

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3870207号

(P3870207)

(45) 発行日 平成19年1月17日(2007.1.17)

(24) 登録日 平成18年10月20日(2006.10.20)

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

請求項の数 12 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2004-229812 (P2004-229812)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成16年8月5日(2004.8.5)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2006-49644 (P2006-49644A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成18年2月16日(2006.2.16)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成16年8月5日(2004.8.5)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(72) 発明者	秋元 智
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液浸露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板のと該基板に対向する光学部材との間の空間を液体で満たした液浸状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光装置であって、
前記基板を保持した状態で移動し、前記原版に対して前記基板を位置決めするステージと、

前記ステージの駆動を制御するステージ制御部とを備え、

前記ステージ制御部は、前記基板の表面が前記液体のないドライ状態から前記液浸状態に変位する際の前記液体による前記ステージの制御特性の変動を低減するように、液浸条件に基づいて前記ステージの制御パラメータを変更することを特徴とする液浸露光装置。

10

【請求項2】

基板のと該基板に対向する光学部材との間の空間を液体で満たした液浸状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光装置であって、
前記基板を保持した状態で移動し、前記原版に対して前記基板を位置決めするステージと、

前記ステージの駆動を制御するステージ制御部とを備え、

前記ステージ制御部は、前記基板の表面が前記液体のないドライ状態から前記液浸状態に変位する際の前記液体による前記ステージの制御特性の変動を低減するように、液浸の有無に基づいて前記ステージの制御パラメータを変更することを特徴とする液浸露光装置

。

20

【請求項 3】

基板と該基板に対向する光学部材との間の空間を液体で満たした液浸状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光装置であって、

前記基板と同じ高さになるように前記基板の外周に設けられた同面板と、

前記基板及び前記同面板を保持した状態で移動し、前記原版に対して前記基板を位置決めするステージと、

前記ステージの駆動を制御するステージ制御部とを備え、

前記ステージ制御部は、前記光学部材との間に形成される液浸領域が前記同面板上と前記基板上との間で変位する際の前記液体による前記ステージの制御特性の変動を低減するように、前記ステージの制御パラメータ又は前記ステージの駆動プロファイルを変更することを特徴とする液浸露光装置。

10

【請求項 4】

基板と該基板に対向する光学部材との間の空間を液体で満たした液浸状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光装置であって、

前記基板を保持した状態で移動し、前記原版に対して前記基板を位置決めする露光用ステージと、

前記基板を保持した状態で移動し、前記基板を計測する計測用ステージと、

前記各ステージの駆動を制御するステージ制御部とを備え、

少なくとも前記露光用ステージは前記基板の表面が前記液浸状態のときに駆動され、

前記ステージ制御部は、前記基板の表面が前記液体のないドライ状態から前記液浸状態に変位する際の前記液体による前記ステージの制御特性の変動を低減するように、前記ステージの制御パラメータを前記露光用ステージと前記計測用ステージとの間で変更することを特徴とする液浸露光装置。

20

【請求項 5】

前記ステージの制御パラメータは、PIDパラメータ、フィードフォワードゲイン、フィルタパラメータを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の液浸露光装置。

【請求項 6】

基板と該基板に対向する光学部材との間の空間を液体で満たした液浸状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光装置であって、

前記基板を保持した状態で移動し、前記原版に対して前記基板を位置決めするステージと、

前記ステージの駆動を制御するステージ制御部とを備え、

前記ステージ制御部は、前記液浸状態における前記ステージの収束波形に含まれる特定の周波数成分を前記ステージの加速度波形が含まないように、液浸条件に基づいて前記ステージの駆動プロファイルを変更することを特徴とする液浸露光装置。

30

【請求項 7】

基板と該基板に対向する光学部材との間の空間を液体で満たした液浸状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光装置であって、

前記基板を保持した状態で移動し、前記原版に対して前記基板を位置決めするステージと、

前記ステージの駆動を制御するステージ制御部とを備え、

前記ステージ制御部は、前記液浸状態における前記ステージの収束波形に含まれる特定の周波数成分を前記ステージの加速度波形が含まないように、液浸の有無に基づいて前記ステージの駆動プロファイルを変更することを特徴とする液浸露光装置。

40

【請求項 8】

基板と該基板に対向する光学部材との間の空間を液体で満たした液浸状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光装置であって、

