

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4983257号
(P4983257)

(45) 発行日 平成24年7月25日(2012.7.25)

(24) 登録日 平成24年5月11日(2012.5.11)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L	21/027	(2006.01)	HO 1 L	21/30	5 1 5 D
GO 3 F	7/20	(2006.01)	GO 3 F	7/20	5 2 1
			HO 1 L	21/30	5 1 5 G
			HO 1 L	21/30	5 1 6 C

請求項の数 56 (全 47 頁)

(21) 出願番号 特願2006-531833 (P2006-531833)
 (86) (22) 出願日 平成17年8月17日(2005.8.17)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2005/015028
 (87) 国際公開番号 W02006/019124
 (87) 国際公開日 平成18年2月23日(2006.2.23)
 審査請求日 平成20年6月18日(2008.6.18)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-238007 (P2004-238007)
 (32) 優先日 平成16年8月18日(2004.8.18)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-309322 (P2004-309322)
 (32) 優先日 平成16年10月25日(2004.10.25)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-91221 (P2005-91221)
 (32) 優先日 平成17年3月28日(2005.3.28)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (72) 発明者 中野 勝志
 日本国東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
 (72) 発明者 萩原 恒幸
 日本国東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
 審査官 渡戸 正義

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置、デバイス製造方法、計測部材、及び計測方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液体を介して基板を露光する露光装置において、
 所定面上に計測部が配置された計測システムと、
 前記所定面上において前記計測部を含むように規定された第1領域とを備え、
 前記第1領域に残留した液体が、前記第1領域より退くように、前記第1領域は傾斜している露光装置。

【請求項 2】

前記第1領域を傾斜させる駆動機構を備えた請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 3】

前記計測部を保持して移動可能なステージを備え、
 前記ステージ上面は前記所定面を含み、前記駆動機構は、前記ステージを傾斜させること
 によって、前記第1領域を傾斜させる請求項 2 記載の露光装置。

【請求項 4】

前記第1領域上に液体が配置された状態で前記計測部を使った計測処理が行われた後、
 前記駆動機構は前記第1領域を傾斜させる請求項 2 又は 3 記載の露光装置。

【請求項 5】

前記第1領域は、前記所定面のうち前記第1領域以外の領域に対して傾斜している請求
 項 1 記載の露光装置。

【請求項 6】

前記所定面上において前記第 1 領域の近傍に規定され、所定の加工が施された第 2 領域を備え、

前記第 1 領域よりも前記第 2 領域が下側になるように、前記第 1、第 2 領域を含む前記所定面が傾斜している請求項 1 ~ 5 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 7】

前記第 2 領域の表面は、前記第 1 領域の表面よりも前記液体に対して親液性である請求項 6 記載の露光装置。

【請求項 8】

前記第 2 領域の表面が、前記第 1 領域の表面よりも粗い請求項 6 記載の露光装置。

【請求項 9】

前記第 2 領域の表面には凹部と凸部との少なくとも一方が形成されている請求項 6 記載の露光装置。

【請求項 10】

前記第 1 領域の表面には凹部が形成されており、前記第 2 領域の表面には前記第 1 領域の凹部よりも深い凹部が形成されている請求項 6 記載の露光装置。

【請求項 11】

液体を介して基板を露光する露光装置において、

所定面上に計測部が配置された計測システムと、

前記所定面上において前記計測部を含むように規定された第 1 領域とを備え、

前記第 1 領域に残留した液体が、前記第 1 領域より退くように、前記第 1 領域上に気体の流れを生成する露光装置。

【請求項 12】

前記第 1 領域の近傍に、前記第 1 領域の表面とほぼ平行な気体の流れを生成する気体供給口が設けられている請求項 11 記載の露光装置。

【請求項 13】

前記所定面を含む空間を空調する空調系を有し、

前記空調系により生成された気体の流れによって、前記第 1 領域に残留した液体が、前記第 1 領域より退く請求項 11 記載の露光装置。

【請求項 14】

前記空調系により生成された気体の流れに対して、前記第 1 領域の表面がほぼ平行となるように、前記第 1 領域の位置又は姿勢を制御する制御装置を備えた請求項 13 記載の露光装置。

【請求項 15】

前記計測部を保持して移動可能なステージを備え、

前記ステージ上面は前記所定面を含み、前記制御装置は、前記ステージの位置又は姿勢を制御することによって、前記第 1 領域の位置又は姿勢を制御する請求項 14 記載の露光装置。

【請求項 16】

前記所定面上において前記第 1 領域よりも前記気体の流れの下流側に規定され、所定の加工が施された第 2 領域を備えた請求項 11 ~ 15 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 17】

前記第 2 領域の表面は、前記第 1 領域の表面よりも前記液体に対して親液性である請求項 16 記載の露光装置。

【請求項 18】

前記第 2 領域の表面が、前記第 1 領域の表面よりも粗い請求項 16 記載の露光装置。

【請求項 19】

前記第 2 領域の表面には凹部と凸部との少なくとも一方が形成されている請求項 16 記載の露光装置。

【請求項 20】

前記第 1 領域の表面には凹部が形成されており、前記第 2 領域の表面には前記第 1 領域

10

20

30

40

50

の凹部よりも深い凹部が形成されている請求項 1 6 記載の露光装置。

【請求項 2 1】

前記所定面上において前記第 1 領域の近傍に配置され、前記第 1 領域の表面よりも前記液体に対して親液性である表面を有する第 2 領域を備える請求項 1 1 ~ 1 5 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 2 2】

前記気体の流れによって、前記第 1 領域より退いた前記液体は、前記第 2 領域に集められる請求項 2 1 に記載の露光装置。

【請求項 2 3】

液体を介して基板を露光する露光装置において、
所定面上に計測部が配置された計測システムと、
前記所定面上に前記計測部を含むように規定された第 1 領域と、
前記第 1 領域近傍の第 2 領域とを備え、
前記第 2 領域の表面には撥液性の膜が形成され、前記第 1 領域の表面には撥液性の膜が形成されていない露光装置。

10

【請求項 2 4】

前記第 1 領域においては、前記撥液性の膜が除去されている請求項 2 3 記載の露光装置

【請求項 2 5】

前記第 1 領域が、前記第 2 領域に囲まれている請求項 2 3 又は 2 4 記載の露光装置。

20

【請求項 2 6】

前記第 1 領域の少なくとも一部に紫外光が照射され、前記第 2 領域に前記紫外光が照射されない請求項 2 3 ~ 2 5 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 2 7】

前記撥液性の膜は、フッ素系樹脂の膜を含む請求項 2 3 ~ 2 6 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 2 8】

前記基板は、投影光学系からの露光光で露光され、前記紫外光は、前記投影光学系からの前記露光光を含む請求項 2 6 又は 2 7 に記載の露光装置。

30

【請求項 2 9】

前記液体を介して前記第 1 領域に前記露光光が照射される請求項 2 8 に記載の露光装置

【請求項 3 0】

前記第 1 領域の前記計測部を介して前記露光光を受光する受光素子を備える請求項 2 8 又は 2 9 に記載の露光装置。

【請求項 3 1】

前記受光素子の受光結果に基づいて、前記投影光学系の光学特性を求める請求項 3 0 に記載の露光装置。

【請求項 3 2】

前記第 1 領域の少なくとも一部は、透明部材の表面を含む請求項 2 3 ~ 3 1 のいずれか一項に記載の露光装置。

40

【請求項 3 3】

前記第 1 領域の表面の少なくとも一部は、前記透明部材上に設けられた遮光膜の表面を含む請求項 3 2 に記載の露光装置。

【請求項 3 4】

前記第 1 領域の表面の少なくとも一部は、遮光膜の表面を含む請求項 2 3 ~ 3 2 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 3 5】

前記遮光膜は、クロムの膜を含む請求項 3 3 又は 3 4 に記載の露光装置。

50

【請求項 36】

前記計測部は、前記遮光膜に形成された開口パターンを含む請求項 33 ~ 35 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 37】

前記開口パターンは、ラインパターンを含む請求項 36 に記載の露光装置。

【請求項 38】

前記第 1 領域の表面の少なくとも一部は、反射膜の表面を含む請求項 23 ~ 37 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 39】

前記反射膜は、アルミニウムの膜を含む請求項 38 に記載の露光装置。

10

【請求項 40】

請求項 1 ~ 請求項 39 のいずれか一項記載の露光装置を用いるデバイス製造方法。

【請求項 41】

液体を介して光学部材の下面からの露光光で基板を露光する露光装置に用いられる計測部材であって、

前記光学部材の前記下面が対向可能な所定面と、

前記所定面上に配置された計測部と、

前記所定面上に前記計測部を含むように規定された第 1 領域と、

前記第 1 領域近傍の第 2 領域と、を備え、

前記第 2 領域の表面には撥液性の膜が形成され、前記第 1 領域の表面には撥液性の膜が形成されていない計測部材。

20

【請求項 42】

前記第 1 領域においては、前記撥液性の膜が除去されている請求項 41 記載の計測部材

【請求項 43】

前記第 1 領域が、前記第 2 領域に囲まれている請求項 41 又は 42 記載の計測部材。

【請求項 44】

前記第 1 領域の少なくとも一部に紫外光が照射され、前記第 2 領域に前記紫外光が照射されない請求項 41 ~ 43 のいずれか一項に記載の計測部材。

【請求項 45】

前記撥液性の膜は、フッ素系樹脂の膜を含む請求項 41 ~ 44 のいずれか一項に記載の計測部材。

30

【請求項 46】

前記基板は、光学部材からの露光光で露光され、

前記紫外光は、前記光学部材からの前記露光光を含む請求項 44 又は 45 に記載の計測部材。

【請求項 47】

前記液体を介して前記第 1 領域に前記露光光が照射される請求項 46 に記載の計測部材

【請求項 48】

前記第 1 領域の少なくとも一部は、透明部材の表面を含む請求項 41 ~ 47 のいずれか一項に記載の計測部材。

40

【請求項 49】

前記第 1 領域の表面の少なくとも一部は、前記透明部材上に設けられた遮光膜の表面を含む請求項 48 に記載の計測部材。

【請求項 50】

前記第 1 領域の表面の少なくとも一部は、遮光膜の表面を含む請求項 41 ~ 48 のいずれか一項に記載の計測部材。

【請求項 51】

前記遮光膜は、クロムの膜を含む請求項 49 又は 50 に記載の計測部材。

50

【請求項 5 2】

前記計測部は、前記遮光膜に形成された開口パターンを含む請求項 4 9 ~ 5 1 のいずれか一項に記載の計測部材。

【請求項 5 3】

前記開口パターンは、ラインパターンを含む請求項 5 2 に記載の計測部材。

【請求項 5 4】

前記第 1 領域の表面の少なくとも一部は、反射膜の表面を含む請求項 4 1 ~ 5 3 のいずれか一項に記載の計測部材。

【請求項 5 5】

前記反射膜は、アルミニウムの膜を含む請求項 5 4 に記載の計測部材。

10

【請求項 5 6】

投影光学系からの露光光を計測する計測方法であって、
請求項 4 1 ~ 5 5 のいずれか一項に記載の計測部材を前記投影光学系と対向するように配置することと、

前記投影光学系と前記計測部材との間を液体で満たすことと、

前記投影光学系からの前記露光光を前記液体を介して前記計測部材の前記計測部に照射することと、を含む計測方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、液体を介して基板を露光する露光装置、及びその露光装置を用いるデバイス製造方法に関するものである。

本願は、2004年8月18日に出願された特願2004-238007号、2004年10月25日に出願された特願2004-309322号、及び2005年3月28日に出願された特願2005-091221号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイス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、露光装置で使用される露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長はKrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度(DOF)も重要となる。解像度R、及び焦点深度はそれぞれ以下の式で表される。

30

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

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

ここで、 λ は露光波長、NAは投影光学系の開口数、 k_1 、 k_2 はプロセス係数である。(1)式、(2)式より、解像度Rを高めるために、露光波長 λ を短くして、開口数NAを大きくすると、焦点深度DOFが狭くなることが分かる。

40

【0003】

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

50

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。

【特許文献1】国際公開第99/49504号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、基板ステージ上には投影光学系を介した光を計測する種々の計測部が設けられているが、液浸露光装置の場合、投影光学系と計測部との間に液体を満たして計測部上に液浸領域を形成し、その液浸領域の液体を介して光を計測することが考えられる。その場合において、例えば計測部上の液体の除去動作を行った後、計測部上に液体が残留していると、その残留した液体が気化した後に計測部上に液体の付着跡(以下、液体が純水でない場合も「ウォーターマーク」と称する)を形成するおそれがある。ウォーターマークは異物として作用するため、その計測部を有する計測システムの計測精度の劣化を招くおそれが生じる。

10

【0005】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、計測部上に液浸領域を形成して高精度な計測を実行できる露光装置、およ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。

また、計測部上に液体が残留することを防止できる露光装置、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。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

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

【0007】

本発明の第1の態様に従えば、液体(LQ)を介して基板(P)を露光する露光装置において、所定面(51、65A)上に形成された第1パターン(61)を有する計測システム(60)と、所定面(51、65A)上において第1パターン(61)を含む第1領域(S1)の近傍に規定された第2領域(S2)とを備え、第2領域(S2)には、第1領域(S1)と第2領域(S2)とにまたがるようにして残留した液体(LQ)が、第1領域(S1)より退いて第2領域(S2)に集まるように第2パターン(80)が形成されている露光装置(EX)が提供される。

30

【0008】

本発明の第1の態様によれば、計測システムの第1パターンを含む第1領域とその近傍に規定された第2領域とにまたがるようにして液体が残留した場合において、第2領域に形成されている第2パターンによって、液体は第1領域より退いて第2領域に集まる。したがって、第1パターンを含む第1領域上に液体が残留することを防止できる。したがって、計測システムの第1パターン上にウォーターマークが形成されることを防止でき、残留した液体やウォーターマークに起因する計測システムの計測精度の劣化を防止できる。

40

【0009】

本発明の第2の態様に従えば、液体(LQ)を介して基板(P)を露光する露光装置において、所定面(51、65A)上に計測部(61)が配置された計測システム(60)と、所定面(51、65A)上において計測部(61)を含むように規定された第1領域(S1)と、所定面(51、65A)上において第1領域(S1)の近傍に規定された第2領域(S2)とを備え、第1領域(S1)と第2領域(S2)とにまたがるようにして残留した液体(LQ)が、第1領域(S1)より退いて第2領域(S2)に集まるように、第1領域(S1)の表面と第2領域(S2)の表面との少なくとも一方に所定の加工が施されている露光装置(EX)が提供される。

50

【 0 0 1 0 】

本発明の第2の態様によれば、計測部を含むように規定された第1領域とその近傍に規定された第2領域との少なくとも一方に所定の加工が施されているので、その第1の領域と第2の領域とにまたがるようにして液体が残留した場合において、液体は第1領域より退いて第2領域に集まる。したがって、計測部を含む第1領域上に液体が残留することを防止できる。したがって、計測システムの計測部上にウォーターマークが形成されることを防止でき、残留した液体やウォーターマークに起因する計測システムの計測精度の劣化を防止できる。

【 0 0 1 1 】

本発明の第3の態様に従えば、液体(LQ)を介して基板(P)を露光する露光装置において、所定面(51、65A)上に計測部(61)が配置された計測システム(60)と、その所定面(51、65A)上において、計測部(61)を含むように規定された第1領域(S1)と、その所定面(51、65A)上において、第1領域(S1)を含むように、第1領域(S1)よりも大きく規定された第2領域(S2、W1)とを備え、第1領域(S1)と第2領域(S2、W1)とにまたがるようにして残留した液体(LQ)が、第1領域(S1)より退いて第2領域(S2、W1)に集まるように、第1領域(S1)は第2領域(S2、W1)の中心(G'')から外れた位置に規定されている露光装置(EX)が提供される。

10

【 0 0 1 2 】

本発明の第3の態様によれば、液体が第1領域と第2領域とにまたがるように残留しても、液体は第1領域から退いて第2領域に集まるため、計測部を含む第1領域での液体の残留を防止できる。したがって、計測システムの計測部上にウォーターマークが形成されることを防止でき、計測システムの計測精度の劣化を防止できる。

20

【 0 0 1 3 】

本発明の第4の態様に従えば、液体(LQ)を介して基板(P)を露光する露光装置において、所定面(51、65A)上に計測部(61)が配置された計測システム(60)と、所定面(51、65A)上において計測部(61)を含むように規定された第1領域(S1)とを備え、第1領域(S1)に残留した液体(LQ)が、第1領域(S1)より退くように、第1領域(S1)は傾斜している露光装置(EX)が提供される。

【 0 0 1 4 】

本発明の第4の態様によれば、計測部を含むように規定された第1領域を傾斜させることで、第1の領域上に液体が残留した場合でも、その残留した液体を第1領域より退かすことができる。したがって、計測部を含む第1領域上に液体が残留することを防止できる。したがって、計測システムの計測部上にウォーターマークが形成されることを防止でき、残留した液体やウォーターマークに起因する計測システムの計測精度の劣化を防止できる。

30

【 0 0 1 5 】

本発明の第5の態様に従えば、液体(LQ)を介して基板(P)を露光する露光装置において、所定面(51、65A)上に計測部(61)が配置された計測システム(60)と、所定面(51、65A)上において計測部(61)を含むように規定された第1領域(S1)とを備え、第1領域(S1)に残留した液体(LQ)が、第1領域(S1)より退くように、第1領域(S1)上に気体の流れを生成する露光装置(EX)が提供される。

40

【 0 0 1 6 】

本発明の第5の態様によれば、計測部を含むように規定された第1領域上に気体の流れを生成することで、その残留した液体を第1領域より退かすことができる。したがって、計測部を含む第1領域上に液体が残留することを防止できる。したがって、計測システムの計測部上にウォーターマークが形成されることを防止でき、残留した液体やウォーターマークに起因する計測システムの計測精度の劣化を防止できる。

本発明の第6の態様に従えば、液体(LQ)を介して基板(P)を露光する露光装置に

50

において、所定面（５１、６５Ａ）上に計測部（６１）が配置された計測システム（６０）と、所定面（５１、６５Ａ）上で計測部（６１）を含むように規定された第１領域（Ｗ１）と、第１領域（Ｗ２）近傍の第２領域（Ｗ２）とを備え、第２領域（Ｗ２）の表面には撥液性の膜が形成され、第１領域（Ｗ１）の表面には撥液性の膜が形成されていない露光装置（ＥＸ）が提供される。

本発明の第６の態様によれば、計測部上に撥液性の膜が形成されていないので、撥液性の膜の劣化に起因する計測精度の低下を防止することができる。

【００１７】

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。

10

【００１８】

本発明の第７の態様によれば、計測システムの計測精度の劣化を防止した状態で計測処理を行うことができるので、その計測結果に基づいて、デバイスを製造するための露光処理を良好に行うことができる。したがって、所望の性能を有するデバイスを提供することができる。

【発明の効果】

【００１９】

本発明によれば、計測システムの計測精度の劣化を防止し、良好な計測精度を維持した状態で基板を露光することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【００２０】

