

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-88040

(P2007-88040A)

(43) 公開日 平成19年4月5日(2007.4.5)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 6 B	5 F O 4 6
GO 3 F 7/20 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 2 1	
GO 3 F 9/00 (2006.01)	GO 3 F 9/00 H	
	HO 1 L 21/30 5 1 5 D	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2005-272224 (P2005-272224)	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成17年9月20日 (2005.9.20)	(74) 代理人	100090538 弁理士 西山 恵三
		(74) 代理人	100096965 弁理士 内尾 裕一
		(72) 発明者	岡田 芳幸 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
		Fターム(参考)	5F046 BA05 CB01 CB26 CB27 CC01 CC03 CC05 CC06 DA07

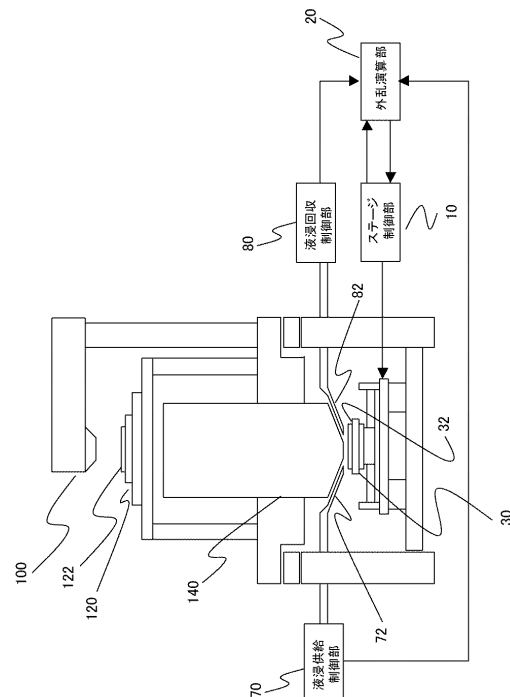
(54) 【発明の名称】 露光装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 液浸露光装置において液浸供給および液浸回収時にウエハーステージに印加される外乱の影響を抑制し、より精密なウエハーステージ制御を可能として高解像度な露光装置を提供する。

【解決手段】 液浸媒体を露光領域に供給する液浸供給手段72と露光領域の液浸媒体を回収する液浸回収手段82とウエハーステージ30とを有し、前記液浸供給手段における流量または流速または加圧力と前記液浸回収手段における流量または流速または吸引圧力と前記ステージ制御手段からのステージ制御信号より前記ステージに印加される外乱力を算出する外乱演算手段20と該外乱演算手段からの信号に基づき前記ステージ制御手段により外乱力を打ち消すよう前記ステージが制御される露光装置とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

液浸媒体を露光領域に供給する液浸供給手段と露光領域の液浸媒体を回収する液浸回収手段とウエハーを搭載するステージと該ステージを制御するステージ制御手段とを有し、前記液浸供給手段における流量または流速または加圧力と前記液浸回収手段における流量または流速または吸引圧力と前記ステージ制御手段からのステージ制御信号より前記ステージに印加される外乱力を算出する外乱演算手段と該外乱演算手段からの信号に基づき前記ステージ制御手段により外乱力を打ち消すよう前記ステージが制御されることを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記外乱演算手段は、前記液浸供給手段における流量または流速または加圧力および前記ステージに対する液浸印加角度より前記ステージに対する垂直方向の印加力を求める第 1 の演算部と前記液浸回収手段における流量または流速または吸引圧力および前記ステージに対する液浸吸引角度より前記ステージに対する垂直方向の吸引力を求める第 2 の演算部と前記第 1 の演算部と前記第 2 の演算部と前記ステージ制御手段からのステージ制御信号より前記ステージに対するモーメント力を算出する第 3 の演算部より構成され、該第 3 の演算部からの信号に基づき前記ステージ制御手段をフィードフォワード制御することを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】

前記外乱演算手段の第 1 の演算部は、前記液浸供給手段における供給流量または供給流速と前記液浸供給手段の開口部寸法より供給流速または供給流量を算出し前記供給流量と前記供給流速と前記液浸媒体の密度により印加力を算出し、前記外乱演算手段の第 2 の演算部は前記液浸回収手段における回収流量または回収流速と前記液浸回収手段の開口部寸法より回収流速または回収流量を算出し前記回収流量と前記回収流速と前記液浸媒体の密度により吸引力を算出することを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】

