

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6557515号  
(P6557515)

(45) 発行日 令和1年8月7日 (2019. 8. 7)

(24) 登録日 令和1年7月19日 (2019. 7. 19)

(51) Int. Cl.

F I

G O 3 F 9/02 (2006. 01)

G O 3 F 9/02

G O 3 F 7/20 (2006. 01)

G O 3 F 7/20 5 2 1

H O 1 L 21/68 (2006. 01)

H O 1 L 21/68 F

請求項の数 11 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2015-114158 (P2015-114158)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成27年6月4日 (2015. 6. 4)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2017-3617 (P2017-3617A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成29年1月5日 (2017. 1. 5)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成30年5月31日 (2018. 5. 31)		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
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 走査露光装置、走査露光方法、及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

露光光に対して原版および基板を走査しながら前記基板の複数のショット領域のそれぞれを露光する走査露光装置であって、

前記原版のパターンを前記基板に投影する投影光学系と、

前記基板を保持して移動可能な基板ステージと、

前記基板の表面位置を計測する計測器と、

前記計測器により計測された前記表面位置に基づいて前記投影光学系のデフォーカス分布を求め、該求められたデフォーカス分布、前記投影光学系の非テレセン度分布および前記露光光の照度分布に基づいて、前記基板に投影される前記パターンの像の前記原版のパターンからのずれ量を求める制御部と、

を備えることを特徴とする走査露光装置。

【請求項 2】

前記計測器は、前記基板上の走査方向の位置が露光位置となる前に前記位置における前記基板の表面位置を計測する先読み計測器を含み、前記制御部は、前記先読み計測器により計測された前記表面位置に基づいて前記ずれ量を求めることを特徴とする請求項 1 に記載の走査露光装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記計測器により計測された前記表面位置と、前記原版と前記基板との平行度についての情報と、に基づいて前記ずれ量を求めることを特徴とする請求項 1 また

は 2 に記載の走査露光装置。

【請求項 4】

前記露光光の形状を規定するスリットの走査方向の半幅を  $L$  とし、ショット領域の中心を原点とする前記パターンの像の前記基板上における前記走査方向の位置を  $y$  とし、前記パターンの前記スリット内における前記走査方向の位置を  $u$  とし、前記スリット内における前記走査方向の非テレセン度分布を  $a(u)$  とし、前記スリット内における前記走査方向の照度分布を  $b(u)$  とし、前記基板上における前記走査方向の位置が  $y$  で前記スリット内における前記走査方向の位置が  $u$  であるときの前記デフォーカス分布を  $p(y, u)$  とし、前記ずれ量を  $d(y)$  とするとき、

前記制御部は、式

$$d(y) = \int_{-L}^L a(u) b(u) p(y, u) du$$

を用いて前記ずれ量を求めることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の走査露光装置。

【請求項 5】

前記基板上における前記走査方向の位置が  $y$  である前記パターンが前記スリットの中央に位置するときのデフォーカス量を  $Z(y)$  とし、前記基板上における前記走査方向の位置が  $y$  である前記パターンが前記スリットの中央に位置するときの前記原版と前記基板との間の平行度を  $x(y)$  とするとき、

前記制御部は、式

$$p(y, u) = Z(y + u) + u \times x(y + u)$$

を用いて前記デフォーカス分布を求めることを特徴とする請求項 4 に記載の走査露光装置。

【請求項 6】

前記制御部は、前記求められたずれ量を低減するように前記基板ステージの走査方向の位置を補正することを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の走査露光装置。

【請求項 7】

前記非テレセン度分布は、前記投影光学系のテレセントリックな状態からの乖離の度合いの分布を示すことを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の走査露光装置。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の走査露光装置を用いて基板を走査露光する工程と、

前記走査露光された基板を現像する工程と、  
を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 9】

原版のパターンを基板に投影する投影光学系と、前記基板を保持して移動可能な基板ステージと、前記基板の表面位置を計測する計測器と、を含む走査露光装置を用いて、露光光に対して原版および基板を走査しながら前記基板の複数のショット領域のそれぞれを露光する走査露光方法であって、

前記計測器により前記基板の表面位置を計測する工程と、

該計測された表面位置に基づいて前記投影光学系のデフォーカス分布を求める工程と、

該求められたデフォーカス分布と前記投影光学系の非テレセン度分布と前記露光光の照度分布とに基づいて、前記基板に投影される前記パターンの像の前記原版のパターンからのずれ量を求める工程と、  
を備えることを特徴とする走査露光方法。

【請求項 10】

前記デフォーカス分布を求める工程では、前記計測された前記表面位置と、前記原版と

10

20

30

40

50

前記基板との平行度についての情報と、に基づいて前記デフォーカス分布を求めることを特徴とする請求項 9 に記載の走査露光方法。

【請求項 11】

前記求められたずれ量を低減するように前記基板ステージの走査方向の位置を補正する工程をさらに含むことを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の走査露光方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、走査露光装置、走査露光方法、及びデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

