の下面 5 U、と称する。

## 【 0 0 3 2 】

液浸部材 6 は、終端光学素子 5 と基板 P との間の露光光 E L の光路 K が液体 L Q で満たされるように液浸空間 L S を形成可能である。液浸部材 6 は、環状の部材であって、露光光 E L の光路 K を囲むように配置されている。本実施形態においては、液浸部材 6 は、終端光学素子 5 の周囲に配置される側板部 1 2 と、Z 軸方向に関して少なくとも一部が終端光学素子 5 の下面 5 U と基板 P の表面との間に配置される下板部 1 3 とを有する。

## 【 0 0 3 3 】

側板部 1 2 は、終端光学素子 5 の外周面 1 4 と対向し、その外周面に沿って形成された内周面 1 5 を有する。外周面 1 4 と内周面 1 5 との間には、所定の隙間が形成されている。

## 【 0 0 3 4 】

下板部 1 3 は、中央に開口 1 6 を有する。下面 5 U から射出された露光光 E L は、開口 1 6 を通過可能である。例えば、基板 P の露光中、下面 5 U から射出された露光光 E L は、開口 1 6 を通過し、液体 L Q を介して基板 P の表面に照射される。本実施形態においては、開口 1 6 における露光光 E L の断面形状は X 軸方向に長い矩形状（スリット状）である。開口 1 6 は、露光光 E L の断面形状に応じた形状を有する。すなわち、X Y 平面内に

おける開口 16 の形状は、矩形状（スリット状）である。また、開口 16 における露光光 E L の断面形状と、基板 P における投影光学系 P L の投影領域 P R の形状とはほぼ同じである。

**【0035】**

また、液浸部材 6 は、液浸空間 L S を形成するための液体 L Q を供給する供給口 31 と、基板 P 上の液体 L Q の少なくとも一部を吸引して回収する回収口 32 とを備えている。

**【0036】**

本実施形態においては、液浸部材 6 の下板部 13 は、露光光 E L の光路の周囲に配置されている。下板部 13 の上面 33 は + Z 軸方向を向いており、所定の間隙を介して上面 33 と下面 5 U とが対向する。供給口 31 は、下面 5 U と上面 33 との間の内部空間 34 に液体 L Q を供給可能である。本実施形態においては、供給口 31 は、光路 K に対して Y 軸方向両側のそれぞれに設けられている。

10

**【0037】**

供給口 31 は、流路 36 を介して、液体供給装置 35 と接続されている。液体供給装置 35 は、清浄で温度調整された液体 L Q を送出可能である。流路 36 は、液浸部材 6 の内部に形成された供給流路 36 A、及びその供給流路 36 A と液体供給装置 35 とを接続する供給管で形成される流路 36 B を含む。液体供給装置 35 から送出された液体 L Q は、流路 36 を介して供給口 31 に供給される。供給口 31 は、液体供給装置 35 からの液体 L Q を光路 K に供給する。

**【0038】**

回収口 32 は、流路 38 を介して、液体回収装置 37 と接続されている。液体回収装置 37 は、真空システムを含み、液体 L Q を吸引して回収可能である。流路 38 は、液浸部材 6 の内部に形成された回収流路 38 A、及びその回収流路 38 A と液体回収装置 37 とを接続する回収管で形成される流路 38 B を含む。液体回収装置 37 が作動することにより、回収口 32 から回収された液体 L Q は、流路 38 を介して、液体回収装置 37 に回収される。

20

**【0039】**

本実施形態において、液浸部材 6 の回収口 32 には多孔部材 24 が配置されている。基板 P との間の液体 L Q の少なくとも一部が回収口 32（多孔部材 24）を介して回収される。液浸部材 6 の下面 7 は、露光光 E L の光路 K の周囲に配置された第 1 面 21 と、露光光 E L の光路 K に対して第 1 面 21 の外側に設けられた液体回収領域 22 とを含む。本実施形態において、液体回収領域 22 は、多孔部材 24 の表面（下面）を含む。

30

**【0040】**

以下の説明において、第 1 面 21 を適宜、ランド面 21、と称し、液体回収領域 22 を適宜、回収面 22、と称する。

**【0041】**

ランド面 21 は、基板 P の表面との間で液体 L Q を保持可能である。本実施形態において、ランド面 21 は - Z 軸方向を向いており、下板部 13 の下面を含む。ランド面 21 は、開口 16 の周囲に配置されている。本実施形態において、ランド面 21 は、平坦であり、基板 P の表面（XY 平面）とほぼ平行である。本実施形態において、XY 平面内におけるランド面 21 の外形は、矩形状であるが、他の形状、例えば円形でもよい。