前記基板を保持した状態で移動し、前記原版に対して前記基板を位置決めする露光用ステージと、

50

前記基板を保持した状態で移動し、前記基板を計測する計測用ステージと、
前記各ステージの駆動を制御するステージ制御部とを備え、
少なくとも前記露光用ステージは前記基板の表面が前記液浸状態のときに駆動され、
前記ステージ制御部は、前記液浸状態における前記ステージの収束波形に含まれる特定の周波数成分を前記ステージの加速度波形が含まないように、前記ステージの駆動プロファイルを前記露光用ステージと前記計測用ステージとの間で変更することを特徴とする液浸露光装置。

【請求項 9】

前記ステージの駆動プロファイルは、ステージの加速度、速度、Jerk時間、整定時間を含むことを特徴とする請求項 6 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の液浸露光装置。

10

【請求項 10】

前記液浸条件とは、液浸状態における液体の厚さ、液体温度、液体成分、液体流量、液体体積、液体流速を含むことを特徴とする請求項 1 又は 6 に記載の液浸露光装置。

【請求項 11】

前記光学部材は前記原版パターンを前記基板に投影する投影光学系をなし、前記液体は前記投影光学系の前記基板に最も近接したレンズ面と前記基板の表面との間に供給されることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の液浸露光装置。

【請求項 12】

請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の液浸露光装置を用いて半導体デバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板上の空間を液体で満たした状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光技術に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体素子の微細化が進み、露光光源としては、従来の高圧水銀灯の g 線、i 線から、より波長の短いエキシマレーザと呼ばれる KrF, ArF へと移行してきた。さらには、F2レーザ、電子線、X線の使用も検討されている。

30

【0003】

また、より高解像力を実現するため、投影レンズの NA (開口数) を大きくしなければならず、その結果焦点深度はますます浅くなる傾向にある。これらの関係は一般に良く知られている様に、次式で表すことができる。

$$(\text{解像力}) = k1 (\quad / NA)$$

$$(\text{焦点深度}) = \pm k2 \quad / NA^2$$

ここに、 λ は露光に使用する光源の波長、NA は投影レンズの NA (開口数)、k1, k2 はプロセスに係る係数である。

【0004】

また一方では、位相シフトマスクや変形照明等による高解像力、高深度化の実現がなされている。しかし、F2レーザ、電子線、X線を利用する方法は、装置コストが高くなり、位相シフトマスク、或は変形照明等は、回路パターンによって効果が期待できない場合もある等の問題を抱えている。

40

【0005】

そこで、液浸方式を適用する試みがなされている。これは、投影露光装置において、投影レンズの先端 (ウエハに最も近接したレンズ) を取り囲んで液体流入口を有するノズルを設け、これを介して液体を供給し、投影レンズとウエハとの間に液体を保持するようにし、露光をする方式である。

【0006】

この液浸の効果とは、 λ_0 を露光光の空気中での波長とし、n を液浸に使用する液体の

50

空気に対する屈折率、 n を光線の収束半角とし、 $NA0 = \sin \theta$ とすると、液浸した場合、前述の解像力および焦点深度は、次式ようになる。

$$(\text{解像力}) = k_1 (\lambda / n) / NA0$$

$$(\text{焦点深度}) = \pm k_2 (\lambda / n) / (NA0)^2$$

すなわち、液浸の効果は波長が $1/n$ の露光光を使用するのと等価である。言い換えれば、同じ NA の投影光学系を設計した場合、液浸により、焦点深度を n 倍にすることができる。例えば、液体に水を使用した場合、 $n = 1.33$ であるので、33%も焦点深度を向上させることが可能となる。これは、あらゆるパターンの形状に対しても有効であり、更に、位相シフトマスク法、変形照明法等と組み合わせることも可能である。

【特許文献1】特開平6-124873号公報

【特許文献2】国際公開第99/049504号パンフレット

【特許文献3】特開平10-303114号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

液浸状態のステージにおいては、液体の表面張力、重量、粘性力等による外乱の影響により、液浸を行っていない状態（以下ドライ状態）に対して、ステージの制御性能が変化、しいては悪化する。そのためステージの位置決め精度が劣化してしまう。これは静的にも動的にも起こるが、特に、近年主流となっているステップ&スキャン型の露光装置では、駆動しながら露光を行うため、影響が大きい。

