

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4858062号
(P4858062)

(45) 発行日 平成24年1月18日(2012.1.18)

(24) 登録日 平成23年11月11日(2011.11.11)

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

請求項の数 20 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2006-271916 (P2006-271916)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成18年10月3日(2006.10.3)		株式会社ニコン
(62) 分割の表示	特願2006-521748 (P2006-521748) の分割		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
原出願日	平成18年4月25日(2006.4.25)	(74) 代理人	100064908
(65) 公開番号	特開2008-47847 (P2008-47847A)		弁理士 志賀 正武
(43) 公開日	平成20年2月28日(2008.2.28)	(74) 代理人	100108578
審査請求日	平成21年3月26日(2009.3.26)		弁理士 高橋 詔男
(31) 優先権主張番号	特願2005-129517 (P2005-129517)	(74) 代理人	100101465
(32) 優先日	平成17年4月27日(2005.4.27)		弁理士 青山 正和
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100107836
(31) 優先権主張番号	特願2005-211319 (P2005-211319)		弁理士 西 和哉
(32) 優先日	平成17年7月21日(2005.7.21)	(72) 発明者	長坂 博之
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光方法、露光装置、デバイス製造方法、及び膜の評価方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板を移動しながら前記基板上に形成された液浸領域の液体を介して前記基板に露光光を照射する露光方法であって、

前記基板が傾斜したときの前記基板の表面における前記液体の後退接触角に基づいて、前記液浸領域を所望状態に維持できる前記基板の移動条件を決定する工程と、

前記移動条件に基づいて前記基板を移動しながら前記液浸領域の前記液体を介して前記基板を露光する工程と、を有し、

前記基板の移動条件は前記基板の最大移動速度を含み、前記移動条件を決定する工程は、前記後退接触角の増大に伴って前記最大移動速度が増大する関係に基づいて前記最大移動速度を決定する露光方法。

【請求項2】

前記最大移動速度を超えない前記基板の移動速度で前記基板を移動し露光する請求項1記載の露光方法。

【請求項3】

前記基板を走査方向に移動しながら前記基板上のショット領域に前記露光光が照射され、

前記基板の移動速度は、前記基板上に露光光が照射されている露光中の移動速度を含む請求項2記載の露光方法。

【請求項4】

前記基板を移動しながら前記基板上の複数のショット領域に前記露光光が順次照射され、

前記基板の移動速度は、1つのショット領域の露光終了後に、次のショット領域を露光開始位置に移動するときのステッピング中の移動速度を含む請求項2又は3記載の露光方法。

【請求項5】

前記後退接触角に基づいて、前記基板の加速度、減速度、移動軌跡、及び一方向への連続的な移動距離の少なくとも一部が決定される請求項1～4のいずれか一項記載の露光方法。

【請求項6】

基板上に液体を供給し、前記供給された液体によって前記基板上に形成された液浸領域の液体を介して前記基板に露光光を照射する露光方法であって、

前記基板が傾斜したときの前記基板の表面における前記液体の後退接触角に基づいて、前記液浸領域を所望状態に維持できる前記基板上への最大液体供給量を求める工程と、

前記最大液体供給量に基づいて、前記液浸領域を形成するときの液浸条件を決定する工程と、

前記液浸条件に基づいて前記液浸領域を形成し、前記液浸領域の前記液体を介して前記基板を露光する工程と、を有する露光方法。

【請求項7】

前記液浸条件は、単位時間当たりの液体の供給量を含む請求項6記載の露光方法。

【請求項8】

前記最大液体供給量を超えないように、前記単位時間当たりの液体の供給量を決定する請求項7記載の露光方法。

【請求項9】

前記後退接触角に基づいて、前記露光光の光路に対する液体供給位置、及び供給方向の少なくとも一部が決定される請求項6～8のいずれか一項記載の露光方法。

【請求項10】

前記後退接触角に基づいて、前記液浸領域を形成する液体を回収するときの回収条件が決定される請求項6～9のいずれか一項記載の露光方法。

【請求項11】

前記回収条件は、前記露光光の光路からの単位時間当たりの液体回収量、前記光路に対する液体回収位置、及び回収方向の少なくとも一部を含む請求項10記載の露光方法。

【請求項12】

請求項1～請求項11のいずれか一項記載の露光方法を用いるデバイス製造方法。

【請求項13】

基板を移動しながら基板上に形成された液浸領域の液体を介して前記基板を露光する露光装置において、

前記基板が傾斜したときの前記基板の表面における前記液体の後退接触角を計測する計測装置と、

前記計測装置の計測結果に基づいて、前記液浸領域を所望状態に維持できる前記基板の最大移動速度を求め、求めた前記最大移動速度に基づいて、前記基板を露光するときの前記基板の移動条件を決定する制御装置と、備えた露光装置。

【請求項14】

基板を移動しながら基板上に形成された液浸領域の液体を介して前記基板を露光する露光装置において、

前記基板が傾斜したときの前記基板の表面における前記液体の後退接触角を計測する計測装置と、

前記後退接触角に対応した情報を予め記憶した記憶装置と、

前記計測装置の計測結果と、前記記憶装置の記憶情報とに基づいて、前記液浸領域を所望状態に維持できる前記基板の最大移動速度を求め、求めた前記最大移動速度に基づいて

10

20

30

40

50

、前記基板を露光するときの前記基板の移動条件を決定する制御装置と、備えた露光装置

【請求項 15】

基板を移動しながら基板上に形成された液浸領域の液体を介して前記基板を露光する露光装置において、

前記基板表面が傾斜したときの前記基板の表面における前記液体の後退接触角の情報を
入力するための入力装置と、

前記入力装置から入力された前記後退接触角の情報に基づいて、前記液浸領域を所望状態に維持できる前記基板の移動条件を決定する制御装置と、を備え、

前記基板の移動条件は前記基板の最大移動速度を含み、前記制御装置は、前記後退接触角の増大に伴って前記最大移動速度が増大する関係に基づいて前記最大移動速度を決定する露光装置。

10

【請求項 16】

前記移動条件は、前記基板の加速度、減速度、移動軌跡、及び一方向への連続的な移動距離の少なくとも一部を含む請求項 15 記載の露光装置。

【請求項 17】

前記後退接触角に対応した情報を記憶する記憶装置をさらに備え、

前記制御装置は、前記入力装置から入力された後退接触角の情報と、前記記憶装置の記憶情報とに基づいて、前記基板の移動条件を決定する請求項 16 記載の露光装置。

【請求項 18】

20

基板上に液体を供給し、前記供給された液体によって前記基板上に形成された液浸領域の液体を介して前記基板を露光する露光装置において、

前記基板が傾斜したときの前記基板の表面における前記液体の後退接触角を計測する計測装置と、

前記計測装置の計測結果に基づいて、前記液浸領域を所望状態に維持できる前記基板上への最大液体供給量を求め、前記最大液体供給量に基づいて、前記液浸領域を形成するときの液浸条件を決定する制御装置と、を備えた露光装置。

【請求項 19】

請求項 13 ~ 請求項 18 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 20】

30

液体を介して露光される基板に形成されている膜の評価方法であって、

前記基板が傾斜したときの前記膜の表面における前記液体の後退接触角を測定する工程と、

測定された前記後退接触角の値と、露光条件に基づいて定められた前記後退接触角の許容範囲との比較に基づいて、前記露光条件に対する前記膜の適性を判定する工程と、を有する膜の評価方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

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

40

本願は、2005年4月27日に出願された特願2005-129517号、及び2005年7月21日に出願された特願2005-211319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、液晶表示デバイス等のマイクロデバイスの製造工程の一つであるフォトリソグラフィ工程では、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に投影露光する露光装置が用いられる。この露光装置は、マスクを保持するマスクステージと基板を保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

50

クのパターンを投影光学系を介して基板に投影露光するものである。マイクロデバイスの製造においては、デバイスの高密度化のために、基板上に形成されるパターンの微細化が要求されている。この要求に応えるために露光装置の更なる高解像度化が望まれており、その高解像度化を実現するための手段の一つとして、下記特許文献1に開示されているような、基板上に液体の液浸領域を形成し、この液浸領域の液体を介して基板を露光する液浸露光装置が案出されている。

【特許文献1】国際公開第99/49504号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

ところで、露光対象である基板の表面に設けられるフォトリジスト膜、あるいはその上層に設けられるトップコート膜などには種々の材料が用いられることが通常であるが、液浸領域の液体との接触面となる膜の種類が変更された場合、膜の種類によっては、露光光の光路上の液体を所望状態に維持できなくなる可能性がある。この場合、液浸露光装置の汎用性が著しく低下するといった問題が生じる。

【0004】

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、異なる種類の膜が設けられた基板のそれぞれに対して液浸露光を良好に行うことができる露光方法、露光装置、及びデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

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。

【0006】

本発明の第1の態様に従えば、基板(P)上に液体(LQ)の液浸領域(LR)を形成し、液浸領域(LR)の液体(LQ)を介して基板(P)上に露光光(EL)を照射して基板(P)を露光する露光方法において、基板(P)表面を傾斜させたときの基板(P)表面における液体(LQ)の後退接触角に基づいて、基板(P)を露光するときの露光条件を決定する露光方法が提供される。

【0007】

本発明の第1の態様によれば、基板表面を傾斜させたときの基板表面における液体の後退接触角に基づいて、基板を露光するときの露光条件を決定するので、表面の膜の種類にかかわらず基板に対して液浸露光を良好に行うことができる。

【0008】

本発明の第2の態様に従えば、上記態様の露光方法を用いるデバイス製造方法が提供される。

【0009】

本発明の第2の態様によれば、表面の膜の種類にかかわらず基板を良好に液浸露光することができ、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

【0010】

本発明の第3の態様に従えば、基板(P)上に液体(LQ)の液浸領域(LR)を形成し、液浸領域(LR)の液体(LQ)を介して基板(P)上に露光光(EL)を照射して基板(P)を露光する露光装置において、基板(P)表面を傾斜させたときの基板(P)表面における液体(LQ)の後退接触角を計測する計測装置(60)を備えた露光装置(EX)が提供される。

【0011】

本発明の第3の態様によれば、基板表面を傾斜させたときの基板表面における液体の後退接触角を計測することで、その計測結果に基づいて、表面の膜の種類にかかわらず基板に対して液浸露光を良好に行うことができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

本発明の第 4 の態様に従えば、基板 (P) 上に液体 (L Q) の液浸領域 (L R) を形成し、液浸領域 (L R) の液体 (L Q) を介して基板 (P) 上に露光光 (E L) を照射して基板 (P) を露光する露光装置において、基板 (P) 表面を傾斜させたときの基板 (P) 表面における液体 (L Q) の後退接触角の情報を入力するための入力装置 (I N P) と、入力装置 (I N P) から入力された後退接触角の情報に基づいて、基板 (P) を露光するときの露光条件を決定する制御装置 (C O N T) とを備えた露光装置 (E X) が提供される。

【 0 0 1 3 】

本発明の第 4 の態様によれば、入力装置によって入力された基板表面を傾斜させたときの基板表面における液体の後退接触角の情報に基づいて、基板を露光するときの露光条件を決定するので、表面の膜の種類にかかわらず基板のそれぞれに対して液浸露光を良好に行うことができる。

【 0 0 1 4 】

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

【 0 0 1 5 】

本発明の第 5 の態様によれば、異なる種類の膜が設けられた複数の基板のそれぞれを良好に液浸露光することができ、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

【 0 0 1 6 】

本発明の第 6 の態様に従えば、液体 (L Q) を介して露光される基板 (P) に形成されている膜の評価方法であって、基板 (P) が傾斜したときの膜の表面における液体 (L Q) の後退接触角を測定する工程と、測定された後退接触角の値と、露光条件に基づいて定められた後退接触角の許容範囲との比較に基づいて、露光条件に対する膜の適性を判定する工程と、を有する膜の評価方法が提供される。

【 0 0 1 7 】

本発明の第 6 の態様によれば、基板を傾斜させたときの膜の表面における液体の後退接触角と、露光条件に基づいて定められた後退接触角の許容範囲との比較に基づいて、露光条件に対する膜の適性を判定するので、表面の膜の種類にかかわらず基板に対して液浸露光を良好に行うことができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、異なる種類の膜が設けられた基板のそれぞれに対して液浸露光を良好に行うことができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 9 】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明するが、本発明はこれに限定されない。