40

**【0042】**

回収面 22 は、一方側の下面 5 U 及び下面 7 と他方側の基板 P の表面との間の液体 L Q の少なくとも一部を回収可能である。回収面 22 は、露光光 E L の光路 K に対する Y 軸方向（走査方向）の両側に配置されている。本実施形態においては、回収面 22 は、露光光 E L の光路 K の周囲に配置されている。すなわち、回収面 22 は、ランド面 21 の周囲に矩形環状に配置されている。また、本実施形態において、ランド面 21 と回収面 22 とは、ほぼ同一平面内に配置される（面一である）。

**【0043】**

回収面 22 は、多孔部材 24 の表面（下面）を含み、回収面 22 に接触した液体 L Q を

50

多孔部材 24 の孔を介して回収される。

【0044】

図 6 ( A ) は、本実施形態の多孔部材 24 を拡大した平面図、図 6 ( B ) は、図 6 ( A ) の A - A 線断面矢視図である。図 6 に示すように、本実施形態において、多孔部材 24 は、複数の小さい孔 24 H が形成された薄いプレート部材である。多孔部材 24 は、薄いプレート部材を加工して、複数の孔 24 H を形成した部材であり、メッシュプレートとも呼ばれる。

【0045】

多孔部材 24 は、基板 P の表面と対向する下面 24 B と、下面 24 B と反対側の上面 24 A とを有する。下面 24 B は、回収面 22 を形成する。上面 24 A は、回収流路 38 A と接する。孔 24 H は、上面 24 A と下面 24 B との間に形成されている。すなわち、孔 24 H は、上面 24 A と下面 24 B とを貫通するように形成されている。本実施形態において、上面 24 A と下面 24 B とは、ほぼ平行である。すなわち、本実施形態において、上面 24 A と下面 24 B とは、基板 P の表面 ( X Y 平面 ) とほぼ平行である。本実施形態において、孔 24 H は、上面 24 A と下面 24 B との間を、Z 軸方向とほぼ平行に貫通する。液体 L Q は、孔 24 H を流通可能である。基板 P 上の液体 L Q は、孔 24 H を介して、回収流路 38 A に引き込まれる。

【0046】

本実施形態において、X Y 平面内における孔 ( 開口 ) 24 H の形状は、円形である。また、上面 24 A における孔 ( 開口 ) 24 H の大きさと、下面 24 B における孔 ( 開口 ) 24 H の大きさはほぼ等しい。なお、X Y 平面内における孔 24 H の形状は、円形以外の形状、例えば五角形、六角形等の多角形でもよい。

【0047】

本実施形態においては、制御装置 4 は、真空システムを含む液体回収装置 37 を作動して、多孔部材 24 の上面 24 A と下面 24 B との間に圧力差を発生させることによって、多孔部材 24 ( 回収面 22 ) より液体 L Q を回収する。回収面 22 から回収された液体 L Q は、流路 38 を介して、液体回収装置 37 に回収される。

【0048】

本実施形態の回収面 22 は、図 2 ~ 図 5 に示すように、ランド面 21 の外縁と隣り合って配置される第 1 領域 51 と、光路 K に対して第 1 領域 51 の外側に配置された第 2 領域 52 と、光路 K に対して第 2 領域 52 の外側に配置された第 3 領域 53 と、光路 K に対して第 3 領域 53 の外側に配置された第 4 領域 54 とを含む。本実施形態において、第 1 領域 51 は、ランド面 21 の周囲に矩形環状に配置されている。第 2 領域 52 は、第 1 領域 51 の周囲に矩形環状に配置されている。第 3 領域 53 は、第 2 領域 52 の周囲に矩形環状に配置されている。第 4 領域 54 は、第 3 領域 53 の周囲に矩形環状に配置されている。

【0049】

本実施形態において、第 2 領域 52 における開口率は、第 1 領域 51 における開口率及び第 3 領域 53 における開口率より小さい。また、本実施形態において、第 1 領域 51 における開口率と、第 3 領域 53 における開口率とは、ほぼ同じである。また、本実施形態において、第 4 領域 54 における開口率は、第 3 領域 53 における開口率より大きい。

【0050】

本実施形態において、開口率は、多孔部材 24 の回収面 22 の単位面積当たりの孔の割合である。具体的には、開口率は、基板 P の表面と対向する回収面 22 における単位面積当たりの複数の孔 24 H の総面積の割合である。例えば、単位面積当たりの孔 24 H の数を変化させることによって、開口率を変化させることができる。換言すれば、回収面 22 における孔 24 H の密度を変化させることによって、開口率を変化させることができる。また、回収面 22 における孔 24 H の大きさ ( 径 ) を変化させることによって、開口率を変化させることができる。もちろん、単位面積当たりの孔 24 H の数と、孔 24 H の大きさとの両方を変化させて、開口率を変化させてもよい。