前記外乱演算手段の第 3 の演算部は前記ステージの平面を X 軸、Y 軸、高さ方向を Z 軸とした場合、前記ステージの重心位置を原点として前記ステージ制御信号と前記液浸供給手段より供給される液浸媒体の重心位置座標と前記第 1 の演算部からの前記印加力と前記液浸回収手段より回収される液浸媒体の重心位置座標と前記第 2 の演算部からの前記吸引力とにより前記ステージに対する X 軸周りのモーメント力および Y 軸周りのモーメント力を算出することを特徴とする請求項 2 または請求項 3 に記載の露光装置。

【請求項 5】

前記外乱演算手段は、前記液浸供給手段における流量または流速または加圧力と前記液浸回収手段における流量または流速または吸引圧力と前記ステージ制御手段からのステージ制御信号より前記ステージに印加される外乱力を予め算出して値を保持する外乱記憶手段とを有し該外乱記憶手段からの信号に基づき前記ステージ制御手段により外乱力を打ち消すよう前記ステージが制御されることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 6】

前記外乱演算手段は、前記液浸供給手段における流量または流速または加圧力と前記液浸回収手段における流量または流速または吸引圧力と前記ステージ制御手段からのステージ制御信号より前記ステージに印加される外乱力による前記ステージの位置誤差または前記ウエハーの変形を予め算出または測定して保持する外乱記憶手段を有し、該外乱記憶手段からの信号に基づき前記ステージ制御手段により外乱力を打ち消すよう前記ステージが制御されることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれかに記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、露光装置におけるステージ制御装置に関し、特に液浸露光を行う際に発生す

10

20

30

40

50

る外乱を抑制してより精度の高いステージ制御を可能とするステージ制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年のICやLSI等の半導体集積回路は益々微細化が進み、それに伴い半導体露光装置のパターン転写能力も更なる高解像度が要求されている。露光装置における解像度：Resは下式で表される。

【0003】

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

k_1 はプロセスファクタ、 λ は露光光源波長、NAは開口数である。

10

【0004】

より微細な解像度を得るには、波長を短くするか、もしくはNAを大きくする必要がある。露光光源としては、 $\lambda = 248 \text{ nm}$ のKrFエキシマレーザ、 $\lambda = 193 \text{ nm}$ のArFエキシマレーザ等があり、NAを大きくする一つの方法としては、液浸露光がある。この液浸露光では、パターンをウエハーに転写する投影光学系の最下面とウエハーとの間に屈折率nの媒体を介在させて露光を行う。投影光学系の最下面からウエハーへの転写光の入射角度を θ とすると、NAは下式で表される。

【0005】

$$NA = n \cdot \sin \theta \quad (2)$$

例えば、液浸媒体に水を使用すると、水の屈折率 $n = 1.44$ より、解像度を $1/1.44$ 倍向上させることができ、より波長の短い新たな露光光源を用いることなく解像度の向上が可能となる。

20

【0006】

一般に、液浸媒体は液浸供給ノズルにより投影光学系の最下面とウエハーの間の僅かなギャップ間に供給され、露光エリアを通過した後、液浸回収ノズルにより回収される。走査型露光装置では回路パターンの原版を保持するレチクルステージとウエハーを保持するウエハーステージは同期して走査され、露光はレチクルステージとウエハーステージが反対方向に等速運動している際に行われる。一般的には、レチクルとウエハーの投影倍率は4:1で、レチクルステージとウエハーステージの走査速度比も4:1である。各走査速度は、生産性向上のためより高速な駆動が要求され、ウエハーステージの走査速度は数百mm/sに達している。その一方で、解像度向上によりステージはより精密な制御が要求され、位置誤差をnmオーダー以下に抑制する必要がある。

30

【0007】

又、別の従来例としては、特許文献1をあげることが出来る。

【特許文献1】特開2005-123305号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら液浸供給ノズルからの液浸供給の際にウエハーは部分的に加圧外乱が印加され、液浸回収ノズルによる液浸回収の際にウエハーは部分的に減圧外乱が印加され、これらの外乱によりウエハーステージの位置誤差が発生し、ひいては解像度が損なわれると言う問題が発生する。また、これらの外乱によりウエハーが僅かに変形し、結果として解像度が損なわれる可能性がある。

40

【0009】

これらの点に鑑み、本発明は、液浸露光装置において液浸供給および液浸回収時にウエハーステージに印加される外乱の影響を抑制し、より精密なウエハーステージ制御を可能として高解像度な露光装置を提供することを目的とする。また、液浸供給および液浸回収時にウエハーステージに印加される外乱により発生するウエハーの変形を抑制し、高解像度な露光装置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】