【 0 0 2 0 】

< 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 E X を示す概略構成図である。図 1 において、露光装置 E X は、マスク M を保持して移動可能なマスクステージ M S T と、基板 P を保持する基板ホルダ P H を有し、基板 P を保持した基板ホルダ P H を移動可能な基板ステージ P S T と、マスクステージ M S T に保持されているマスク M を露光光 E L で照明する照明光学系 I L と、露光光 E L で照明されたマスク M のパターン像を基板 P 上に投影する投影光学系 P L と、露光装置 E X 全体の動作を制御する制御装置 C O N T とを備えている。制御装置 C O N T には、露光処理に関する情報を記憶した記憶装置 M R Y と、露光処理に関する情報を入力する入力装置 I N P と、露光処理に関する情報を表示する表示装置 D Y とが接続されている。入力装置 I N P は、例えばキーボードあるいはタッチパネル等を含む。表示装置 D Y は、例えば液晶ディスプレイ等のディスプレ

10

20

30

40

50

イ装置を含む。また、露光装置 E X は、基板ステージ P S T に対して基板 P を搬送する搬送装置 H を備えている。

【 0 0 2 1 】

本実施形態の露光装置 E X は、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、投影光学系 P L の像面近傍における露光光 E L の光路空間 K 1 を液体 L Q で満たすための液浸機構 1 を備えている。液浸機構 1 は、光路空間 K 1 の近傍に設けられ、液体 L Q を供給する供給口 1 2 及び液体 L Q を回収する回収口 2 2 を有するノズル部材 7 0 と、供給管 1 3、及びノズル部材 7 0 に設けられた供給口 1 2 を介して液体 L Q を供給する液体供給装置 1 1 と、ノズル部材 7 0 に設けられた回収口 2 2、及び回収管 2 3 を介して液体 L Q を回収する液体回収装置 2 1 とを備えている。ノズル部材 7 0 は、基板 P (基板ステージ P S T) の上方において、投影光学系 P L を構成する複数の光学素子のうち、投影光学系 P L の像面に最も近い最終光学素子 L S 1 を囲むように環状に形成されている。

10

【 0 0 2 2 】

また、本実施形態の露光装置 E X は、投影光学系 P L の投影領域 A R を含む基板 P 上の一部の領域に、投影領域 A R よりも大きく且つ基板 P よりも小さい液体 L Q の液浸領域 L R を局所的に形成する局所液浸方式を採用している。露光装置 E X は、少なくともマスク M のパターン像を基板 P に投影している間、液浸機構 1 を使って、投影光学系 P L の像面に最も近い最終光学素子 L S 1 と、最終光学素子 L S 1 と対向する位置に配置された基板 P との間の露光光 E L の光路空間 K 1 を液体 L Q で満たすことによって、基板 P 上に液体 L Q の液浸領域 L R を形成し、投影光学系 P L と液浸領域 L R の液体 L Q とを介してマスク M を通過した露光光 E L を基板 P 上に照射することによって、マスク M のパターン像を基板 P に投影する。制御装置 C O N T は、液浸機構 1 の液体供給装置 1 1 を使って液体 L Q を所定量供給するとともに、液体回収装置 2 1 を使って液体 L Q を所定量回収することで、光路空間 K 1 を液体 L Q で満たし、基板 P 上の一部の領域に液体 L Q の液浸領域 L R を局所的に形成する。

20

【 0 0 2 3 】

なお、本実施形態においては、液浸領域 L R は基板 P 上に形成されるものとして説明する場合があるが、投影光学系 P L の像面側において、最終光学素子 L S 1 と対向する位置に配置された物体上、例えば基板 P を含む基板ステージ P S T の上面などにも形成可能である。

30

【 0 0 2 4 】

また、露光装置 E X は、基板 P の表面と液体 L Q との間に作用する付着力 (付着エネルギー) を計測する計測装置 6 0 を備えている。本実施形態においては、計測装置 6 0 は、搬送装置 H の搬送経路上に設けられている。

【 0 0 2 5 】

本実施形態では、露光装置 E X としてマスク M と基板 P とを走査方向に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 (所謂スキニングステップ) 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) を Y 軸方向、水平面内において Y 軸方向と直交する方向を X 軸方向 (非走査方向)、X 軸及び Y 軸方向に垂直で投影光学系 P L の光軸 A X と一致する方向を Z 軸方向とする。また、X 軸、Y 軸、及び Z 軸まわりの回転 (傾斜) 方向をそれぞれ、X、Y、及び Z 方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハ等の基材上に感光材 (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。

40

【 0 0 2 6 】

照明光学系 I L は、露光用光源、露光用光源から射出された光束の照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光 E L を集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、及び露光光 E L によるマスク M 上の照明領域を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 I L により均一な

50

照度分布の露光光 E_L で照明される。照明光学系 I_L から射出される露光光 E_L としては、例えば水銀ランプから射出される輝線（ g 線、 h 線、 i 線）及び KrF エキシマレーザ光（波長 248 nm ）等の遠紫外光（ DUV 光）、 ArF エキシマレーザ光（波長 193 nm ）及び F_2 レーザ光（波長 157 nm ）等の真空紫外光（ VUV 光）などが用いられる。本実施形態においては ArF エキシマレーザ光が用いられる。

【0027】

本実施形態においては、液体 LQ として純水が用いられている。純水は、 ArF エキシマレーザ光のみならず、例えば、水銀ランプから射出される輝線（ g 線、 h 線、 i 線）及び KrF エキシマレーザ光（波長 248 nm ）等の遠紫外光（ DUV 光）も透過可能である。

10

【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る。マスクステージ MST は、マスク M を真空吸着（又は静電吸着）機構などを使って保持する。マスクステージ MST は、制御装置 $CONT$ により制御されるリニアモータ等を含むマスクステージ駆動装置 $MSTD$ の駆動により、マスク M を保持した状態で、投影光学系 PL の光軸 AX に垂直な平面内、すなわち XY 平面内で 2 次元移動可能及び Z 方向に微少回転可能である。マスクステージ MST 上には移動鏡 91 が設けられている。また、所定位置にはレーザ干渉計 92 が設けられている。マスクステージ MST 上のマスク M の 2 次元方向の位置、及び Z 方向の回転角（場合によっては X 、 Y 方向の回転角も含む）は移動鏡 91 を用いてレーザ干渉計 92 によりリアルタイムで計測される。レーザ干渉計 92 の計測結果は制御装置 $CONT$ に出力される。制御装置 $CONT$ は、レーザ干渉計 92 の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置 $MSTD$ を駆動し、マスクステージ MST に保持されているマスク M の位置制御を行う。

20

【0029】

投影光学系 PL は、マスク M のパターンを所定の投影倍率 で基板 P に投影露光するものであって、複数の光学素子で構成されており、それら光学素子は鏡筒 PK で保持されている。本実施形態において、投影光学系 PL は、投影倍率 が例えば $1/4$ 、 $1/5$ 、あるいは $1/8$ の縮小系である。なお、投影光学系 PL は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、投影光学系 PL は、反射光学素子を含まない屈折系、屈折光学素子を含まない反射系、反射光学素子と屈折光学素子とを含む反射屈折系のいずれであってもよい。また、本実施形態において、投影光学系 PL を構成する複数の光学素子は、投影光学系 PL の像面に最も近い最終光学素子 $LS1$ のみが液体 LQ と接触するように、鏡筒 PK によって保持されている。

30

【0030】

基板ステージ PST は、基板 P を保持する基板ホルダ PH を有し、投影光学系 PL の像面側において、ベース部材 BP 上で移動可能である。基板ホルダ PH は、例えば真空吸着機構などを使って基板 P を保持する。基板ステージ PST 上には凹部 96 が設けられており、基板 P を保持するための基板ホルダ PH は凹部 96 に配置されている。そして、基板ステージ PST のうち凹部 96 以外の上面 97 は、基板ホルダ PH 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。なお、光路空間 $K1$ に液体 LQ を満たし続けることができるならば、基板ステージ PST の上面 97 と基板ホルダ PH に保持された基板 P の表面とに段差があってもよい。

40

【0031】

基板ステージ PST は、制御装置 $CONT$ により制御されるリニアモータ等を含む基板ステージ駆動装置 $PSTD$ の駆動により、基板 P を基板ホルダ PH を介して保持した状態で、ベース部材 BP 上で 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。更に基板ステージ PST は、 Z 軸方向、 X 方向、及び Y 方向にも移動可能である。したがって、基板ステージ PST に保持された基板 P の表面は、 X 軸、 Y 軸、 Z 軸、 X 、 Y 、及び Z 方向の 6 自由度の方向に移動可能である。

【0032】

50

基板ステージ P S T の側面には移動鏡 9 3 が設けられている。また、所定位置にはレーザ干渉計 9 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、及び回転角は移動鏡 9 3 を用いてレーザ干渉計 9 4 によりリアルタイムで計測される。また、図示はされていないが、露光装置 E X は、基板ステージ P S T に保持されている基板 P の表面の面位置情報を検出するフォーカス・レベリング検出系を備えている。フォーカス・レベリング検出系は、基板 P の表面の面位置情報（Z 軸方向の位置情報、及び X 及び Y 方向の傾斜情報）を検出する。レーザ干渉計 9 4 の計測結果は制御装置 C O N T に出力される。フォーカス・レベリング検出系の検出結果も制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T は、フォーカス・レベリング検出系の検出結果に基づいて、基板ステージ駆動装置 P S T D を駆動し、基板 P のフォーカス位置（Z 位置）及び傾斜角（X、Y）を制御して基板 P の表面と投影光学系 P L 及び液体 L Q を介した像面との位置関係を調整するとともに、レーザ干渉計 9 4 の計測結果に基づいて、基板 P の X 軸方向、Y 軸方向、及び Z 方向における位置制御を行う。

10

【 0 0 3 3 】

次に、液浸機構 1 について説明する。液浸機構 1 の液体供給装置 1 1 は、液体 L Q を収容するタンク、加圧ポンプ、供給する液体 L Q の温度を調整する温度調整装置、供給する液体 L Q の気体成分を低減する脱気装置、及び液体 L Q 中の異物を取り除くフィルタユニット等を備えている。液体供給装置 1 1 には供給管 1 3 の一端部が接続されており、供給管 1 3 の他端部はノズル部材 7 0 に接続されている。液体供給装置 1 1 の液体供給動作は制御装置 C O N T により制御される。制御装置 C O N T は、液体供給装置 1 1 を制御することで、供給口 1 2 からの単位時間当たりの液体供給量を調整可能である。なお、液体供給装置 1 1 のタンク、加圧ポンプ、温度調整装置、脱気装置、フィルタユニット等は、その全てを露光装置 E X が備えている必要はなく、露光装置 E X が設置される工場等の設備を代用してもよい。

20

【 0 0 3 4 】

液浸機構 1 の液体回収装置 2 1 は、真空ポンプ等の真空系、回収された液体 L Q と気体とを分離する気液分離器、及び回収した液体 L Q を収容するタンク等を備えている。液体回収装置 2 1 には回収管 2 3 の一端部が接続されており、回収管 2 3 の他端部はノズル部材 7 0 に接続されている。液体回収装置 2 1 の液体回収動作は制御装置 C O N T により制御される。制御装置 C O N T は、液体回収装置 2 1 を制御することで、回収口 2 2 を介した単位時間当たりの液体回収量を調整可能である。なお、液体回収装置 2 1 の真空系、気液分離器、タンク等は、その全てを露光装置 E X が備えている必要はなく、露光装置 E X が設置される工場等の設備を代用してもよい。