10

20

30

40

50

## 【0051】

上面24Aと下面24Bとの間に圧力差が同じだとすると、開口率によって、回収面22の各領域の吸引力が異なる。吸引力は、単位面積及び単位時間当たりにおける回収面22の液体回収量（液体LQを回収可能な量）を含む。開口率が大きくなると、吸引力は大きくなり、開口率が小さくなると、吸引力は小さくなる。

## 【0052】

したがって、本実施形態においては、第2領域52における吸引力は、第1領域51における吸引力及び第3領域53における吸引力より小さい。また、本実施形態においては、第1領域51における吸引力と、第3領域53における吸引力とは、ほぼ同じである。また、本実施形態においては、第4領域54における吸引力は、第3領域53における吸引力より大きい。

10

## 【0053】

また、本実施形態においては、光路K（光軸AX）に対する放射方向（例えばY軸方向）において、第2領域52の大きさ（幅）W2は、第1領域51の大きさ（幅）W1より大きい。また、本実施形態においては、光路Kに対する放射方向において、第2領域52の大きさ（幅）W2は、第3領域53の大きさ（幅）W3より小さい。また、本実施形態においては、光路Kに対する放射方向において、第2領域52の大きさ（幅）W2は、第4領域54の大きさ（幅）W4とほぼ同じである。

## 【0054】

なお、本実施形態においては、図3に示すように、液浸部材6は、内部空間34と外部空間（大気空間）39とを連通させるための排気口40を有している。排気口40は、排気流路41を介して、開口42と接続されている。開口42は、液浸部材6（液浸空間LS）の周囲の外部空間39（周囲環境）の気体と接触可能な位置に配置されている。内部空間34は、排気流路41を介して、大気開放された状態となっている。

20

## 【0055】

液浸部材6の下面7と対向する位置に基板Pが配置されているとき、液浸部材6は、ランド面21と基板Pの表面との間で液体LQを保持できる。本実施形態においては、液浸部材6のランド面21は、親液性である。例えば、ランド面21と液体LQとの接触角は、40度以下であり、好ましくは20度以下である。ランド面21は、基板PがXY方向に移動した場合でも、液体LQと接触し続けることができる。ランド面21は、少なくとも基板Pの露光中に、液浸空間LSの液体LQと接触し続ける。

30

## 【0056】

図2及び図5においては、基板P上の液体LQの一部が、ランド面21及び回収面22の一部の領域と基板Pとの間に保持されている状態が示されている。例えば基板Pの露光中、一方側の下面5U及び液浸部材6の下面7と他方側の基板Pの表面との間に液体LQを保持することによって、液浸空間LSが形成される。

## 【0057】

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

## 【0058】

液浸空間LSを形成するために、制御装置4は、供給口31を用いて、光路Kに液体LQを供給する。液体LQを供給するときには、制御装置4は、下面5U及び下面7と対向する位置に、基板P（基板ステージ2）等の物体を配置する。液体供給装置35から送出された液体LQは、流路36を介して供給口31に供給される。供給口31は、内部空間34に液体LQを供給する。液体LQは、内部空間34を流れ、開口16を介して、ランド面21と基板Pの表面との間の空間に流入し、そのランド面21と基板Pの表面との間に保持される。また、液体LQの少なくとも一部は、回収面22と基板Pの表面との間の空間に流入する。

40

## 【0059】

こうして、終端光学素子5の下面5Uと基板Pの表面との間の光路Kが液体LQで満た

50

されるように液浸空間 L S が形成される。

【 0 0 6 0 】

また、本実施形態においては、制御装置 4 は、供給口 3 1 による液体供給動作と並行して、回収面 2 2 (回収口 3 2) による液体回収動作を行う。回収面 2 2 と接触した液体 L Q の少なくとも一部は、回収面 2 2 を形成する多孔部材 2 4 を介して吸引される。制御装置 4 は、液体供給動作と液体回収動作とを並行して行うことで、常に所望状態 (温度、クリーン度等) の液体 L Q で、基板 P 表面の一部に液浸領域を局所的に形成できる。

【 0 0 6 1 】

液浸空間 L S が形成された後、制御装置 4 は、基板 P の露光を開始する。上述のように、本実施形態の露光装置 E X は走査型露光装置である。制御装置 4 は、液浸空間 L S を形成した状態で、露光光 E L に対して、基板 P の表面を Y 軸方向に移動しつつ、投影光学系 P L と基板 P 上の液体 L Q とを介して露光光 E L を基板 P に照射する。これにより、マスク M のパターンの像が基板 P に投影され、基板 P は露光光 E L で露光される。