【図１】本発明の第１の実施形態に係る露光装置を示す概略構成図である。

【図２】基板ステージを上方から見た平面図である。

【図３】スリット板近傍の拡大断面図である。

【図４】第１の実施形態に係るスリット板の平面図である。

【図５】図４のＡ－Ａ断面矢視図である。

【図６】基板を露光する手順の一例を説明するためのフローチャート図である。

【図７Ａ】スリット板上の液体の挙動を模式的に示した断面図である。

【図７Ｂ】スリット板上の液体の挙動を模式的に示した断面図である。

【図８】スリット板上の液体の挙動を模式的に示した平面図である。

30

【図９】第２の実施形態に係るスリット板の平面図である。

【図１０】第３の実施形態に係るスリット板の平面図である。

【図１１】第４の実施形態に係るスリット板の平面図である。

【図１２】第５の実施形態に係るスリット板の平面図である。

【図１３】第６の実施形態に係るスリット板の断面図である。

【図１４】第７の実施形態に係るスリット板の断面図である。

【図１５】第８の実施形態に係るスリット板の断面図である。

【図１６】第９の実施形態に係るスリット板の断面図である。

【図１７】第１０の実施形態に係るスリット板の断面図である。

【図１８】第１１の実施形態に係るスリット板の断面図である。

40

【図１９】第１２の実施形態に係るスリット板の斜視図である。

【図２０】第１３の実施形態に係るスリット板の斜視図である。

【図２１】第１４の実施形態に係るスリット板の斜視図である。

【図２２】第１５の実施形態に係る基板ステージの平面図である。

【図２３】第１６の実施形態に係る基板ステージの平面図である。

【図２４】第１７の実施形態に係る基板ステージの平面図である。

【図２５】第１８の実施形態に係る基板ステージの平面図である。

【図２６】第１９の実施形態に係る基準マークの平面図である。

【図２７】図２６の変形例である。

【図２８】第２０の実施形態に係るスリット板の一例を示す平面図である。

50

【図 29】第 20 の実施形態に係るスリット板の別の例を示す平面図である。

【図 30】第 21 の実施形態に係る基板ステージの平面図である。

【図 31】図 30 の C - C 断面矢視図である。

【図 32】図 31 の基板ステージが傾斜した状態を示す図である。

【図 33】第 21 の実施形態に係るスリット板の別の例を示す平面図である。

【図 34】第 22 の実施形態に係るスリット板の断面図である。

【図 35】第 23 の実施形態に係る露光装置を示す概略構成図である。

【図 36】第 23 の実施形態に係るスリット板の断面図である。

【図 37】第 24 の実施形態に係る露光装置を示す概略構成図である。

【図 38 A】第 25 の実施形態に係る基板ステージの動作を説明する模式図である。

10

【図 38 B】第 25 の実施形態に係る基板ステージの動作を説明する模式図である。

【図 38 C】第 25 の実施形態に係る基板ステージの動作を説明する模式図である。

【図 39】第 26 の実施形態に係る基板ステージの動作を説明する模式図である。

【図 40】第 27 の実施形態に係る基板ステージの動作を説明する模式図である。

【図 41】第 28 の実施形態に係る基板ステージの動作を説明する模式図である。

【図 42】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。

【符号の説明】

【0021】

1...液浸機構、51...上面、60...空間像計測システム、61...第1パターン、65...スリット板、65A...上面、73...受光素子、80...第2パターン、80F...ドット状パターン、80G...格子状パターン、81...ラインパターン、470...ピンホール部、700...気体供給系、701A...気体供給口、800...空調系、825...空調空間、EX...露光装置、LQ...液体、P...基板、PL...投影光学系、PST...基板ステージ、S1...第1領域、S2...第2領域、W1...親液性領域、W2...撥液性領域

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本発明に係る露光装置の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0023】

<第1の実施形態>

30

図1は第1の実施形態に係る露光装置EXを示す概略構成図である。図1において、露光装置EXは、マスクMを支持して移動可能なマスクステージMSTと、基板Pを保持する基板ホルダPHを有し、基板ホルダPHに基板Pを保持して移動可能な基板ステージPSTと、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターンの像を基板ステージPSTに支持されている基板Pに投影する投影光学系PLと、露光装置EX全体の動作を統括制御する制御装置CONTとを備えている。更に露光装置EXは、投影光学系PLの結像特性(光学特性)の計測に用いられる空間像計測システム60を備えている。空間像計測システム60は、投影光学系PLの像面側に配置されたスリット部61を有するスリット板65と、光電変換素子からなる受光素子73と、スリット板65を通過した光を受光素子73に導く光学系74とを備えている。受光素子73は、スリット板65及び光学系74を介して投影光学系PLを通過した光(露光光EL)を受光する。

40

【0024】

本実施形態の露光装置EXは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、投影光学系PLの像面側に液体LQの液浸領域AR2を形成する液浸機構1を備えている。液浸機構1は、投影光学系PLの像面側に液体LQを供給する液体供給機構10と、投影光学系PLの像面側の液体LQを回収する液体回収機構20とを備えている。本実施形態において、液体LQとして純水が用いられる。露光装置EXは、少なくともマスクMのパターン像を基板P上に投影している間、液体供給機構10から供給した液体LQにより投影光学系

50

PLの投影領域AR1を含む基板P上の少なくとも一部に、投影領域AR1よりも大きく且つ基板Pよりも小さい液浸領域AR2を局所的に形成する。具体的には、露光装置EXは、投影光学系PLの像面側先端の光学素子2と基板Pの表面（露光面）との間を液体LQで満たして液浸領域AR2を形成し、この投影光学系PLと基板Pとの間の液体LQ及び投影光学系PLを介してマスクMのパターン像を基板P上に投影することによって、基板Pを露光する。

【0025】

また、投影光学系PLの像面側近傍、具体的には投影光学系PLの像面側先端の光学素子2の近傍には、液浸機構1の一部を構成するノズル部材70が配置されている。ノズル部材70は、基板P（基板ステージPST）の上方において投影光学系PLの先端の周りを囲むように設けられた環状部材である。

10

【0026】

ここで、本実施形態では、露光装置EXとしてマスクMと基板Pとを走査方向（所定方向）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で基板Pを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、水平面内においてマスクMと基板Pとの同期移動方向（走査方向、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（非走査方向）、X軸及びY軸方向に垂直で投影光学系PLの光軸AXと一致する方向をZ軸方向とする。また、X軸、Y軸、及びZ軸まわりの回転（傾斜）方向をそれぞれ、X、Y、及びZ方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハ上にレジストを塗布したものを含み、「マスク」は基板上に縮小投影されるデバイスパターンを形成されたレチクルを含む。

20

【0027】

照明光学系ILは、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明するものであり、露光用光源、露光用光源から射出された光束の照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光ELを集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、露光光ELによるマスクM上の照明領域を設定する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ILにより均一な照度分布の露光光ELで照明される。照明光学系ILから射出される露光光ELとしては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（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）や、ArFエキシマレーザ光（波長193nm）及びF₂レーザ光（波長157nm）等の真空紫外光（VUV光）などが用いられる。本実施形態では、ArFエキシマレーザ光が用いられる。上述したように、本実施形態における液体LQは純水であって、露光光ELがArFエキシマレーザ光であっても透過可能である。また、純水は紫外域の輝線（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）も透過可能である。

30

【0028】

マスクステージMSTは、マスクMを保持して移動可能であって、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方向に微小回転可能である。マスクステージMSTはリニアモータ等を含むマスクステージ駆動機構MSTDにより駆動される。マスクステージ駆動機構MSTDは制御装置CONTにより制御される。マスクステージMST上には移動鏡41が設けられている。また、移動鏡41に対向する位置にはレーザ干渉計42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、及び回転角はレーザ干渉計42によりリアルタイムで計測され、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42の計測結果に基づいてマスクステージ駆動機構MSTDを駆動することでマスクステージMSTに支持されているマスクMの位置決めを行う。

40

【0029】

投影光学系PLは、マスクMのパターンの像を所定の投影倍率で基板Pに投影するものであって、投影光学系PLの像面側の先端に設けられた光学素子2を含む複数の光学素

50

子で構成されており、これら光学素子は鏡筒 P K で支持されている。本実施形態において、投影光学系 P L は、投影倍率が例えば $1/4$ 、 $1/5$ 、あるいは $1/8$ の縮小系である。なお、投影光学系 P L は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、投影光学系 P L は、反射素子を含まない屈折系、屈折素子を含まない反射系、屈折素子と反射素子を含む反射屈折系のいずれであってもよい。また、本実施形態の光学素子 2 は鏡筒 P K より露出しており、液浸領域 A R 2 の液体 L Q は光学素子 2 に接触する。

【 0 0 3 0 】

基板ステージ P S T は、投影光学系 P L の像面側で移動可能であって、基板 P を基板ホルダ P H で保持する Z チルトステージ 5 2 と、Z チルトステージ 5 2 を支持する X Y ステージ 5 3 とを備えている。X Y ステージ 5 3 はベース B P 上に移動可能に支持されている。基板ステージ P S T は基板ステージ駆動機構 P S T D により駆動される。基板ステージ駆動機構 P S T D は、例えばリニアモータ等を含み、X Y ステージ 5 3 をベース B P 上で X 軸方向、Y 軸方向、及び Z 方向に移動する X Y 駆動機構 5 6 と、例えばボイスコイルモータ等を含み、Z チルトステージ 5 2 を Z 軸方向、X 方向、及び Y 方向に移動する Z 駆動機構 5 8 とを備えている。Z 駆動機構 5 8 は 3 つ設けられており（但し、紙面奥側の Z 駆動機構 5 8 は不図示）、Z チルトステージ 5 2 は、3 つの Z 駆動機構 5 8 によって X Y ステージ 5 3 上に 3 点で支持されている。基板ステージ駆動機構 P S T D は制御装置 C O N T により制御される。これにより、Z チルトステージ 5 2 は基板ホルダ P H に保持されている基板 P を Z 軸方向、X 方向、及び Y 方向に移動可能であり、X Y ステージ 5 3 は基板ホルダ P H に保持されている基板 P を Z チルトステージ 5 2 を介して X Y 方向、及び Z 方向に移動可能である。なお、Z チルトステージと X Y ステージとを一体的に設けてよいことは言うまでもない。

【 0 0 3 1 】

Z チルトステージ 5 2（基板ステージ P S T）上には凹部 5 0 が設けられており、基板ホルダ P H は凹部 5 0 に配置されている。そして、Z チルトステージ 5 2 の凹部 5 0 以外の上面 5 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となっている。基板ステージ P S T の上面 5 1 は液体 L Q に対して撥液性を有している。基板 P の周囲に基板 P 表面とほぼ面一の上面 5 1 を設けたので、基板 P の表面の周縁領域を液浸露光するときにおいても、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。なお、液浸領域 A R 2 を保持可能であれば、基板 P の表面と上面 5 1 とに段差があってもよい。

【 0 0 3 2 】

Z チルトステージ 5 2 の側面には移動鏡 4 3 が設けられている。また、移動鏡 4 3 に対向する位置にはレーザ干渉計 4 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 4 4 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T はレーザ干渉計 4 4 の計測結果に基づいて、レーザ干渉計 4 4 で規定される 2 次元座標系内で、基板ステージ駆動機構 P S T D（X Y 駆動機構 5 6）を介して X Y ステージ 5 3 を駆動することで基板ステージ P S T に支持されている基板 P の X 軸方向及び Y 軸方向における位置決めを行う。

【 0 0 3 3 】

また、露光装置 E X は、基板 P 表面の面位置情報を検出するフォーカス検出系 3 0 を有している。フォーカス検出系 3 0 は、投光部 3 1 と受光部 3 2 とを有し、投光部 3 1 から液体 L Q を介して基板 P の表面（露光面）に斜め方向から検出光 L a を投射するとともに、その基板 P からの反射光を液体 L Q を介して受光部 3 2 で受光することによって、基板 P 表面の面位置情報を検出する。制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 3 0 の動作を制御するとともに、受光部 3 2 の受光結果に基づいて、投影光学系 P L の像面に対する基板 P 表面の Z 軸方向における位置（フォーカス位置）を検出する。また、基板 P の表面における複数の各点での各フォーカス位置を求めることにより、フォーカス検出系 3 0 は基板 P 表面の傾斜を求めることもできる。なお、フォーカス検出系 3 0 の構成としては、例えば特開平 8 - 3 7 1 4 9 号公報に開示されているものを用いることができる。なお、液体

LQを介さずに、基板P表面の面位置情報を検出するフォーカス検出系を用いてもよい。

【0034】

制御装置CONTは、基板ステージ駆動機構PSTD（Z駆動機構58）を介して基板ステージPSTのZチルトステージ52を駆動することにより、Zチルトステージ52に保持されている基板PのZ軸方向における位置（フォーカス位置）、及びX、Y方向における位置を制御する。すなわち、Zチルトステージ52は、フォーカス検出系30の検出結果に基づく制御装置CONTからの指令に基づいて動作し、基板Pのフォーカス位置（Z位置）及び傾斜角（X、Y）を制御して、基板Pの表面（露光面）を投影光学系PL及び液体LQを介して形成される像面に合わせ込む。

【0035】

投影光学系PLの先端近傍には、基板P上のアライメントマークあるいはZチルトステージ52上に設けられた基準部材上の第1基準マークを検出する基板アライメント系350が設けられている。なお本実施形態の基板アライメント系350では、例えば特開平4-65603号公報に開示されているような、基板ステージPSTを静止させてマーク上にハロゲンランプからの白色光等の照明光を照射して、得られたマークの画像を撮像素子により所定の撮像視野内で撮像し、画像処理によってマークの位置を計測するFIA（フィールド・イメージ・アライメント）方式が採用されている。

【0036】

また、マスクステージMSTの近傍には、マスクMと投影光学系PLとを介してZチルトステージ52上に設けられた基準部材上の第2基準マークを検出するマスクアライメント系360が設けられている。なお本実施形態のマスクアライメント系360では、例えば特開平7-176468号公報に開示されているような、マークに対して光を照射し、CCDカメラ等で撮像したマークの画像データを画像処理してマーク位置を検出するVRA（ビジュアル・レチクル・アライメント）方式が採用されている。

【0037】

液浸機構1の液体供給機構10は、液体LQを投影光学系PLの像面側に供給するためのものであって、液体LQを送出可能な液体供給部11と、液体供給部11にその一端部を接続する供給管13とを備えている。供給管13の他端部はノズル部材70に接続されている。液体供給部11は、液体LQを収容するタンク、液体LQ中の異物を除去するフィルタユニット、供給する液体LQの温度を調整する温調装置、及び加圧ポンプ等を備えている。なお、液体供給部11は、タンク、フィルタユニット、温調装置、ポンプなどのすべてを備えている必要はなく、露光装置EXが設置される工場などの設備を代用してもよい。

【0038】

また、液体供給部11の供給管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。この流量制御器16を用いた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。

【0039】

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）、回収された液体LQと気体とを分離する気液分離器、及び回収した液体LQを収容するタンク等を備えている。なお、液体回収部21は、真空系、気液分離器、タンクなどのすべてを備えている必要はなく、露光装置EXが設置される工場などの設備を代用してもよい。

【0040】

投影光学系PLを構成する複数の光学素子のうち、液体LQに接する光学素子2の近傍にはノズル部材70が配置されている。ノズル部材70は、基板P（基板ステージPST）の上方において、光学素子2の側面を囲むように設けられた環状部材である。ノズル部

10

20

30

40

50

材 70 と光学素子 2 との間には隙間が設けられており、ノズル部材 70 は光学素子 2 に対して振動的に分離されるように所定の支持機構で支持されている。ノズル部材 70 の下面 70 A は、基板 P の表面（基板ステージ P S T の上面 5 1）と対向している。また、ノズル部材 70 の下面 70 A、及び光学素子 2 の下面 2 A のそれぞれはほぼ平坦面であり、ノズル部材 70 の下面 70 A と光学素子 2 の下面 2 A とはほぼ面一となっている。これにより、所望の範囲内に液浸領域 A R 2 を良好に形成することができる。また、光学素子 2 のうち液浸領域 A R 2 の液体 L Q と接触する液体接触面（下面）2 A、及びノズル部材 70 のうち液浸領域 A R 2 の液体 L Q を接触する液体接触面（下面）70 A は、液体 L Q に対して親液性を有している。

【 0 0 4 1 】

ノズル部材 70 の下面 70 A には、基板 P 上に液体 L Q を供給する液体供給口 1 2 が設けられている。液体供給口 1 2 はノズル部材 70 の下面 70 A に複数設けられている。また、ノズル部材 70 の内部には、供給管 1 3 の他端部と液体供給口 1 2 とを接続する内部流路が形成されている。

【 0 0 4 2 】

更に、ノズル部材 70 の下面 70 A には、基板 P 上の液体 L Q を回収する液体回収口 2 2 が設けられている。本実施形態において、液体回収口 2 2 は、ノズル部材 70 の下面 70 A において、液体供給口 1 2 を囲むように、光学素子 2 の光軸 A X に対して液体供給口 1 2 の外側に設けられている。また、ノズル部材 70 の内部には、回収管 2 3 の他端部と液体回収口 2 2 とを接続する内部流路が形成されている。

【 0 0 4 3 】

液体供給部 1 1 及び液体回収部 2 1 の動作は制御装置 C O N T により制御される。基板 P 上に液体 L Q の液浸領域 A R 2 を形成する際、制御装置 C O N T は、液体供給部 1 1 より液体 L Q を送出し、供給管 1 3、及びノズル部材 70 の内部流路を介して、基板 P の上方に設けられている液体供給口 1 2 より基板 P 上に液体 L Q を供給する。また、基板 P 上の液体 L Q は、液体回収口 2 2 より回収され、ノズル部材 70 の内部流路、及び回収管 2 3 を介して液体回収部 2 1 に回収される。

【 0 0 4 4 】

空間像計測システム 6 0 は、投影光学系 P L の結像特性（光学特性）の計測に用いられるものであって、Zチルトステージ 5 2 に設けられているスリット板 6 5 と、Zチルトステージ 5 2 の内部空間 5 2 K においてスリット板 6 5 に近い位置に配置された第 1 光学素子 6 6 と、第 1 光学素子 6 6 を通過した光の光路を折り曲げるミラー 6 7 と、ミラー 6 7 を介した光が入射する第 2 光学素子 6 8 と、第 2 光学素子 6 8 を通過した光を Zチルトステージ 5 2 外部に送る第 3 光学素子 6 9 と、Zチルトステージ 5 2 外部に設けられ、第 3 光学素子 6 9 からの光の光路を折り曲げるミラー 7 1 と、ミラー 7 1 を通過した光を受ける第 4 光学素子 7 2 と、第 4 光学素子 7 2 を介した光を受光する光電変換素子からなる受光素子（光センサ）7 3 とを備えている。スリット板 6 5 を通過した光を受光素子 7 3 に導く光学系 7 4 は、第 1 光学素子 6 6、ミラー 6 7、第 2 光学素子 6 8、第 3 光学素子 6 9、ミラー 7 1、及び第 4 光学素子 7 2 を含む。受光素子 7 3 には、微弱な光を精度良く検出可能な光電変換素子、例えばフォト・マルチプライヤ・チューブ（P M T、光電子増倍管）等が用いられる。受光素子 7 3 は、スリット板 6 5 及び光学系 7 4 を介して投影光学系 P L を通過した光（露光光 E L）を受光する。受光素子 7 3 からの光電変換信号は、信号処理装置等を介して制御装置 C O N T に送られる。

【 0 0 4 5 】

また、スリット板 6 5 の上面 6 5 A は、基板ステージ P S T に保持された基板 P の表面、及び基板ステージ P S T（Zチルトステージ 5 2）の上面 5 1 とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。

【 0 0 4 6 】

なお、空間像計測システム 6 0 の具体的な構成やその計測動作は、例えば特開 2 0 0 2 - 1 4 0 0 5 号公報や特開 2 0 0 2 - 1 9 8 3 0 3 号公報に開示されているものを用いる

10

20

30

40

50

ことができる。

【 0 0 4 7 】

図 2 は基板 P を保持している基板ステージ P S T (Z チルトステージ 5 2) を上方から見た平面図である。基板ステージ P S T (Z チルトステージ 5 2) 上において、基板 P の外側の所定位置には、上述したような空間像計測システム 6 0 のスリット部 6 1 を有するスリット板 6 5 が設けられている。

【 0 0 4 8 】

また、基板ステージ P S T 上には、基板 P の外側の所定位置に基準部材 3 0 0 が配置されている。基準部材 3 0 0 には、基板アライメント系 3 5 0 により検出される基準マーク P F M と、マスクアライメント系 3 6 0 により検出される基準マーク M F M とが所定の位置関係で設けられている。基準部材 3 0 0 の上面 3 0 0 A はほぼ平坦面となっており、基板ステージ P S T に保持された基板 P 表面、及び基板ステージ P S T (Z チルトステージ 5 2) の上面 5 1 とほぼ同じ高さ (面一) に設けられている。基準部材 3 0 0 の上面 3 0 0 A は、フォーカス検出系 3 0 の基準面として使用することができる。

【 0 0 4 9 】

また、基板ステージ P S T 上には、基板 P の外側の所定位置に、例えば特開昭 5 7 - 1 1 7 2 3 8 号公報に開示されているような照度ムラセンサ 4 0 0 の一部を構成する上板 4 0 1 が配置されている。上板 4 0 1 の上面 4 0 1 A はほぼ平坦面となっており、基板ステージ P S T に保持された基板 P の表面、及び基板ステージ P S T の上面 5 1 とほぼ同じ高さ (面一) に設けられている。上板 4 0 1 の上面 4 0 1 A には、光を通過可能なピンホール部 4 7 0 が設けられている。上面 4 0 1 A のうち、ピンホール部 4 7 0 以外はクロムなどの遮光膜で覆われている。すなわち、ピンホール部 4 7 0 は遮光膜上に形成された凹部である。