30

【 0 0 3 5 】

液体 L Q を供給する供給口 1 2 及び液体 L Q を回収する回収口 2 2 はノズル部材 7 0 の下面 7 0 A に形成されている。ノズル部材 7 0 の下面 7 0 A は、基板 P の表面、及び基板ステージ P S T の上面 9 7 と対向する位置に設けられている。ノズル部材 7 0 は、最終光学素子 L S 1 の側面を囲むように設けられた環状部材であって、供給口 1 2 は、ノズル部材 7 0 の下面 7 0 A において、投影光学系 P L の最終光学素子 L S 1（投影光学系 P L の光軸 A X）を囲むように複数設けられている。また、回収口 2 2 は、ノズル部材 7 0 の下面 7 0 A において、最終光学素子 L S 1 に対して供給口 1 2 よりも外側に（供給口 1 2 よりも離れて）設けられており、最終光学素子 L S 1 及び供給口 1 2 を囲むように設けられている。

40

【 0 0 3 6 】

そして、制御装置 C O N T は、液体供給装置 1 1 を使って光路空間 K 1 に液体 L Q を所定量供給するとともに、液体回収装置 2 1 を使って光路空間 K 1 の液体 L Q を所定量回収することで、投影光学系 P L と基板 P との間の露光光 E L の光路空間 K 1 を液体 L Q で満たし、基板 P 上に液体 L Q の液浸領域 L R を局所的に形成する。液体 L Q の液浸領域 L R を形成する際、制御装置 C O N T は、液体供給装置 1 1 及び液体回収装置 2 1 のそれぞれを駆動する。制御装置 C O N T の制御のもとで液体供給装置 1 1 から液体 L Q が送出され

50

ると、その液体供給装置 11 から送出された液体 LQ は、供給管 13 を流れた後、ノズル部材 70 の供給流路を介して、供給口 12 より投影光学系 PL の像面側に供給される。また、制御装置 CONT のもとで液体回収装置 21 が駆動されると、投影光学系 PL の像面側の液体 LQ は回収口 22 を介してノズル部材 70 の回収流路に流入し、回収管 23 を流れた後、液体回収装置 21 に回収される。

【0037】

図 2 は基板 P を露光するときの液浸領域 LR と基板 P を保持した基板ステージ PST との位置関係の一例を説明するための図である。図 2 に示すように、基板 P 上にはマトリクス状に複数のショット領域 S1 ~ S21 が設定されている。上述のように、本実施形態の露光装置 EX は、マスク M と基板 P とを Y 軸方向（走査方向）に移動しながらマスク M のパターンを基板 P に投影露光するものであり、基板 P のショット領域 S1 ~ S21 のそれぞれを露光するとき、制御装置 CONT は、図 2 中、例えば矢印 y1 で示すように、投影光学系 PL の投影領域 AR 及びそれを覆う液浸領域 LR と基板 P とを相対的に移動しつつ、液浸領域 LR の液体 LQ を介して基板 P 上に露光光 EL を照射する。制御装置 CONT は、投影光学系 PL の投影領域 AR（露光光 EL）が基板 P で矢印 y1 に沿って移動するように、基板ステージ PST の動作を制御する。制御装置 CONT は、1 つのショット領域の露光終了後に、基板 P（基板ステージ PST）をステップ移動して次のショット領域を走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で基板 P を移動しながら各ショット領域 S1 ~ S21 を順次走査露光する。また制御装置 CONT は、所望状態の液浸領域 LR を形成するために、液浸機構 1 の動作を制御し、液体 LQ の供給動作と回収動作とを並行して行う。

【0038】

図 3（A）及び図 3（B）は基板 P の一例を説明するための断面図である。図 3（A）に示す基板 P は、基材 W と、その基材 W の上面に形成された第 1 膜 Rg とを有している。基材 W はシリコンウエハを含むものである。第 1 膜 Rg はフォトレジスト（感光材）によって形成されており、基材 W の上面の中央部の殆どを占める領域に所定の厚みで被覆されている。また、図 3（B）に示す基板 P は、第 1 膜 Rg の表面を覆う第 2 膜 Tc を有している。第 2 膜 Tc は、例えばトップコート膜と呼ばれる保護膜又は反射防止膜である。

【0039】

このように、基板 P の表面には、フォトレジスト等からなる第 1 膜 Rg、あるいはこの第 1 膜 Rg の上層に設けられるトップコート膜等の第 2 膜 Tc が形成されている。したがって、基板 P 上の最上層（基板 P の表面）に設けられた膜が、液浸露光時において液体 LQ に接触する液体接触面を形成する。

【0040】

次に、図 4 を参照しながら計測装置 60 について説明する。図 4 において、計測装置 60 は、基板 P を保持する保持部材 61 と、保持部材 61 に保持されている基板 P の表面に対して液体 LQ の液滴を滴下可能な滴下部材 62 と、基板 P の表面における液体 LQ（液滴）の状態を観察可能な観察装置 63 と、基板 P の表面の液体 LQ（液滴）を照明する照明装置 64 とを備えている。

【0041】

基板 P は搬送装置 H によって保持部材 61 にロード（搬入）されるようになっており、保持部材 61 は搬送装置 H によって搬送された基板 P を保持する。搬送装置 H は、露光処理前の基板 P を保持部材 61 に搬送する。計測装置 60 は、露光処理前の基板 P を計測する。

【0042】

観察装置 63 は、光学系、及び CCD 等によって構成されている撮像素子等を備えている。撮像素子は、液体 LQ の画像（光学像）を光学系を介して取得可能である。本実施形態においては、観察装置 63 は、保持部材 61 に保持された基板 P の +X 側（一方側）に配置されており、基板 P 及び保持部材 61 と離れた位置から、基板 P 上の液体 LQ の液滴の状態を観察する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 3 】

照明装置 6 4 は、基板 P (保持部材 6 1) を挟んで観察装置 6 3 と対向する位置に設けられている。すなわち、照明装置 6 4 は、保持部材 6 1 に保持された基板 P の - X 側 (他方側) に配置されており、基板 P 及び保持部材 6 1 と離れた位置から、基板 P 上の液体 L Q の液滴を照明する。したがって、観察装置 6 3 は、照明装置 6 4 によって照明された液体 L Q の液滴の画像を取得する。

【 0 0 4 4 】

観察装置 6 3 と制御装置 C O N T とは接続されており、観察装置 6 3 は、取得した液体 L Q の液滴の画像を電気信号に変換し、その信号 (画像情報) を制御装置 C O N T に出力する。制御装置 C O N T は、観察装置 6 3 からの画像情報を表示装置 D Y に表示可能である。したがって、表示装置 D Y には、基板 P の表面における液体 L Q の液滴の画像が表示される。

10

【 0 0 4 5 】

計測装置 6 0 は、基板 P を保持した保持部材 6 1 を回転 (傾斜) させる駆動システム 6 5 を備えている。駆動システム 6 5 の動作は制御装置 C O N T に制御され、保持部材 6 1 は、基板 P を保持した状態で回転 (傾斜) 可能となっている。本実施形態においては、基板 P を保持した保持部材 6 1 は、駆動システム 6 5 の駆動により、 X 方向に回転 (傾斜) するようになっている。

【 0 0 4 6 】

計測装置 6 0 は、基板 P の表面と液体 L Q との間に作用する付着力 (付着エネルギー) E、基板 P の表面における液体 L Q の静的な接触角 θ 、及び基板 P の表面における液体 L Q の滑落角 α を計測可能である。付着力 (付着エネルギー) E とは、物体の表面 (ここでは基板 P の表面) で液体を移動させるのに必要な力である。ここで、図 5 を参照しながら、付着力 E について説明する。

20

【 0 0 4 7 】

図 5 において、基板 P 上での液滴の外形を円の一部分と仮定した場合、すなわち、図 5 における基板 P 上での液滴の表面が理想的な球面であると仮定した場合、付着力 E は、

$$E = (m \times g \times \sin \alpha) / (2 \times \cos \theta \times R) \dots (1) \text{ と定義される。}$$

但し、

- m : 基板 P 上での液体 L Q の液滴の質量、
- g : 重力加速度、
- α : 水平面に対する滑落角、
- R : 基板 P 上での液体 L Q の液滴の半径、である。

30

【 0 0 4 8 】

滑落角 α とは、物体の表面 (ここでは基板 P の表面) に液体の液滴を付着させた状態で、その物体の表面を水平面に対して傾斜させたとき、物体の表面に付着していた液体の液滴が、重力作用によって下方に滑り出す (移動を開始する) ときの角度を言う。換言すれば、滑落角 α とは、液体の液滴が付着した物体の表面を傾けたとき、その液滴が滑り落ちる臨界角度を言う。

【 0 0 4 9 】

また、図 5 中、 θ は、基板 P の表面における液体 L Q の静的な接触角を示している。接触角 θ は、物体の表面 (ここでは基板 P の表面) に液体の液滴を付着させ、静止した状態での液滴の表面と物体の表面とがなす角度 (液体の内部にある角度をとる) を言う。

40

【 0 0 5 0 】

ここで上述のように、液滴の外形は円の一部分と仮定されており、図 5 では、傾斜面における液体 L Q の接触角 θ をとして図示しているが、接触角 θ は水平面と平行な面における接触角である。また、滴下部材 6 2 は、滴下する液滴の質量 (又は体積) m を調整可能であり、その質量 (又は体積) m が既知である場合には、接触角 θ を計測することにより、その接触角 θ に基づいて、幾何学的に半径 R を導出することができる。更に、接触角 θ が分かれば、液滴と基板 P の表面とが接触する接触面の半径 r (以下、適宜「着液半径 r 」

50

と称する)も幾何学的に導出することができる。同様に、接触角 θ が分かれば、基板 P の表面に対する液滴の高さ h も導出することができる。すなわち、基板 P の表面における液体 L Q の液滴の半径 R は、液体 L Q の接触角 θ に応じた値であり、液体 L Q の接触角 θ を求めることによって、上述の (1) 式の半径 R を求めることができる。

【0051】

図3(A)及び図3(B)を参照して説明したように、基板 P 上の最上層に設けられた膜(第1膜 R g、第2膜 T c)が、液浸露光時において液体 L Q に接触する液体接触面を形成するが、その膜の種類(物性)によって、上述の接触角 θ 、及び滑落角 ϕ が変化する。計測装置 60 は、接触角 θ 、及び滑落角 ϕ を計測して、付着力 E を基板 P 毎に求めることができる。

10

【0052】

次に、図6のフローチャート図を参照しながら、計測装置 60 を使った計測手順及び基板 P を露光するときの露光手順の一例について説明する。

【0053】

搬送装置 H によって露光処理前の基板 P が計測装置 60 の保持部材 61 にロードされると、制御装置 CONT は、計測装置 60 を使った計測動作を開始する。まず、計測装置 60 は、基板 P の表面における液体 L Q の静的な接触角 θ を計測する(ステップ SA1)。基板 P の表面における液体 L Q の静的な接触角 θ を計測するとき、計測装置 60 は、保持部材 61 に保持された基板 P の表面が水平面(XY平面)とほぼ平行となるように、駆動システム 65 を介して保持部材 61 の位置(姿勢)を調整する。そして、計測装置 60 は、水平面とほぼ平行となっている基板 P の表面に対して、滴下部材 62 より液体 L Q の液滴を滴下する。滴下部材 62 は、滴下する液滴の質量(又は体積) m を調整可能であり、基板 P の表面に質量 m の液滴を滴下する。基板 P の表面に質量 m の液滴が配置された後、計測装置 60 は、照明装置 64 で基板 P の表面に配置された液滴を照明するとともに、観察装置 63 を使って液滴の画像を取得する。観察装置 63 は、取得した画像に関する画像情報を制御装置 CONT に出力する。制御装置 CONT は、観察装置 63 から出力された信号(画像情報)に基づいて、基板 P の表面における液滴の画像を表示装置 DY で表示する。また、制御装置 CONT は、観察装置 63 から出力された信号を演算処理(画像処理)し、その処理結果に基づいて、基板 P の表面における液体 L Q の液滴の接触角 θ を求める。こうして、基板 P の表面における液体 L Q の静的な接触角 θ が、制御装置 CONT を含む計測装置 60 によって計測される。

20

30

【0054】

また、制御装置 CONT を含む計測装置 60 は、基板 P 上での液体 L Q の液滴の半径 R を導出する(ステップ SA2)。上述のように、滴下部材 62 は滴下する液滴の質量 m を調整可能であり、半径 R は幾何学的に導出することができるため、制御装置 CONT を含む計測装置 60 は、既知の値である液滴の質量 m と、計測結果である接触角 θ とに基づいて、所定の演算処理を行うことにより、基板 P 上での液体 L Q の液滴の半径 R を求めることができる。