10

【 0 0 6 2 】

また、制御装置 4 は、例えば基板 P 上の第 1 のショット領域の露光が終了した後、第 2 のショット領域の露光を開始するために、液浸空間 L S を形成した状態で、基板 P の表面を X 軸方向 (あるいは X Y 平面内において X 軸方向に対して傾斜する方向) に移動する動作を実行する。

【 0 0 6 3 】

本実施形態においては、下面 5 U 及び下面 7 と基板 P の表面との間に液浸空間 L S を形成した状態で、基板 P を X Y 方向に移動した場合でも、ランド面 2 1 と基板 P の表面との間に存在する液体 L Q がランド面 2 1 と接触し続けるように、ランド面 2 1 と基板 P との間隔、ランド面 2 1 の形状、大きさ及びランド面 2 1 の表面状態が最適化されている。なお、ランド面 2 1 の表面状態は、液体 L Q に対するランド面 2 1 における液体 L Q の接触角を含む。

20

【 0 0 6 4 】

また、本実施形態においては、回収面 2 2 の第 2 領域 5 2 における吸引力が、第 1 領域 5 1 における吸引力及び第 3 領域 5 3 における吸引力より小さいので、液浸空間 L S に対して基板 P の表面を X Y 方向に移動した場合でも、液浸空間 L S の大きさ及び形状を所望の状態に維持することができる。すなわち、本実施形態の液浸部材 6 によれば、液体 L Q の界面 L G の位置及び形状が大きく変化することを抑制することができる。具体的には、液浸部材 6 に対して基板 P の表面を高速で移動させたり、長距離を移動させたりした場合でも、液浸空間 L S の拡大 (大型化) を抑制し、液浸空間 L S の形状を安定化させることができる。これにより、下面 7 と基板 P の表面との間の液体 L Q が、その下面 7 と基板 P の表面との間の空間の外側に漏出することが抑制される。また、基板 P の表面に液体 L Q (液体 L Q の膜、滴など) が残留することが抑制される。このように、第 2 領域 5 2 における吸引力を、第 1 領域 5 1 における吸引力及び第 3 領域における吸引力より小さくしたのは、以下のような発明者の知見による。

30

【 0 0 6 5 】

図 7 は、比較例に係る液浸部材 6 J を示す部分模式図である。図 7 に示す液浸部材 6 J の回収面 2 2 J には、開口率 (吸引力) の分布がない。回収面 2 2 J の吸引力は、例えば上述の第 3 領域 5 3 における吸引力をほぼ同じである。

40

【 0 0 6 6 】

図 7 (A) は、液浸部材 6 J と、基板 P との間に液浸空間 L S が形成されている状態を示す図である。基板 P 上の液浸領域は、X Y 平面内において所定の大きさ J 0 を有する。

【 0 0 6 7 】

なお、以下の説明においては、説明を簡単にするために、投影光学系 P L の光軸 A X と基板 P の表面とが交わる位置と、所定方向 (ここでは Y 軸方向) に関する液体 L Q の界面 L G の先端と基板 P の表面とが交わる位置との距離を、X Y 平面内における液浸領域の大きさとする。

50

## 【 0 0 6 8 】

図 7 ( A ) の状態から、液浸部材 6 J に対して基板 P を X Y 平面内の一方向 (ここでは - Y 方向) に高速で移動すると、図 7 ( B ) に示すように、液浸部材 6 J の下面 7 J と基板 P との間において液体 L Q の一部が基板 P 上で薄い膜となり、基板 P 上の液体 L Q が回収面 2 2 J の外側、具体的には、基板 P の移動方向の前方側 ( - Y 側) において、回収面 2 2 J の外側に漏出する場合がある。すなわち、基板 P を移動することによって、液浸空間の大きさ J 1 が非常に大きくなる可能性がある。

## 【 0 0 6 9 】

この現象は、液浸部材 6 J の下面 7 J と基板 P の表面との間において、液浸部材 6 J の下面 7 J 近傍の液体 L Q は、回収面 2 2 J の吸引動作によって上方 ( + Z 方向) に流れ、その回収面 2 2 J に回収されるが、基板 P の表面近傍の液体 L Q は、基板 P との表面張力等により、回収面 2 2 J から回収されずに、基板 P 上で薄い膜となり、基板 P の移動とともに、基板 P の移動方向の前方側において回収面 2 2 J の外側へ引き出されることによって生じる。このような現象が生じると、回収面 2 2 J の外側に引き出された液体 L Q が、例えば滴となって基板 P 上に残留し、パターンの欠陥等を引き起こす原因となる。そして、このような現象は、界面 L G が形成されている回収面 2 2 J の吸引力が大きくなると発生しやすくなる。また、このような現象は、基板 P の移動速度が高速化すると発生しやすくなる。