【 0 0 5 0 】

また、基板ステージ P S T 上には、基板 P の外側の所定位置に、例えば特開平 1 1 - 1 6 8 1 6 号公報に開示されているような、照射量センサ (照度センサ) 6 0 0 の一部を構成する上板 6 0 1 が配置されている。上板 6 0 1 の上面 6 0 1 A もほぼ平坦面となっており、基板ステージ P S T に保持された基板 P の表面、及び基板ステージ P S T の上面 5 1 とほぼ同じ高さ (面一) に設けられている。そして、この上板 6 0 1 の所定領域も光を受光 (通過) 可能に設けられている。

【 0 0 5 1 】

なお、特開昭 6 2 - 1 8 3 5 2 2 号公報に開示されているような、投影光学系 P L に入射する反射光量の計測に用いられる反射面を基板ステージ P S T に配置してもよい。

【 0 0 5 2 】

次に、図 3、図 4、及び図 5 を参照しながら、空間像計測システム 6 0 のスリット板 6 5 の一例について説明する。図 3 はスリット板 6 5 近傍の拡大断面図、図 4 はスリット板 6 5 の平面図、図 5 は図 4 の A - A 断面矢視図である。

【 0 0 5 3 】

図 3、図 4、及び図 5 において、スリット板 6 5 は、平面視長形状のガラス板部材 6 4 の上面中央に設けられたクロム等からなる遮光膜 6 2 と、その遮光膜 6 2 の周囲、すなわちガラス板部材 6 4 の上面のうち遮光膜 6 2 以外の部分に設けられたアルミニウム等からなる反射膜 6 3 と、遮光膜 6 2 の一部に形成された開口パターンであるスリット部 6 1 とを備えている。スリット部 6 1 においては透明部材であるガラス板部材 6 4 が露出しており、光はスリット部 6 1 を透過可能である。また、スリット部 6 1 は、遮光膜 6 2 の一部に凹部を形成している。ガラス板部材 6 4 の形成材料としては、A r F エキシマレーザ光あるいは K r F エキシマレーザ光に対する透過性の良い合成石英あるいは螢石などが用いられる。スリット部 6 1 は、遮光膜 6 2 を例えばエッチング処理することで形成可能である。

【 0 0 5 4 】

図 3 に示すように、Z チルトステージ 5 2 の上面 5 1 の一部には開口部 5 1 K が形成さ

10

20

30

40

50

れており、スリット板 65 は開口部 51K に嵌め込まれている。また、Zチルトステージ 52 の内部には、開口部 51K に接続する内部空間 52K が形成されており、空間像計測システム 60 の光学系 74 の一部は内部空間 52K に配置されている。光学系 74 の一部を構成する第 1 光学素子 66 は、Zチルトステージ 52 の内部空間 52K においてスリット部 61 の下方にガラス板部材 64 と一体的に配置されている。したがって、投影光学系 PL の開口数 NA が 1 以上の場合であっても、投影光学系 PL からの光を、気体部分を通過することなしに、液体 LQ、スリット部 61、及びガラス板部材 64 を介して第 1 光学素子 66 に入射させることができる。

【0055】

図 4 に示すように、本実施形態において、遮光膜 62 の一部に形成されたスリット部 61 は、Y 軸方向を長手方向とする矩形状（長方形状）のラインパターンであって、所定幅 H1 を有し、所定長さ L1 を有している。以下の説明においては、Y 軸方向に延びるラインパターンを形成しているスリット部 61 を適宜、「第 1 パターン 61」と称する。なお、第 1 パターンの数、形状、大きさなどは、本実施形態のようなラインパターンに限られず、空間像計測システム 60 による計測内容に応じて適宜変更することができる。

10

【0056】

ここで、本実施形態においては、スリット板 65 の上面 65A は、遮光膜 62 の上面及び反射膜 63 の上面を含むものとする。したがって、遮光膜 62 の上面と、反射膜 63 の上面と、基板ステージ PST の上面 51 とがほぼ面一となっており、空間像計測システム 60 を構成する第 1 パターン（スリット部）61 は、基板ステージ PST の上面 51 及びスリット板 65 の上面 65A を含む所定面内に形成された構成となっている。

20

【0057】

スリット板 65 の上面 65A 上において、第 1 パターン 61 を含む第 1 領域 S1 の近傍に規定された第 2 領域 S2 には、X 軸方向に延び、Y 軸方向に並んで配置された複数のラインパターン 81 が形成されている。本実施形態においては、ラインパターン 81 は 4 つであるが、4 つ以外の任意の複数であってもよい。

【0058】

図 5 に示すように、ラインパターン 81 は、第 1 パターン 61 同様、遮光膜 62 に形成された凹部である。ラインパターン 81 も、第 1 パターン 61 同様、遮光膜 62 を例えばエッチング処理することで形成可能である。本実施形態においては、第 1 パターン 61 の深さ D1 と、ラインパターン 81 の深さ D2 とはほぼ同じである。

30

【0059】

図 4 に示すように、ラインパターン 81 のそれぞれは、X 軸方向を長手方向とする矩形状（長方形状）のラインパターンであって、所定幅 H2 を有し、所定長さ L2 を有している。以下の説明においては、Y 軸方向に並んで配置された複数のラインパターン 81 を合わせて適宜、「第 2 パターン 80」と称する。

【0060】

本実施形態において、複数のラインパターン 81 のそれぞれは同じ幅 H2 及び同じ長さ L2 を有している。また、ラインパターン 81 どうしのそれぞれの間隔もほぼ同じであり、本実施形態では、ラインパターン 81 どうしの間隔も H2 となっている。また、ラインパターン 81 の幅 H2 と第 1 パターン 61 の幅 H1 ともほぼ同じとなっている（ $H1 = H2$ ）。一方、第 2 パターン 80 を構成するラインパターン 81 の長さ L2 は、第 1 パターン 61 の長さ L1 よりも長くなっている。

40

【0061】

更には、第 1 パターン 61 の延長線と第 2 パターン 80（ラインパターン 81）とが交差する位置 c1 と、ラインパターン 81 の一端部 c2 との距離 L2a は、第 1 パターン 61 の長さ L1 よりも長くなっている（ $L2a > L1$ ）。また、その位置 c1 とラインパターン 81 の他端部 c3 との距離 L2b も、第 1 パターン 61 の長さ L1 よりも長くなっている（ $L2b > L1$ ）。なお、本実施形態では、第 1 パターン 61 の延長線とラインパターン 81 の中央とが交差するように設けられているため、距離 L2a と距離 L2b とはほ

50

ば同じである。すなわち、本実施形態においては、 $L2a = L2b = L1$ となっている。

【0062】

本実施形態において、第1パターン61と第2パターン80とは所定距離だけ離れて設けられている。また、スリット板65の上面65A上において、第1パターン61と第2パターン80とで形成される図形の重心の位置(図4中、符号G参照)が、第1パターン61の外側に設けられるように、第1パターン61と第2パターン80とのそれぞれが所定の位置関係で形成されている。

【0063】

次に、上述した構成を有する露光装置EXを用いて基板Pを露光する手順について図6のフローチャート図を参照しながら説明する。

10

【0064】

基板Pを露光する前に、まず、空間像計測システム60を使って投影光学系PLの結像特性を計測する処理が行われる。制御装置CONTは、空間像計測システム60を使った計測処理の開始を指令する(ステップSA1)。空間像計測システム60を使って計測処理を行うに際し、マスクステージMSTには、空間像計測用パターンが形成された計測用マスクが保持される。また、基板ステージPST(基板ホルダPH)上には、デバイスを形成するための基板Pが予め保持(ロード)されている。

【0065】

制御装置CONTは、液浸機構1を使って、投影光学系PLとスリット板65との間に液体LQの液浸領域AR2を形成する(ステップSA2)。液浸機構1は、第1パターン(スリット部)61が液体LQで覆われるようにスリット板65上に液浸領域AR2を形成する。

20

【0066】

制御装置CONTは、照明光学系ILより露光光ELを射出する。露光光ELは、計測用マスク、投影光学系PL、及び液浸領域AR2の液体LQを通過した後、スリット板65に照射される(ステップSA3)。スリット板65の第1パターン61を通過した光は、光学系74のうち第1光学素子66に入射する。

【0067】

投影光学系PLとスリット板65との間の液浸領域AR2の液体LQによって投影光学系の開口数NAが向上するため、投影光学系PLの開口数NAに応じて、空間像計測システム60の第1光学素子66の開口数NAも向上させないと、第1光学素子66は、投影光学系PLを通過した光を良好に(全て)取り込むことができない可能性があり、光を良好に受光できなくなる。そこで、本実施形態においては、スリット板65の第1パターン61を通過した光が、気体空間を通過しないように第1光学素子66を配置しているため、第1光学素子66は投影光学系PLを介した光を良好に取り込むことができる。

30

【0068】

第1光学素子66で集光された光は、この第1光学素子66を含む光学系74によって受光素子73に導かれる。このように、空間像計測システム60の受光素子73は、投影光学系PL、液浸領域AR2の液体LQ、及び第1パターン61を介して露光光ELを受光する。受光素子73は、受光量に応じた光電変換信号(光量信号)を信号処理装置を介して制御装置CONTに出力する。制御装置CONTは、受光素子73の受光結果に基づいて所定の演算処理を行い、投影光学系PL及び液体LQを介した結像特性を求める(ステップSA4)。

40

【0069】

第1パターン61を覆うようにスリット板65上に液浸領域AR2を形成した状態での空間像計測システム60による計測処理が完了した後、制御装置CONTは、基板ステージPSTをXY方向に移動し、投影光学系PLの像面側に形成されている液体LQの液浸領域AR2をスリット板65上より移動し、例えば照度ムラセンサ400の上板401上に移動する。そして、制御装置CONTは、投影光学系PL及び液浸領域AR2の液体LQを介して上板401に露光光ELを照射し、照度ムラセンサ400を使って投影領域A

50

R 1における露光光E Lの照度ムラを求める。また、照度ムラセンサ4 0 0による計測処理が完了した後、制御装置C O N Tは、基板ステージP S TをX Y方向に移動し、投影光学系P Lの像面側に形成されている液体L Qの液浸領域A R 2を、例えば照射量センサ6 0 0の上板6 0 1上に移動する。そして、制御装置C O N Tは、投影光学系P L及び液浸領域A R 2の液体L Qを介して上板6 0 1に露光光E Lを照射し、照射量センサ6 0 0を使って露光光E Lの照度を求める。また、照射量センサ6 0 0による計測処理が完了した後、制御装置C O N Tは、基板ステージP S TをX Y方向に移動し、投影光学系P Lの像面側に形成されている液体L Qの液浸領域A R 2を、例えば基準部材3 0 0上に移動する。そして、制御装置C O N Tは、マスクアライメント系3 6 0を使って、投影光学系P L及び液浸領域A R 2の液体L Qを介して基準マークM F Mを計測する。また、制御装置C O N Tは、基板アライメント系3 5 0を使って基準マークP F Mを計測し、基板アライメント系3 5 0の検出基準位置とパターン像の投影位置との位置関係（ベースライン量）を、基板Pを露光する前に予め求めておく。

10

【0 0 7 0】

なおここでは、空間像計測システム6 0のスリット板6 5上、照度ムラセンサ4 0 0の上板4 0 1上、照射量センサ6 0 0の上板6 0 1上、及び基準部材3 0 0上の順に液体L Qの液浸領域A R 2を移動して計測処理を順次行うように説明したが、計測する順序は上述の順序に限られず、任意に設定可能である。また、空間像計測システム6 0、照度ムラセンサ4 0 0、照射量センサ6 0 0、基準部材3 0 0の一部のみの計測動作を行うこともできるし、一部の計測動作を液体L Qの液浸領域A R 2を形成せずに実行してもよい。

20

【0 0 7 1】

そして、制御装置C O N Tは、空間像計測システム6 0を使った計測処理や、照度ムラセンサ4 0 0、照射量センサ6 0 0を使った計測処理に基づいて、投影光学系P Lの結像特性の調整処理（キャリブレーション処理）などを行う（ステップS A 5）。

【0 0 7 2】

制御装置C O N Tは、基板Pの露光処理を行うために、基板ステージP S TをX Y方向に移動し、投影光学系P Lの像面側に形成されている液体L Qの液浸領域A R 2を基板P上に移動する。デバイス製造のために基板Pを露光するときには、当然のことながら、マスクステージM S Tにはデバイスを形成するためのマスクMが保持される。そして、制御装置C O N Tは、照明光学系I Lより露光光E Lを射出し、マスクMを露光光E Lで照明し、投影光学系P Lと基板P上に形成された液浸領域A R 2の液体L Qとを介して基板P上にマスクMのパターン像を投影する（ステップS A 6）。

30

【0 0 7 3】

なおここでは、投影光学系P Lの像面側に液浸領域A R 2を形成した状態で基板ステージP S TをX Y方向に移動することで、スリット板6 5、上板4 0 1、6 0 1、基準部材3 0 0、及び基板Pのそれぞれを含む基板ステージP S T上の任意の位置に液体L Qの液浸領域A R 2を移動しているが、基板ステージP S T上において液浸領域A R 2の位置を変えるときには、例えば第1の位置に形成されている液浸領域A R 2の液体L Qを液体回収機構2 0を使って回収した後、基板ステージP S Tを移動し、第1の位置とは異なる第2の位置に液浸領域A R 2を形成するために、液浸機構1による液体L Qの供給及び回収動作を再開するようにしてもよい。具体的には、例えば液体L Qを介した空間像計測システム6 0による計測処理が完了した後、制御装置C O N Tは、液浸機構1（液体回収機構2 0）を使ってスリット板6 5上の液体L Qを回収する。そして、基板Pを液浸露光するときには、制御装置C O N Tは、基板ステージP S TをX Y方向に移動して投影光学系P Lと基板Pとを対向させ、その状態で液浸機構1による液体L Qの供給及び回収動作を再開し、投影光学系P Lと基板Pとの間に液体L Qの液浸領域A R 2を形成してから、基板Pを露光するようにしてもよい。

40

【0 0 7 4】

ところで、空間像計測システム6 0による計測処理が完了した後、液浸機構1（液体回収機構2 0）を使って第1パターン6 1（スリット板6 5）上の液体L Qの回収動作を行

50

ったにもかかわらず、あるいは基板ステージ P S T を X Y 方向に移動してスリット板 6 5 上より液浸領域 A R 2 の液体 L Q を他の位置に移動させたにもかかわらず、第 1 パターン 6 1 上に液体 L Q が残留する可能性がある。第 1 パターン 6 1 上に残留した液体 L Q を放置しておく、その液体 L Q が気化して第 1 パターン 6 1 上にウォーターマークが形成され、次の計測処理のときに露光光 E L は第 1 パターン 6 1 を良好に通過できず、計測精度の劣化を招くおそれがある。本実施形態においては、第 1 パターン 6 1 を含む第 1 領域 S 1 の近傍に規定された第 2 領域 S 2 には、残留した液体 L Q を第 1 領域 S 1 より退かして第 2 領域 S 2 に集めるように第 2 パターン 8 0 が形成されているので、第 1 領域 S 1 の第 1 パターン 6 1 上から液体 L Q を退かすことができる。このことについて、図 7 A 及び図 7 B を参照しながら説明する。

10

【 0 0 7 5 】

図 7 A は、空間像計測システム 6 0 を使った計測処理が完了し、スリット板 6 5 上の液体 L Q の除去動作を行った後、そのスリット板 6 5 上に液体 L Q が残留している様子を模式的に示した断面図である。図 7 A において、液体 L Q は、第 1 パターン 6 1 を有する第 1 領域 S 1 と、第 2 パターン 8 0 を有する第 2 領域 S 2 とにまたがるようにして残留している。すなわち、この状態においては、液体 L Q は第 1 領域 S 1 の第 1 パターン 6 1 上と、第 2 領域 S 2 の第 2 パターン 8 0 上とに連続するように残留している。そして、時間経過に伴って液体 L Q が乾燥し、液体 L Q の体積が減少すると、スリット板 6 5 上の液体 L Q の稜線の + Y 側の端部 L G 1、及び - Y 側の端部 L G 2 のそれぞれは、液体 L Q の中央側に向かって移動する（矢印 y 1、y 2 参照）。稜線の移動中においても、第 1 領域 S 1 の表面の液体 L Q との接触角 θ_1 、及び第 2 領域 S 2 の液体 L Q との接触角 θ_2 は維持される。図 7 A においては、液体 L Q は第 1 領域 S 1 において第 1 パターン 6 1 の底部（すなわちガラス板部材 6 4）と接触しており、稜線の移動中において、ガラス板部材 6 4 の液体 L Q との接触角 θ_1 は維持される。同様に、液体 L Q は第 2 領域 S 2 において遮光膜 6 2 と接触しており、稜線の移動中において、遮光膜 6 2 の液体 L Q との接触角 θ_2 は維持される。なお本実施形態においては、第 1 領域 S 1 と液体 L Q との親和性（すなわち接触角 θ_1 ）と、第 2 領域 S 2 と液体 L Q との親和性（すなわち接触角 θ_2 ）とはほぼ同じである。

20

【 0 0 7 6 】

図 7 B は、図 7 A に示す状態から所定時間経過後の液体 L Q の状態を模式的に示した断面図である。スリット板 6 5 上の液体 L Q の稜線の移動に伴って、やがて、図 7 B に示すように、液体 L Q の端部 L G 2 が第 2 パターン 8 0 のラインパターン 8 1 の内側に入り込む。ラインパターン 8 1 の内側に入り込んだ状態においても、ラインパターン 8 1 の内側面を形成する遮光膜 6 2 の液体 L Q との接触角 θ_2 が維持されようとするため、図 7 B の符号 J で示すように、ラインパターン 8 1 の内側に入り込んだ液体 L Q の端部 L G 2 の稜線が凹むように変形する。すると、液体 L Q には、ラインパターン 8 1 の内側面に接触したまま、液体 L Q の表面張力によって、凹んだ領域 J を元に戻そうとする力（膨らませようとする力）、すなわち液体 L Q の形状を維持しようとする力が発生する。この力により、第 1 パターン 6 1 に接触している液体 L Q の端部 L G 1 がラインパターン 8 1（第 2 パターン 8 0）側に移動する現象が生じる（矢印 y 3 参照）。このように、スリット板 6 5 の上面 6 5 A に凹部からなる第 2 パターン 8 0 を設けておくことで、第 2 領域 S 2 の液体 L Q は動きにくくなり、第 2 パターン 8 0 を有する第 2 領域 S 2 は液体 L Q に対する親和性を向上されたように振る舞い、液体 L Q を保持する能力が増す。

30

40

【 0 0 7 7 】

また、液体 L Q の端部 L G 2 が、図 7 B 中、例えば最も - Y 側のラインパターン 8 1 D から、その + Y 側の隣のラインパターン 8 1 C に移動した場合であっても、上述した現象が同様に生じる。したがって、液体 L Q のうち第 2 領域 S 2 に配置されている端部 L G 2 が液体 L Q の中央側（第 1 領域 S 1 側）に向かって移動する速度は、液体 L Q のうち第 1 領域 S 1 に配置されている端部 L G 1 が液体 L Q の中央側（第 2 領域 S 2 側）に向かって移動する速度よりも遅くなる。そして、本実施形態のように、Y 軸方向を長手方向とする

50

ラインパターンからなる第1パターン61の近傍に、X軸方向を長手方向とするラインパターン81をY軸方向に関して並べて設け、上記現象を繰り返し生じさせることで、第1パターン61上に配置されている液体LQを、第1パターン61を含む第1領域S1より素早く退かし、第2領域S2に集めることができる。

【0078】

図8は、図7Bに示す状態から更に所定時間経過後の液体LQの状態を模式的に示した平面図である。上述したように、Y軸方向を長手方向とするラインパターンからなる第1パターン61の近傍に、X軸方向を長手方向とするラインパターン81をY軸方向に関して並べて設けたため、液体LQの第2領域S2に配置されている-Y側の端部LG2が液体LQの中央側(第1領域S1側)に向かって移動する速度 v_2 は、液体LQの稜線のうち第1領域S1に配置されている+Y側の端部LG1が液体LQの中央側(第2領域S2側)に向かって移動する速度 v_1 よりも十分に遅くなる。このように、第2領域S2に第2パターン80を形成したことにより、第1領域S1と第2領域S2とにまたがるようにして残留した液体LQは、第1パターン61を含む第1領域S1より退いて第2領域S2に集まる。