【0055】

なおここでは、滴下部材 62 は滴下する液滴の質量 m を調整可能として説明しているが、液体 L Q の密度(比重) ρ が既知であり、滴下部材 62 が滴下する液滴の体積 V を調整可能であるならば、密度 ρ と体積 V とに基づいて、質量 m を導出することができる($m = \rho \times V$)。

40

【0056】

次に、計測装置 60 は、基板 P の表面における液体 L Q の滑落角 ϕ を計測する(ステップ SA3)。基板 P の表面における液体 L Q の滑落角 ϕ を計測するとき、計測装置 60 は、基板 P の表面に質量 m の液滴を配置した状態で、その基板 P を保持した保持部材 61 を、図4中の矢印 K1 で示すように、駆動システム 65 を用いて X 方向に回転(傾斜)する。保持部材 61 の回転(傾斜)に伴って、基板 P の表面も回転(傾斜)する。基板 P を回転している間においても、観察装置 63 は基板 P の表面に配置されている液滴を観察し

50

続けている。基板 P を回転するにしたがって、図 4 中の矢印 K 2 で示すように、基板 P の表面に付着していた液滴は、重力作用によって下方に滑り出す（移動を開始する）。観察装置 6 3 は、液滴が滑り出したことを観察可能であり、取得した画像に関する画像情報を制御装置 CONT に出力する。すなわち、制御装置 CONT は、観察装置 6 3 から出力された信号（画像情報）に基づいて、基板 P の表面の液滴が移動を開始した時点（滑り出した時点）を求めることができる。また、制御装置 CONT は、基板 P の表面の液滴が移動を開始した時点での基板 P の表面の角度（すなわち滑落角）を、駆動システム 6 5 による保持部材 6 1 の駆動量（傾斜量）より求めることができる。すなわち、制御装置 CONT は、観察装置 6 3 から出力された信号（画像情報）と、駆動システム 6 5 による保持部材 6 1 の駆動量とに基づいて、基板 P の表面における液体 L Q の液滴の滑落角を求めることができる。このように、基板 P の表面における液体 L Q の滑落角が、制御装置 CONT を含む計測装置 6 0 によって計測される。

10

【 0 0 5 7 】

なお、液滴の状態を表示装置 D Y に表示し、目視によって、基板 P の表面の液滴が移動を開始したときの基板 P の表面の角度（すなわち滑落角）を計測してもよい。

【 0 0 5 8 】

次に、計測装置 6 0 は、基板 P と液体 L Q との間に作用する付着力 E を求める（ステップ S A 4）。上述のステップ S A 1 ~ S A 3 により、基板 P 上での液体 L Q の液滴の質量 m、基板 P 上での液体 L Q の液滴の半径 R、及び滑落角が求められているため、これらの値を上述の（1）式に代入することによって、基板 P の表面と液体 L Q との間に作用する付着力（付着エネルギー）E を求めることができる。

20

【 0 0 5 9 】

上述のように、基板 P 上での液体 L Q の液滴の半径 R は、液体 L Q の接触角に応じた値であるため、付着力 E は、基板 P の表面における液体 L Q の接触角、及び基板 P の表面における液体 L Q の滑落角に応じて定められる値である。

【 0 0 6 0 】

なお、上述のステップ S A 1 ~ S A 3 において、接触角及び滑落角を計測する場合に、液滴の質量（又は体積）m を変えつつ接触角及び滑落角の計測動作を複数回行い、これら各計測動作で得られた接触角、半径 R、滑落角の平均値を用いて、付着力 E を導出するようにしてもよい。

30

【 0 0 6 1 】

次に、制御装置 CONT は、計測装置 6 0 の計測結果に基づいて、基板 P を露光するときの露光条件を決定する（ステップ S A 5）。すなわち、制御装置 CONT は、ステップ S A 4 で導出した、基板 P の表面と液体 L Q との間に作用する付着力 E に応じて、基板 P を露光するときの露光条件を決定する。上述のように、付着力 E は、基板 P の表面における液体 L Q の静的な接触角、及び基板 P の表面における液体 L Q の滑落角に応じて定められるため、制御装置 CONT は、ステップ S A 1 で計測した計測結果である基板 P の表面における液体 L Q の静的な接触角と、ステップ S A 3 で計測した計測結果である基板 P の表面における液体 L Q の滑落角とに基づいて、基板 P を露光するときの露光条件を決定することとなる。

40

【 0 0 6 2 】

ここで、露光条件は、基板 P を移動するときの移動条件、及び液浸領域 L R を形成するときの液浸条件の少なくとも一方を含む。

【 0 0 6 3 】

基板 P の移動条件は、基板 P の移動速度、加速度、減速度、移動方向、及び一方向への連続的な移動距離の少なくとも一部を含む。

【 0 0 6 4 】

また、液浸条件は、液浸領域 L R を形成するために液体 L Q を供給するときの供給条件と、液浸領域 L R を形成する液体 L Q を回収するときの回収条件との少なくとも一方を含む。供給条件は、供給口 1 2 から光路空間 K 1 に対する単位時間当たりの液体供給量を含

50

む。回収条件は、回収口 2 2 からの単位時間当たりの液体回収量を含む。

【 0 0 6 5 】

なお、露光条件とは、基板 P 上の各ショット領域に露光光 E L を照射している露光中のみならず、各ショット領域の露光前、及び / 又は露光後を含む。

【 0 0 6 6 】

また、基板 P 表面の膜と液体 L Q との静的な接触角 などに応じて、液体 L Q の圧力が変化し、投影光学系 P L (最終光学素子 L S 1) の変動に起因する投影光学系 P L の光学特性の変動が生じる可能性がある場合には、光学特性の変動を補償するための投影光学系 P L の調整条件を露光条件として、記憶装置 M R Y に記憶してもよい。

【 0 0 6 7 】

記憶装置 M R Y には、付着力 E に対応した最適露光条件に関する情報が予め記憶されている。具体的には、記憶装置 M R Y は、液浸露光時において基板 P 上の液体 L Q に接触する液体接触面に形成されている膜と液体 L Q との間に作用する付着力 E と、その付着力 E に対応する最適露光条件との関係が複数マップデータとして記憶されている。この付着力 E に対応した最適露光条件に関する情報 (マップデータ) は、予め実験又はシミュレーションによって求めることができ、記憶装置 M R Y に記憶される。

【 0 0 6 8 】

本実施形態においては、説明を簡単にするために、記憶装置 M R Y には、付着力 E に対応する最適露光条件として、付着力 E に対応する基板 P の最適な移動速度に関する情報と、付着力 E に対応する単位時間当たりの最適な液体供給量に関する情報が記憶されている。

【 0 0 6 9 】

制御装置 C O N T は、計測装置 6 0 の計測結果と、記憶装置 M R Y の記憶情報とに基づいて、基板 P を露光するときの露光条件を決定する。すなわち、制御装置 C O N T は、ステップ S A 4 で求めた基板 P の表面と液体 L Q との間に作用する付着力 E と、記憶装置 M R Y に予め記憶されている、付着力 E に対応した最適露光条件に関する情報 (マップデータ) とに基づいて、記憶装置 M R Y の記憶情報 (マップデータ) の中から、露光処理されるべき基板 P に対する最適露光条件を選択し、決定する。

【 0 0 7 0 】

本実施形態では、制御装置 C O N T は、付着力 E に応じて、基板 P の移動速度と、液浸機構 1 による光路空間 K 1 に対する単位時間当たりの液体供給量とを決定する。

【 0 0 7 1 】

そして、制御装置 C O N T は、計測装置 6 0 で計測を終えた基板 P を搬送装置 H を使って基板ステージ P S T にロードし、ステップ S A 5 で決定した露光条件に基づいて、基板 P を液浸露光する (ステップ S A 6) 。

【 0 0 7 2 】

本実施形態では、制御装置 C O N T は、ステップ S A 5 で決定された露光条件に基づいて、基板 P の移動速度と、液浸機構 1 による光路空間 K 1 に対する単位時間当たりの液体供給量とを調整しつつ、基板 P の各ショット領域を露光する。

【 0 0 7 3 】

例えば、露光処理されるべき基板 P の表面と液体 L Q との間に作用する付着力 E が大きい場合、基板 P の移動速度を高速化すると、光路空間 K 1 を液体 L Q で良好に満たすことが困難となる可能性があるため、制御装置 C O N T は、付着力 E に応じて、基板 P の移動速度を遅くする。こうすることにより、光路空間 K 1 を液体 L Q で良好に満たした状態で、基板 P を露光することができる。一方、付着力 E が小さい場合には、基板 P の移動速度を高速化することができ、スループットを向上することができる。

【 0 0 7 4 】

ここで、基板 P の移動速度には、Y 軸方向 (走査方向) に関する移動速度はもちろん、X 軸方向 (ステッピング方向) に関する移動速度も含まれる。

【 0 0 7 5 】

10

20

30

40

50

また、制御装置CONTは、決定された露光条件に基づいて、液浸機構1の動作を制御し、光路空間K1に対する単位時間当たりの液体供給量を調整する。例えば、露光処理されるべき基板Pの表面と液体LQとの間に作用する付着力Eが小さい場合、液体LQ中に気泡が生成し易くなる可能性がある。したがって、付着力Eが小さい場合には、制御装置CONTは、付着力Eに応じて、光路空間K1に対する単位時間当たりの液体供給量を多くして、供給口12より脱気された液体LQを光路空間K1に多量に供給するようにする。こうすることにより、光路空間K1の液体LQ中に気泡が存在する場合でも、その気泡を脱気された液体LQに溶かし込んで、低減又は消失させることができる。したがって、光路空間K1を所望状態の液体LQで満たした状態で、基板Pを露光することができる。また、仮に光路空間K1に気泡が生成されても、多量に供給された液体LQによって、その気泡を光路空間K1から直ちに退かすことができる。一方、付着力Eが大きい場合には、光路空間K1に対する単位時間当たりの液体供給量を少なくすることができ、使用する液体LQの量を抑えることができる。

10

【0076】

以上説明したように、基板Pの表面と液体LQとの間に作用する付着力Eに応じて、基板Pを露光するときの露光条件を決定するようにしたので、異なる種類の膜が形成された複数の基板Pのそれぞれに対して液浸露光を良好に行うことができる。したがって、液浸露光装置EXの汎用性を向上することができる。

【0077】

なお、上述したように、基板Pの移動条件としては、基板Pを移動するときの加減速度、及び光路空間K1に対する移動方向（移動軌跡）なども含めることができる。制御装置CONTは、付着力Eに基づいて、加減速度、移動方向（移動軌跡）を決定し、その決定された加減速度、移動方向（移動軌跡）に基づいて、基板ステージPSTの動作を制御しつつ、基板Pを液浸露光することができる。この場合も、記憶装置MRYには、付着力Eに対応した最適な加速度、移動方向（移動軌跡）などに関する情報が予め記憶されており、制御装置CONTは、付着力Eと記憶装置MRYの記憶情報とに基づいて、基板Pを露光するときの最適な加速度、移動方向（移動軌跡）を決定することができる。一例として、付着力Eが大きい場合、基板Pの加速度を高速化すると、光路空間K1を液体LQで良好に満たすことが困難となる可能性があるため、基板Pの加速度を小さくする。一方、付着力Eが小さい場合には、基板Pの加速度を大きくすることができる。

20

30

【0078】

また、上述の供給条件としては、光路空間K1に対する液体供給位置（距離）、供給方向なども含めることができる。すなわち、供給条件としては、光路空間K1に対する供給口12の位置、距離、数なども含めることができる。制御装置CONTは、付着力Eに基づいて、これら供給条件を決定し、その決定された供給条件に基づいて、液浸機構1の動作を制御しつつ、基板Pを液浸露光することができる。この場合も、記憶装置MRYには、付着力Eに対応した最適な供給位置（距離）、供給方向などに関する情報が予め記憶されており、制御装置CONTは、付着力Eと記憶装置MRYの記憶情報とに基づいて、基板Pを露光するときの最適な供給条件を決定することができる。制御装置CONTは、付着力Eに応じて、液体LQを供給するときの供給条件を調整することで、液体LQを良好