10

## 【 0 0 7 0 】

図 8 は、本実施形態に係る液浸部材 6 と基板 P との間に形成された液浸空間 L S の挙動の一例を示す模式図である。図 8 ( A ) は、液浸部材 6 と、基板 P との間に液浸空間 L S が形成されている状態の一例を示す図である。図 8 ( A ) においては、液体 L Q の界面 L G は、第 2 領域 5 2 と基板 P の表面との間に形成されている。

20

## 【 0 0 7 1 】

図 8 ( B ) は、図 8 ( A ) の状態から、液浸部材 6 に対して基板 P を - Y 方向に高速で移動させたときの液浸空間 L S の状態を示す図である。本実施形態においては、界面 L G と結ばれた第 2 領域 5 2 における吸引力は小さいので、図 7 ( B ) を参照して説明したように液体 L Q が薄い膜となる現象の発生が抑制される。また、基板 P を - Y 方向に移動することによって、界面 L G も - Y 方向に移動しようとする。特に、基板 P が長距離を移動すると、界面 L G も大きく - Y 方向に移動しようとする。本実施形態においては、第 2 領域 5 2 に対して + Y 側に、第 2 領域 5 2 より大きい吸引力を有する第 1 領域 5 1 が配置されている。したがって、その第 1 領域 5 1 による液体 L Q の回収動作によって、界面 L G の - Y 方向への大きな移動が抑制される。すなわち、基板 P が長距離を移動した場合でも、第 1 領域 5 1 による液体 L Q の回収動作によって、液浸空間 L S の大型化が抑制され、界面 L G の位置が大きく変動することが抑制される。したがって、界面 L G が第 3 領域 5 3 と基板 P の表面との間に形成されることが抑制される。

30

## 【 0 0 7 2 】

また、本実施形態においては、第 2 領域 5 2 の大きさ W 2 は、第 1 領域 5 1 の大きさ W 1 より大きいので、基板 P が - Y 方向に長距離移動した場合でも、界面 L G を、第 2 領域 5 2 と基板 P の表面とを結ぶ位置に配置し続けることができる。

40

## 【 0 0 7 3 】

また、仮に、第 2 領域 5 2 と基板 P との間で基板 P 上の液体 L Q が膜になった場合でも、第 3 領域 5 3 で、液体 L Q を回収することができる。本実施形態においては、第 2 領域 5 2 の吸引力が比較的小さいため、基板 P 上の液体 L Q の一部が膜になったとしても、その膜の厚さは比較的厚い (例えば、図 7 ( B ) で説明した基板 P 上の膜よりも厚い)。したがって、基板 P 上で膜となった液体 L Q を、第 3 領域 5 3 で回収することができる。

## 【 0 0 7 4 】

また、本実施形態においては、第 3 領域 5 3 の大きさ W 3 は、第 2 領域 5 2 の大きさ W 2 より大きいので、基板 P 上で液体 L Q が膜になったとしても、その液体 L Q を第 3 領域 W 3 で回収することができる。

50

## 【 0 0 7 5 】

また、本実施形態においては、第3領域53に対して-Y側に、第3領域53より大きい吸引力を有する第4領域54が配置されている。したがって、仮に、第3領域53で液体LQを回収しきれなかったとしても、その回収しきれなかった液体LQを第4領域54で回収することができる。

## 【 0 0 7 6 】

以上説明したように、本実施形態によれば、液体LQの漏出、残留等の発生を抑制できるので、露光不良の発生を抑制できる。また、露光不良の発生を抑制しつつ、基板Pの移動速度を高速化できる。したがって、良好なデバイスを生産性良く製造できる。

## 【 0 0 7 7 】

< 第2実施形態 >

次に、第2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。

## 【 0 0 7 8 】

図9は、第2実施形態に係る液浸部材6Bを示す図である。本実施形態において、多孔部材24Nの開口率はほぼ均一である。本実施形態においては、図9に示すように、回収流路38Aが、複数の仕切部材70によって、複数の回収流路381~384に分けられている。回収流路381は、第1領域51を介した液体LQを回収し、回収流路382は、第2領域52を介した液体LQを回収し、回収流路383は、第3領域53を介した液体LQを回収し、回収流路384は、第2領域54を介した液体LQを回収する。各回収流路381~384には、液体回収装置371~374がそれぞれ接続されている。制御装置は、第1~第4領域51~54のそれぞれが、例えば上述の第1実施形態で説明した吸引力となるように、各液体回収装置371~374を制御する。吸引力は、多孔部材24Nの上面24Aと下面24Bとの圧力差によって変化するので、制御装置4は、第1~第4領域51~54のそれぞれが所望の吸引力となるように、すなわち、第1~第4領域51~54のそれぞれにおいて、上面24Aと下面24Bとが所望の圧力差となるように、各液体回収装置371~374を制御する。本実施形態においても、液体LQの漏出、残留等を抑制することができる。