50

【0010】

上記課題を解決するために、本発明に係る露光装置は、液浸媒体を露光領域に供給する液浸供給手段と露光領域の液浸媒体を回収する液浸回収手段とウエハーステージと該ステージを制御するステージ制御手段とを有し、前記液浸供給手段における流量または流速または加圧力と前記液浸回収手段における流量または流速または吸引圧力と前記ステージ制御手段からのステージ制御信号より前記ステージに印加される外乱力を算出する外乱演算手段と該外乱演算手段からの信号に基づき前記ステージ制御手段により外乱力を打ち消すよう前記ステージが制御されることを特徴とする。

【0011】

前記外乱演算手段は、前記液浸供給手段における流量または流速または加圧力および前記ステージに対する液浸印加角度より前記ステージに対する垂直方向の印加力を求める第1の演算部と前記液浸回収手段における流量または流速または吸引圧力および前記ステージに対する液浸吸引角度より前記ステージに対する垂直方向の吸引力を求める第2の演算部と前記第1の演算部と前記第2の演算部と前記ステージ制御手段からのステージ制御信号より前記ステージに対するモーメント力を算出する第3の演算部より構成され、該第3の演算部からの信号に基づき前記ステージ制御手段をフィードフォワード制御するよう構成されてもよい。

10

【0012】

また、前記外乱演算手段の第1の演算部は、前記液浸供給手段における供給流量または供給流速と前記液浸供給手段の開口部寸法より供給流速または供給流量を算出し前記供給流量と前記供給流速と前記液浸媒体の密度により印加力を算出し、前記外乱演算手段の第2の演算部は前記液浸回収手段における回収流量または回収流速と前記液浸回収手段の開口部寸法より回収流速または回収流量を算出し前記回収流量と前記回収流速と前記液浸媒体の密度により吸引力を算出するよう構成されてもよい。

20

【0013】

また、前記外乱演算手段の第3の演算部は前記ステージの平面をX軸、Y軸、高さ方向をZ軸とした場合、前記ステージの重心位置を原点として前記ステージ制御信号と前記液浸供給手段より供給される液浸媒体の重心位置座標と前記第1の演算部からの前記印加力と前記液浸回収手段より回収される液浸媒体の重心位置座標と前記第2の演算部からの前記吸引力とにより前記ステージに対するX軸周りのモーメント力およびY軸周りのモーメント力を算出するよう構成されてもよい。

30

【0014】

この場合、液浸露光装置において液浸供給および液浸回収時にウエハーステージに印加される外乱の影響を抑制し、より精密なウエハーステージ制御を可能として高解像度な露光装置とすることが可能となる。

【0015】

また、前記外乱演算手段は、前記液浸供給手段における流量または流速または加圧力と前記液浸回収手段における流量または流速または吸引圧力と前記ステージ制御手段からのステージ制御信号より前記ステージに印加される外乱力を予め算出して値を保持する外乱記憶手段とを有し該外乱記憶手段からの信号に基づき前記ステージ制御手段により外乱力を打ち消すよう前記ステージを制御してもよい。

40

【0016】

この場合にも液浸供給および液浸回収時にウエハーステージに印加される外乱の影響を抑制し、より精密なウエハーステージ制御を可能として高解像度な露光装置とすることが可能となる。

【0017】

また、前記外乱演算手段は、前記液浸供給手段における流量または流速または加圧力と前記液浸回収手段における流量または流速または吸引圧力と前記ステージ制御手段からのステージ制御信号より前記ステージに印加される外乱力による前記ステージの位置誤差または前記ウエハーステージの変形を予め算出または測定して保持する外乱記憶手段を有し、該外乱

50

記憶手段からの信号に基づき前記ステージ制御手段により外乱力を打ち消すよう前記ステージを制御してもよい。

【0018】

この場合にも液浸供給および液浸回収時にウエハーステージに印加される外乱の影響を抑制し、より精密なウエハーステージ制御を可能として高解像度な露光装置とすることが可能となる。

【0019】

また、液浸露光装置において液浸供給および液浸回収時にウエハーステージに印加される外乱により発生するウエハの変形を抑制し、高解像度な露光装置とすることが可能となる。

10

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、液浸露光装置において液浸供給および液浸回収時にウエハーステージに印加される外乱の影響を抑制し、より精密なウエハーステージ制御を可能として高解像度な露光装置とすることが可能となる。

【0021】

また、本発明によれば、液浸露光装置において液浸供給および液浸回収時にウエハーステージに印加される外乱により発生するウエハの変形を抑制し、高解像度な露光装置とすることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0022】

以下に本発明の各実施形態について、詳細に説明する。

【0023】

(第一の実施形態)