40

【0079】

また、上述したように、液浸条件としては、光路空間K1の液体LQを回収するときの回収条件も含まれる。回収条件としては、光路空間K1からの単位時間当たりの液体回収量のみならず、光路空間K1に対する液体回収位置（距離）、回収方向なども含めることができる。すなわち、回収条件としては、液体回収装置21の回収力（吸引力）、光路空間K1に対する回収口22の位置、距離、数などを含めることができる。制御装置CONTは、付着力Eに基づいて、これら回収条件を決定し、その決定された回収条件に基づいて、液浸機構1の動作を制御しつつ、基板Pを液浸露光することができる。この場合も、記憶装置MRYには、付着力Eに対応した最適な単位時間当たりの液体回収量、回収位置

50

(距離)、回収方向などに関する情報が予め記憶されており、制御装置CONTは、付着力Eと記憶装置MRYの記憶情報とに基づいて、基板Pを露光するときの最適な回収条件を決定することができる。付着力Eに応じて、液体LQを回収するときの液浸機構1による回収性(回収能力)が変動する可能性があるが、制御装置CONTは、付着力Eに応じて、液体LQを回収するときの回収条件を調整することで、液体LQを良好に回収し、所望状態の液浸領域LRを形成することができる。

【0080】

なお、本実施形態において、記憶装置MRYに記憶されている条件は、基板Pの移動条件と液浸条件とが最適化されていることは言うまでもない。例えば、基板Pの移動速度が高速の場合には、単位時間当たりの液体供給量を多くするとともに、その液体供給量に応じた液体回収量で液体LQを回収することで、光路空間K1を液体LQで良好に満たすようにする。一方、基板Pの移動速度が比較的低速である場合には、単位時間当たりの液体供給量を少なくすることができる。

10

【0081】

なお、上述の実施形態においては、1つの計測装置60によって、基板Pの表面における液体LQの静的な接触角と、基板Pの表面における液体LQの滑落角とを計測しているが、基板Pの表面における液体LQの静的な接触角を計測する第1の計測装置と、基板Pの表面における液体LQの滑落角を計測する第2の計測装置とを別々に設けてもよい。

20

【0082】

また、上述の実施形態においては、計測装置60は搬送装置Hの搬送経路上に設けられているが、計測装置60の設置位置としては、搬送装置Hの搬送経路上以外の位置でもよい。

【0083】

また、上述の実施形態においては、基板P毎に計測装置60での計測を行っているが、表面に形成されている膜が、先に計測された基板Pと同じ場合には、計測装置60での計測を省略してもよい。例えば、複数枚の基板Pで構成される一つのロットの先頭の基板Pのみを計測装置60で計測するようにしてもよい。

【0084】

また、上述の実施形態においては、計測装置60での計測結果に基づいて、その計測後の基板Pに対する露光条件を決定しているが、その計測後の基板P上のショット領域毎に異なる露光条件を設定してもよい。

30

【0085】

なお、上述の実施形態においては、液体LQとして純水を用い、その液体LQに対する基板Pの付着力Eを求め、その付着力Eに応じて基板Pを露光するときの露光条件を決定しているが、液体LQを例えばフッ素系オイルにするなど、液体LQの種類(物性)を変えることによって、付着力Eを所望値にするようにしてもよい。また、その付着力Eに応じて、露光条件を決定するようにしてもよい。あるいは、液体(純水)LQに所定の材料(添加物)を添加することによって、その液体(純水)LQの物性を変えるようにしてもよい。

40

【0086】

なお、上述の第1実施形態においては、デバイスを製造するために実際に露光される基板Pの表面に液体LQの液滴を配置し、その基板Pを傾斜させたときの液滴の状態を計測装置60で計測するように説明したが、例えば実際に露光される基板Pの表面とほぼ同様の表面を有する物体(例えばテスト基板等)上に液滴を配置し、その物体の表面を傾斜させたときの液滴の状態を計測するようにしてもよい。

【0087】

<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。

50

【 0 0 8 8 】

上述の実施形態においては、露光処理されるべき基板 P と液体（純水）L Q との付着力 E に応じて、基板 P を露光するときの露光条件を決定（調整）しているが、付着力 E の許容範囲を設定し、基板 P を露光する前に、その基板 P が液体（純水）L Q に対して許容範囲の付着力 E となる膜を有するか否か、すなわち液浸露光処理するのに適当な膜を有する基板 P が否かを判断するようにしてもよい。例えば、記憶装置 M R Y に、液浸露光処理するのに適当な付着力 E が否かを判断するための指標値（許容値）を記憶しておき、この指標値に応じて、液浸露光処理するのに適当な付着力 E が否かを判断することができる。この指標値は、例えば実験あるいはシミュレーションによって予め求めることができる。そして、上述の判断結果に基づいて、不適当な膜を有する基板 P は露光処理しないようにすることができる。例えば、搬送装置 H によって計測装置 6 0 に搬送された基板 P の液体（純水）L Q に対する付着力 E を計測し、計測された付着力 E が予め定められた許容範囲以外となったとき、その基板 P を基板ステージ P S T にはロードしないようにする。こうすることにより、液浸露光処理するのに不適当な膜を有する基板 P を露光しなくすみ、液体 L Q の漏出などが防止され、露光装置 E X の稼働率の向上に寄与することができる。

10

【 0 0 8 9 】

また、本実施形態においても、基板 P の表面と液体 L Q との間に作用する付着力 E が許容範囲となるように、液体 L Q の種類（物性）を変えるようにしてもよい。あるいは、液体（純水）L Q に所定の材料（添加物）を添加することによって、基板 P の表面と液体 L Q との間に作用する付着力 E を許容範囲にするようにしてもよい。

20

【 0 0 9 0 】

< 第 3 実施形態 >

次に第 3 実施形態について説明する。上述の第 1 及び第 2 実施形態においては、露光装置 E X 内の計測装置 6 0 で基板 P の表面における液体 L Q の静的な接触角 と、基板 P の表面における液体 L Q の滑落角 とを計測しているが、露光装置 E X 内に計測装置 6 0 を搭載せずに、静的な接触角 と滑落角 とを露光装置 E X とは別の装置で計測することができる。本実施形態では、基板 P を露光するときの露光条件を決定するために、基板 P の表面における液体 L Q の静的な接触角 の情報と、基板 P の表面における液体 L Q の滑落角 の情報とが、入力装置 I N P を介して制御装置 C O N T に入力される。制御装置 C O N T は、入力装置 I N P から入力された接触角 の情報と、滑落角 の情報とに基づいて、基板 P を露光するときの露光条件を決定する。すなわち、制御装置 C O N T は、入力装置 I N P から入力された接触角 の情報と滑落角 の情報とに基づいて、上述の実施形態同様、付着力 E を導出し、その導出した付着力 E と、記憶装置 M R Y に予め記憶されている、付着力 E に対応した最適露光条件に関する情報（マップデータ）とに基づいて、露光処理されるべき基板 P に対する最適露光条件を決定する。

30

【 0 0 9 1 】

なお、入力装置 I N P に入力されるデータとしては、計測された静的な接触角 と滑落角 とに基づいて計算された付着力 E であってもよい。あるいは、計測を行わずに、予め分かっている物性値データ（静的な接触角 と滑落角 、あるいは付着力 E ）であってもよい。

40

【 0 0 9 2 】

また、上述の第 1 ~ 第 3 実施形態において、記憶装置 M R Y に付着力（静的な接触角及び滑落角）と最適露光条件との関係を記憶しているが、実験又はシミュレーションの結果に基づいて決定された関数を記憶装置 M R Y に記憶しておき、その関数を使って、付着力 E に対する最適な露光条件を求めるようにしてもよい。

【 0 0 9 3 】

< 第 4 実施形態 >

次に第 4 実施形態について説明する。上述の第 1 ~ 第 3 実施形態においては、基板 P の表面における液体 L Q の静的な接触角 と、基板 P の表面における液体 L Q の滑落角 とに基づいて、付着力 E を導出し、その付着力 E に応じて、基板 P を露光するときの露光条

50

件を決定しているが、本実施形態の特徴的な部分は、基板 P を露光するときの露光条件を、式 (- t x) に基づいて決定する点にある。

【 0 0 9 4 】

本実施形態においては、制御装置 CONT は、次の (2) 式で定義される値 U

$U = (- t x) \dots (2)$ に基づいて、基板 P を露光するときの露光条件を決定する。

但し、

：基板 P の表面における液体 L Q の静的な接触角、

：基板 P の表面における液体 L Q の滑落角、

t : 所定の定数、である。

10

【 0 0 9 5 】

本発明者は、値 U (= - t x) に応じて、基板 P 上で液浸領域 L R を所望状態に維持可能な露光条件 (基板 P の移動条件、液浸条件等) が変化することを見出した。すなわち、露光装置 E X の最終光学素子 L S 1 と基板 P の膜との間の光路空間 K 1 を液体 L Q で満たして基板 P 上に液体 L Q の液浸領域 L R を形成したときに、液浸領域 L R を所望状態に維持することができる露光条件が、基板 P の膜と液体 L Q とに対応する値 U に応じて変化することを見出した。したがって、値 U に応じて最適な露光条件を設定することによって、液体 L Q の流出、及び液体 L Q 中での気泡の生成等の不具合を生じることなく、基板 P を露光することができる。

【 0 0 9 6 】

20

例えば、上述の露光条件には、基板 P の移動条件が含まれる。すなわち、露光装置 E X の最終光学素子 L S 1 と基板 P の膜との間の光路空間 K 1 を液体 L Q で満たして膜上に液体 L Q の液浸領域 L R を形成した状態で基板 P (膜) を移動したときに、液浸領域 L R を所望状態に維持することができる最大の速度 (以下、許容速度、と称する) は、基板 P の膜と液体 L Q とに対応する値 U に応じて変化する。したがって、値 U に対応する許容速度以下で基板 P を移動すれば、液体 L Q の流出、及び液体 L Q 中での気泡の生成等の不具合の発生を抑えつつ、基板 P を露光することができる。

【 0 0 9 7 】

本実施形態においては、制御装置 CONT は、上述の値 U に基づいて、基板 P を移動するときの移動条件 (基板 P の移動速度) を決定することとする。

30

【 0 0 9 8 】

図 7 は値 U と許容速度との関係を導出するために行った実験結果の一例を示すものである。実験は、基板 P 上の最上層 (基板 P の表面) に設けられる膜の種類を変え、それら複数の種類の膜のそれぞれにおける液体 L Q の静的な接触角、及び液体 L Q の滑落角を計測するとともに、各膜のそれぞれについての値 U、及び各膜のそれぞれについての基板 P の許容速度を求めた。なお、図 7 の実験例に示されている基板 P の許容速度とは、光路空間 K 1 を液体 L Q で満たしつつ、液体 L Q を流出させることなく (基板 P 上に液体 L Q の滴及び膜を残すことなく)、基板 P を移動させることができる速度である。また、図 7 に示すように、本実験例では、26 種類の膜を用意し、それら複数の膜のそれぞれについての各データを取得した。

40

【 0 0 9 9 】

上述のように、計測装置 6 0 は、基板 P の表面における液体 L Q の静的な接触角、及び基板 P の表面における液体 L Q の滑落角を計測可能であり、本実験例では、各膜の表面に所定量 (例えば、50 マイクロリットル) の液体 L Q の滴をたらし、計測装置 6 0 を用いて、各膜における液体 L Q の静的な接触角、及び滑落角を求めた。また、所定の定数 t は、例えばノズル部材 7 0 の構造、能力 (液体供給能力、液体回収能力など) 等に応じて定められる値であり、実験又はシミュレーションによって導出可能である。

【 0 1 0 0 】

そして、本実験例では、所定の定数 t = 1 とし、計測装置 6 0 の計測結果に基づいて、各膜のそれぞれについての値 U (すなわち -) を導出するとともに、各膜のそれぞれ