【0008】

また、ウエハ表面の一部分を液浸状態にするローカル・フィル方式においては、ウエハ外周部のショットを露光する際等に、ウエハ表面がドライ状態から液浸状態にもしくはその逆に変位することがある。その場合、液浸状態とドライ状態の変位時に大きな外乱が生じることになる。

【0009】

このような外乱によりステージ性能の劣化が生じると、液浸露光の効果をも最大限生かすことができなくなってしまいます。もちろんこれを解決するためには、液体の振動、流量、厚さ、体積、均一性、温度等の精密な管理が必要であるが、それだけでは解決しきれず、ステージ制御系による施策が欠かせない。

【0010】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたもので、液浸露光装置に特有のステージ制御特性変動を補償・低減し、位置決め精度を向上することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上述の課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、基板と該基板に対向する光学部材との間の空間を液体で満たした液浸状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光装置であって、前記基板を保持した状態で移動し、前記原版に対して前記基板を位置決めするステージと、前記ステージの駆動を制御するステージ制御部とを備え、前記ステージ制御部は、前記基板の表面が前記液体のないドライ状態から前記液浸状態に変位する際の前記液体による前記ステージの制御特性の変動を低減するように、液浸条件に基づいて前記ステージの制御パラメータを変更する。

【0012】

本発明は、基板と該基板に対向する光学部材との間の空間を液体で満たした液浸状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光装置であって、前記基板を保持した状態で移動し、前記原版に対して前記基板を位置決めするステージと、前記ステージの駆動を制御するステージ制御部とを備え、前記ステージ制御部は、前記基板の表面が前記液体のないドライ状態から前記液浸状態に変位する際の前記液体による前記ステージの制御特性の変動を低減するように、液浸の有無に基づいて前記ステージの制御パラメータを変更する。

【0013】

10

20

30

40

50

本発明は、基板と該基板に対向する光学部材との間の空間を液体で満たした液浸状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光装置であって、前記基板と同じ高さになるように前記基板の外周に設けられた同面板と、前記基板及び前記同面板を保持した状態で移動し、前記原版に対して前記基板を位置決めするステージと、前記ステージの駆動を制御するステージ制御部とを備え、前記ステージ制御部は、前記光学部材との間に形成される液浸領域が前記同面板上と前記基板上との間で変位する際の前記液体による前記ステージの制御特性の変動を低減するように、前記ステージの制御パラメータ又は前記ステージの駆動プロファイルを変更する。

【0014】

本発明は、基板と該基板に対向する光学部材との間の空間を液体で満たした液浸状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光装置であって、前記基板を保持した状態で移動し、前記原版に対して前記基板を位置決めする露光用ステージと、前記基板を保持した状態で移動し、前記基板を計測する計測用ステージと、前記各ステージの駆動を制御するステージ制御部とを備え、少なくとも前記露光用ステージは前記基板の表面が前記液浸状態のときに駆動され、前記ステージ制御部は、前記基板の表面が前記液体のないドライ状態から前記液浸状態に変位する際の前記液体による前記ステージの制御特性の変動を低減するように、前記ステージの制御パラメータを前記露光用ステージと前記計測用ステージとの間で変更する。

10

本発明は、基板と該基板に対向する光学部材との間の空間を液体で満たした液浸状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光装置であって、前記基板を保持した状態で移動し、前記原版に対して前記基板を位置決めするステージと、前記ステージの駆動を制御するステージ制御部とを備え、前記ステージ制御部は、前記液浸状態における前記ステージの収束波形に含まれる特定の周波数成分を前記ステージの加速度波形が含まないように、液浸条件に基づいて前記ステージの駆動プロファイルを変更する。

20

本発明は、基板と該基板に対向する光学部材との間の空間を液体で満たした液浸状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光装置であって、前記基板を保持した状態で移動し、前記原版に対して前記基板を位置決めするステージと、前記ステージの駆動を制御するステージ制御部とを備え、前記ステージ制御部は、前記液浸状態における前記ステージの収束波形に含まれる特定の周波数成分を前記ステージの加速度波形が含まないように、液浸の有無に基づいて前記ステージの駆動プロファイルを変更する。