10

【0079】

第2領域S2に集められた液体LQが気化することにより、第2領域S2にウォーターマークが形成される可能性があるが、第2領域S2は、空間像計測システム60の計測に使用されないため、第2領域S2にウォーターマークが形成されても問題にならない。もちろん、第2領域S2に集めた(凝集させた)液体LQを、そのまま放置せずに、液体回収機構20を使って回収してもよい。

20

【0080】

以上説明したように、空間像計測システム60を構成する第1パターン61を含む第1領域S1とその近傍に規定された第2領域S2とにまたがるようにして液体LQが残留した場合において、第2領域S2に形成されている第2パターン80によって、液体LQは第1領域S1より退いて第2領域S2に集まる。したがって、第1パターン61を含む第1領域S1上に液体LQが残留することを防止できる。したがって、空間像計測システム60の第1パターン61上にウォーターマークが形成されることを防止でき、残留した液体LQやウォーターマークに起因する空間像計測システム60の計測精度の劣化を防止できる。

30

【0081】

第1領域S1での液体LQの残留を防止するために、第1領域S1を例えばフッ素系樹脂等の撥液性材料を使って表面処理(撥液化処理)することもできる。ところが、そのような撥液性材料においては、紫外光である露光光ELの照射によりその撥液性が経時的に劣化する可能性が高い。すなわち、第1領域S1又は第2領域S2を表面処理することによって、第1領域S1に残留した液体LQをその第1領域S1より退かそうとする構成では、液体LQを退かす能力が経時的に劣化する。本実施形態においては、凹部からなる第2パターン80によって、すなわち、第2領域S2に形成した物理的な形状を使って液体LQを第1領域S1より退かす構成であるため、液体LQを退かす能力は経時的に劣化せず、第1パターン61を含む第1領域S1から液体LQを円滑に退かすことができる。

40

【0082】

また、図4を参照して説明したように、スリット板65の上面65A上において、第1パターン61と第2パターン80とで形成される図形の重心の位置Gは、第1パターン61よりも外側にあるので、第2パターン80は、第1領域S1と第2領域S2とにまたがるようにして残留した液体LQを第1パターン61より退かして第1パターン61の外側により確実に集めることができる。

【0083】

また、第2パターン80を形成するラインパターン81の長さ L_2 は、第1パターン61の長さ L_1 よりも長く、第1パターン61の延長線とラインパターン81との位置 c_1 とラインパターン81の両端部 c_2 、 c_3 のそれぞれとの距離 L_2a 、 L_2b も第1パタ

50

ーン61の長さ L_1 よりも長いため、第1パターン61上に残留した液体 LQ をより確実に第2領域 S_2 に引き込むことができる。すなわち、図8に示すように、液体 LQ の稜線が第2領域 S_2 の位置 G に向かって移動するときの移動成分としては、第1パターン61に沿ってほぼ X 軸方向に移動する成分 y_4 と、第2パターン80(ラインパターン81)に沿ってほぼ Y 軸方向に移動する成分 y_5 、 y_6 とがある。仮に、第2パターン80を形成するラインパターン81の長さ L_{2a} 、 L_{2b} が、第1パターン61の長さ L_1 よりも短いと、第1パターン61に沿って Y 軸方向に移動する液体 LQ の稜線の $+Y$ 側の端部 LG_1 が第1パターン61より外側に出て第2領域 S_2 に配置される前に、第2パターン80(ラインパターン81)に沿って X 軸方向に移動する液体 LQ の稜線の $+X$ 側の端部 LG_3 及び $-X$ 側の端部 LG_4 の移動が止まる現象が生じやすくなる。すると、端部 LG_3 、 LG_4 の移動の停止に伴って、端部 LG_1 の移動も停止する可能性が高くなるため、第1パターン61上から液体 LQ を完全に退かすことができなくなるおそれがある。本実施形態においては、第1パターン61の延長線とラインパターン81との位置 c_1 とラインパターン81の両端部 c_2 、 c_3 のそれぞれとの距離 L_{2a} 、 L_{2b} を第1パターン61の長さ L_1 よりも長くしたので、液体 LQ が第1パターン61上から退くまで、端部 LG_1 、 LG_3 、 LG_4 の移動を持続することができ、第1パターン61上に残留した液体 LQ をより確実に第2領域 S_2 に引き込むことができる。

【0084】

<第2の実施形態>

次に、第2の実施形態について図9を参照しながら説明する。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、その説明を簡略もしくは省略する。

【0085】

図9において、第1パターン61の延長線と第2パターン80(ラインパターン81)とが交差する位置 c_1 と、ラインパターン81の一端部 c_2 との距離 L_{2a} は、第1パターン61の長さ L_1 よりも長くなっている。また、その位置 c_1 とラインパターン81の他端部 c_3 との距離 L_{2b} も、第1パターン61の長さ L_1 よりも長くなっている。そして、位置 c_1 とラインパターン81の一端部 c_2 との距離 L_{2a} は、位置 c_1 とラインパターン81の他端部 c_3 との距離 L_{2b} よりも長くなっている。すなわち、本実施形態においては、 $L_{2a} > L_{2b} > L_1$ となっている。これにより、第1パターン61と第2パターン80とで形成される図形の重心の位置 G' は、第1パターン61よりも外側であって、且つ第1パターン61の延長線とは離れた位置に設けられる。このような構成とすることで、第2パターン80は、第1領域 S_1 と第2領域 S_2 とにまたがるようにして残留した液体 LQ を第1パターン61より退かして、第1パターン61の外側であって、且つ第1パターン61の延長線とは離れた位置に集めることができる。したがって、第2領域 S_2 に集められた後の液体 LQ が、仮に拡散する状況が生じた場合でも、その拡散した液体 LQ が第1パターン61上に再び配置される可能性を低減することができる。

【0086】

<第3の実施形態>

次に、第3の実施形態について図10を参照しながら説明する。図10において、第1パターン61の $-Y$ 側の一端部と、第2パターン80のうち最も $+Y$ 側に配置されたラインパターン81の中央部とが接続している。そして、第1パターン61の端部と第2パターン80とが接続する接続位置と、第2パターン80の端部との距離は、第1パターン61よりも長くなっている。このような構成とすることによっても、第2パターン80によって、第1領域 S_1 と第2領域 S_2 とにまたがるようにして残留した液体 LQ を、第1領域 S_1 より退けて第2領域 S_2 に集めることができる。

【0087】

<第4の実施形態>

次に、第4の実施形態について図11を参照しながら説明する。図11において、第2パターン80を構成する複数のラインパターン81A~81Dのそれぞれの幅は互いに異

10

20

30

40

50

なっている。具体的には、Y軸方向に並んだ複数のラインパターン81A～81Dのうち、第1パターン61に最も近くに形成されている（最も+Y側に形成されている）ラインパターン81Aの幅が最も狭く、-Y側に向かうにつれて漸次太くなっている。そして、本実施形態においては、第1パターン61の幅とラインパターン81Bの幅とが同じになっている。このように、第2パターン80を構成するラインパターン81の幅が、第1パターン61の幅と異なっていたり、複数のラインパターン81のそれぞれの幅が互いに異なっている構成であっても、第2パターン80によって、第1領域S1と第2領域S2とにまたがるようにして残留した液体LQを、第1領域S1より退けて第2領域S2に集めることができる。

【0088】

<第5の実施形態>

次に、第5の実施形態について図12を参照しながら説明する。図12において、第2パターン80を構成する複数のラインパターン81A～81Dのそれぞれは、Y軸に関して互いに異なる角度で形成されている。具体的には、Y軸方向に並んだ複数のラインパターン81A～81Dのうち、第1パターン61に最も近くに形成されている（最も+Y側に形成されている）ラインパターン81AがY軸方向とほぼ平行に形成されており、-Y側に向かうにつれてY軸方向との角度が漸次大きくなっている。このような構成とすることによっても、第2パターン80によって、第1領域S1と第2領域S2とにまたがるようにして残留した液体LQを、第1領域S1より退けて第2領域S2に集めることができる。

【0089】

<第6の実施形態>

次に、第6の実施形態について図13を参照しながら説明する。図13において、第1パターン61の深さD1と、第2パターン80を構成するラインパターン81の深さD2とは互いに異なっている。具体的には、第1パターン61は第2パターン80のラインパターン81よりも深く形成されている（ $D1 > D2$ ）。第1パターン61は遮光膜62をエッチング処理して完全に除去することで形成され、その第1パターン61においてはガラス板部材64が露出しているが、第2パターン80（ラインパターン81）は、ソフトエッチングにより遮光膜62を完全に除去せず一部残すことで、第1パターン61の深さD1よりも浅く形成されている。そして、第2パターン80（ラインパターン81）においては、ガラス板部材64は露出しておらず、クロムからなる遮光膜62で被覆されている。このような構成とすることにより、スリット板65に露光光ELが照射されたとき、露光光ELは第1パターン61を通過するが、第2パターン80（ラインパターン81）を通過しない。したがって、第2パターン80を通過した露光光ELが第1光学素子66に入射して、空間像計測システム60の計測精度が劣化するといった不都合を防止することができる。

【0090】

一方、上述した第1～第5の実施形態などでは、第2パターン80（ラインパターン81）においてもガラス板部材64が露出している。そのため、スリット板65に露光光ELが照射されたとき、露光光ELは第1パターン61に加えて、第2パターン80（ラインパターン81）も通過するおそれがあるが、第1パターン61に露光光ELを照射したとき、露光光ELが第2パターン80を通過しないように、且つ第2パターン80が第1領域S1と第2領域S2とにまたがるようにして残留した液体LQを、第1領域S1より退けて第2領域S2に集めることができるように、第1パターン61と第2パターン80とを所定の位置関係で形成することで、上記不都合を防止できる。

【0091】

<第7の実施形態>

次に、第7の実施形態について図14を参照しながら説明する。図14において、第1パターン61の深さD1と、第2パターン80を構成するラインパターン81の深さD2とは互いに異なっており、第2パターン80のラインパターン81は第1パターン61よ

10

20

30

40

50

りも深く形成されている ($D2 > D1$)。本実施形態においては、第2パターン80 (ラインパターン81) に対応するガラス板部材64の一部がエッチングされている。このように、第1領域S1の表面に形成された凹部からなる第1パターン61に対して、第2領域S2の表面に第1パターン61よりも深い凹部からなる第2パターン80 (ラインパターン81) を設けることで、第2領域S2においては液体LQを保持する能力が更に増すため、第1領域S1と第2領域S2とにまたがるようにして残留した液体LQを、より円滑に第1領域S1より退かして第2領域S2に集めることができる。

【0092】

< 第8の実施形態 >

次に、第8の実施形態について図15を参照しながら説明する。図15において、第1パターン61を構成する凹部には、例えばSiO₂等の所定材料61'が配置されている。そして、凹部61に配置された所定材料61'の上面と、遮光膜62の上面とはほぼ面一となっている。すなわち、露光光ELが通過する第1パターン61を含む第1領域S1には段差(凹部)が形成されていない。こうすることにより、第1領域S1に液体LQが残留する不都合をより確実に防止することができる。

10

【0093】

< 第9の実施形態 >

次に、第9の実施形態について図16を参照しながら説明する。図16において、ラインパターン81の断面形状は、上側(遮光膜62の上面側)から下側(ガラス板部材64側)に向かって漸次広がるようにテーパ形状に形成されている。こうすることにより、ラインパターン81を有する第2領域S2においては液体LQを保持する能力が更に増すため、第1領域S1と第2領域S2とにまたがるようにして残留した液体LQを、より円滑に第1領域S1より退かして第2領域S2に集めることができる。

20

【0094】

< 第10の実施形態 >

次に、第10の実施形態について図17を参照しながら説明する。図17において、凹部からなるラインパターン81を含む第2領域S2の表面が、第1領域S1の表面よりも粗くなっている。第2領域S2の表面を粗くするために、本実施形態においては、第2領域S2に対してサンドブラスト加工が施されている。こうすることによっても、第2領域S2においては液体LQを保持する能力が更に増すため、第1領域S1と第2領域S2とにまたがるようにして残留した液体LQを、より円滑に第1領域S1より退かして第2領域S2に集めることができる。

30

【0095】

< 第11の実施形態 >

次に、第11の実施形態について図18を参照しながら説明する。図18において、第1パターン61を含む第1領域S1を形成する遮光膜62と、第2パターン80を含む第2領域S2を形成する遮光膜62'とは、互いに異なる材料によって形成されている。そして、遮光膜62'を形成する材料は、遮光膜62を形成する材料よりも液体LQに対して親液性を有している。これにより、凹部であるラインパターン81の内壁面を含む第2領域S2の表面は、凹部である第1パターン61の内壁面を含む第1領域S2の表面よりも液体LQに対して親液性となっている。こうすることにより、第2領域S2においては液体LQを保持する能力が更に増すため、第1領域S1と第2領域S2とにまたがるようにして残留した液体LQを、より円滑に第1領域S1より退かして第2領域S2に集めることができる。なお、第1~第10の実施形態のように、第1領域S1及び第2領域S2のそれぞれに遮光膜62を設け、その遮光膜62のうち第2領域S2に対応する領域の表面に、遮光膜62よりも親液性を有する親液性材料をコーティングすることで、第2領域S2の表面を第1領域の表面よりも液体LQに対して親液性にすることもできる。逆に、遮光膜62のうち第1領域S1に対応する領域の表面に、遮光膜62よりも撥液性を有する撥液性材料をコーティングするようによい。

40

【0096】

50

< 第 1 2 の実施形態 >

次に、第 1 2 の実施形態について図 1 9 を参照しながら説明する。図 1 9 において、第 2 パターン 8 0 E を構成するラインパターン 8 1 E は、スリット板 6 5 の上面 6 5 A よりも上方に突出した凸部により構成されている。本実施形態においては、スリット板 6 5 の上面 6 5 A (遮光膜 6 2 の上面) 上に SiO_2 からなる凸部が設けられている。このような構成とすることによっても、第 1 領域 S 1 と第 2 領域 S 2 とにまたがるようにして残留した液体 L Q を、第 1 領域 S 1 より退かして第 2 領域 S 2 に集めることができる。もちろん、第 2 パターン 8 0 としては、凸部と凹部とのそれぞれを含む構成であってもよい。

【 0 0 9 7 】

< 第 1 3 の実施形態 >

次に、第 1 3 の実施形態について図 2 0 を参照しながら説明する。図 2 0 において、第 2 パターン 8 0 F は、平面視略円形状の小さい凸部 8 1 F を複数並べたドット状パターンによって構成されている。このような構成とすることによっても、第 1 領域 S 1 と第 2 領域 S 2 とにまたがるようにして残留した液体 L Q を、第 1 領域 S 1 より退かして第 2 領域 S 2 に集めることができる。もちろん、ドット状パターンとしては、平面視略円形状の小さい凹部を複数並べた構成であってもよいし、凸部と凹部とのそれぞれを含む構成であってもよい。

【 0 0 9 8 】

< 第 1 4 の実施形態 >

次に、第 1 4 の実施形態について図 2 1 を参照しながら説明する。図 2 1 において、第 2 パターン 8 0 G は、X 軸方向に延びる短い溝部 8 1 G と、Y 軸方向に延びる短い溝部 8 1 H とを、X Y 方向に関して規則的に並べて形成し、これら溝部 8 1 G、8 1 H を互いに接続して略格子状とした格子状パターンによって構成されている。これら溝部 8 1 G、8 1 H は、遮光膜 6 2 をエッチングすることで形成可能である。このような構成とすることによっても、第 1 領域 S 1 と第 2 領域 S 2 とにまたがるようにして残留した液体 L Q を、第 1 領域 S 1 より退かして第 2 領域 S 2 に集めることができる。なお、例えば遮光膜 6 2 の上に SiO_2 等からなるタイル状の複数の凸部を並べることによって、図 2 1 に示すような格子状パターンを形成してもよい。

【 0 0 9 9 】

なお、上述の第 1 ~ 第 1 4 の実施形態においては、第 2 領域 S 2 に第 2 パターンを設けているが、第 2 パターンを設けずに、第 2 領域 S 2 表面の液体 L Q との親和性を、第 1 領域 S 1 表面の液体 L Q との親和性よりも高くするだけでもよい。すなわち、第 2 領域 S 2 表面での液体 L Q の接触角が、第 1 領域 S 1 表面での液体 L Q の接触角よりも小さくなるように、第 1 領域 S 1 と第 2 領域 S 2 との少なくとも一方の表面処理を行ってもよい。

【 0 1 0 0 】

< 第 1 5 の実施形態 >

次に、第 1 5 の実施形態について図 2 2 を参照しながら説明する。図 2 2 は、スリット板 6 5 が配置された基板ステージ P S T (Z チルトステージ 5 2) の上面 5 1 の一部を示す平面図である。上述したように、基板ステージ P S T の上面 5 1 は撥液性を有しているが、本実施形態においては、撥液性を有する基板ステージ P S T の上面 5 1 の一部に親液性領域 W 1 が設けられ、その親液性領域 W 1 の内側にスリット板 6 5 が配置されている。すなわち、図 2 2 において、基板ステージ P S T の上面 5 1 上には、親液性領域 W 1 と、その親液性領域 W 1 の外側に配置された撥液性領域 W 2 とが設けられている。このような親液性領域 W 1 と撥液性領域 W 2 とは、例えば基板ステージ P S T の上面 5 1 に施された撥液性の被膜を、一部の領域 (親液性領域 W 1 に対応する領域) だけ除去することによって形成することができる。

【 0 1 0 1 】

そして、スリット板 6 5 の第 1 パターン 6 1 を含む第 1 領域 S 1 は、親液性領域 W 1 内において、親液性領域 W 1 の中心 (重心、図心) からはずれた位置に配置されている。例えば、親液性領域 W 1 のほぼ全面を覆うように液体 L Q が残留した場合、液体 L Q は親液

10

20

30

40

50

性領域W1の中心(中央部)G'に集まろうとする。すなわち、図22の実施形態においては、スリット板65(第1領域S1)の周りの親液性領域W1も、第1パターン61を含む第1領域S1から残留した液体LQを退かす第2領域S2として機能する。したがって、図22の実施形態においても、第1パターン61を含む第1領域S1に液体LQが残留することを防止することができる。

【0102】

なお、第15の実施形態においては、スリット板65上には第2パターン80を含む第2領域S2が形成されているが、スリット板65上の第2領域S2(第2パターン80)は省略することができる。また、第15の実施形態においては、第1領域S1の表面よりも親液性領域W1表面の液体LQに対する親和性を高くしておくことによって、より確実に残留した液体LQを第1パターン61を含む第1領域S1から退かすことができる。また、撥液性の膜は、紫外域の光(露光光EL)の照射によって劣化するため、計測に用いられる第1パターン61が撥液性の膜で覆われていると、露光光ELの照射により撥液性の膜が劣化して、第1パターン61を用いる計測精度を劣化させる可能性があるが、本実施形態においては、基板ステージPSTの上面51のうち第1パターン61を含む所定領域の撥液性の膜が部分的に除去されているため、撥液性の膜の劣化に起因する計測精度の悪化を防止することもできる。

【0103】

<第16の実施形態>

次に、第16の実施形態について図23を参照しながら説明する。図23において、基板ステージPSTの上面51上には、上述した第15の実施形態同様、親液性領域W1と、その親液性領域W1の外側に配置された撥液性領域W2とが設けられている。スリット板65は親液性領域W1の内側に配置されており、スリット板65の第1パターン61を含む第1領域S1は、親液性領域W1内において、親液性領域W1の中心(重心、図心)からはずれた位置に配置されている。そして、親液性領域W1と撥液性領域W2との境界エッジ部EGのうち、スリット板65(第1パターン61)から離れた境界エッジ部EGのエッジ形状は、平面視において鋸歯状に形成されている。本実施形態においては、親液性領域W1はほぼ矩形形状(四角形状)であって境界エッジ部EGは4つの辺を有しており、その辺に対応する境界エッジ部EG1~EG4のうちスリット板65から離れた境界エッジ部EG1、EG2が鋸歯状に形成されている。所定方向に関して占める領域の大きさがほぼ同じ場合においては、鋸歯状に形成された境界エッジ部のエッジ長さは、鋸歯状に形成されていない境界エッジ部のエッジ長さよりも長くなる。すなわち、Y軸方向に関して占める領域の大きさがほぼ同じであって互いに対向する境界エッジ部EG1、EG3のうち、鋸歯状に形成された境界エッジ部EG1のエッジ長さは、対向する境界エッジ部EG3のエッジ長さよりも長い。同様に、X軸方向に関して占める領域の大きさがほぼ同じであって互いに対向する境界エッジ部EG2、EG4のうち、鋸歯状に形成された境界エッジ部EG2のエッジ長さは、対向する境界エッジ部EG4のエッジ長さよりも長い。