図1は本発明による液浸露光装置の構成を示す図である。

【0024】

不図示の露光光源より出射された露光光は、照明光学系100により、レチクルステージ120に設置されたレチクル122を照射する。レチクル122を透過した光は、投影光学系140を透過して、ウエハーステージ30に設置されたウエハ32に到達し、レチクル上に描かれた微細なパターンをウエハ上の各チップに焼き付ける。露光光源には KrF レーザ光源や、更なる微細化のため波長の短い ArF レーザ光源が用いられることが多い。

30

【0025】

スキャニングステッパーもしくは走査型露光装置と称される露光装置では、レチクルステージ120とウエハーステージ30は同期して逆方向に走査し、同期走査中に露光が行われ、露光終了すると次のチップの露光のためにウエハーステージ30がステップ駆動される。走査型露光装置では、より生産性を向上させるため、レチクルステージ120およびウエハーステージ30の各ステージは、より速い加速度により加速され、より速い速度で同期走査露光される。一般に、縮小露光が行われ、レチクル122対ウエハ32の露光縮小率は4:1で、レチクルステージ120とウエハーステージ30の加速度および速度の比率は、同様に4:1である。各ステージの加速度および速度は益々増加し、ウエハーステージ140の加速度は1G~1.5G、速度は300mm/s~600mm/s程度まで引き上げられている。

40

【0026】

各ステージは生産性向上のために極めて高速に駆動され、かつ微細化露光のため極めて精密に位置または速度が制御されなければならない。

【0027】

一般にレチクルステージ120およびウエハーステージ30は、エアーまたは磁力等により浮上された上でローレンツ力の原理を用いたリニアモータや、場合によっては平面モータ等のアクチュエータにより同期走査またはステップ駆動が行われる。微細化露光のた

50

め各ステージの位置は $n\text{ m}$ オーダで精密に制御する必要があり、一般的には不図示のレーザ干渉計により各ステージの位置が常に正確に監視され、フィードバック制御が成されている。

【0028】

図2にウエハーステージ30の構成例を示す。同期走査方向をY軸、ステップ駆動方向をX軸、高さ方向をZ軸とすると、前記同期走査またはステップ駆動のためのアクチュエータの他に40、42、44から成るアクチュエータ1、2、3が構成されている。これら40、42、44のアクチュエータを駆動することにより、ウエハーステージ30およびウエハーステージ32のZ軸方向の駆動、即ち、露光時のフォーカス調整と、X軸周りの回転 x 、およびY軸周りの回転 y を制御することが可能となる。これら40、42、44のアクチュエータは、リニアモータにより構成されることが多い。

10

【0029】

図5にステージ制御系の構成図を示す。ステージ制御部10は前記レーザ干渉計等の位置計測18からの信号を加減算器11にフィードバックし、ステージ位置が目標値と等しくなるよう制御部12によりPID演算等の制御演算を行い、駆動部16により上記リニアモータ等のアクチュエータを駆動してウエハーステージ30を制御する。一般にリニアモータは入力された電気信号に対し比例的な推力を発生する。リニアモータの推力定数は $[N/A]$ で示され、推力は印加される電流値に比例する。尚、このステージ制御の構成は、X軸、Y軸、Z軸、 x 回転、 y 回転等に対して共通のものである。

【0030】

図1に戻り説明を続ける。

20

【0031】

液浸露光装置では、液浸供給制御部70により液浸媒体の温度および流量または流速または圧力が所定値に制御され、液浸供給ノズル72よりウエハーステージ30上のウエハーステージ32に供給され、液浸回収制御部80により制御される液浸回収ノズル82によってウエハーステージ32上の液浸媒体を回収する。露光はウエハーステージ32上に液浸媒体が供給されている状態で行われ、例えば、液浸媒体に水を使用すると、水の屈折率 $n = 1.44$ より、(1)式、(2)式より解像度を $1/1.44$ 倍向上させることが可能となる。

【0032】

図3に液浸供給ノズル72によるウエハーステージ30に及ぼす外乱力の一例を示す。液浸供給ノズル72はウエハーステージ30に対し入射角 a を有してウエハーステージ32と投影光学系140の最下面の間のギャップに液浸媒体を供給する。一般的には、ウエハーステージの走査速度とウエハーステージ32に供給される液浸媒体の水平方向の速度がほぼ等しくなるように液浸供給制御部70により液浸媒体の流量または流速または圧力が制御される。