30

本発明は、基板と該基板に対向する光学部材との間の空間を液体で満たした液浸状態で原版パターンを基板に露光する液浸露光装置であって、前記基板を保持した状態で移動し、前記原版に対して前記基板を位置決めする露光用ステージと、前記基板を保持した状態で移動し、前記基板を計測する計測用ステージと、前記各ステージの駆動を制御するステージ制御部とを備え、少なくとも前記露光用ステージは前記基板の表面が前記液浸状態のときに駆動され、前記ステージ制御部は、前記液浸状態における前記ステージの収束波形に含まれる特定の周波数成分を前記ステージの加速度波形が含まないように、前記ステージの駆動プロファイルを前記露光用ステージと前記計測用ステージとの間で変更する。

【0015】

なお、更に、本発明は、上記液浸露光装置のステージ制御部が行うステージ制御方法や上記液浸露光装置を用いて半導体デバイスを製造するデバイス製造方法にも適用できる。

40

【発明の効果】

【0016】

以上説明したように、本発明によれば、液浸状態によって生じるステージの制御特性変動を低減することで、液浸型投影露光装置における位置決め精度を向上することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下に、添付図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0018】

50

尚、以下に説明する実施の形態は、本発明の実現手段としての一例であり、本発明が適用される装置の構成や各種条件によって適宜修正又は変更されるべきものである。

【0019】

また、本発明は、後述する実施形態である液浸露光方法やデバイス製造方法等を実現するソフトウェアのプログラムコードを記憶した記憶媒体（または記録媒体）を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成されることは言うまでもない。

【0020】

図1は、本発明に係る実施形態の適用されるステップ&スキャン方式の液浸型投影露光装置の概略構成図である。 10

【0021】

図1において、回路パターンを有するレチクル1は、均一な照度のスリット照明光ILによって照明される。レチクル1のパターンはY方向（スリット短手方向）にレチクルステージ2とウエハステージ6を投影レンズ4の縮小倍率比の速度で同期させることによって、半導体デバイス作成用のウエハ5に結像投影される。レチクルステージ用レーザー干渉計3はレチクルステージ2のY方向の変位を測定し、ステージ制御部11に送信する。同様にウエハステージ用レーザー干渉計7はウエハステージ6のY方向の変位を測定し、ステージ制御部11に送信する。

【0022】

ステージ制御部11は、両方の測定値を基にレチクルステージ2とウエハステージ6を独立制御または同期制御する。また、レチクルステージ、ウエハステージ共に、X方向に関して不図示のレーザー干渉計により変位の測定が行われ、ステージ制御部11によって制御される。なお、レーザー干渉計3、7、投影レンズ4、レチクルステージ定盤8、ウエハステージ定盤9は本体構造体10に構成されているため、レチクルステージ2とウエハステージ6とは本体構造体10を基準として同期制御が可能となる。 20

【0023】

15は本体構造体10を支持して振動を抑え、かつ床からの振動を絶縁する本体用アクティブマウントである。16はウエハステージ6の移動により生じる振動を抑え、かつ床からの振動を絶縁するステージ用アクティブマウントである。 30

【0024】

液浸ノズル13は投影レンズ4に取り付けられており、純水などの液浸液を供給および回収する機構を有している。この機構によりウエハ5と投影レンズ4との間に液浸状態14を作り出す。ここで、液浸状態はウエハ5と投影レンズ4との間のみでなく、ウエハステージに搭載されたセンサ（例えば、ステージ基準マークや照度ムラセンサ）とそれに対向する光学部材との間に形成されてもよい。

【0025】

図2は、本発明の特徴を最もよく表すブロック線図である。プロファイラ21は予め設定されたウエハステージの駆動プロファイルに基づいて、ウエハステージ23の目標値(ref)を生成する。レーザー干渉計24はウエハステージ23の現在位置(pos)を測定する。目標値(ref)と現在位置(pos)との差分である偏差(error)がコントローラ22に送られると、コントローラ22は予め設定されているウエハステージの制御パラメータに基づいて、駆動電流値（制御量）を出力する。出力された駆動電流値はドライバーを介して、ウエハステージに搭載されたりニアモータに送られ、ウエハステージの駆動が行われる。 40

【0026】

ウエハステージの駆動プロファイルとは、加速度、速度、Jerk時間（加速度の変化率）、整定時間（ここでは、加速区間が終わり等速区間になってから露光を開始するまでの時間）等のウエハステージの目標値を生成するためのパラメータである。これらのパラメータを変えることによって、駆動開始から停止するまでの間に生成される目標値に含まれる振動成分が変化するため、ウエハステージの位置決め精度に影響を与える。 50