【0104】

このように、境界エッジ部EG(EG1~EG4)のうち、スリット板65から離れた一部の境界エッジ部EG(EG1、EG2)を鋸歯状にして、その境界エッジ部EG1、EG2のエッジ長さを長くすることで、その境界エッジ部EG1、EG2における親液性領域W1のエッジの長さを実質的に長くすることができる。したがって、親液性領域W1のほぼ全面を覆うように、親液性領域W1と撥液性領域W2とにまたがるようにして残留した液体LQは、境界エッジ部EG1、EG2において動きにくくなり、境界エッジ部EG1、EG2に集まろうとする。したがって、その境界エッジ部EG1、EG2に対して離れた位置にある第1パターン61を含むスリット板65(第1領域S1)上に液体LQが残留しても、その液体LQを退かすことができる。

【0105】

なお、本実施形態においては、境界エッジ部EG1、EG2は鋸歯状に形成されているが、鋸歯状でなくてもよい。すなわち、所定方向に関して占める領域の大きさがほぼ同じ

10

20

30

40

50

境界エッジ部が複数形成された場合、スリット板 6 5 と離れた位置に設けられた境界エッジ部 E G 1、E G 2 のエッジ長さが、スリット板 6 5 に近い位置に設けられた境界エッジ部 E G 3、E G 4 のエッジ長さよりも長くなるように形成されていればよい。また、本実施形態においては、四角形状に形成された境界エッジ部 E G のうち、スリット板 6 5 から離れた 2 つの辺の境界エッジ部 E G 1、E G 2 を鋸歯状に形成しているが、1 つの境界エッジ部だけが鋸歯状であってもよい。また、境界エッジ部 E G (親液性領域 W 1) は四角形状でなくてもよく、任意の形状(円形状、楕円形状、四角形以外の多角形状)であってもよい。

なお、本実施形態においても、基板ステージ P S T の上面 5 1 のうち第 1 パターン 6 1 を含む所定領域の撥液性の膜が部分的に除去されているため、撥液性の膜の劣化に起因する計測精度の悪化を防止することもできる。

10

【 0 1 0 6 】

< 第 1 7 の実施形態 >

次に、第 1 7 の実施形態について図 2 4 を参照しながら説明する。図 2 4 において、基板ステージ P S T の上面 5 1 上には、上述した第 1 5、第 1 6 の実施形態同様、親液性領域 W 1 と、その親液性領域 W 1 の外側に配置された撥液性領域 W 2 とが設けられている。

スリット板 6 5 は親液性領域 W 1 の内側に配置されており、スリット板 6 5 の第 1 パターン 6 1 を含む第 1 領域 S 1 は、親液性領域 W 1 内において、親液性領域 W 1 の中心(重心、図心)からはずれた位置に配置されている。そして、親液性領域 W 1 と撥液性領域 W 2 との境界エッジ部 E G (E G 1 ~ E G 4) のうち、スリット板 6 5 (第 1 パターン 6 1) から離れた境界エッジ部 E G (E G 1、E G 2) 近傍の親液性領域 W 1 に、微小撥液性領域 W 2' が複数設けられている。本実施形態においては、微小撥液性領域 W 2' は平面視矩形形状に形成されており、親液性領域 W 1 の内側において、境界エッジ部 E G 1、E G 2 に沿って複数設けられている。なお、微小撥液性領域 W 2' の形状は矩形形状に限らず、円形状など任意の形状でよい。

20

【 0 1 0 7 】

こうすることによっても、その境界エッジ部 E G 1、E G 2 における親液性領域 W 1 のエッジの長さが実質的に長くなる。したがって、残留した液体 L Q は、境界エッジ部 E 1、E 2 近傍において動きにくくなり、境界エッジ部 E G 1、E G 2 近傍に集まろうとする。したがって、その境界エッジ部 E G 1、E G 2 に対して離れた位置にある第 1 パターン 6 1 を含むスリット板 6 5 (第 1 領域 S 1) 上に液体 L Q が残留しても、その液体 L Q を退かすことができる。

30

なお、本実施形態においても、基板ステージ P S T の上面 5 1 のうち第 1 パターン 6 1 を含む所定領域の撥液性の膜が部分的に除去されているため、撥液性の膜の劣化に起因する計測精度の悪化を防止することもできる。

【 0 1 0 8 】

< 第 1 8 の実施形態 >

次に、第 1 8 の実施形態について図 2 5 を参照しながら説明する。図 2 5 において、基板ステージ P S T の上面 5 1 上には、上述した第 1 5 ~ 第 1 7 の実施形態同様、親液性領域 W 1 と、その親液性領域 W 1 の外側に配置された撥液性領域 W 2 とが設けられている。

40

スリット板 6 5 は親液性領域 W 1 の内側に配置されており、スリット板 6 5 の第 1 パターン 6 1 を含む第 1 領域 S 1 は、親液性領域 W 1 内において、親液性領域 W 1 の中心(重心、図心)からはずれた位置に配置されている。そして、親液性領域 W 1 と撥液性領域 W 2 との境界エッジ部 E G (E G 1 ~ E G 4) のうち、スリット板 6 5 (第 1 パターン 6 1) から離れた境界エッジ部 E G (E G 1、E G 2) 近傍の親液性領域 W 1 に、図 2 0 を参照して説明した第 1 3 の実施形態のような、平面視略円形状の小さい凸部 8 1 F が複数設けられている。凸部 8 1 F は、親液性領域 W 1 の内側において、境界エッジ部 E G 1、E G 2 に沿って複数設けられており、ドット状パターンを形成している。

【 0 1 0 9 】

こうすることにより、第 1 3 の実施形態同様、残留した液体 L Q を凸部 8 1 F からなる

50

ドット状パターンに集めることができる。なお、ドット状パターンとしては、第13の実施形態同様、平面視略円形状の小さい凹部を複数並べた構成であってもよいし、凸部と凹部とのそれぞれを含む構成であってもよい。また、凸部又は凹部は、平面視略円形状に限られず、液体LQを集めることができる程度の適当な形状を有し、適当な密集性で配置されていればよい。なお、凸部又は凹部は、メタル(金属)で形成されていてもよい。メタルで凸部又は凹部を形成した場合には、メタルの親液性と相まって、より一層、液体LQが動きにくくなり、残留した液体LQを集めやすくなる。

なお本実施形態においても、基板ステージPSTの上面51のうち第1パターン61を含む所定領域の撥液性の膜が部分的に除去されているため、撥液性の膜の劣化に起因する計測精度の悪化を防止することもできる。

【0110】

なお、上述の第1～第18の実施形態において、詳細な説明は省略したが、照度ムラセンサ400及び照射量センサ600についても、光透過部を通過した光が気体空間を通過することなしに、第1光学素子66のような集光光学部材に入射する構成となっている。

【0111】

また、上述の第1～第18の実施形態において、空間像計測システム60、照度ムラセンサ400、照射量センサ600の光透過部を通過した光を、第1光学素子66のような集光光学部材を使わずに、受光素子に直接入射させるようにしてもよいし、第1光学素子66のような集光光学部材や受光素子と光透過部との間を屈折率が1よりも大きい液体(例えば純水)で満たすこともできる。

【0112】

<第19の実施形態>

次に、第19の実施形態について図26を参照しながら説明する。図26は、マスクアライメント系360で計測される基準マークMFMを示す図である。基準マークMFMは、マスクアライメント系360によって計測される第1パターン61Kと、第1パターン61Kに接続する第2パターン80Kとを有している。第1パターン61Kは、4つのラインアンドスペースパターン61Lを組み合わせて矩形形状に配置したものであって、マスクアライメント系360の計測領域に応じた基準部材300上の第1領域S1に設けられている。第2パターン80Kも、第1パターン61Kの4つのラインアンドスペースパターン61Lのそれぞれに接続するラインアンドスペースパターン81Lによって構成されている。第2パターン80Kは、第1領域S1の外側の第2領域S2に設けられており、第1領域S1に対して離れる方向に延びるように形成されている。このような構成とすることによっても、第2パターン80Kは、第1領域S1と第2領域S2とにまたがるようにして残留した液体LQを、第1領域S1より退かして第2領域S2に集めることができる。また、図27に示すように、第2パターン80Kを構成するラインアンドスペースパターン81Lを途中で曲げるように形成してもよい。

なお、基板アライメント系350で計測される基準マークPFM上に液体LQが残留する可能性がある場合には、基準マークMFMと同様にして、基準マークPFMを含む第1領域S1から残留した液体LQを退かして、第2領域S2に集めることができる。

【0113】

なお、上述した第1～第18の実施形態においては、空間像計測システム60のスリット板65上に残留した液体LQを第1領域S1から退ける場合を例にして説明したが、基板ステージPST上には、図2を参照して説明したように、例えば照度ムラセンサ400の一部を構成するピンホール部(ホールパターン)470を有する上板401が配置されており、第1～第18の実施形態と同様にして、ピンホール部470を含む第1領域と第2領域とにまたがるようにして残留した液体LQを第1領域より退かして第2領域に集めることができる。また、照射量センサ600の上板601についても、上述の第1～第18の実施形態と同様にして、光透過部を含む第1領域から残留した液体LQを退かして第2領域に集めることができる。

【0114】

10

20

30

40

50

更に、上述したように基板ステージ P S T 上に反射光量を計測するための反射面が配置されている場合にも、上述の第 1 ~ 第 1 8 の実施形態と同様にして、その反射面の少なくとも一部を含む第 1 領域から残留した液体 L Q を退かしてその近傍の第 2 領域に集めることができる。

また、基板ステージ P S T 上の基準マーク M F M 及び / 又は P F M 上に液体 L Q が残留する可能性がある場合には、上述の第 1 5 ~ 第 1 8 の実施形態と同様にして、基準マーク M F M 及び / 又は P F M を含む第 1 領域 S 1 から残留した液体 L Q を退かして、その近傍の第 2 領域 S 2 に集めることができる。

【 0 1 1 5 】

また更に、基板ステージ P S T に搭載する計測器として、国際公開第 9 9 / 6 0 3 6 1 号パンフレットや、U S 特許第 6 6 5 0 3 9 9 号などに開示されている波面収差の計測器を採用することもでき、この場合も上述の第 1 ~ 第 1 8 の実施形態と同様にして、光透過部を含む第 1 領域から残留した液体を退かして第 2 領域に集めることができる。

【 0 1 1 6 】

なお、上述した第 1 ~ 第 1 9 の実施形態においては、第 1 パターンは凹部によって構成されているが、凸部であってもよいし、凹部と凸部とのそれぞれを含むものであってもよい。

【 0 1 1 7 】

< 第 2 0 の実施形態 >

上述した各実施形態においては、第 2 領域 S 2 に設けられた第 2 パターン 8 0 は凹部及び凸部のうち少なくともいずれか一方によって構成されているが、例えば第 2 領域 S 2 に第 2 パターン 8 0 を設けなくても、第 1 領域 S 1 の表面と第 2 領域 S 2 の表面との少なくとも一方に所定の加工を施すことで、第 1 領域 S 1 と第 2 領域 S 2 とにまたがるようにして残留した液体 L Q を、第 1 領域 S 1 より退かして第 2 領域 S 2 に集めることができる。例えば、図 2 8 に示すように、第 1 領域 S 1 には表面処理を施さずに、凹部及び凸部を有さない第 2 領域 S 2 を親液化処理して親液性にするすることで、第 1 領域 S 1 と第 2 領域 S 2 とにまたがるようにして残留した液体 L Q を、第 2 領域 S 2 側に引き込み、第 1 領域 S 1 より退かして第 2 領域 S 2 に集めることができる。また、表面処理のために使用する材料の条件や、使用する露光光 E L、あるいは液体 L Q の条件等を含む露光条件によっては、第 1 領域 S 1 に表面処理（撥液化処理）を施した場合であっても、その撥液性の経時的な劣化の促進が抑えられる可能性がある。そのような場合には、第 1 領域 S 1 の表面に撥液性材料を使って撥液化処理を行うといった簡単な構成で、第 1 領域 S 1 と第 2 領域 S 2 とにまたがるようにして残留した液体 L Q を、第 1 領域 S 1 より退かして第 2 領域 S 2 に集めることができる。もちろん、第 2 領域 S 2 の表面に親液化処理を施し、第 1 領域 S 1 の表面に撥液化処理を施すといったように、第 1 領域 S 1 及び第 2 領域 S 2 の双方に所定の加工（表面処理）を施してもよい。あるいは、第 2 領域 S 2 の表面は主に遮光膜 6 2 の表面であるため、遮光膜 6 2 の形成用材料として、液体 L Q に対して親液性を有する材料を使用し、第 1 領域 S 1 の表面を形成する材料として、液体 L Q に対して撥液性を有する材料を使用することで、第 1 領域 S 1 と第 2 領域 S 2 とにまたがるようにして残留した液体 L Q を、第 1 領域 S 1 より退かして第 2 領域 S 2 に集めることができる。またここでは、第 2 領域には凹部又は凸部からなる第 2 パターンを設けない場合について説明したが、図 2 9 に示すように、この第 2 パターンを設けられていない第 2 領域 S 2 の表面にサンドブラスト加工等の粗面処理を施し、第 2 領域 S 2 の表面を、第 1 領域 S 1 の表面よりも粗くすることで、第 1 領域 S 1 と第 2 領域 S 2 とにまたがるようにして残留した液体 L Q を、より円滑に第 1 領域 S 1 より退かして第 2 領域 S 2 側に集めることができる。

【 0 1 1 8 】

< 第 2 1 の実施形態 >

次に、第 2 1 の実施形態について説明する。図 3 0 において、基板ステージ P S T 上には、第 1 パターン 6 1 を有するスリット板 6 5 が設けられている。スリット板 6 5 の上面 6 5 A（基板ステージ P S T の上面 5 1）には、スリット部 6 1 を含む第 1 領域 S 1 と、

所定の加工が施された第2領域S2とが規定されている。第2領域S2は第1領域S1の近傍に規定されている。図28を参照して説明したように、第2領域S2には親液化処理が施されており、第2領域S2の表面は、第1領域S1の表面よりも液体LQに対して親液性を有している。親液性を有する第2領域S2は遮光膜62上に規定されている。なお図30においては、基準部材、照度ムラセンサの上板、照度センサの上板等の図示は省略してある。

【0119】

図31は図30のC-C断面矢視図である。図31には、第1領域S1を含むスリット板65の上面65Aに液体LQが配置された状態で第1パターンを使った計測処理が行われた後の状態が示されている。図31に示すように、スリット板65の上面65Aと基板ステージPSTの上面51とはほぼ面一になっている。第1パターン61を使った計測処理中においては、スリット板65の上面65A及び基板ステージPSTの上面51は、水平面(XY平面)とほぼ平行になっている。そして、第1パターン61を含む第1領域S1上に液体LQを配置した状態で計測処理が行われる。第1パターン61を使った計測処理が行われた後、制御装置CONTは、液体回収機構20を使ってスリット板65上(基板ステージPST上)の液体LQを回収する。液体回収機構20を使ってスリット板65上の液体LQを回収したにもかかわらず、図31に示すように、第1領域S1上に液体LQが残留する可能性がある。

【0120】

制御装置CONTは、液体回収機構20を使ったスリット板65上の液体LQの回収動作の後、基板ステージPSTを投影光学系PLから離れた所定の待機位置に移動する。そして、制御装置CONTは、基板ステージ駆動機構PSTDを使って、基板ステージPST全体を傾斜させることによって、スリット板65上の第1領域S1を傾斜させる。

【0121】

図32は、計測処理が行われた後、第1領域S1を含むスリット板65の上面65Aが傾斜している状態を示す図である。図32に示すように、基板ステージ駆動機構PSTDは、第1領域S1よりも第2領域S2が下側になるように、第1、第2領域S1、S2を含むスリット板65の上面65Aを傾斜する。これにより、第1領域S1に残留した液体LQは、第1領域S1より退いて、第2領域S2に集まる。

【0122】

このように、スリット板65の上面65Aを傾斜させることによって、第1領域S1に残留した液体LQを第1領域S1より退かすことができる。したがって、第1パターン61を含む第1領域S1上に液体LQが残留することを防止できる。また、第1領域S1の近傍に規定された第2領域S2は親液性なので、第2領域S2が第1領域S1よりも下になるようにスリット板65の上面65Aを傾斜することで、第2領域S2によって第1領域S1より退かされた液体LQを良好に集めることができる。

【0123】

なお、図33に示すように、第2領域S2の表面に、凹部からなる複数のラインパターン81を含む第2パターン80を設け、その第2パターン80を含む第2領域S2が第1領域S1よりも下側になるように傾斜させてもよい。あるいは、第2領域S2の表面に、図19を用いて説明したような凸部81Eを設けてもよいし、図14を用いて説明したように、第2領域S2の表面に、第1領域S1の凹部(第1パターン)61よりも深い凹部81を形成してもよいし、図29を参照して説明したように、第2領域S2の表面を、第1領域S1の表面よりも粗くしてもよい。第2領域S2に凹部、凸部を形成したり、あるいは第2領域S2を粗面処理することで、第1領域S1より退いた液体LQを第2領域S2に良好に集めることができる。

【0124】

なお、第2領域S2には、親液化処理や凹凸部の形成、あるいは粗面処理といったような所定の加工を必ずしも施す必要はない。第2領域S2に所定の加工を施さなくても、第1領域S1を傾斜させることで、第1領域S1に残留した液体LQを、第1領域S1より

10

20

30

40

50

退かすことができる。

【 0 1 2 5 】

< 第 2 2 の実施形態 >

次に、第 2 2 の実施形態について説明する。上述の第 2 1 の実施形態においては、基板ステージ駆動機構 P S T D を使って基板ステージ P S T 全体を傾斜させることで、第 1 領域 S 1 を含むスリット板 6 5 の上面 6 5 A を傾斜しているが、図 3 4 に示すように、第 1 領域 S 1 を含むスリット板 6 5 の上面 6 5 A が、基板ステージ P S T の上面 5 1 に対して傾斜するように、基板ステージ P S T に対してスリット板 6 5 を取り付けのようにしてもよい。そして、第 1 領域 S 1 を含むスリット板 6 5 の上面 6 5 A を X Y 平面に対して傾斜した状態で液浸機構 1 を使って第 1 領域 S 1 上に液体 L Q の液浸領域 A R 2 を形成して計測処理を行ってもよいし、計測処理中に第 1 領域 S 1 を含むスリット板 6 5 の上面 6 5 A と X Y 平面とがほぼ平行となるように基板ステージ駆動機構 P S T D を使って基板ステージ P S T の姿勢を調整し、計測処理後にスリット板 6 5 の上面 6 5 A が傾斜するように基板ステージ P S T の姿勢を調整するようにしてもよい。なお、第 1 領域 S 1 を含むスリット板 6 5 の上面 6 5 A を X Y 平面に対して傾斜した状態で計測処理を行う場合には、その傾斜量に応じて計測結果を補正するようにしてもよい。

10

【 0 1 2 6 】

< 第 2 3 の実施形態 >

次に、第 2 3 の実施形態について図 3 5 を参照しながら説明する。図 3 5 において、露光装置 E X は、基板ステージ P S T 上に設けられたスリット板 6 5 と、スリット板 6 5 の上面 6 5 A の第 1 領域 S 1 上に気体の流れを生成する気体供給系 7 0 0 とを備えている。気体供給系 7 0 0 は、気体を供給する気体供給口 7 0 1 A を有する供給部材 7 0 1 を備えている。供給部材 7 0 1 は供給部材駆動機構 7 0 2 により基板ステージ P S T (第 1 領域 S 1) に対して相対的に移動可能に設けられており、制御装置 C O N T は、供給部材駆動機構 7 0 2 及び基板ステージ駆動機構 P S T D の少なくとも一方を駆動することにより、供給部材 7 0 1 と基板ステージ P S T との相対的な位置関係を調整可能である。

20

【 0 1 2 7 】

図 3 6 は、気体供給系 7 0 0 がスリット板 6 5 上の第 1 領域 S 1 上に気体の流れを生成している様子を示す図である。図 3 6 に示すように、制御装置 C O N T は、供給部材 7 0 1 の供給口 7 0 1 A を第 1 領域 S 1 の近傍に配置し、気体供給系 7 0 0 を駆動して供給口 7 0 1 A より気体を供給することにより、第 1 領域 S 1 の表面とほぼ平行な気体の流れを生成することができる。そして、この供給口 7 0 1 A によって生成された気体の流れによって、第 1 領域 S 1 に残留した液体 L Q を、第 1 領域 S 1 より退かすことができる。また、制御装置 C O N T は、第 1 領域 S 1 よりも気体の流れの下流側に第 2 領域 S 2 が配置されるように、供給部材 7 0 1 (供給口 7 0 1 A) と基板ステージ P S T (第 1 領域 S 1) との位置関係を規定しており、気体の流れによって第 1 領域 S 1 より退いた液体 L Q は、第 2 領域 S 2 に集められる。