30

【0033】

液浸供給ノズル72からウエハーステージ32に供給された液浸媒体の流速を $V_a (m/s)$ 、水平方向の流速を $V_{ay} (m/s)$ 、液浸供給ノズル72からウエハーステージ32への液浸媒体供給角度を a とすると、

$$V_a = V_{ay} / \sin a \quad (3)$$

40

で表される。

【0034】

液浸供給ノズル72の開口部の形状をX軸方向の長さを $L_{ax} (m)$ 、Y軸方向長さを $L_{ay} (m)$ 、とすると、液浸供給ノズル72から供給される液浸媒体の流量 $Q_a (m^3/s)$ は、

$$Q_a = V_a \cdot L_{ax} \cdot L_{ay} = V_{ay} \cdot L_{ax} \cdot L_{ay} / \sin a \quad (4)$$

で表される。

【0035】

液浸媒体の密度を (kg/m^3) とすると、液浸供給ノズル72からウエハーステージ32に印加された力 $F_a (N)$ は、

50

$$F_a = \rho \cdot Q_a \cdot V_a = \rho \cdot L_{ax} \cdot L_{ay} \cdot (V_{ay} / \sin a)^2 \quad (5)$$

で表される。

【0036】

これより液浸供給ノズル72からウエハ-32に印加されたZ方向の力 F_{az} (N)は、

$$F_{az} = F_a \cdot \cos a \\ = \rho \cdot L_{ax} \cdot L_{ay} \cdot (V_{ay} / \sin a)^2 \cdot \cos a \quad (6)$$

で表される。

【0037】

例えば、 $V_{ay} = 0.5 \text{ m/s}$ 、 $a = 45^\circ$ 、 $L_{ax} = 0.1 \text{ m}$ 、 $L_{ay} = 0.003 \text{ m}$ 、液浸媒体を水として $\rho = 103 \text{ kg/m}^3$ と仮定すると、

$$F_{az} = -0.106 \text{ N} \quad (7)$$

となる。

【0038】

液浸供給ノズル72から供給される液浸媒体は、液浸供給制御部70から液浸供給ノズル72の間に流量計を設置して、供給流量 Q_a を測定し、所定の液浸供給流速になるように液浸供給制御部70を制御するよう構成してもよいし、前記流量計と液浸供給制御部70における液浸供給圧力との関係を予め測定しておき、所定の流量に対して液浸供給制御部70の液浸供給圧力を設定するよう構成してもよい。

【0039】

図5における外乱演算部20の第1演算部22では、液浸供給制御部70にて設定される液浸媒体の流量または流速または加圧力をもとにして既知の液浸供給ノズル形状 L_{ax} 、 L_{ay} およびウエハ-32に対する液浸媒体印加角度 a より(6)式にてウエハ-32に対する垂直方向の印加力 F_{az} を算出する。

【0040】

図3に戻り説明を続ける。ウエハ-32と投影光学系140の最下面の間のギャップには液浸媒体により液浸部75が存在する。

【0041】

ウエハ-32から液浸回収ノズル82により回収される液浸媒体の流速を V_b (m/s)、水平方向の流速を V_{by} (m/s)、ウエハ-32から液浸回収ノズル82への液浸媒体回収角度を b とすると、

$$V_b = V_{by} / \sin b \quad (8)$$

で表される。

【0042】

液浸回収ノズル82の開口部の形状をX軸方向の長さを L_{bx} (m)、Y軸方向長さを L_{by} (m)、とすると、液浸回収ノズル82から回収される液浸媒体の流量 Q_b (m^3/s)は、

$$Q_b = V_b \cdot L_{bx} \cdot L_{by} = V_{by} \cdot L_{bx} \cdot L_{by} / \sin b \quad (9)$$

で表される。

【0043】

液浸媒体の密度を ρ (kg/m^3)とすると、液浸回収ノズル82によりウエハ-32に印加された力 F_b (N)は、

$$F_b = \rho \cdot Q_b \cdot V_b = \rho \cdot L_{bx} \cdot L_{by} \cdot (V_{by} / \sin b)^2 \quad (10)$$

で表される。

【0044】

これより液浸回収ノズル82からウエハ-32に印加されたZ方向の力 F_{bz} (N)は、

$$F_{bz} = F_b \cdot \cos b \\ = \rho \cdot L_{bx} \cdot L_{by} \cdot (V_{by} / \sin b)^2 \cdot \cos b \quad (11)$$

で表される。

【0045】

例えば、 $V_{by} = 0.5 \text{ m/s}$ 、 $b = 45^\circ$ 、 $L_{bx} = 0.1 \text{ m}$ 、 $L_{by} = 0.003 \text{ m}$ 、