【 0 0 2 7 】

一方、ウエハステージの制御パラメータとは、PIDパラメータ、ローパスフィルタ、ノッチフィルタ、フィードフォワードゲインなどウエハステージの制御特性に関わるパラメータである。このパラメータは、ウエハステージの安定性、応答性、ロバスト性、位置決め精度を左右する。

【 0 0 2 8 】

従来の投影露光装置においては、駆動プロファイル、制御パラメータ共に固定値であったが、本発明では、液浸条件によって、駆動プロファイル、制御パラメータを変更可能とした。すなわち、

- (1) 液浸条件によって変える
- (2) 液浸状態の有無によって駆動毎に変える
- (3) 液浸状態の有無によって駆動中に変える

ことを可能とした。ここで、駆動毎とは1回のスキャン駆動あるいはステップ駆動毎を意味する。これを図2において説明すると、液浸条件および液浸状態の有無の情報を得た変更手段20は、プロファイラ21とコントローラ22に設定されたパラメータを変更することになる。液浸条件および液浸状態の有無の情報はセンサ等によって検知してもよく、前もって記憶しておいてもよい。

【 0 0 2 9 】

次に上記(1) ~ (3) について詳しく述べる。

(1) について

図1において液浸状態14がない場合(ドライ状態)、すなわち従来の投影露光装置においては、本体用アクティブマウント15とステージ用アクティブマウント16によって、ウエハステージ6の移動により生じる振動は本体構造体に対して絶縁されていた。しかし、液浸状態14が存在する場合、液浸ノズル13と投影レンズ4とウエハ5を介して本体構造体10とウエハステージ13とが接続されることになるので、振動伝達経路が発生する。液浸状態14には、バネ性や粘性が存在するため、ウエハステージから本体構造体へ、もしくは本体構造体からウエハステージへ振動が伝達する。それによってウエハステージの位置決め精度が悪化してしまう問題が生じた。制御特性の変動要因であるバネ性や粘性は液浸状態14の液体の厚さ(ウエハとレンズとのギャップ)、温度、成分、流量、流速、体積、ウエハやレンズとの接触面積、液浸液とウエハの接触角(表面張力により形成される液浸液表面とウエハ面との接点における液浸液表面の接線とウエハ面との角度)、液浸液とレンズとの接触角によって変化することが一般的に分かっている。そこで、本発明では、上記液浸条件によって、ウエハステージの駆動プロファイル、あるいは制御パラメータを変えることで、液浸状態14による制御特性の変動を補償し、位置決め精度悪化を防ぐことを可能とした。

(2) について

液浸型投影露光装置は、露光時には液浸状態14を生成し、ウエハステージ6の駆動を行う。一方、ウエハ搬入・搬出時やウエハステージ6上に具備されているキャリブレーション用マーク計測時などの非露光時は、ドライ状態でウエハステージ6を駆動する。液浸状態14とドライ状態とでは、(1) で述べた通り、ウエハステージ6の制御特性が変動する。そこで、本発明においては、液浸状態とドライ状態とでウエハステージの駆動プロファイル、あるいは制御パラメータを変えることによって、液浸状態とドライ状態共に良好な位置決め精度を実現可能とした。

(3) について

図3において、ウエハ31は露光対象となるウエハの一部を示したもので、5ショット分だけ図示されている。図中の矢印は、各ショットの露光方向を示している。例えばショット32は、ウエハの外側から内側に向かって露光が行われる。ショット32のようにウエハの外縁部にあり、かつウエハの外側から露光が行われるショットでは、液浸領域がウエハの外側から移動して、露光が行われることになる。これを図4において説明する。

【 0 0 3 0 】

10

20

30

40

50

図4はウエハステージを上から見たもので、41がウエハで42は図3のショット32に該当するショットである。ショット42を露光するためには、液浸領域43がウエハ41の外側から内側に向かって移動してこなければならない(実際は液浸領域43が不動で、ウエハステージが駆動する)。そこで、ウエハより外側でも液浸状態を形成するために、ウエハ41の外周に接し、かつウエハ41と同じ高さになるような同面板40を具備している。この同面板40の存在により、ショット42のような外縁部の露光が可能である。しかし、同面板40とウエハ41との間は、