30

【 0 1 2 8 】

上述の実施形態同様、第 2 領域 S 2 の表面は、第 1 領域 S 1 の表面よりも液体 L Q に対して親液性となっている。したがって、第 2 領域 S 2 は液体 L Q を良好に集めることができる。なお本実施形態においても、第 2 領域 S 2 の表面が、第 1 領域 S 1 の表面よりも粗くなってもよいし、第 2 領域 S 2 の表面に凹部及び凸部の少なくとも一方が形成されていてもよいし、第 2 領域 S 2 の表面に、第 1 領域 S 1 に形成されている凹部 (第 1 パターン) よりも深い凹部が形成されていてもよい。あるいは、第 2 領域 S 2 に、親液化処理や粗面処理、あるいは凹凸部の形成等といった所定の加工が施されていなくてもよい。第 2 領域 S 2 に所定の加工を施さなくても、第 1 領域 S 1 上に気体の流れを生成することで、第 1 領域 S 1 に残留した液体 L Q を、第 1 領域 S 1 より退かすことができる。

40

【 0 1 2 9 】

< 第 2 4 の実施形態 >

次に、第 2 4 の実施形態について、図 3 7 を参照しながら説明する。図 3 7 において、

50

露光装置 EX は、投影光学系 PL の一部を含む基板ステージ PST 近傍の空間（空調空間）825 を空調する空調系 800 を備えている。空調空間 825 は、空調室 804 の内側の空間であって、その空調室 804 の内側には、少なくとも投影光学系 PL の像面側先端と、スリット板 65 を含む基板ステージ PST とが配置される。なお、露光装置 EX 全体は、不図示のチャンバ内部に收容されており、そのチャンバ内部に空調室 804 が配置される。

【0130】

空調室 804 の + Y 側の端部には、不図示の温調装置で温度調整された気体を空調空間 825 に入れる給気口 815 が設けられ、- Y 側の端部には空調空間 825 内部の気体を外部に出す排気口 820 が設けられている。また、給気口 815 にはフィルタユニット 818 が設けられており、給気口 815 から入った気体は、フィルタユニット 818 によって清浄化された後、空調空間 825 に供給される。

10

【0131】

空調系 800 は、給気口 815 より、投影光学系 PL の一部を含む基板ステージ PST 近傍の空調空間 825 に対して横方向、本実施形態では - Y 方向に気体を供給し、その空調空間 825 を空調する。すなわち、空調空間 825 においては、空調系 800 によって生成される気体の流れは、ほぼ - Y 方向に設定されている。

【0132】

本実施形態においては、空調系 800 により生成された気体の流れによって、スリット板 65 上の第 1 領域 S1 に残留した液体 LQ が、第 1 領域 S1 より退かされる。第 1 領域 S1 に残留した液体 LQ を退かすとき、制御装置 CONT は、空調系 800 により生成された気体の流れに対して、第 1 領域 S1 の表面がほぼ平行となるように、スリット板 65 上の第 1 領域 S1 の位置又は姿勢を制御する。第 1 領域 S1 を含むスリット板 65 は基板ステージ PST 上に保持されているため、制御装置 CONT は、基板ステージ駆動機構 PSTD を駆動して、基板ステージ PST の位置又は姿勢を制御することで、スリット板 65 の第 1 領域 S1 の位置又は姿勢を制御することができる。空調系 800 によって生成される気体の流れは、ほぼ - Y 方向に設定されているので、制御装置 CONT は、第 1 領域 S1 の表面と XY 平面とがほぼ平行となるように、基板ステージ PST の位置又は姿勢を制御して、スリット板 65 の第 1 領域 S1 の位置又は姿勢を制御する。

20

【0133】

また、第 1 領域 S1 の近傍には所定の加工が施された第 2 領域 S2 が規定されているため、制御装置 CONT は、空調系 800 によって生成された気体の流れに対して、第 2 領域 S2 が第 1 領域 S1 よりも下流側になるように、基板ステージ PST の位置又は姿勢を制御することで、第 1 領域 S1 に残留した液体 LQ を、第 1 領域 S1 より退かして、第 2 領域 S2 に良好に集めることができる。

30

【0134】

本実施形態においても、第 2 領域 S2 の表面は、第 1 領域 S1 の表面よりも液体 LQ に対して親液性となっている。なお本実施形態においても、第 2 領域 S2 の表面が、第 1 領域 S1 の表面よりも粗くなっているもよいし、第 2 領域 S2 の表面に凹部及び凸部の少なくとも一方が形成されていてもよいし、第 2 領域 S2 の表面に、第 1 領域 S1 に形成されている凹部（第 1 パターン）よりも深い凹部が形成されていてもよい。あるいは、第 2 領域 S2 に、親液化処理や粗面処理、あるいは凹凸部の形成等といった所定の加工が施されていなくてもよい。第 2 領域 S2 に所定の加工を施さなくても、第 1 領域 S1 上に気体の流れを生成することで、第 1 領域 S1 に残留した液体 LQ を、第 1 領域 S1 より退かすことができる。

40

【0135】

< 第 25 の実施形態 >

次に、第 25 の実施形態について、図 38A、図 38B、及び図 38C を参照しながら説明する。本実施形態においては、スリット板 65 を保持した基板ステージ PST を、スリット板 65 の上面 65A とほぼ平行な平面内（XY 平面内）における第 1 の方向に移動

50

した後、第1の方向とは別の(逆の)第2の方向に移動することで、第1領域S1に残留した液体LQを第1領域S1より退かす。すなわち、液体LQの慣性によって、液体LQを第1領域S1より退かす。そして、第1の方向に移動するときの第1の移動速度に対して、第2の方向に移動するときの第2の移動速度を速くすることで、第1領域S1に残留した液体LQを第1領域S1より良好に退かすことができる。

【0136】

図38Aに示すように、スリット板65の上面65Aの第1領域S1に液体LQが残留している場合、まず、制御装置CONTは、基板ステージPSTを動かして、図38Aに示す状態から、スリット板65を-Y側(第2領域S2側)に第1の移動速度 v_1 で所定距離だけ移動する。図38Bにはスリット板65が-Y側に所定距離だけ移動した後の状態が示されている。そして、制御装置CONTは、基板ステージPSTを動かして、図38Bに示す状態から、スリット板65を+X側に第2の移動速度 v_2 で移動する。第2の移動速度 v_2 は、第1の移動速度 v_1 よりも十分に速い。こうすることにより、図38Cに示すように、液体LQは慣性により、第1領域S1より退いて、第2領域S2上に配置される。この場合、第1領域S1の液体LQに対する接触角が大きいほうが第1領域S1上の液体LQを良好に移動することができるが、第1領域S1の液体LQに対する接触角が小さくても、液体LQは慣性によって第1領域S1より退くことができる。

10

【0137】

本実施形態においては、第2領域S2に所定の加工を施さなくても、第1領域S1に残留した液体LQを、第1領域S1より良好に退かすことができる。もちろん、第2領域S2の表面に、親液化処理や粗面処理、あるいは凹凸部の形成等といった所定の加工を施してもよい。

20

【0138】

<第26の実施形態>

なお、特開平11-135400号公報や特開2000-164504号公報などに開示されているような基板ステージと計測ステージとを備えた露光装置において、上述のような計測部(各種センサや基準部材など)を計測ステージに配置した場合にも、本発明を適用できる。

【0139】

図39は、基板ステージPSTと計測ステージSSTとを備えた露光装置EXの概略構成を示す図である。なお、図37と共通の部材には同一符号を付して説明を省略する。

30

【0140】

図39に示すように、露光装置EXの空調室804の内側には、少なくとも投影光学系PLの像面側先端部と、基板Pを保持する基板ステージPSTと空間像計測システム60のスリット板65を含む計測ステージSSTとが配置される。なお、図39では省略されているが、計測ステージSSTには、空間像計測システム60だけでなく、図2に図示されている基準部材300、照度 μ ラセンサ400、照射量センサ600も配置されている。もちろん、国際公開第99/60361号パンフレット(対応US出願第09/714,183号)、特開2002-71514号、US特許第6650399号などに開示されている波面収差測定装置や、特開昭62-183522号公報などに開示されている反

40

【0141】

制御装置CONTは、例えば基板Pの交換を行うために基板ステージPSTが投影光学系PLの直下から移動したときに、投影光学系PLの直下に計測ステージSSTを移動して、投影光学系PLと計測ステージSSTとの間で液体LQを保持する。これにより、投影光学系PLの直下から基板ステージPSTが移動したとしても、投影光学系PLの光学素子2の端面を常に液体LQに接触させておくことができる。

【0142】

また、上述したように、計測ステージSSTには、空間像計測システム60などが搭載されているため、計測ステージSSTと投影光学系PLとの間を液体LQで満たした状態

50

で、空間像計測システム60など、計測ステージSST上の計測部材やセンサを用いた計測動作を実行することができ、その計測結果をその後の露光動作に反映させることができる。

【0143】

例えば、基板ステージPSTが基板Pの交換を行っているときに、計測ステージSSTと投影光学系PLとの間を液体LQで満たした状態で、例えば空間像計測システム60を用いた計測を行った後、制御装置CONTは、投影光学系PLの像面側光路空間を液体LQで満たしたまま、基板ステージPSTを投影光学系PLの直下に移動するとともに、計測ステージSSTを投影光学系PLの直下から退避させる。

【0144】

このとき、計測ステージSST上のスリット板65の第1領域S1には、上述の実施形態と同様に、液体LQが残留している可能性があるため、制御装置CONTは、空調系800からの気体によって、スリット板65上の第1領域S1に残留した液体LQが第1領域S1より退かされるように、所定の退避位置に計測ステージSSTを移動する。すなわち、第1領域S1に対して第2領域S2が空調系800によって形成される気流の下流側に位置するように、計測ステージSSTを所定の退避位置に移動することによって、第1領域S1に残留した液体LQを第2領域S2へ退かすことができる。

【0145】

<第27の実施形態>

また、図39に示した実施形態においては、空調系800から横向き(Y軸と平行)に吹き出されるサイドフローの気体を使って、計測ステージSSTのスリット板65上の第1領域S1から残留した液体LQを退かすようにしているが、図40に示すように、空調系900から下向き(Z軸と平行)に吹き出されるダウンフローの気体を使って、計測ステージSSTのスリット板65上の第1領域S1から残留した液体LQを退かすようにしてもよい。図40は、本実施形態に係る露光装置EXの概略構成図である。なお、図39と共通の部材には、同一符号を付して説明は省略する。

【0146】

本実施形態においては、制御装置CONTは、空調系900からの気体によって、スリット板65上の第1領域S1に残留した液体LQが第1領域S1より退かされるように、所定の退避位置に計測ステージSSTを移動する。すなわち、空調系900によって形成される下向きの気流が計測ステージSST上で横向きの気流に変化し、その横向きの気流によって第1領域S1に残留した液体LQが第2領域S2へ退かされるように、計測ステージSSTを所定の退避位置に移動する。

【0147】

<第28の実施形態>

また、図39、図40に示した実施形態においては、空調系(800、900)から吹き出される気体を使って、計測ステージSSTのスリット板65上の第1領域S1から残留した液体LQを退かすようにしているが、空調系(800、900)とは別に、図35に示したような気体供給系700を設けてもよい。図41は、本実施形態に係る露光装置EXの概略構成図である。なお、図35に示した気体供給系700と共通の部材には、同一符号を付して説明は省略する。

【0148】

本実施形態においては、制御装置CONTは、第1領域S1に対して第2領域S2が気体供給系700によって形成される気流の下流側に位置するように計測ステージSSTを所定の退避位置に移動する。これにより、スリット板65上の第1領域S1に残留した液体LQを第2領域S2へ退かすことができる。なお、第28の実施形態においては、気体供給系700は横向きに気体を吹き出しているが、斜め、あるいは下向きに気体を吹き出すようにしてもよい。

【0149】

なお、第26～第28実施形態においても、気体の流れに対して、第1領域S1の表面

10

20

30

40

50

がほぼ平行となるように、計測ステージ S S T の位置又は姿勢を制御するようにしてもよい。あるいは、第 1 領域 S 1 の表面が気体の流れる方向に向かって僅かに下り斜面となるように、計測ステージ S S T の姿勢を制御するようにしてもよい。

【 0 1 5 0 】

また、第 2 6 ~ 第 2 8 実施形態においても、第 2 領域 S 2 の表面が第 1 領域 S 1 の表面よりも液体 L Q に対して親液性となっていてよい。

【 0 1 5 1 】

また、第 2 6 ~ 第 2 8 実施形態においても、計測ステージ S S T 上面のほぼ全域を撥液性の膜で覆い、計測に用いられるパターン上の膜を部分的に除去して、紫外域の光（露光光 E L ）などの照射による撥液性膜の劣化に起因する計測精度の悪化を防止するようにして

10

【 0 1 5 2 】

また、第 2 6 ~ 第 2 8 実施形態においても、空間像計測システム 6 0 のスリット板 6 5 を例に挙げて説明したが、基準部材 3 0 0 や照度ムラセンサ 4 0 0 等の他のセンサに関しても同様にして、計測に使用される第 1 領域 S 1 から計測に影響のない第 2 領域 S 2 へ残留した液体 L Q を退かすことができる。

【 0 1 5 3 】

上述したように、本実施形態における液体 L Q は純水である。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板 P 上のフォトレジストや光学素子（レンズ）等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板 P の表面、及び投影光学系 P L の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。

20

【 0 1 5 4 】

そして、波長が 1 9 3 n m 程度の露光光 E L に対する純水（水）の屈折率 n はほぼ 1 . 4 4 とされており、露光光 E L の光源として A r F エキシマレーザ光（波長 1 9 3 n m ）を用いた場合、基板 P 上では $1 / n$ 、すなわち約 1 3 4 n m に短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約 n 倍、すなわち約 1 . 4 4 倍に拡大されるため、空気中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系 P L の開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

30

【 0 1 5 5 】

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 N A 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 N A 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（T E 偏光成分）、すなわちラインパターンの長手方向に沿った偏光方向成分の回折光が多く射出されるようにするとよい。投影光学系 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

40

50

定される照明を 0.95 、その瞳面における各光束の半径を 0.125 、投影光学系 PL の開口数を $NA = 1.2$ とすると、ランダム偏光光を用いるよりも、焦点深度 (DOF) を 150 nm 程度増加させることができる。

【0156】

また、直線偏光照明と小照明法 (照明系の開口数 NA_i と投影光学系の開口数 NA_p との比を示す値が 0.4 以下となる照明法) との組み合わせも有効である。

【0157】

また、例えば ArF 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 PL を使って、微細なライン・アンド・スペースパターン (例えば $25 \sim 50 \text{ nm}$ 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 (TM 偏光成分) の回折光より S 偏光成分 (TE 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 PL の開口数 NA が $0.9 \sim 1.3$ 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。

【0158】

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 (TM 偏光成分) が S 偏光成分 (TE 偏光成分) よりも大きくなる可能性もあるが、例えば ArF 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 PL を使って、 25 nm 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 (TE 偏光成分) の回折光が P 偏光成分 (TM 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 PL の開口数 NA が $0.9 \sim 1.3$ 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。

【0159】

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 - 53120 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 - 53120 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 NA 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 63 nm 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 0.95 、投影光学系 PL の開口数を $NA = 1.00$ とすると、ランダム偏光光を用いるよりも、焦点深度 (DOF) を 250 nm 程度増加させることができ、ハーフピッチ 55 nm 程度のパターンで投影光学系の開口数 $NA = 1.2$ では、焦点深度を 100 nm 程度増加させることができる。

【0160】

更に、上述の各種照明法に加えて、例えば特開平 4 - 277612 号公報や特開 2001 - 345245 号公報に開示されている累進焦点露光法や、多波長 (例えば二波長) の露光光を用いて累進焦点露光法と同様の効果を得る多波長露光法を適用することも有効である。

【0161】

本実施形態では、投影光学系 PL の先端に光学素子 2 が取り付けられており、このレンズにより投影光学系 PL の光学特性、例えば収差 (球面収差、コマ収差等) の調整を行うことができる。なお、投影光学系 PL の先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系

10

20

30

40

50

PLの光学特性の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光ELを透過可能な平行平板であってもよい。

【0162】

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

また、上述の液浸法を適用した露光装置は、投影光学系PLの光学素子2の射出側の光路空間を液体(純水)で満たして基板Pを露光する構成になっているが、国際公開第2004/019128号に開示されているように、投影光学系PLの光学素子2の入射側の光路空間も液体(純水)で満たすようにしてもよい。この場合、光学素子2は平行平板であ

10

【0163】

なお、本実施形態では、投影光学系PLと基板P表面との間は液体LQで満たされている構成であるが、例えば基板Pの表面に平行平板からなるカバーガラスを取り付けた状態で液体LQを満たす構成であってもよい。

【0164】

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

20

【0165】

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

30

【0166】

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。

【0167】

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

40

【0168】

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。

【0169】

50

なお、ツインステージの露光装置の場合、両方のステージに空間像計測システム60や照度ムラセンサ400等の計測部材や計測装置の全てを搭載してもよいが、一方のステージに一部のセンサ(例えば空間像計測システム60)を搭載し、他方のステージに残りのセンサ(照度ムラセンサ400、照射量センサ600等)を設けてもよい。

【0170】

また、上述の実施形態においては、投影光学系PLと基板Pとの間に局所的に液体を満たす露光装置を採用しているが、本発明は、例えば特開平6-124873号公報に開示されているように、露光対象の基板の表面全体が液体で覆われた状態で基板を露光する液浸露光装置にも適用可能である。

また、本発明の露光装置は投影光学系を持たないタイプの露光装置にも適用することができる。この場合、光源からの露光光が光学素子を通過して液浸領域に照射されることになる。国際公開第2001/035168号パンフレットに開示されているように、干渉縞を基板P上に形成することによって、基板P上にライン・アンド・スペースパターンを露光する露光装置(リソグラフィシステム)にも本発明を適用することができる。

【0171】

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。

【0172】

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。

【0173】

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。

【0174】

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。

【0175】

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(USP5,874,820)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。

【0176】

以上のように、本願実施形態の露光装置EXは、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電氣的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電氣的精度を達成するための調整が行われる。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

10

20

30

40

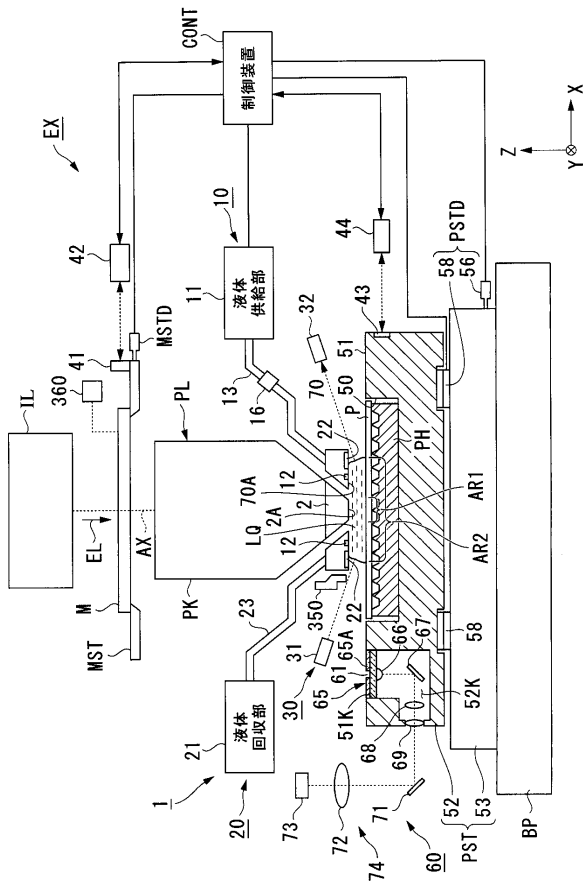
50

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。

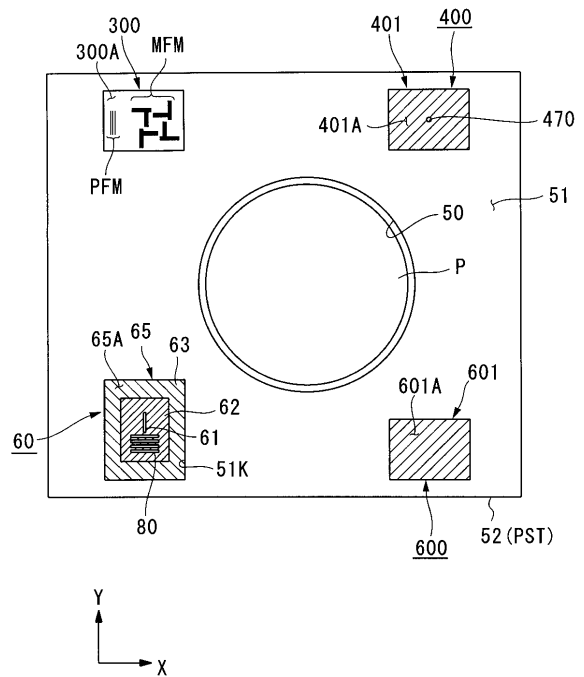
【0177】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図42に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたマスク(レチクル)を製作するステップ202、デバイスの基材である基板を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置EXによりマスクのパターンを基板に露光する基板処理ステップ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、パッケージ工程を含む)205、検査ステップ206等を経て製造される。