50

についての許容速度を求めた。上述のように、基板 P 上の膜は液浸露光時において液体 L Q と接触する液体接触面を形成するため、図 7 に示すように、膜の種類（物性）に応じて、すなわち値 U に応じて許容速度が変化する。

【 0 1 0 1 】

図 8 は値 U（但し、 $t = 1$ ）と許容速度との関係を示す図、すなわち図 7 の実験結果をグラフ化したものである。図 8 では、上述の実験結果に対応する点と、それら実験結果をフィッティングした近似曲線とが示されている。図 8 に示すように、値 $U = (\quad - t \times \quad)$ に応じて、許容速度が変化する事が分かる。具体的には、値 U が大きくなるほど、許容速度が大きくなる事が分かる。したがって、基板 P 上に値 U が大きい膜を設けることにより、最終光学素子 L S 1 と基板 P（膜）との間を液体 L Q で満たした状態で、基板 P を高速に移動しつつ、その基板 P を露光することができる。

10

【 0 1 0 2 】

次に、計測装置 6 0 を使った計測手順及び基板 P を露光するときの露光手順の一例について説明する。所定の膜を有する基板 P を露光するとき、制御装置 C O N T は、その基板 P を露光する前に、計測装置 6 0 を用いて、基板 P の表面（膜）における液体 L Q の静的な接触角 を計測する。また、制御装置 C O N T は、計測装置 6 0 を用いて、基板 P の表面（膜）における液体 L Q の滑落角 を計測する。そして、制御装置 C O N T は、計測装置 6 0 の計測結果に基づいて、値 $U (= \quad - t \times \quad)$ を求める。記憶装置 M R Y には、値 U（静的な接触角 と滑落角 と）に対応する基板 P の許容速度を導き出すための情報（関数、マップデータ等）が予め記憶されている。本実施形態では、記憶装置 M R Y は、値 U をパラメータとして、その値 U に対応する基板 P の許容速度を導き出す関数（例えば、図 8 の近似曲線に対応する関数）が記憶されている。上述したように、この値 U に対応した基板 P の許容速度に関する情報は、予め実験又はシミュレーションによって求めることができ、記憶装置 M R Y に記憶される。

20

【 0 1 0 3 】

制御装置 C O N T は、計測装置 6 0 の計測結果と、記憶装置 M R Y の記憶情報とに基づいて、基板 P を露光するときの露光条件（基板 P の移動速度）を決定する。すなわち、制御装置 C O N T は、求めた値 U（静的な接触角 及び滑落角 の情報）と、記憶装置 M R Y に予め記憶されている、値 U に対応した基板 P の許容速度に関する情報とに基づいて、露光処理されるべき基板 P の移動速度を、許容速度を超えないように、決定する。

30

【 0 1 0 4 】

そして、制御装置 C O N T は、決定した露光条件（基板 P の移動速度）に基づいて、基板 P を液浸露光する。例えば、露光処理されるべき基板 P の表面と液体 L Q とに応じた値 U が小さい場合、基板 P の移動速度を高速化すると、光路空間 K 1 を液体 L Q で良好に満たすことが困難となる可能性があるため、制御装置 C O N T は、値 U に応じて、基板 P の移動速度を遅くする。こうすることにより、光路空間 K 1 を液体 L Q で良好に満たした状態で、基板 P を露光することができる。一方、値 U が大きい場合には、基板 P の移動速度を高速化することができ、スループットを向上することができる。

【 0 1 0 5 】

なお、スループットを考慮すれば、基板 P の移動速度は、値 U に対応する許容速度に設定されることが望ましい。

40

【 0 1 0 6 】

また、基板 P の移動速度は、基板 P 上に露光光 E L が照射されている露光中の移動速度（スキャン速度）だけでなく、ショット間に行われるステッピング中の移動速度（ステッピング速度）も含む。

【 0 1 0 7 】

以上説明したように、式 $(\quad - t \times \quad)$ に基づいて、基板 P を露光するときの露光条件を決定するようにしたので、異なる種類の膜が形成された複数の基板 P のそれぞれに対して液浸露光を良好に行うことができる。したがって、液浸露光装置 E X の汎用性を向上することができる。

50

【0108】

なお、本実施形態では、値Uに基づいて、基板Pの移動速度を決定しているが、基板Pの加速度、減速度、移動方向（移動軌跡）、及び一方向への連続的な移動距離の少なくとも一部を決定することができる。すなわち、基板P上で液浸領域LRを所望状態に維持可能な最大の加速度、最大の減速度、最大の移動距離の少なくとも一部と値Uとの関係を予め求めておき、基板Pの膜と液体LQとに対応する値Uから求められる許容値を超えないように、加速度、減速度、移動距離の少なくとも一部を決定してもよい。また、値Uが小さい場合、基板Pの移動方向によっては、液浸領域LRを所望状態に維持できない可能性もあるので、値Uに応じて、基板Pの移動方向を制限したり、基板Pを所定方向へ移動するときの速度をその他の方向へ移動するときの速度よりも小さくするようにしてもよい。

10

【0109】

また、値Uに基づいて、液浸領域LRを形成するために液体LQを供給するときの供給条件、及び液浸領域LRを形成する液体LQを回収するときの回収条件を含む、液浸領域LRを形成するときの液浸条件を決定することができる。例えば、基板P上で液浸領域LRを所望状態に維持可能な最大の液体供給量と値Uとの関係を予め求めておけば、値Uから求められる許容値を超えないように液体LQの供給量を決定してもよい。

【0110】

また、第4実施形態において、値Uの許容範囲を設定し、基板Pを露光する前に、その基板Pが液体（純水）LQに対して許容範囲の値Uとなる膜を有するか否か、すなわち液浸露光処理するのに適当な膜を有する基板Pが否かを判断するようにしてもよい。

20

【0111】

また、第4実施形態において、基板Pの表面における液体LQの静的な接触角を計測する第1の計測装置と、基板Pの表面における液体LQの滑落角を計測する第2の計測装置とを別々に設けてもよい。

【0112】

なお、上述の第4実施形態においては、デバイスを製造するために実際に露光される基板Pの表面に液体LQの液滴を配置し、その基板Pを傾斜させたときの液滴の状態を計測装置60で計測するように説明したが、例えば実際に露光される基板Pの表面とほぼ同様の表面を有する物体（例えばテスト基板等）上に液滴を配置し、その物体の表面を傾斜させたときの液滴の状態を計測するようにしてもよい。

30

【0113】

<第5実施形態>

上述の第4実施形態において、露光装置EX内に計測装置60を搭載せずに、静的な接触角と滑落角とを露光装置EXとは別の装置で計測することができる。そして、基板Pを露光するときの露光条件を決定するために、基板Pの表面における液体LQの静的な接触角の情報と、基板Pの表面における液体LQの滑落角の情報とが、入力装置INPを介して制御装置CONTに入力される。制御装置CONTは、入力装置INPから入力された接触角の情報と、滑落角の情報とに基づいて、基板Pを露光するときの露光条件を決定する。すなわち、制御装置CONTは、入力装置INPから入力された接触角の情報と滑落角の情報とに基づいて、上述の実施形態同様、値Uを導出し、その導出した値Uと、記憶装置MRYに予め記憶されている、値Uから液浸領域LRを所望状態に維持できる条件を導出する情報とに基づいて、露光処理されるべき基板Pに対する最適露光条件を決定する。もちろん、入力装置INPから値Uを入力して、最適露光条件を決定してもよい。

40

【0114】

<第6実施形態>

次に第6実施形態について説明する。本実施形態の特徴的な部分は、基板Pの表面を傾斜させたときの基板Pの表面における液体LQの後退接触角に基づいて、基板Pを露光するときの露光条件を決定する点にある。

【0115】

50

本実施形態においては、制御装置CONTは、基板Pの表面を傾斜させたときの基板Pの表面における液体LQの後退接触角 θ_R に基づいて、基板Pを露光するときの露光条件を決定する。

【0116】

図9の模式図を参照しながら後退接触角 θ_R について説明する。後退接触角 θ_R とは、物体の表面（ここでは基板Pの表面）に液体LQの液滴を付着させた状態で、その物体の表面を水平面に対して傾斜させたとき、物体の表面に付着していた液体LQの液滴が、重力作用によって下方に滑り出す（移動を開始する）ときの、液滴の後側の接触角を言う。換言すれば、後退接触角 θ_R とは、液体LQの液滴が付着した物体の表面を傾けたとき、その液滴が滑り落ちる滑落角の臨界角度における、液滴の後側の接触角を言う。なお、物体の表面に付着していた液体LQの液滴が、重力作用によって下方に滑り出す（移動を開始する）ときとは、液滴が移動を開始する瞬間を意味するが、移動を開始する直前、及び移動を開始する直後の少なくとも一部の状態であってもよい。

10

【0117】

本発明者は、基板Pの表面における液体LQの後退接触角 θ_R に応じて、基板P上で液浸領域LRを所望状態に維持可能な露光条件（基板Pの移動条件、液浸条件等）が変化することを見出した。すなわち、本発明者は、露光装置EXの最終光学素子LS1と基板Pの膜との間を液体LQで満たして基板P上に液体LQの液浸領域LRを形成したときに、液浸領域LRを所望状態に維持できる露光条件が、基板Pの膜と液体LQとに対応する後退接触角 θ_R に応じて変化することを見出した。したがって、後退接触角 θ_R に応じて最適な露光条件を設定することによって、液体LQの流出、及び液体LQ中での気泡の発生等の不具合を生じることなく、基板Pを露光することができる。

20

【0118】

例えば、露光条件には基板Pの移動速度が含まれる。すなわち、露光装置EXの最終光学素子LS1と基板Pの膜との間を液体LQで満たして、基板P上に液体LQの液浸領域LRを形成したときに、液浸領域LRを所望状態に維持できる最大の速度（許容速度）が、基板Pの膜と液体LQとに対応する後退接触角 θ_R に応じて変化する。したがって、後退接触角 θ_R に対応する許容速度以下で基板Pを移動すれば、液体LQの流出、及び液体LQ中での気泡の生成等の不具合の発生を抑えつつ、基板Pを露光することができる。

30

【0119】

後退接触角 θ_R は、上述の計測装置60を用いて計測可能である。基板Pの表面における液体LQの後退接触角 θ_R を計測するとき、まず、計測装置60は、保持部材61に保持された基板Pの表面が水平面（XY平面）とほぼ平行となるように、駆動システム65を介して保持部材61の位置（姿勢）を調整する。そして、計測装置60は、水平面とほぼ平行となっている基板Pの表面に対して、滴下部材62より液体LQの液滴を滴下する。そして、図4を参照して説明した手順と同様、計測装置60は、基板Pの表面に液滴を配置した状態で、その基板Pを保持した保持部材61を、駆動システム65を用いてX方向に回転（傾斜）する。保持部材61の回転（傾斜）に伴って、基板Pの表面も回転（傾斜）する。基板Pの表面を回転（傾斜）するにしたがって、基板Pの表面に付着していた液滴は、重力作用によって下方に滑り出す（移動を開始する）。このとき、計測装置60は、照明装置64で基板Pの表面に配置された液滴を照明するとともに、観察装置63を使って液滴の画像を取得する。観察装置63は、液滴が滑り出したことを観察可能であり、取得した画像に関する画像情報を制御装置CONTに出力する。制御装置CONTは、観察装置63から出力された信号（画像情報）に基づいて、基板Pの表面の液滴が移動を開始した時点（滑り出した時点）を求めることができる。そして、制御装置CONTは、観察装置63から出力された信号を演算処理（画像処理）し、その処理結果に基づいて、基板Pの表面における液体LQの液滴の後退接触角 θ_R を求めることができる。こうして、基板Pの表面における液体LQの後退接触角 θ_R が、制御装置CONTを含む計測装置60によって計測される。

40

【0120】

50

また、制御装置CONTは、基板Pの表面の液滴が移動を開始した時点での基板Pの表面の角度（すなわち滑落角）を、駆動システム65による保持部材61の駆動量（傾斜量）より求めることができる。すなわち、制御装置CONTは、観察装置63から出力された信号（画像情報）と、駆動システム65による保持部材61の駆動量とに基づいて、基板Pの表面における液体LQの液滴の滑落角を求めることができる。このように、基板Pの表面における液体LQの滑落角が、制御装置CONTを含む計測装置60によって計測される。