- ・ミクロンオーダーの隙間
- ・ミクロンオーダーの高さの差(段差)
- ・親水性あるいは疎水性の差による摩擦力などの違い

10

が存在するため、液浸領域43が同面板40からウエハ41へと変位する際に、ウエハステージに対して制御特性変動を与えることになる。そこで本実施形態においては、液浸領域43が同面板40上(すなわちウエハ41にとってはドライ状態)から、ウエハ41上(すなわちウエハ41が液浸状態)に変位する際に、ウエハステージの駆動プロファイル、あるいは制御パラメータを切り替えながら駆動することによって、ドライ状態から液浸状態に移る際の制御特性変動を抑えることを可能とした。

【0031】

本実施形態では、液浸領域がウエハの内側から外側に向かうとき、すなわち液浸状態からドライ状態に変位する際も同様に適用可能である。

【0032】

20

次に、駆動プロファイルの変更方法について述べる。図5はウエハステージ・スキャン時の加速度目標値の一例を示す概略図である。図2のプロファイラ21においては、この加速度目標値を2階積分した位置目標値が生成され出力される。図5は横軸が時間、縦軸が加速度を示す。50は駆動開始時の最大加速度、59は停止時の最大加速度(負値)である。51、53、56、58は加速度の変化率を決定するJerk時間である。52、57は最大加速度を維持する時間である。54はウエハステージが51 52 53を経て最大速度に達してから、所望の位置決め精度すなわちレチクルステージとの同期精度に収束するまでの整定時間である。この整定時間54の後に、露光時間55に入り、露光が行われ、56 57 58を経て駆動が終了する。図5はスキャン時の加速度目標値を示したが、ステップ時は54の整定時間がなくなり、55の露光時間が単なる等速時間に変わったものと考えればよい。

30

【0033】

液浸状態においては、液浸液によりウエハステージの収束が悪化してしまう。そこで、整定時間54をドライ状態の時より長くすることで、同期精度の悪化を防ぐことができる。しかし、整定時間54を長くするとスループットの低下につながってしまう。液浸状態において悪化した収束波形には特定の周波数成分 f_1 [Hz]が含まれていることが多い。ウエハステージが発生する力は液浸液に印加されるが、これは加速度に比例するため、51 52 53の加速度波形が f_1 を含まないように、50、51、52、53を選択する。それによって、整定時間54を長くすることなく、同期精度の悪化を防ぐことが可能となる。

40

【0034】

また、液浸ノズル13によって供給される液浸液の流量、流速が増大するとウエハステージへの圧力や脈動による外乱が大きくなり、ステージの位置決め精度を悪化させる。この場合も、図5の加速度目標値を変更することで、位置決め精度の悪化を防ぐことが可能である。

【0035】

液浸状態において、

- (i) ウエハやレンズとの接触面積(液浸半径)が大きくなる場合、
- (ii) 液浸液とウエハまたは液浸液とレンズの接触角が小さくなる場合、
- (iii) 液浸液の厚さすなわちウエハとレンズとの距離が小さくなる場合

50

液浸液によるバネ性や粘性は大きくなり、ステージの位置決め精度を悪化させてしまう。そこで、上記接触面積、接触角、液厚に応じて、図5の加速度目標値を変更することで、位置決め精度の悪化を防ぐことが可能である。

【0036】

次に、ステージの制御パラメータの変更方法について述べる。液浸状態においては、液浸液の影響によりウエハステージの周波数特性に変化を生じる。例えばバネ性により10Hz以下のゲインが低くなり、低周波数における追従特性が劣化してしまう。そこで、図2のコントローラ22に含まれているPIDパラメータ

$$PID(s) = K_p(1 + f_i/s + s/f_d)$$

ここで、 K_p ：比例ゲイン、 f_i ：積分周波数、 f_d ：微分周波数、 s ：ラプラス演算子
 のうち比例ゲイン K_p または積分周波数 f_d を上げることで、低周波数のゲイン低下を補償し、追従特性の悪化を防ぐことが可能となる。また、バネ性による悪影響は、 $(i) \sim (i i i)$ の場合に大きくなるので、接触面積、接触角、液厚に応じて、上記比例ゲインまたは積分周波数を上げるとよい。さらにPIDパラメータの変更は、液浸状態の有無によって駆動毎に切り替えることも有効であるし、ドライ状態から液浸状態またはその逆に変位するショットにおいては駆動中に切り替えることも有効である。