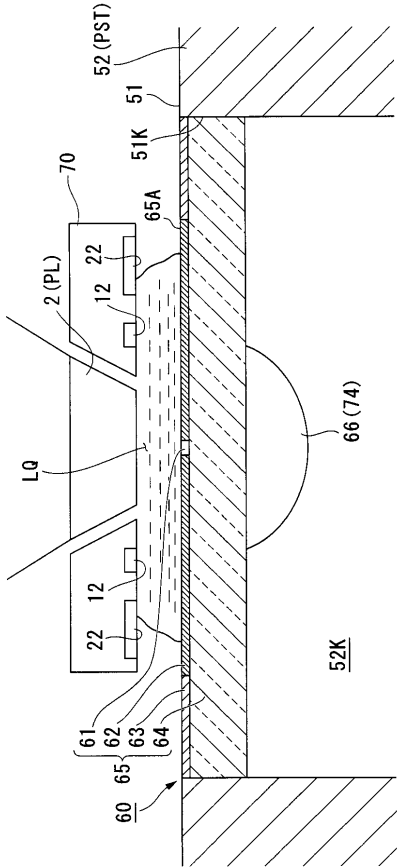
【図1】



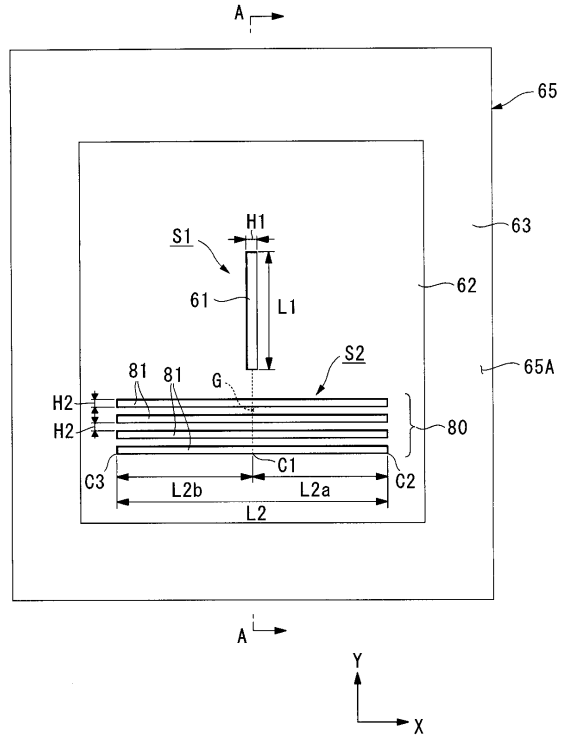
【図2】



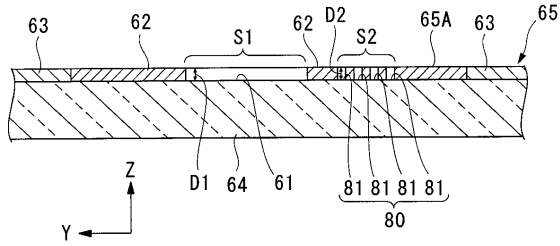
【図3】



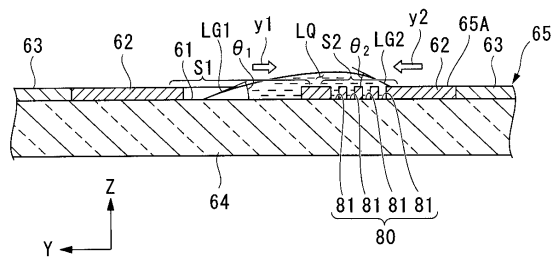
【図4】



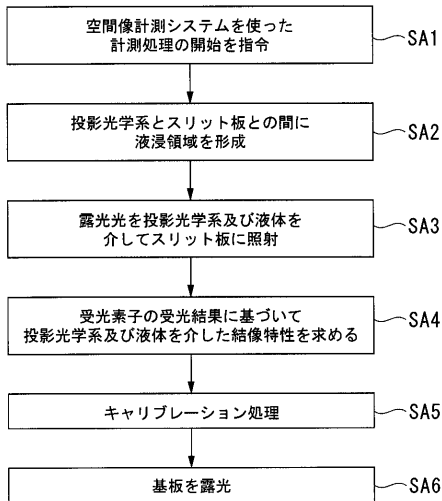
【図5】



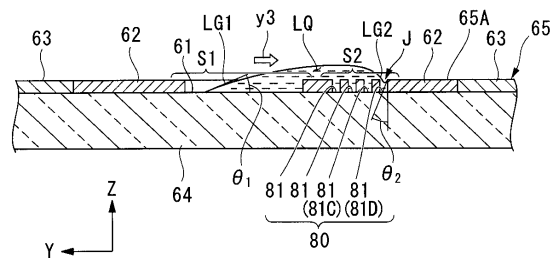
【図7A】



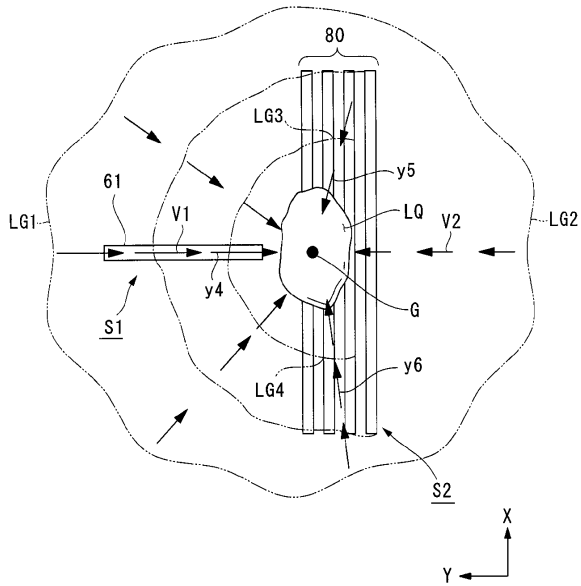
【図6】



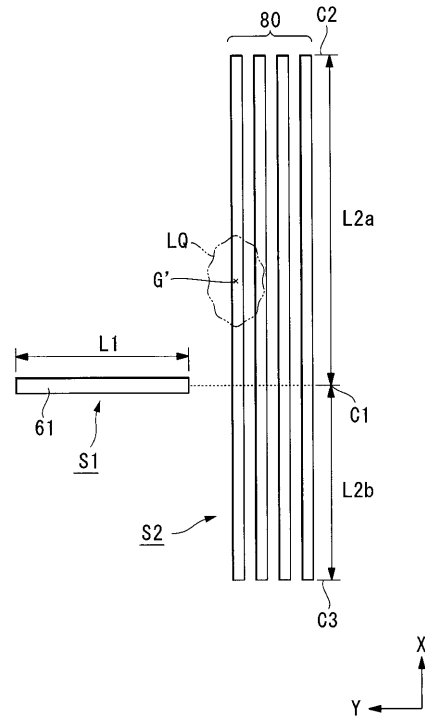
【図7B】



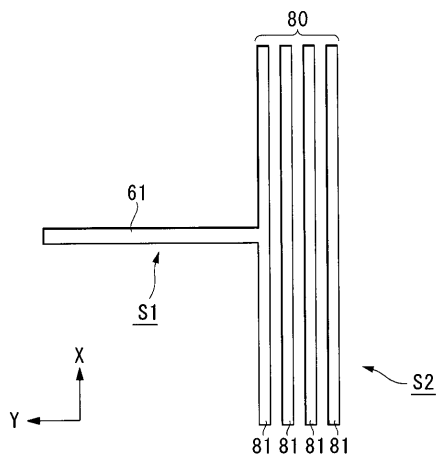
【図 8】



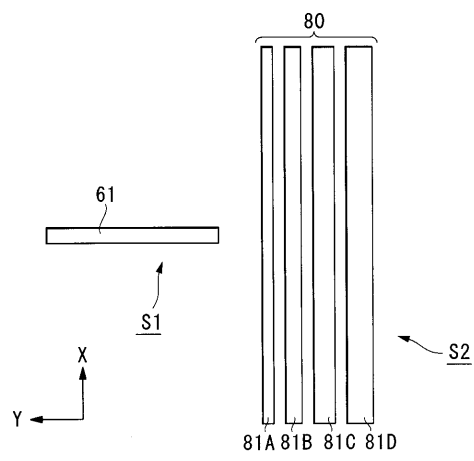
【図 9】



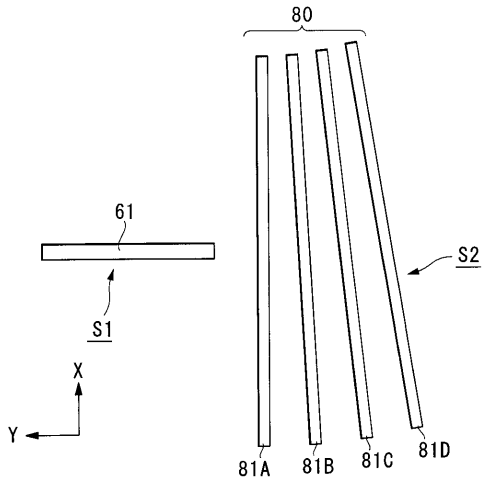
【図 10】



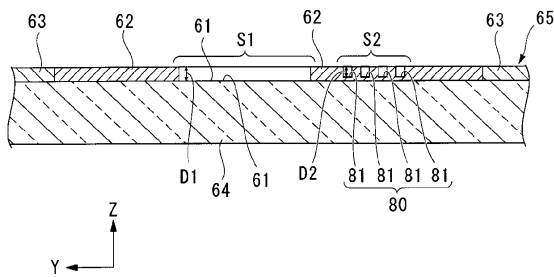
【図 11】



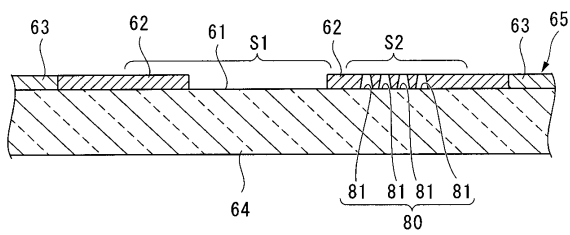
【図12】



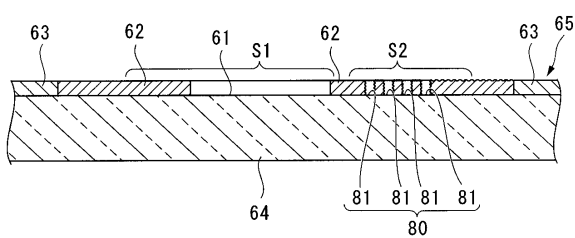
【図13】



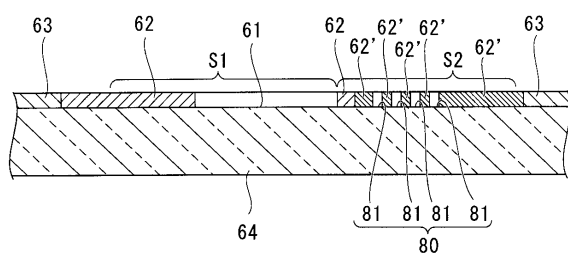
【図16】



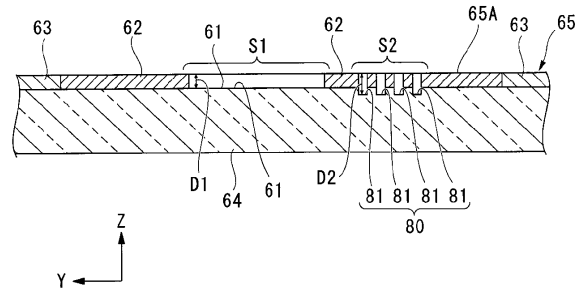
【図17】



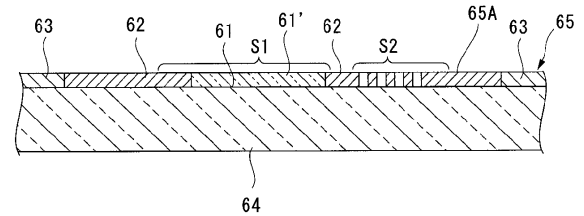
【図18】



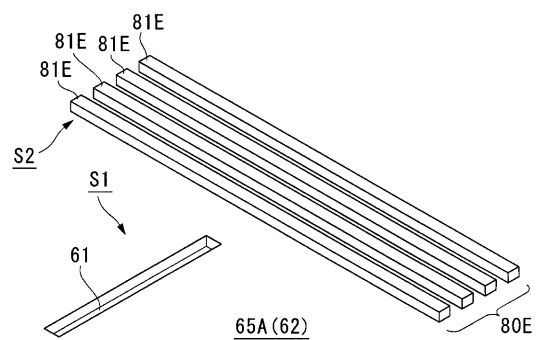
【図14】



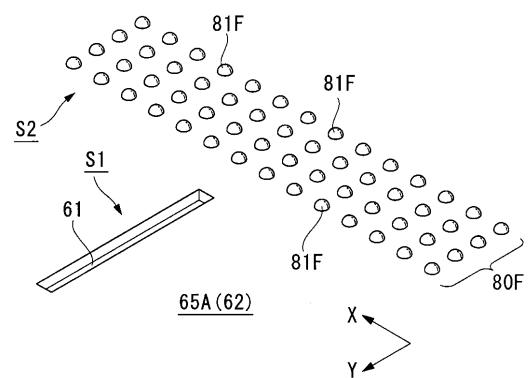
【図15】



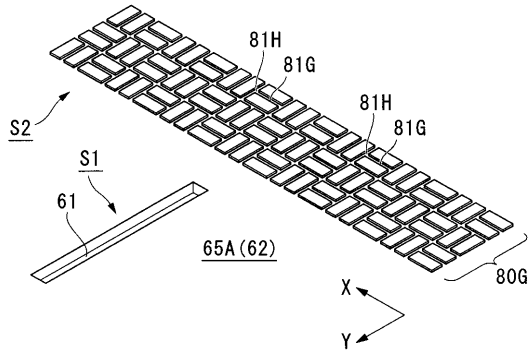
【図19】



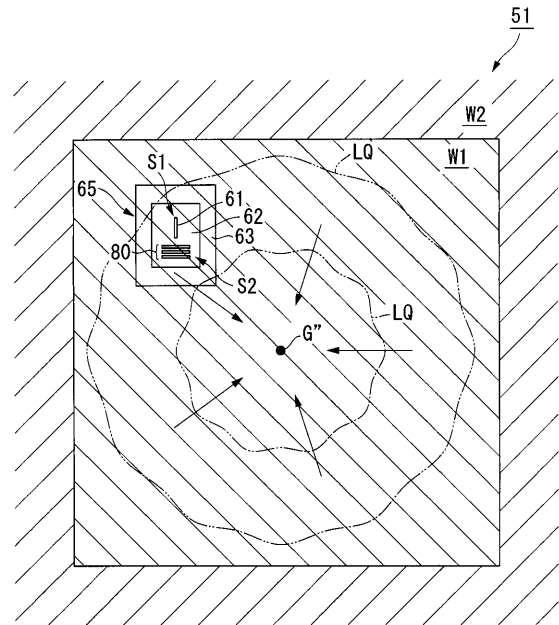
【図20】



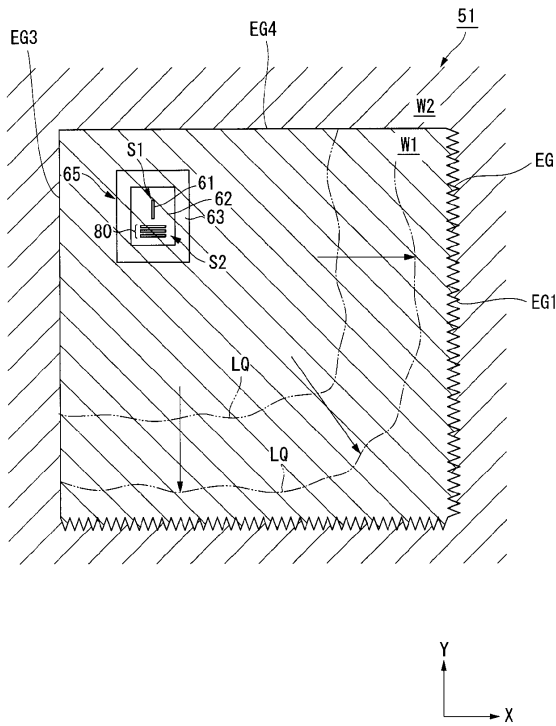
【 図 2 1 】



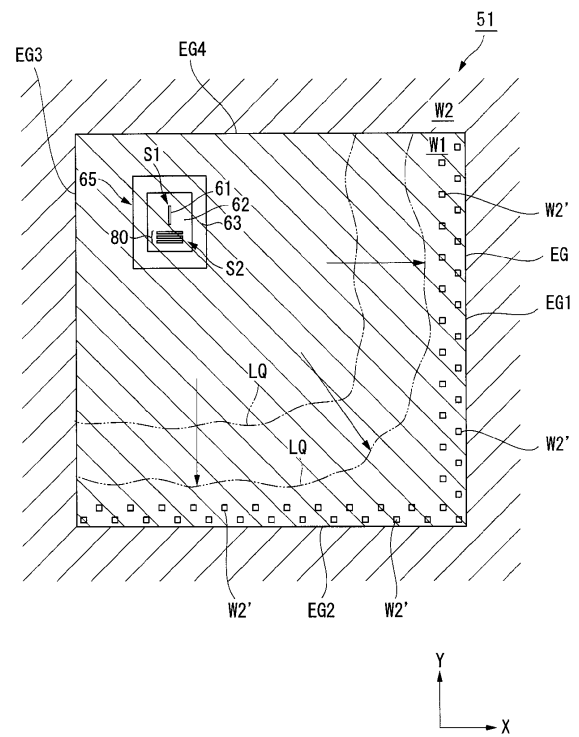
【 図 2 2 】



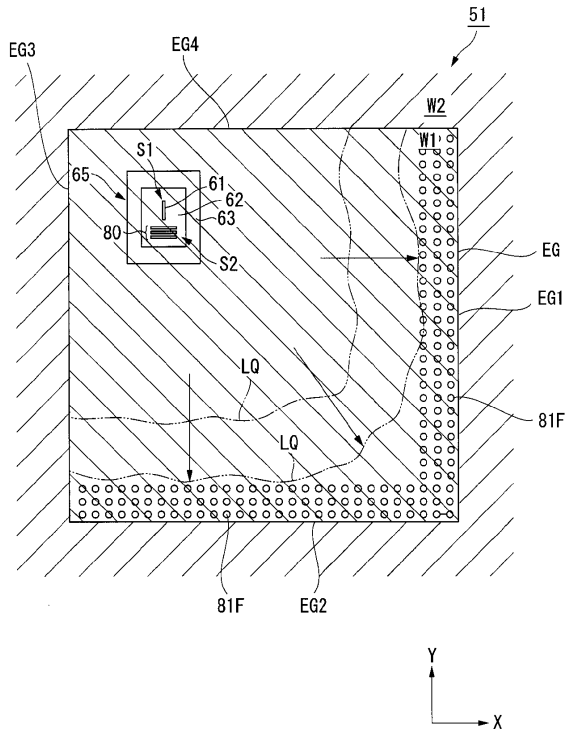
【 図 2 3 】