## 【 0 0 7 9 】

なお、上述の第1、第2実施形態において、回収面22の異なる2つの領域(例えば第1領域51と第2領域52)の吸引力を異ならせるために、多孔部材の開口率と多孔部材の上面との下面との間の圧力差の両方を異ならせてもよい。

## 【 0 0 8 0 】

なお、上述の第1、第2実施形態において、第1領域51における吸引力と、第3領域53における吸引力とが異なってもよい。例えば、第1領域51における開口率と、第3領域53における開口率とが異なってもよい。例えば、第1領域51における吸引力を、第3領域53における吸引力より大きくしてもよいし、第1領域51における吸引力を、第3領域53における吸引力より小さくしてもよい。

## 【 0 0 8 1 】

なお、上述の各実施形態において、光路Kに対する放射方向において、第2領域52の大きさW2が、第3領域53の大きさW3とほぼ同じでもよい。

## 【 0 0 8 2 】

なお、上述の各実施形態において、光路Kに対する放射方向において、第4領域54の大きさW4が、第2領域52の大きさW2より大きくてもよい。また、光路Kに対する放射方向において、第4領域54の大きさW4が、第3領域53の大きさW3より大きくてもよい。

## 【 0 0 8 3 】

なお、上述の各実施形態において、第3領域53、及び/又は第4領域54における吸引力が、光路Kに対する放射方向(例えば図8における-Y軸方向)において、徐々に大きくなってもよい。例えば、第3領域53及び/又は第4領域54における開口率が、光

10

20

30

40

50

路 K における放射方向において、徐々に大きくなってよい。例えば、光路 K における放射方向において、第 4 領域 5 4 における孔 2 4 H の密度を徐々に高くしてもよい。これにより、より確実に液体 L Q を回収することができる。

【 0 0 8 4 】

なお、上述の各実施形態においては、第 1 領域 5 1 における吸引力と、第 2 領域 5 2 における吸引力と、第 3 領域 5 3 における吸引力と、第 4 領域 5 4 における吸引力とがステップ的に変化してもよいし、徐々に変化（連続的に変化）してもよい。

【 0 0 8 5 】

なお、上述の各実施形態において、回収面 2 2 が、光路 K に対して第 4 領域 5 4 の外側に、第 4 領域 5 4 より大きい吸引力を有する第 5 領域を備えてもよい。

10

【 0 0 8 6 】

なお、上述の各実施形態において、回収面 2 2 の少なくとも一部が、ランド面 2 1 より + Z 側に配置されてもよい。換言すれば、基板 P の表面と回収面 2 2 の少なくとも一部との間隔が、基板 P の表面とランド面 2 1 との間隔より大きくてもよい。例えば、第 1 領域 5 1 及び第 2 領域 5 2 が、第 3 領域 5 3 及び第 4 領域 5 4 より + Z 側に配置されてもよい。

【 0 0 8 7 】

また、回収面 2 2 の少なくとも一部が、ランド面 2 1 に対して傾斜する斜面でもよい。例えば、第 1 領域 5 1 の少なくとも一部が、光路 K から離れる方向において、基板 P の表面から徐々に離れるように傾斜していてもよい。あるいは、第 2 領域 5 2 の少なくとも一部が、光路 K から離れる方向において、基板 P の表面に徐々に近づくように傾斜していてもよい。

20

【 0 0 8 8 】

また、回収面 2 2 の各領域の Z 方向の位置が異なってもよい。すなわち、回収面の各領域と基板 P 表面との間隔が異なってもよい。例えば、第 2 領域 5 2 の少なくとも一部が、第 1 領域 5 1 より低い位置に、すなわち第 1 領域 5 1 よりも基板 P の表面に近い位置に形成されていてもよい。この場合、光路 K に対する放射方向（例えば図 8 における - Y 軸方向）において、第 2 領域 5 2 が徐々に基板 P の表面に近づくように下方に傾斜していてもよい。また、第 3 領域 5 3 の少なくとも一部が第 2 領域 5 2 より低い位置、すなわち第 2 領域 5 2 よりも基板 P の表面に近い位置に形成されていてもよい。この場合、光路 K に対する放射方向（例えば図 8 における - Y 軸方向）において、第 3 領域 5 3 が徐々に基板 P の表面に近づくように下方に傾斜していてもよい。