10

【0037】

駆動プロファイルや制御パラメータは、ウエハステージのXY座標に応じたテーブルとしてステージ制御部に記憶させておき、切り替えを実施してもよい。さらには、実際の露光結果を元に学習を加え、テーブルの更新を実施するとより大きな効果が得られる。

20

【0038】

次に、計測ステージと露光ステージの2つのウエハステージを備えたツインステージ方式の投影露光装置への適用例を示す。図6はツインステージ方式の概念図である。ツインステージの機能については、公知の技術であるため詳細な説明は省略する。

【0039】

計測ユニット60は計測ステージ61上のウエハ(不図示)のアライメント計測やフォーカス・レベリング計測を行う。64は露光ステージで、搭載された不図示のウエハは照明光1Lと投影レンズ62により露光される。その際、液浸ノズル63によって液浸状態65を構成し駆動を行う。このような場合、計測ステージは主にドライ状態であり、露光ステージは液浸状態である時間が多いため、ステージ毎に駆動プロファイルや制御パラメータを変えることによって、液浸状態における位置決め精度の悪化を防ぐことが可能である。もちろん3つ、4つなど2つ以上のウエハステージを備えている投影露光装置に対してもステージ毎に駆動プロファイルや制御パラメータを変更することが可能である。

30

【0040】

これまで述べた実施の形態は、ステップ&リピート方式の液浸型投影露光装置にも適用が可能である。また、レチクルステージへの適用も可能である。本実施形態では位置制御系を例に挙げたが、速度制御系においても適用可能である。

[デバイス製造方法]

次に、上述した露光装置を利用したデバイス製造方法の実施形態を説明する。

【0041】

図7は微小デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の製造のフローを示す。ステップS1(回路設計)では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップS2(露光制御データ作成)では設計した回路パターンに基づいて露光装置の露光制御データを作成する。一方、ステップS3(ウエハ製造)ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップS4(ウエハプロセス)は前工程と呼ばれ、上記用意した露光制御データが入力された露光装置とウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップS5(組み立て)は後工程と呼ばれ、ステップS4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。ステップS6(検査)ではステップS5で作製され

40

50

た半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップS7）される。

【0042】

図8は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップS11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップS12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップS13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップS14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップS15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップS16（露光）では上記説明した露光装置によって回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップS17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップS18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップS19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

10

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本発明に係る実施形態の液浸型投影露光装置の概略構成図である。

【図2】本発明に係る実施形態の制御ブロック図である。

【図3】本発明に係る実施形態のウエハレイアウトを示す概略図である。

【図4】本発明に係る実施形態の液浸領域の変位を示す概略図である。

【図5】本発明に係る実施形態のステージの加速度目標値の概略図である。

20

【図6】本発明に係る他の実施形態のツインステージ方式の投影露光装置の概念図である。

【図7】微小デバイスの製造フローを説明する図である。

【図8】ウエハプロセスを説明する図である。

【符号の説明】

【0044】

- 1 レチクル
- 2 レチクルステージ
- 3 レチクルステージ用レーザー干渉計
- 4, 62 投影レンズ
- 5, 31, 41 ウエハ
- 6, 23 ウエハステージ
- 7 ウエハステージ用レーザー干渉計
- 8 レチクルステージ定盤
- 9 ウエハステージ定盤
- 10 本体構造体
- 11, 25 ステージ制御部
- 13, 63 液浸ノズル
- 14, 65 液浸状態
- 15 本体用アクティブマウント
- 16 ステージ用アクティブマウント
- 20 変更手段
- 21 プロファイラ
- 22 コントローラ
- 24 レーザー干渉計
- 32, 42 ショット
- 40 同面板
- 43 液浸領域
- 60 計測ユニット
- 61 計測ステージ