10

20

30

40

50

液浸媒体を水として $\rho = 103 \text{ kg/m}^3$ と仮定すると、

$$F_{bz} = 0.106 \text{ N} \quad (12)$$

となる。

【0046】

液浸回収ノズル82から回収される液浸媒体は、液浸回収制御部80から液浸回収ノズル82の間に流量計を設置して、供給流量 Q_b を測定し、所定の液浸回収流速になるように液浸回収制御部80を制御するよう構成してもよいし、前記流量計と液浸回収制御部80における液浸回収圧力との関係を予め測定しておき、所定の流量に対して液浸回収制御部80の液浸回収圧力を設定するよう構成してもよい。

【0047】

図5における外乱演算部20の第2演算部24では、液浸回収制御部80にて設定される液浸媒体の流量または流速または吸引圧力をもとにして既知の液浸供給ノズル形状 L_{bx} 、 L_{by} およびウエハ-32に対する液浸媒体回収角度 θ より(11)式にてウエハ-32に対する垂直方向の吸引力 F_{bz} を算出する。

【0048】

次に、外乱演算部20の第3演算部26における演算を図4を用いて説明する。

【0049】

図4はウエハ-ステージ30およびウエハ-32を上から見た図である。

【0050】

ウエハ-ステージ30の重心位置を原点(0, 0)としてステージ平面をX軸、Y軸、高さ方向をZ軸と定義する。

【0051】

液浸供給ノズル72によりウエハ-32上に液浸媒体が噴射される部分を液浸供給部72'とし、液浸回収ノズル82によりウエハ-32から液浸媒体が回収される部分を液浸回収部82'とする。液浸供給部72'および液浸回収部82'は、それぞれ液浸供給ノズル72、液浸回収ノズル82の各開口部寸法が、または各開口部寸法のウエハ-32への投影面積を表す。液浸供給部72'における \times 印は、液浸供給ノズル72よりウエハ-32上に噴射された液浸媒体の重心位置座標(r_{ax} , r_{ay})におけるZ方向の力 F_{az} を示し、液浸回収部82'における \cdot 印は、液浸回収ノズル82よりウエハ-32上から回収される液浸媒体の重心位置座標(r_{bx} , r_{by})におけるZ方向の力 F_{bz} を示す。これらの重心位置は前記各ノズルの開口部寸法の重心位置またはウエハ-32に投影された際の投影部面積における重心位置に等しい。

【0052】

図4に示した液浸供給部72'の重心位置座標(r_{ax} , r_{ay})における印加力 F_{az} と、液浸回収部82'の重心位置座標(r_{bx} , r_{by})における吸引力 F_{bz} によりウエハ-ステージ30およびウエハ-32にはX軸周りのモーメント力 Q_x (N・m)とY軸周りのモーメント力 Q_y (N・m)が発生する。

【0053】

図5における外乱演算部20の第3演算部26では、 Q_x 、 Q_y を以下のような演算により算出する。

【0054】

$$Q_x = r_{ay} \cdot F_{az} + r_{by} \cdot F_{bz} \quad (13)$$

$$Q_y = r_{ax} \cdot F_{az} + r_{by} \cdot F_{bz} \quad (14)$$

ウエハ-ステージ30またはウエハ-32上の液浸供給部72'の重心位置座標(r_{ax} , r_{ay})および液浸回収部82'の重心位置座標(r_{bx} , r_{by})は、走査露光により変化する。即ち、液浸供給ノズル72と液浸回収ノズル82の位置は固定されているが、ウエハ-ステージ30の走査露光によりウエハ-ステージ30およびウエハ-32の位置が変化し、それにより固定されている投影光学系140や液浸供給ノズル72および液浸回収ノズル82に対し、ウエハ-ステージ30における液浸供給部72'の重心位置座標(r_{ax} , r_{ay})と液浸回収部82'の重心位置座標(r_{bx} , r_{by})が変化する。液浸供給ノズル

10

20

30

40

50

7 2 および液浸回収ノズル 8 2 の位置は固定であるため露光装置設計上において既知であり、ウエハーステージ 3 0 の位置はステージ制御部 1 0 により制御されているため、位置計測 1 8 等によりステージ位置を知ることができ、結果としてステージ位置の情報より液浸供給部 7 2 ' の重心位置座標 (r ax、 r ay) と液浸回収部 8 2 ' の重心位置座標 (r bx、 r by) を算出することができる。

【 0 0 5 5 】

第 3 演算部 2 6 で算出された Q_x 、 Q_y 、の反対の極性を有する信号が加算器 1 4 に入力され、駆動部 1 6 を通してこれらの外乱力が打ち消されるようにウエハーステージの x 回転用リニアモータ、および y 回転用リニアモータがフィードフォワード駆動されてウエハーステージ 3 0 が制御される。