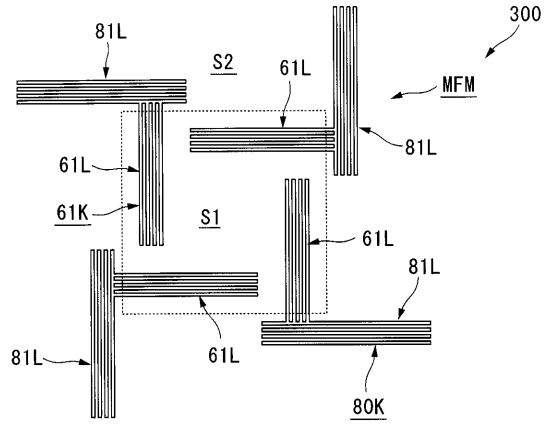
【 図 2 4 】



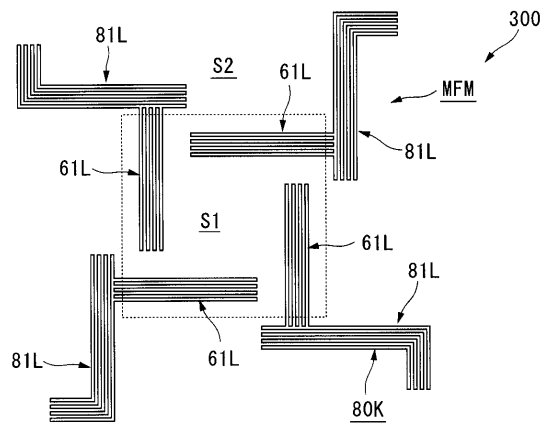
【図 25】



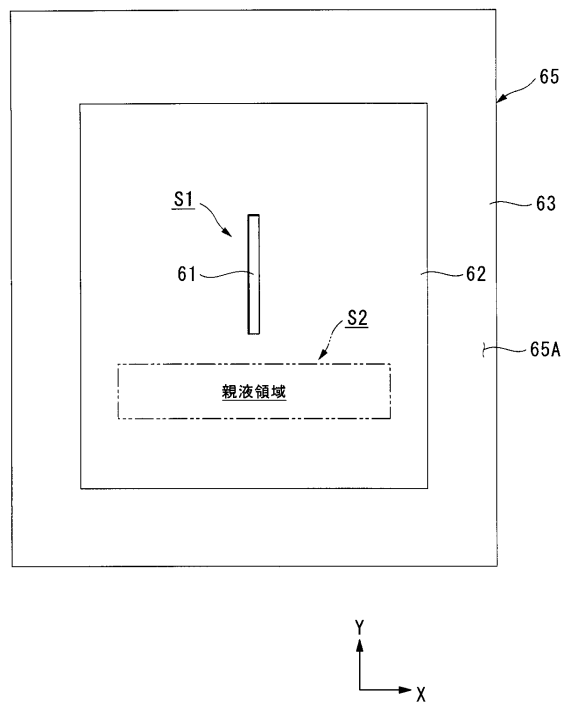
【図 26】



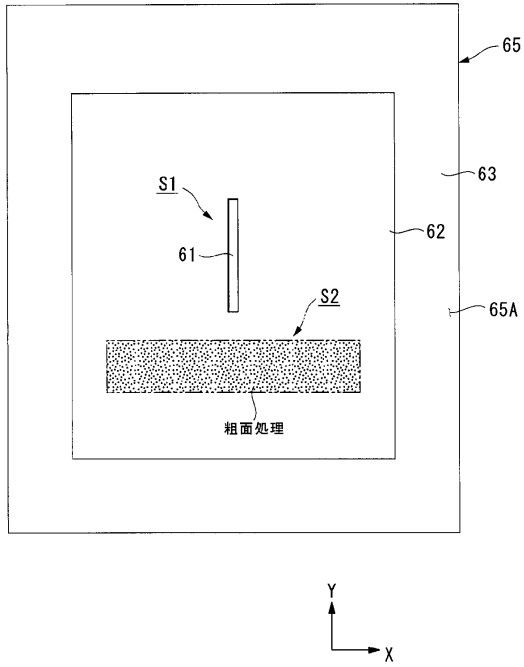
【図 27】



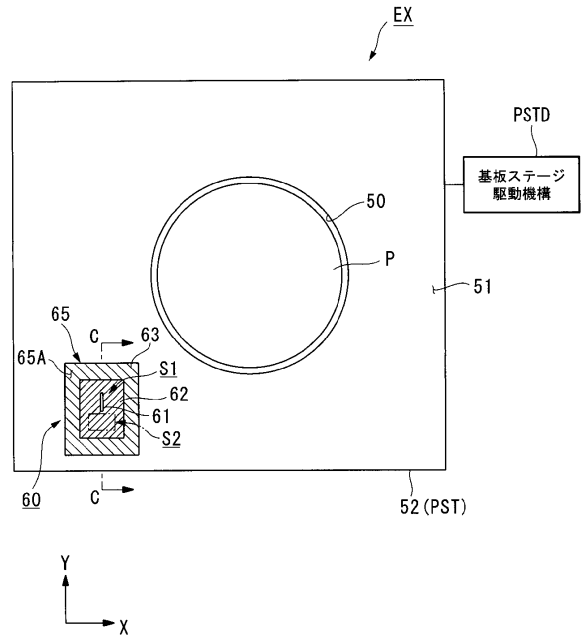
【図 28】



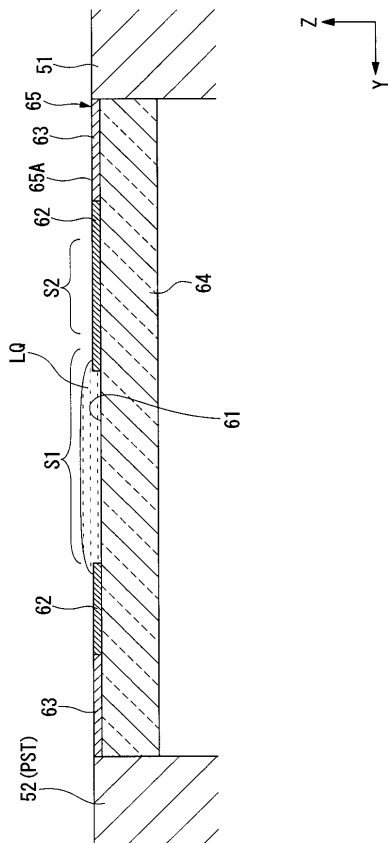
【図 29】



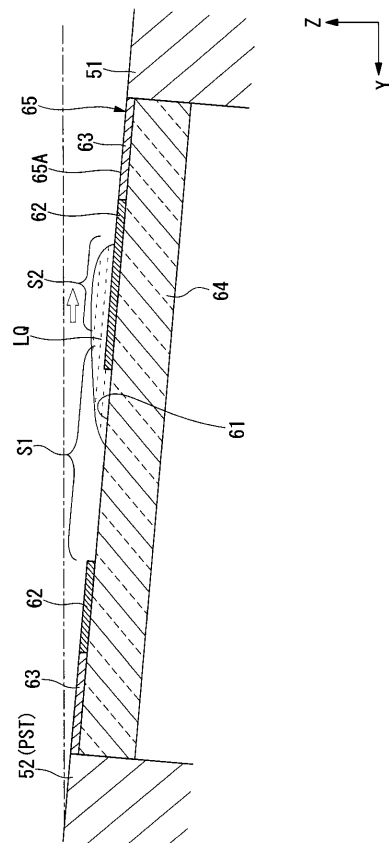
【図 30】



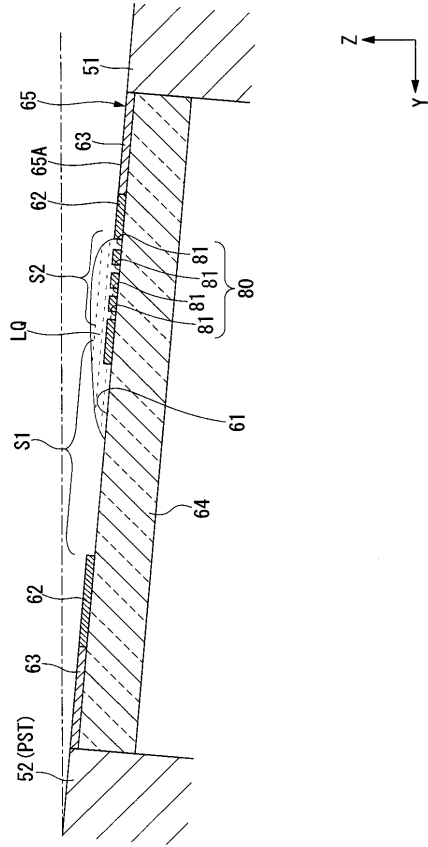
【図 31】



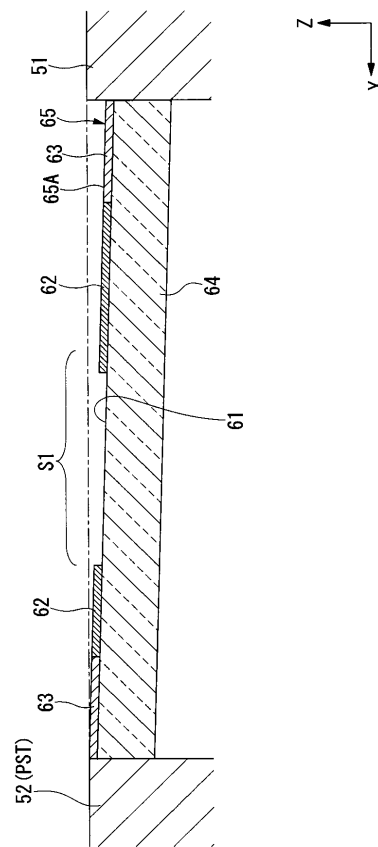
【図 32】



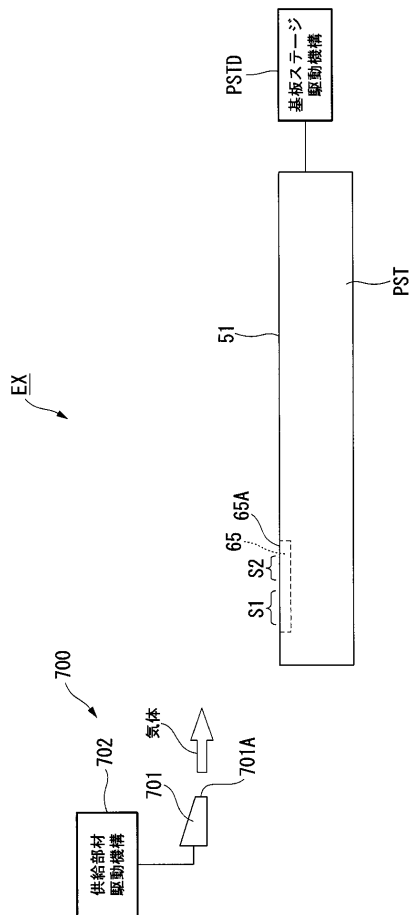
【図 3 3】



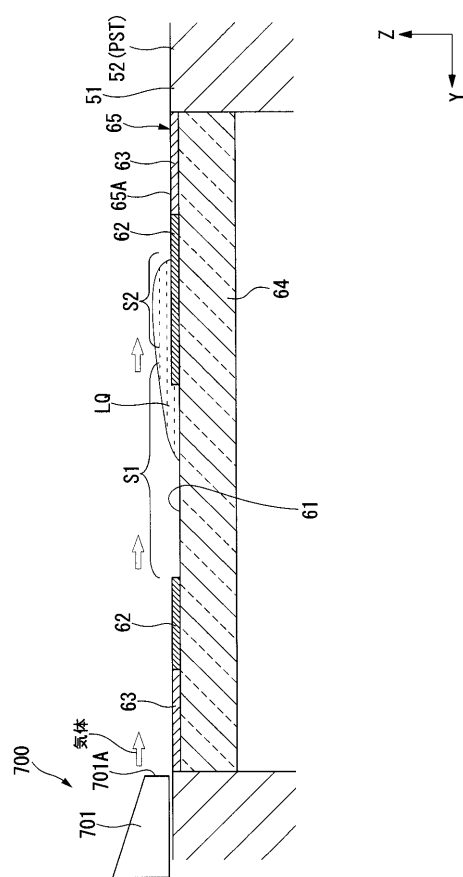
【図 3 4】



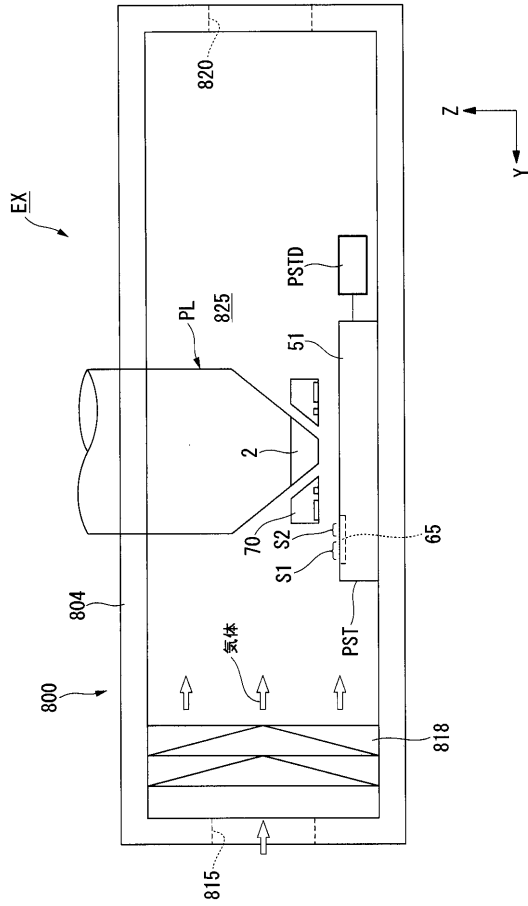
【図 3 5】



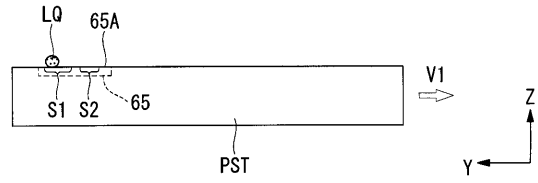
【図 3 6】



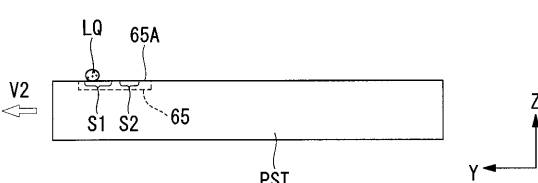
【 図 3 7 】



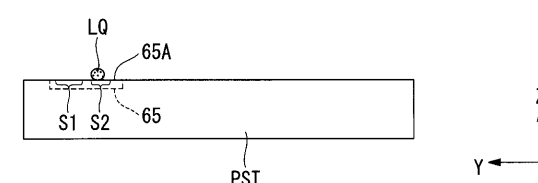
【 図 3 8 A 】



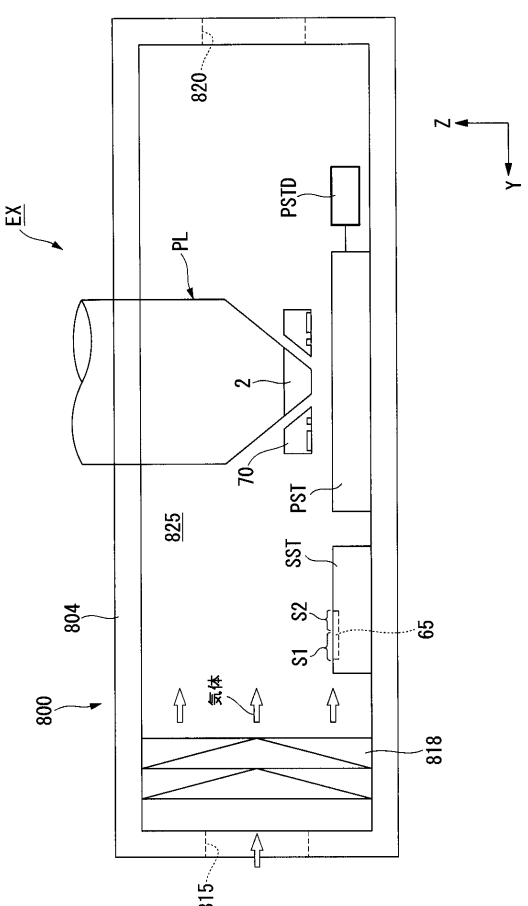
【 図 3 8 B 】



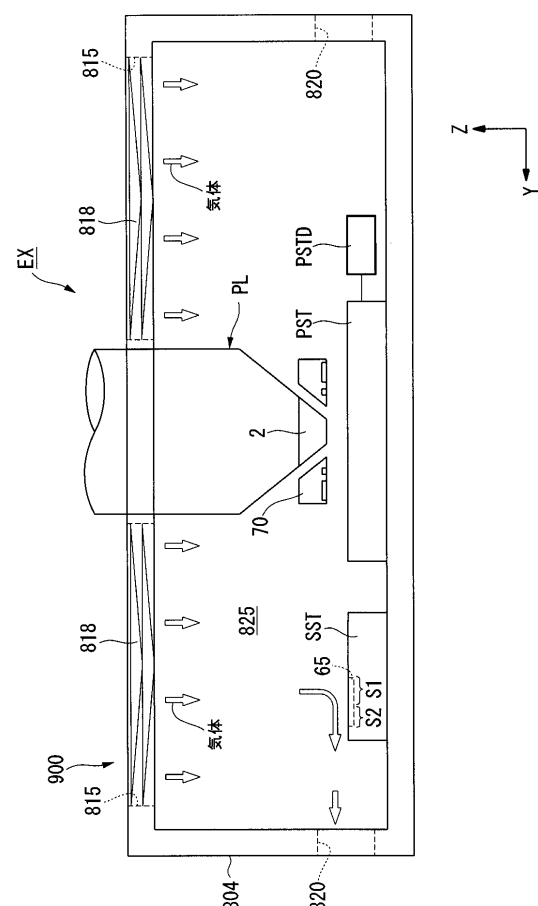
【 図 3 8 C 】



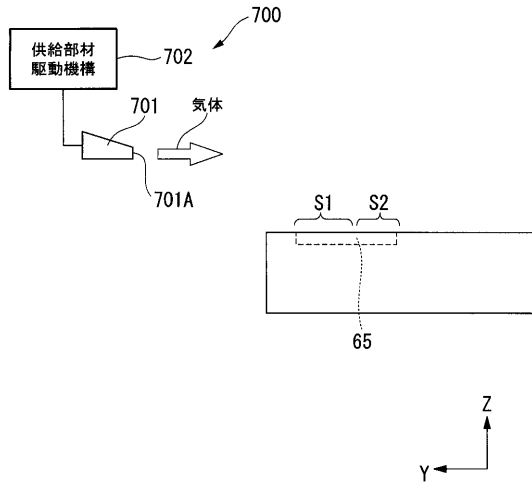
【 図 3 9 】



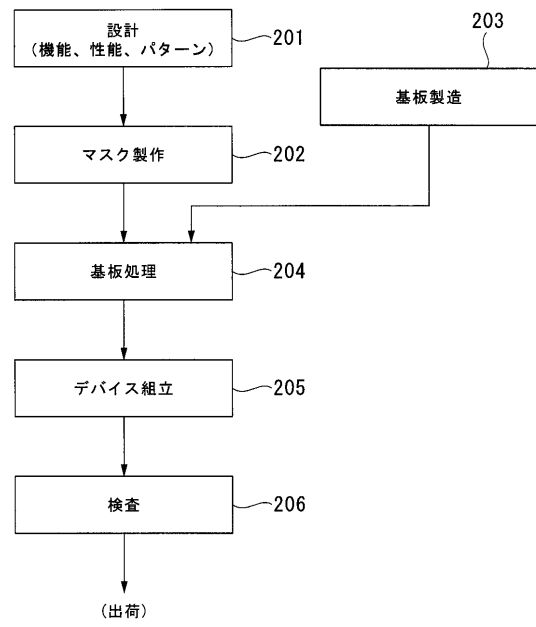
【 図 4 0 】



【図41】



【図42】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-303316(JP,A)
特開2004-207711(JP,A)
特開2004-207696(JP,A)
特開2005-116571(JP,A)
特開2005-277363(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G03F 7/20 - 7/24