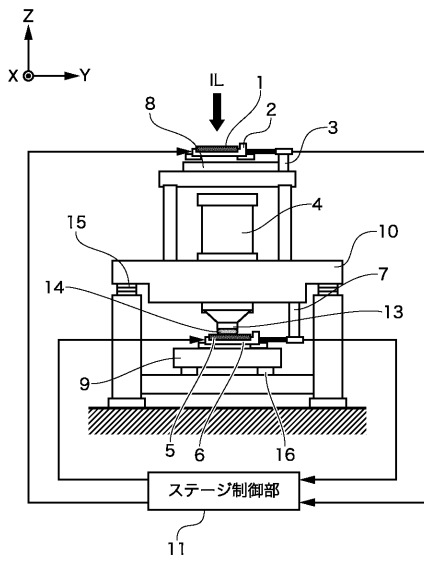
30

40

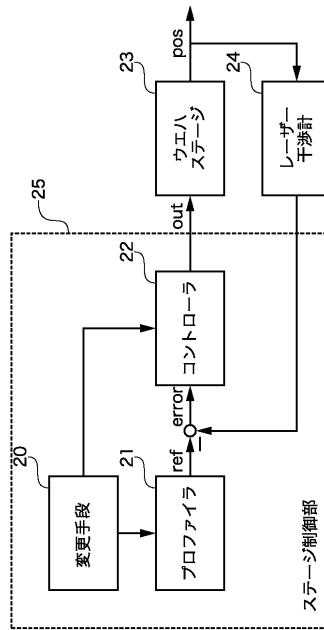
50

6 4 露光ステージ

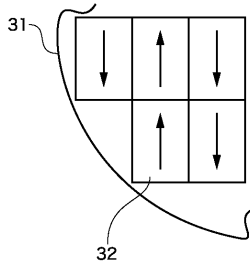
【図1】



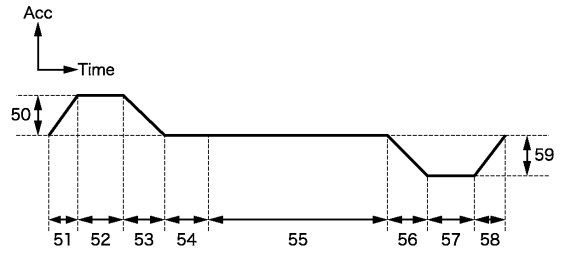
【図2】



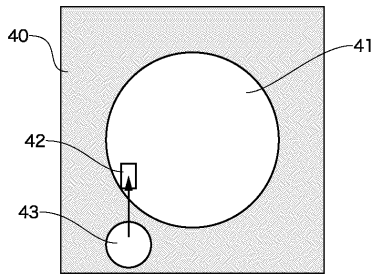
【 図 3 】



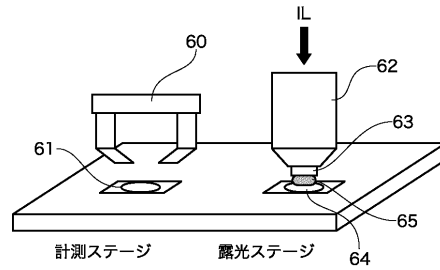
【 図 5 】



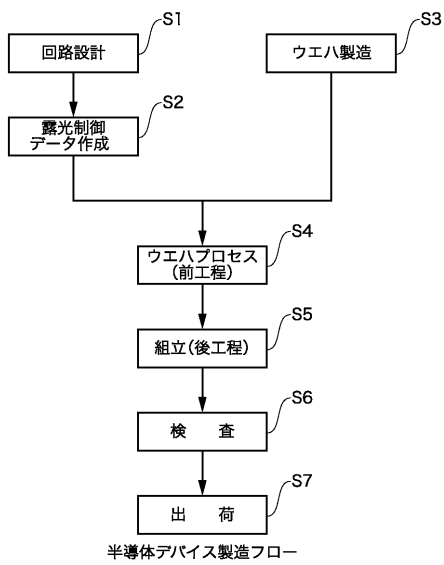
【 図 4 】



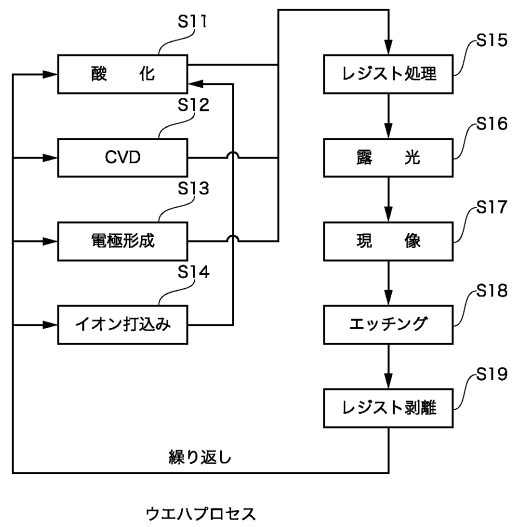
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

審査官 星野 浩一

(56)参考文献 特開2004-207711(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20