10

【 0 0 5 6 】

これら外乱演算部 2 0 における外乱力算出演算は、位置計測 1 8 からの信号に基づき、リアルタイムに演算するよう構成してもよいし、露光を行うチップの中心座標に基づき、各チップの露光毎に演算するよう構成してもよい。

【 0 0 5 7 】

これらの動作により液浸供給および回収により発生する外乱力に対してウエハーステージ 3 0 をフィードフォワード制御することが可能となり、液浸露光装置の液浸供給および液浸回収時にウエハーステージに印加される外乱の影響を抑制し、より精密なウエハーステージ制御を可能として高解像度な露光装置とすることが可能となる。

【 0 0 5 8 】

20

(第二の実施形態)

次に図 6 に基づき本発明による第二の実施形態について説明する。尚、第一の実施形態と同一の動作となる部分は同一番号を付し、動作に関する説明を割愛する。第二の実施形態による外乱演算部 2 0 a における第 3 演算部 2 6 a は、ウエハーステージ 3 0 の各位置における外乱力を、予め算出して記憶保持するよう構成される。例えば、液浸供給制御部 7 0 による流量または流速または加圧力と液浸回収制御部 8 0 による流量または流速または吸引圧力に対してウエハーステージ 3 0 の各位置における外乱力を算出して記憶保持し、これらの外乱力の算出結果を液浸供給および回収の設定流量または流速または圧力毎に記憶保持するよう構成される。外乱演算部 2 0 a は、液浸供給制御部 7 0 および液浸回収制御部 8 0 からの流量または流速または圧力の情報とステージ制御部 1 0 からのステージ位置信号に基づき、第 3 演算部 2 6 a に記憶保持されている外乱力を打ち消す信号が加算器 1 4 に入力され、駆動部 1 6 を通してウエハーステージの x 回転用リニアモータ、および y 回転用リニアモータがフィードフォワード駆動されてウエハーステージ 3 0 が制御される。

30

【 0 0 5 9 】

これらの動作により液浸供給および回収により発生する外乱力に対してウエハーステージ 3 0 をフィードフォワード制御することが可能となり、液浸露光装置の液浸供給および液浸回収時にウエハーステージに印加される外乱の影響を抑制し、より精密なウエハーステージ制御を可能として高解像度な露光装置とすることが可能となる。

【 0 0 6 0 】

40

(第三の実施形態)

次に図 7 に基づき本発明による第三の実施形態について説明する。尚、第一の実施形態と同一の動作となる部分は同一番号を付し、動作に関する説明を割愛する。第三の実施形態による外乱演算部 2 0 b は、液浸供給制御部 7 0 における流量または流速または加圧力と液浸回収制御部 8 0 における流量または流速または吸引圧力とステージ制御手段 1 0 a からのステージ位置信号よりウエハーステージ 3 0 に印加される外乱力による各ステージ位置制御系における位置誤差を予め算出または測定して外乱テーブル 2 8 に記憶保持し、ウエハーステージ 3 0 が駆動される際にそれらの位置誤差が打ち消されるよう、外乱テーブル 2 8 より加減算器 1 1 に目標位置信号として加算し、制御部 1 2 による P I D 演算の後、駆動部 1 6 を通してウエハーステージの x 回転用リニアモータ、および y 回転用

50

リニアモータを駆動してウエハーステージ 30 が制御されるよう構成される。

【0061】

位置誤算はステージ制御部 10 a における加減算器 11 からの出力信号 13 であり、この位置誤差信号 13 を測定して外乱テーブル 28 に記憶保持する。加減算器に印加される目標位置信号は、位置誤差とは極性が異なり、また、ステージ制御部 10 a の制御帯域を考慮して加減算器 11 に加算する前に微分的なフィルタリングを施してもよい。また、一度測定された位置誤差に基づき外乱テーブル 28 により加減算器 11 に目標位置信号を加算して、再度、位置誤差を測定し、更に位置誤差を低減するために測定された位置誤差をもとに、外乱テーブル 28 に記憶保持する位置誤差の値を更新するよう構成してもよい。

【0062】

また、これらは、 x 、 y の位置誤差のみならず、 X 位置誤差、 Y 位置誤差、 Z 位置誤差についても同様の手法により位置誤差を測定して外乱テーブル 28 に記憶保持し、各位置誤差が低減されるよう X ステージ制御部、 Y ステージ制御部、 Z ステージ制御部に目標位置信号として加算し、各軸の位置誤差を低減するよう構成してもよい。