【0121】

また、制御装置CONTは、観察装置63から出力された信号（画像情報）に基づいて、基板Pの表面における液滴の画像を表示装置DYで表示することができる。したがって、液滴の状態を表示装置DYに表示し、目視によって、基板Pの表面の液滴が移動を開始したときの基板Pの表面における液体LQの後退接触角 θ_R を計測してもよい。

10

【0122】

図10は後退接触角 θ_R と許容速度との関係を示すために行った実験結果を示すものである。実験は、基板P上の最上層（基板Pの表面）に設けられる膜の種類を変え、それら複数の種類の膜のそれぞれにおける液体LQの後退接触角 θ_R を計測するとともに、各膜のそれぞれについての基板Pの許容速度を求めた。なお、図10の実験例に示されている基板Pの許容速度とは、光路空間K1を液体LQで満たしつつ、液体LQを流出させることなく（基板P上に液体LQの滴及び膜を残すことなく）、基板Pを移動させることができる速度である。また、図10に示すように、本実験例では、24種類の膜を用意し、それら複数の膜のそれぞれについての各データを取得した。

20

【0123】

上述のように、計測装置60は、基板Pの表面における液体LQの後退接触角 θ_R を計測可能であり、本実験例では、各膜の表面に数十マイクロリットル（例えば、50マイクロリットル）の液体LQの滴をたらし、計測装置60を用いて、各膜における液体LQの後退接触角 θ_R を求めた。

【0124】

図11は後退接触角 θ_R と許容速度との関係を示す図、すなわち図10の実験結果をグラフ化したものである。図11では、上述の実験結果に対応する点と、それら実験結果をフィッティングした近似曲線とが示されている。図11に示すように、基板Pの表面における液体LQの後退接触角 θ_R に応じて、許容速度が変化することが分かる。具体的には、後退接触角 θ_R が大きくなるほど、許容速度が大きくなることが分かる。したがって、基板P上に、液体LQに対する後退接触角 θ_R が大きい膜を設けることにより、最終光学素子LS1と基板P（膜）との間を液体LQで満たした状態で、基板Pを高速に移動しつつ、その基板Pを露光することができる。

30

【0125】

次に、計測装置60を使った計測手順及び基板Pを露光するときの露光手順の一例について説明する。所定の膜を有する基板Pを露光するとき、制御装置CONTは、その基板Pを露光する前に、計測装置60を用いて、基板Pの表面（膜）における液体LQの後退接触角 θ_R を計測する。そして、制御装置CONTは、計測装置60の計測結果、すなわち後退接触角 θ_R に基づいて、基板Pを露光するときの露光条件を決定する。本実施形態では、制御装置CONTは、露光条件の一つとして、基板Pを移動するときの移動条件（基板Pの移動速度）を決定する。

40

【0126】

ここで、記憶装置MRYには、液体LQの後退接触角 θ_R に対応する基板Pの許容速度を導き出すための情報（関数、マップデータ等）が予め記憶されている。本実施形態では、記憶装置MRYは、液体LQの後退接触角 θ_R をパラメータとして、その後退接触角 θ_R に対応する基板Pの許容速度を導出するための関数（例えば、図11の近似曲線に対応する関数）が記憶されている。この後退接触角 θ_R に対応した基板Pの許容速度に関する情報は、予め実験又はシミュレーションによって求めることができ、記憶装置MRYに記

50

憶される。

【0127】

制御装置CONTは、計測装置60の計測結果と、記憶装置MRYの記憶情報とに基づいて、基板Pを露光するときの露光条件（基板Pの移動速度）を決定する。すなわち、制御装置CONTは、求めた液体LQの後退接触角 θ_R と、記憶装置MRYに予め記憶されている、液体LQの後退接触角 θ_R に対応した基板Pの許容速度に関する情報とに基づいて、露光処理されるべき基板Pの最適移動速度を、許容速度を超えないように、決定する。

【0128】

そして、制御装置CONTは、決定した露光条件（基板Pの移動速度）に基づいて、基板Pを液浸露光する。例えば、液体LQの後退接触角 θ_R が小さい場合、基板Pの移動速度を高速化すると、光路空間K1を液体LQで良好に満たすことが困難となる可能性があるため、制御装置CONTは、液体LQの後退接触角 θ_R に応じて、基板Pの移動速度を遅くする。こうすることにより、光路空間K1を液体LQで良好に満たした状態で、基板Pを露光することができる。一方、液体LQの後退接触角 θ_R が大きい場合には、基板Pの移動速度を高速化することができ、スループットを向上することができる。

10

【0129】

なお、スループットを考慮すれば、基板Pの移動速度は、後退接触角 θ_R に対応する許容速度に設定されることが望ましい。

【0130】

また、基板Pの移動速度は、基板P上に露光光ELが照射されている露光中の移動速度（スキャン速度）だけでなく、ショット間に行われるステッピング中の移動速度（ステッピング速度）も含む。

20

【0131】

以上説明したように、基板Pの表面における液体LQの後退接触角 θ_R に基づいて、基板Pを露光するときの露光条件を決定するようにしたので、異なる種類の膜が形成された複数の基板Pのそれぞれに対して液浸露光を良好に行うことができる。したがって、液浸露光装置EXの汎用性を向上することができる。

【0132】

なお、本実施形態では、液体LQの後退接触角 θ_R に基づいて、基板Pの移動速度を決定しているが、基板Pの加速度、減速度、移動方向（移動軌跡）、及び一方向への連続的な移動距離の少なくとも一部を決定することができる。すなわち、基板P上で液浸領域LRを所望状態に維持可能な最大の加速度、最大の減速度、最大の移動距離の少なくとも一部と後退接触角 θ_R との関係を予め求めておき、基板Pの膜と液体LQとに対応する後退接触角 θ_R から求められる許容値を超えないように、加速度、減速度、移動距離の少なくとも一部を決定してもよい。また、後退接触角 θ_R が小さい場合、基板Pの移動方向によっては、液浸領域LRを所望状態に維持できない可能性もあるので、後退接触角 θ_R に応じて、基板Pの移動方向を制限したり、基板Pを所定方向へ移動するときの速度をその他の方向へ移動するときの速度よりも小さくするようにしてもよい。

30

【0133】

また、値 θ_R に基づいて、液浸領域LRを形成するために液体LQを供給するときの供給条件、及び液浸領域LRを形成する液体LQを回収するときの回収条件を含む、液浸領域LRを形成するときの液浸条件を決定することができる。例えば、基板P上で液浸領域LRを所望状態に維持可能な最大の液体供給量と後退接触角 θ_R との関係を予め求めておけば、後退接触角 θ_R から求められる許容値を超えないように液体LQの供給量を決定してもよい。

40

【0134】

また、第6実施形態において、液体LQの後退接触角 θ_R の許容範囲を設定し、基板Pを露光する前に、その基板Pが液体（純水）LQに対して許容範囲の後退接触角 θ_R となる膜を有するか否か、すなわち液浸露光処理するのに適当な膜を有する基板Pか否かを判

50

断するようにしてもよい。

【0135】

なお、上述の第6実施形態においては、デバイスを製造するために実際に露光される基板Pの表面に液体LQの液滴を配置し、その基板Pを傾斜させたときの液滴の状態を計測装置60で計測するように説明したが、例えば実際に露光される基板Pの表面とほぼ同様の表面を有する物体（例えばテスト基板等）上に液滴を配置し、その物体の表面を傾斜させたときの液滴の状態を計測するようにしてもよい。

【0136】

<第7実施形態>

また、上述の第6実施形態において、露光装置EX内に計測装置60を搭載せずに、基板Pの表面における液体LQの後退接触角 θ_R を露光装置EXとは別の装置で計測することができる。そして、基板Pを露光するときの露光条件を決定するために、基板Pの表面における液体LQの後退接触角 θ_R の情報が、入力装置INPを介して制御装置CONTに入力される。制御装置CONTは、入力装置INPから入力された後退接触角 θ_R の情報に基づいて、基板Pを露光するときの露光条件を決定する。すなわち、制御装置CONTは、入力装置INPから入力された後退接触角 θ_R の情報と、記憶装置MRYに予め記憶されている、後退接触角 θ_R から液浸領域LRを所望状態に維持可能な条件を導出するための情報とに基づいて、露光処理されるべき基板Pに対する最適露光条件を決定する。

【0137】

なお、上述の第1～第7実施形態において、記憶装置MRYの記憶情報を随時更新するようにしてもよい。例えば、記憶装置MRYに記憶されていない更に異なる種類の膜を有する基板Pを露光するときには、この新たな膜について実験又はシミュレーションを行って付着力（静的な接触角及び滑落角）に対応した露光条件を求め、記憶装置MRYに記憶されている記憶情報を更新すればよい。同様に、新たな膜について実験又はシミュレーションを行って後退接触角に対応した露光条件を求め、記憶装置MRYに記憶されている記憶情報を更新すればよい。また、記憶情報の更新には、例えばインターネットを含む通信装置を介して、露光装置EX（記憶装置MRY）に対して遠隔地より行うことも可能である。

【0138】

また、上述の第1～第7実施形態において、付着力E（静的な接触角及び滑落角）、又は後退接触角に基づいて基板Pの移動条件を決定した場合、その移動条件に基づいて、ドーズ制御パラメータが調整される。すなわち、制御装置CONTは、決定された基板Pの移動条件に基づいて、露光光ELの光量（強度）、レーザー光のパルス発振周期、露光光ELが照射される投影領域ARの走査方向の幅の少なくとも一つを調整して、基板P上の各ショット領域に対するドーズ量を最適化する。

【0139】

また、上述の第1～第7実施形態において、基板P表面の膜の付着力E、静的な接触角、滑落角、後退接触角 θ_R などが、露光光ELの照射の前後で変化する場合には、露光光ELの照射の前後で基板Pの移動条件及び液浸条件などを変更するようにしてもよい。基板P表面の膜の付着力E、静的な接触角、滑落角、後退接触角 θ_R などが露光光ELの照射の有無、液体LQとの接触時間、基板P表面の膜が形成されてからの経過時間の少なくとも一つに応じて変化する場合には、露光光ELの照射の有無、液体LQとの接触時間、基板P表面の膜が形成されてからの経過時間の少なくとも一つを考慮して、基板Pの移動条件及び液浸条件などの露光条件を決定するのが望ましい。

【0140】

また、上述の第1～第7実施形態において、付着力E（静的な接触角及び滑落角）、又は後退接触角 θ_R に基づいて露光条件を決定するようにしているが、液体LQの他の物性（粘性、揮発性、耐液性、表面張力、屈折率の温度依存性（ dn/dT ）、雰囲気中の溶解性（液体LQと接触する気体の液体LQ中への溶けやすさなど）も考慮して、露光条件を決定するようにしてもよい。

10

20

30

40

50

【0141】

また、上述の第1～第7実施形態において、付着力 E （静的な接触角及び滑落角）、又は後退接触角 R に基づいて露光条件を決定するようにしているが、基板 P 表面に形成される膜と液体との界面におけるすべり状態（例えば、基板 P 上に液浸領域が形成されている状態で、基板 P 表面とほぼ平行に基板 P を所定速度で移動したときに生じる、膜と液体との界面における膜と液体との相対速度）に基づいて露光条件を決定するようにしてもよい。

【0142】

また、上述の第1～第7実施形態において、基板 P 表面の膜に応じて基板 P の移動条件及び液浸条件などを決定しているが、基板ステージ PST の上面 97 など、基板 P 以外の他の物体上に液浸領域を形成する場合には、その物体表面の膜に応じて、基板ステージ PST の移動条件及び基板ステージ PST 上での液浸条件などを決定するのが望ましい。

10

【0143】

上述したように、本実施形態における液体 LQ 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 上のフォトリソグラフィ及び・又は光学素子（レンズ）等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板 P の表面、及び投影光学系 PL の先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。

【0144】

そして、波長が 193nm 程度の露光光 E_L に対する純水（水）の屈折率 n はほぼ 1.44 程度と言われており、露光光 E_L の光源として ArF エキシマレーザー光（波長 193nm ）を用いた場合、基板 P 上では $1/n$ 、すなわち約 134nm に短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約 n 倍、すなわち約 1.44 倍に拡大されるため、空気中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系 PL の開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