30

【 0 0 8 9 】

なお、上述の各実施形態において、第 4 領域 5 4 を省略してもよい。例えば基板 P 上で膜となった液体 L Q を第 3 領域 5 3 で回収しきれる場合には、第 4 領域 5 4 を省略することができる。

【 0 0 9 0 】

なお、上述の各実施形態において、多孔部材 2 4 の上面 2 4 A における孔（開口）2 4 H の大きさと、下面 2 4 B における孔（開口）2 4 H の大きさが異なってもよい。例えば、上面 2 4 A における孔（開口）2 4 H の大きさが、下面 2 4 B における孔（開口）2 4 H の大きさより大きくてもよい。また、上面 2 4 A における孔（開口）2 4 H の大きさが、下面 2 4 B における孔（開口）2 4 H の大きさより小さくてもよい。

40

【 0 0 9 1 】

なお、上述の各実施形態において、多孔部材 2 4 としては、プレート部材に液体 L Q が流通可能な複数の小さい孔を形成したものに限られず、複数の孔が形成された部材を複数組み合わせ、網目状又はハニカム状に多数の小さい孔が形成された多孔部材であるメッシュフィルタでもよい。また、多孔部材 2 4 として、多数の孔（pore）が形成された焼結部材（例えば、焼結金属）、発泡部材（例えば、発泡金属）等を用いてもよい。

【 0 0 9 2 】

なお、上述の各実施形態において、投影光学系 PL は、終端光学素子 5 の射出側（像面

50

側)の光路K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、終端光学素子5の入射側(物体面側)の光路も液体LQで満たす投影光学系を採用することもできる。

【0093】

なお、上述の実施形態の液体LQは水であるが、水以外の液体であってもよい。液体LQとしては、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、あるいは基板の表面を形成する感光材(フォトレジスト)の膜に対して安定なものが好ましい。例えば、液体LQとして、ハイドロフロロエーテル(HFE)、過フッ化ポリエーテル(PFPE)、フオンプリンオイル、セダー油等を用いることも可能である。また、液体LQとして、屈折率が1.6~1.8程度のものを使用してもよい。更に、石英及び蛍石よりも屈折率が高い(例えば1.6以上)材料で、液体LQと接触する投影光学系PLの光学素子(終端光学素子など)を形成してもよい。また、液体LQとして、種々の流体、例えば、超臨界流体を用いることも可能である。

10

【0094】

また、例えば露光光ELがF<sub>2</sub>レーザ光である場合、このF<sub>2</sub>レーザ光は水を透過しないので、液体LQとしてはF<sub>2</sub>レーザ光を透過可能なもの、例えば、過フッ化ポリエーテル(PFPE)、フッ素系オイル等のフッ素系流体を用いることができる。この場合、液体LQ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。

【0095】

なお、上述の各実施形態の基板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。

20

【0096】

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

【0097】

さらに、ステップ・アンド・リピート方式の露光において、第1パターンと基板Pとをほぼ静止した状態で、投影光学系を用いて第1パターンの縮小像を基板P上に転写した後、第2パターンと基板Pとをほぼ静止した状態で、投影光学系を用いて第2パターンの縮小像を第1パターンと部分的に重ねて基板P上に一括露光してもよい(ステッチ方式の一括露光装置)。また、ステ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・ステッチ方式の露光装置にも適用できる。

【0098】

また、例えば対応米国特許第6611316号明細書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回の走査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などにも本発明を適用することができる。また、プロキシミティ方式の露光装置、ミラープロジェクション・アライナーなどにも本発明を適用することができる。

40

【0099】

また、本発明は、米国特許第6341007号明細書、米国特許第6400441号明細書、米国特許第6549269号明細書、米国特許第6590634号明細書、米国特許第6208407号明細書、米国特許第6262796号明細書等が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。

【0100】

50

更に、例えば対応米国特許第6897963号明細書等が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/又は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。また、複数の基板ステージと計測ステージとを備えた露光装置にも適用することができる。計測ステージが終端光学素子の射出面及び液浸部材の下面と対向する位置に配置されることによって、終端光学素子及び液浸部材は、計測ステージとの間で液浸空間を形成することができる。

#### 【0101】

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)、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。

10

#### 【0102】

なお、上述の各実施形態においては、レーザ干渉計3A、3Bを含む干渉計システム3を用いてマスクステージ1及び基板ステージ2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1、2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との両方を備えるハイブリッドシステムとしてもよい。