【0063】

また、第二の実施形態で計算した外乱力よりステージ制御部 10 a の制御帯域を考慮して位置誤差を算出して外乱テーブル 28 に記憶保持させてもよい。駆動部 16 やステージ 30 の伝達関数特性は設計上、既知であり PID 演算を行う制御部も設計上、既知である。干渉計を用いた位置計測 18 の応答は極めて高速であるため通常、遅れ要素として考慮する必要がない。上記より、ウエハーステージにおける各構成部品は全て既知であるため計算により算出した外乱力による位置誤差も計算することが可能となり、上記の実際に測定を行った場合と同じように位置誤差を外乱テーブル 28 に記憶保持させ、ウエハーステージ 30 が駆動される際にそれらの位置誤差が打ち消すようステージ制御部 10 a を構成することができる。

【0064】

同様にして、液浸供給または液浸回収によるウエハーステージ 32 の変形を実測または計算により求め、ウエハーステージ 32 の変形を抑制するようステージ制御部 10 a の目標位置信号を外乱テーブル 28 に記憶保持させ、外乱テーブル 28 より加減算器 11 に目標位置信号として加算し、制御部 12 による PID 演算の後、駆動部 16 を通してウエハーステージの X ステージ制御、 Y ステージ制御、 Z ステージ制御、 x ステージ制御、 y ステージ制御を行うよう構成してもよい。

【0065】

これら外乱テーブル 28 に記憶保持される目標位置信号は、液浸供給および回収の設定流量または流速または圧力毎に記憶保持するよう構成され、液浸供給制御部 70 および液浸回収制御部 80 からの信号によりステージ制御部 10 a へ入力する外乱テーブル 28 に記憶保持されている目標位置信号を変更するよう構成される。

【0066】

これらの動作により、液浸供給および液浸回収時にウエハーステージに印加される外乱の影響を抑制し、より精密なウエハーステージ制御を可能として高解像度な露光装置とすることが可能となる。

【0067】

また、液浸露光装置において液浸供給および液浸回収時にウエハーステージに印加される外乱により発生するウエハーステージの変形を抑制し、高解像度な露光装置とすることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図 1】本発明の液浸露光装置の構成を示す図である。

【図 2】ウエハーステージの構成の一例を示す図である。

【図 3】本発明の液浸供給および液浸回収による外乱力の一例を示す図である。

【図 4】本発明の液浸供給および液浸回収による外乱の一例を示す図である。

10

20

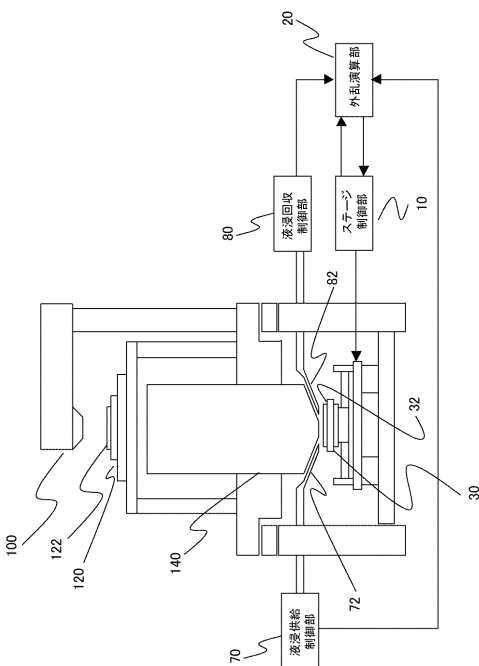
30

40

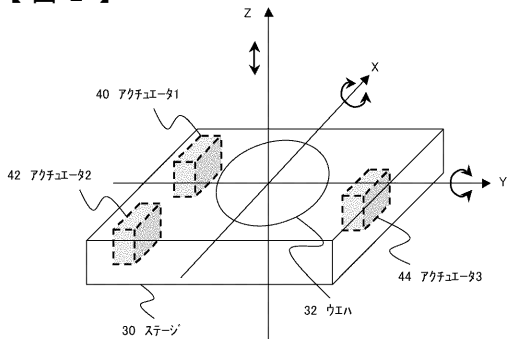
50

- 【図5】本発明の第一の実施形態におけるステージ制御系の構成の一例を示す図である。
- 【図6】本発明の第二の実施形態におけるステージ制御系の構成の一例を示す図である。
- 【図7】本発明の第三の実施形態におけるステージ制御系の構成の一例を示す図である。

【図1】



【図2】



【 図 7 】