20

【0145】

本実施形態では、投影光学系 PL の先端に光学素子 $LS1$ が取り付けられており、この光学素子により投影光学系 PL の光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整を行うことができる。なお、投影光学系 PL の先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系 PL の光学特性の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光 E_L を透過可能な平行平板であってもよい。

30

【0146】

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。

【0147】

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。

【0148】

また、上述の実施形態の投影光学系は、先端の光学素子の像面側の光路空間を液体で満たしているが、国際公開第 $2004/019128$ 号パンフレットに開示されているように、先端の光学素子の物体面側の光路空間も液体で満たす投影光学系を採用することもできる。

40

【0149】

なお、本実施形態の液体 LQ は水であるが、上述したように水以外の液体であってもよい、例えば、露光光 E_L の光源が F_2 レーザーである場合、この F_2 レーザー光は水を透過しないので、液体 LQ としては F_2 レーザー光を透過可能な例えば、過フッ化ポリエーテル（ $PFPE$ ）あるいはフッ素系オイル等のフッ素系流体であってもよい。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

50

ることで親液化処理する。また、液体 L Q としては、その他にも、露光光 E L に対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系 P L、及び / 又は基板 P 表面に塗布されているフォトリ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。

【 0 1 5 0 】

また、液体 L Q としては、屈折率が 1 . 6 ~ 1 . 8 程度のものを使用してもよい。更に、石英及び蛍石よりも屈折率が高い（例えば 1 . 6 以上）材料で光学素子 L S 1 を形成してもよい。

【 0 1 5 1 】

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

10

【 0 1 5 2 】

露光装置 E X 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。

【 0 1 5 3 】

20

また、露光装置 E X 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。

【 0 1 5 4 】

また、本発明は、特開平 1 0 - 1 6 3 0 9 9 号公報、特開平 1 0 - 2 1 4 7 8 3 号公報、特表 2 0 0 0 - 5 0 5 9 5 8 号公報などに開示されているような複数の基板ステージを備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。

30

【 0 1 5 5 】

更に、特開平 1 1 - 1 3 5 4 0 0 号公報及び特開 2 0 0 0 - 1 6 4 5 0 4 号公報に開示されているように、基板を保持する基板ステージと基準マークが形成された基準部材及び各種の光電センサを搭載した計測ステージとを備えた露光装置にも本発明を適用することができる。

【 0 1 5 6 】

また、上述の実施形態においては、投影光学系 P L 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、特開平 6 - 1 2 4 8 7 3 号公報、特開平 1 0 - 3 0 3 1 1 4 号公報、米国特許第 5 , 8 2 5 , 0 4 3 号などに開示されているような露光対象の基板の表面全体が液体中に浸かっている状態で露光を行う液浸露光装置にも適用可能である。

40

【 0 1 5 7 】

露光装置 E X の種類としては、基板 P に半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD）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。

【 0 1 5 8 】

なお、上述の実施形態においては、光透過性の基板上に所定の遮光パターン（又は位相

50

パターン・減光パターン)を形成した光透過型マスクを用いたが、このマスクに代えて、例えば米国特許第6,778,257号公報に開示されているように、露光すべきパターンの電子データに基づいて透過パターン又は反射パターン、あるいは発光パターンを形成する電子マスクを用いてもよい。

【0159】

また、国際公開第2001/035168号パンフレットに開示されているように、干渉縞を基板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。

【0160】

本願実施形態の露光装置EXは、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学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。

【0161】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図12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処理を含むステップ204、デバイス組み立てステップ(ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む)205、検査ステップ206等を経て製造される。

【図面の簡単な説明】

【0162】

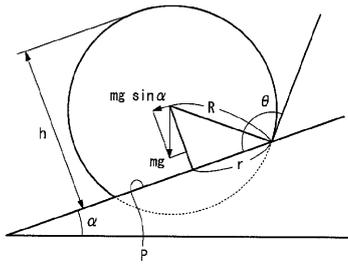
- 【図1】露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。
- 【図2】基板を露光するときの液浸領域と基板との位置関係を説明するための図である。
- 【図3】基板の一例を示す断面図である。
- 【図4】計測装置の一実施形態を示す図である。
- 【図5】付着力を説明するための図である。
- 【図6】露光方法の一実施形態を説明するためのフローチャート図である。
- 【図7】静的な接触角と滑落角と許容速度との関係を導出するために行った実験結果を示す図である。
- 【図8】静的な接触角と滑落角と許容速度との関係を示す図である。
- 【図9】後退接触角を説明するための図である。
- 【図10】後退接触角と許容速度との関係を導出するために行った実験結果を示す図である。
- 【図11】後退接触角と滑落角と許容速度との関係を示す図である。
- 【図12】マイクロデバイスの製造工程の一例を説明するためのフローチャート図である。

【符号の説明】

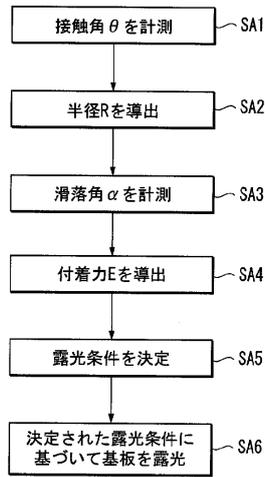
【0163】

1...液浸機構、60...計測装置、CONT...制御装置、EL...露光光、EX...露光装置、INP...入力装置、LQ...液体、LR...液浸領域、MRY...記憶装置、P...基板、PST...基板ステージ

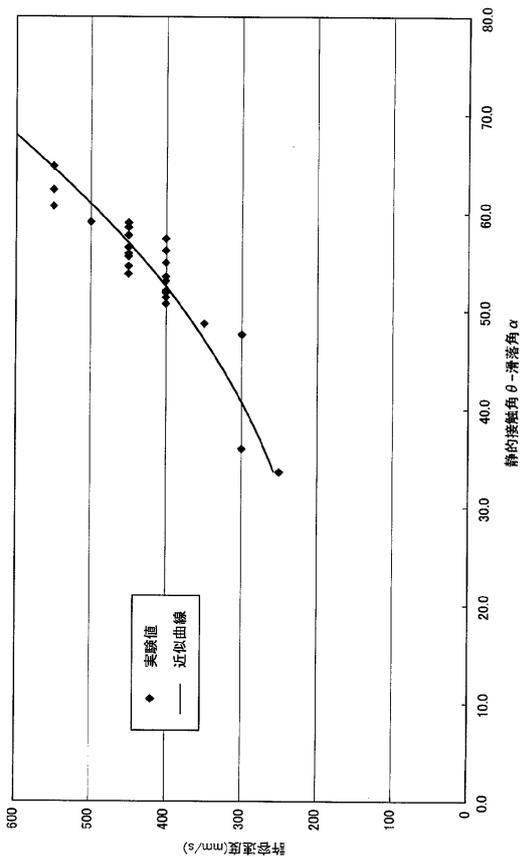
【 図 5 】



【 図 6 】



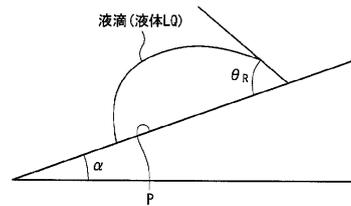
【 図 8 】



【 図 7 】

膜の種類	滑落角 α (deg)	静的接触角 θ (deg)	接触角 θ - 滑落角 α	許容速度 (mm/s) (実験値)
sample 1	37.3	70.9	33.6	250
sample 2	27.7	75.3	47.6	300
sample 3	33.3	69.3	36.0	300
sample 4	27.0	75.7	48.7	350
sample 5	25.3	76.7	51.4	400
sample 6	27.7	79.7	52.0	400
sample 7	26.0	83.4	57.4	400
sample 8	28.0	84.2	56.2	400
sample 9	31.3	84.8	53.5	400
sample 10	26.7	77.5	50.8	400
sample 11	23.0	74.9	51.9	400
sample 12	31	85.9	54.9	400
sample 13	32	85.3	53.1	400
sample 14	22.7	79.2	56.5	450
sample 15	26.0	81.6	55.6	450
sample 16	25.7	84.7	59.0	450
sample 17	27.0	85.6	58.6	450
sample 18	28.0	81.8	53.8	450
sample 19	20.7	79.3	54.6	450
sample 20	8	63.8	55.8	450
sample 21	21	78.8	57.8	450
sample 22	21.3	80.4	59.1	500
sample 23	22	86.8	64.8	550
sample 24	22	84.6	62.4	550
sample 25	24	84.3	60.7	550
sample 26	8	117.8	109.8	1300

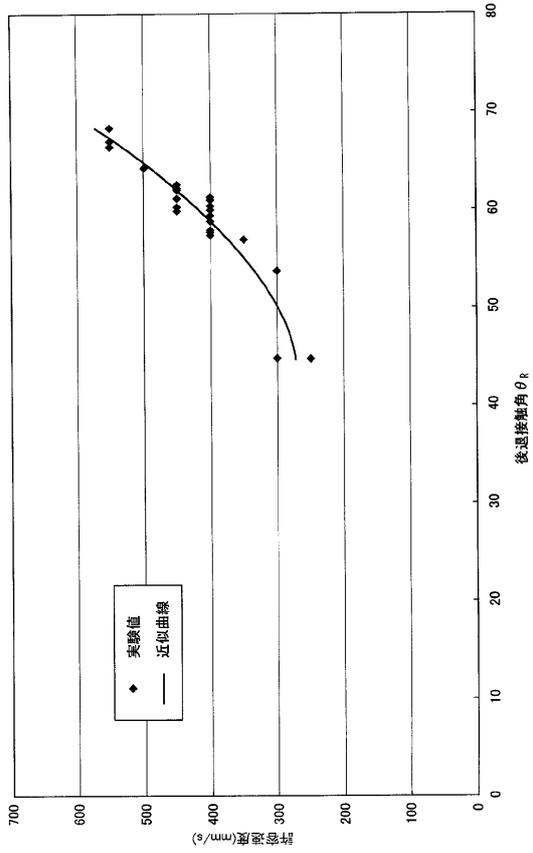
【 図 9 】



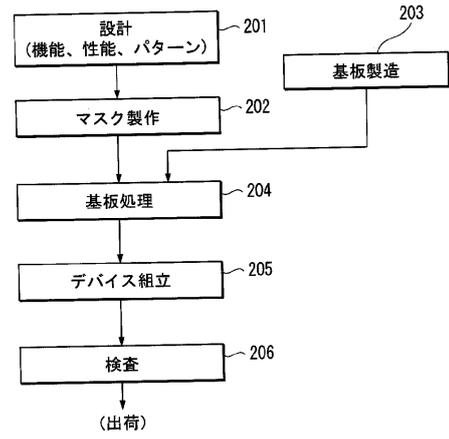
【 図 10 】

膜の種類	後退接触角 θ_R (deg)	許容速度 (mm/s) (実験値)
sample 1	44.7	250
sample 2	53.7	300
sample 3	44.8	300
sample 4	58.9	350
sample 5	57.7	400
sample 6	57.4	400
sample 7	60.4	400
sample 8	61.0	400
sample 9	58.8	400
sample 10	57.9	400
sample 11	59.4	400
sample 12	61.3	400
sample 13	60.0	400
sample 14	62.6	450
sample 15	60.3	450
sample 16	61.2	450
sample 17	61.2	450
sample 18	59.9	450
sample 19	62.1	450
sample 20	62.0	450
sample 21	64.3	500
sample 22	68.4	550
sample 23	67.0	550
sample 24	66.5	550

【図11】



【図12】



フロントページの続き

審査官 新井 重雄

- (56)参考文献 特開2005-012195(JP,A)
特開2003-270117(JP,A)
特開2004-207711(JP,A)
特開2005-223315(JP,A)
特開2005-252246(JP,A)
特開2005-286286(JP,A)
特開2006-270057(JP,A)
国際公開第2005/076321(WO,A1)
国際公開第2005/124833(WO,A1)
国際公開第2006/091523(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
G03F 7/20