#### 【0103】

また、上述の各実施形態では、露光光ELとしてArFエキシマレーザ光を発生する光源装置として、ArFエキシマレーザを用いてもよいが、例えば、米国特許第7023610号明細書が開示されているように、DFB半導体レーザ又はファイバーレーザなどの固体レーザ光源、ファイバーアンプなどを有する光増幅部、及び波長変換部などを含み、波長193nmのパルス光を出力する高調波発生装置を用いてもよい。さらに、上記実施形態では、前述の各照明領域と、投影領域がそれぞれ矩形状であるものとしたが、他の形状、例えば円弧状などでもよい。

20

#### 【0104】

なお、上述の各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6778257号明細書が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可変成形マスク(電子マスク、アクティブマスク、あるいはイメージジェネレータとも呼ばれる)を用いてもよい。可変成形マスクは、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)等を含む。また、非発光型画像表示素子を備える可変成形マスクに代えて、自発光型画像表示素子を含むパターン形成装置を備えるようにしてもよい。自発光型画像表示素子としては、例えば、CRT(Cathode Ray Tube)、無機ELディスプレイ、有機ELディスプレイ(OLED: Organic Light Emitting Diode)、LEDディスプレイ、LDディスプレイ、電界放出ディスプレイ(FED: Field Emission Display)、プラズマディスプレイ(PDP: Plasma Display Panel)等が挙げられる。

30

40

#### 【0105】

上述の各実施形態においては、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。このように投影光学系PLを用いない場合であっても、露光光はレンズ等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空間が形成される。

#### 【0106】

また、例えば国際公開第2001/035168号パンフレットが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

50

。

## 【0107】

以上のように、本願実施形態の露光装置 E X 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、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

10

## 【0108】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図 10 に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ 201、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作するステップ 202、デバイスの基材である基板を製造するステップ 203、上述の実施形態に従って、マスクのパターンを用いて露光光で基板を露光すること、及び露光された基板を現像することを含む基板処理（露光処理）を含む基板処理ステップ 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。

20

## 【0109】

なお、上述の各実施形態の要件は、適宜組み合わせることができる。また、法令で許容される限りにおいて、上述の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。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0110】

【図 1】第 1 実施形態に係る露光装置を示す概略構成図である。

【図 2】第 1 実施形態に係る液浸部材の近傍を示す側断面図である。

【図 3】第 1 実施形態に係る液浸部材を示す概略斜視図の一部破断図である。

30

【図 4】第 1 実施形態に係る液浸部材を下側から見た斜視図である。

【図 5】第 1 実施形態に係る液浸部材の一部を拡大した側断面図である。

【図 6】第 1 実施形態に係る多孔部材の一例を説明するための図である。

【図 7】比較例に係る液浸部材の作用を説明するための模式図である。

【図 8】第 1 実施形態に係る液浸部材の作用を説明するための模式図である。

【図 9】第 2 実施形態に係る液浸部材の一部を拡大した側断面図である。

【図 10】マイクロデバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

## 【符号の説明】

## 【0111】

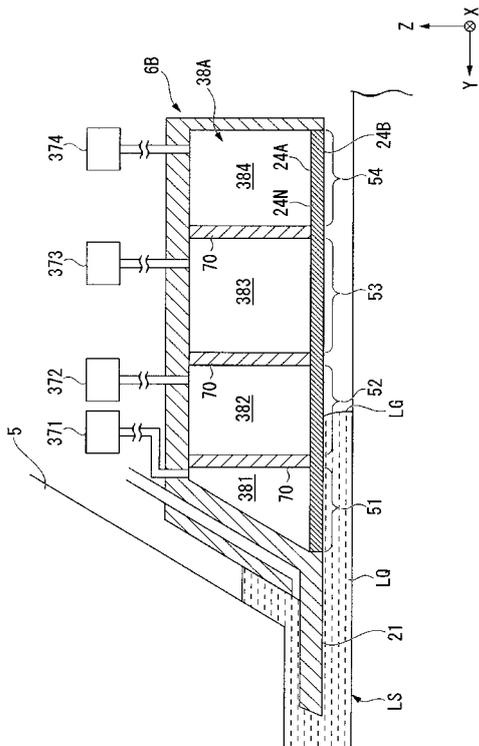
2 ... 基板ステージ、5 ... 終端光学素子、5 U ... 射出面、6 ... 液浸部材、7 ... 下面、2 1 ... ランド面、2 2 ... 回収面、2 4 ... 多孔部材、2 4 H ... 孔、5 1 ... 第 1 領域、5 2 ... 第 2 領域、5 3 ... 第 3 領域、5 4 ... 第 4 領域、E L ... 露光光、E X ... 露光装置、K ... 光路、L Q ... 液体、L S ... 液浸空間、P ... 基板

40





【図9】



【図10】