走査露光装置では、通常、縮小倍率と等しい移動距離で原版ステージと基板ステージとを走査方向に同期移動する。このとき、原版ステージと基板ステージとの同期位置を走査方向（Y 方向）に微調整すれば、走査方向の倍率を調整できる。同期位置を走査方向と直交する方向（X 方向）に微調整すれば、走査経路の形状を調整できる。さらに、投影光学系の光軸方向（Z 方向）の並進と、走査方向およびその直交方向の軸周りの回転機能によって、原版と基板の平行度と適切なフォーカス距離を保つようにすることができる。

【0003】

特許文献 1 は、予め走査速度毎にディストーションを計測し記録し、これを補正する方法を提案している。しかしながら、特許文献 1 では、スリット幅分の畳み込み逆算を行ってステージ位置を決めているが、基板をステージに積載した後に発生するディストーションには対応していない。特許文献 2 は、フォーカス制御における応答性の問題に 대응するために先読みフォーカスセンサを用いることを開示している。特許文献 2 では、積載した基板の表面形状に応じたフォーカス制御を行うために先読み計測を行っているが、ディストーションの補正については扱っていない。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2003 - 273007 号公報

【特許文献 2】特開平 10 - 97987 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ステージに積載した後に発生するディストーションの計測方法について述べる。一般に、ディストーションの多くは、ステージ位置の誤差によって生じる。したがって、ステージ位置制御の偏差を小さくすることや、ステージ位置の計測誤差を小さくする方法が考えられている。しかし、スリット露光領域の一部に存在する非テレセン度とフォーカス制御で補償しきれなかったデフォーカス量によって発生するディストーションは、それを補正する方法が従来技術では示されていなかった。

【0006】

40

本発明は、基板に投影されるパターンの像の原版のパターンからのずれが低減された走査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】

【0007】

本発明の 1 つの側面は、露光光に対して原版および基板を走査しながら前記基板の複数のショット領域のそれぞれを露光する走査露光装置であって、前記原版のパターンを前記基板に投影する投影光学系と、前記基板を保持して移動可能な基板ステージと、前記基板の表面位置を計測する計測器と、前記計測器により計測された前記表面位置に基づいて前記投影光学系のデフォーカス分布を求め、該求められたデフォーカス分布、前記投影光学系の非テレセン度分布および前記露光光の照度分布に基づいて、前記基板に投影される前

50

記パターンの像の前記原版のパターンからのずれ量を求める制御部と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、基板に投影されるパターンの像の原版のパターンからのずれが低減された走査露光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】走査露光装置の概略図。

【図2】スリット内部の照度分布を示す図。

【図3】非テレセン度分布を示す図。

【図4】非テレセン度の影響で発生するディストーションの予測手法を示す図。

【図5】ディストーションの補正手法を示す図。

【図6】ディストーションを予測し、補正する手順を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

〔露光装置〕

図1は、本発明に係るスリット形状の露光光に対して原版および基板を同期して走査しながら前記基板の複数のショット領域のそれぞれを露光する走査露光装置の一例の構成を示すブロック図である。走査露光装置1は、照明光学系7、原版ステージ（レチクルステージ）8、投影光学系9、基板ステージ10、制御部11を備える。照明光学系7は、原版ステージ8に保持され、パターンが描画された原版（レチクル）をスリット形状の光で照明する。投影光学系9は、原版のパターンを基板ステージ10に保持された基板に投影する。制御部11は、原版ステージ8と基板ステージ10とを走査方向に同期して駆動させる。制御部11は、プログラム4、プログラム5、CPU6を含む。プログラム4は、投影光学系9のテレセントリック性からの乖離の度合いを示す非テレセン度に起因する基板に投影されるパターンの像の原版のパターンからのずれ量（ディストーション）を予測する。プログラム5は、基板を保持して移動可能な基板ステージ10の位置の補正量を算出（取得）する。走査方向をY方向、投影光学系9の光軸方向をZ方向、走査方向および光軸方向に直交する方向をX方向とする。

【0011】

走査露光装置1は、さらにフォーカス計測器2と、メモリ（格納部）3とを含み得る。フォーカス計測器2は、基板ステージ10に保持された基板が投影光学系9の直下（露光位置）に到達する前に、基板の表面位置を計測する先読みフォーカスセンサを含む。メモリ（格納部）3は、スリット内における非テレセン度分布の情報とスリット内における照度分布の情報とを格納する。フォーカス計測器2およびメモリ3は、走査露光装置1の外部に構成してもよい。CPU6は、非テレセン度分布の情報、照度分布の情報等を用いて、プログラム4によって非テレセン度起因のディストーションを推定し、プログラム5によってディストーションを補正するために必要な基板ステージ10の位置補正量を算出（取得）する。制御部11は、得られた位置補正量に基づいて基板ステージ10の位置を補正することで、ディストーションが低減された精度の高い走査露光を実現する。

【0012】

スリット形状の光で露光する走査露光装置1の場合、照度むらを防止してする目的から、スリット内の照度分布を図2のような台形状にしてスリット内の光量を均一にしている。しかしながら、台形状の照度分布を実現するために、照度が変化するスリットの両端部付近の収差を大きくして結像しないように設けている。そのため、スリットの両端部で、テレセントリック性が崩れ、図3のような非テレセン度が発生する。このように非テレセン度が発生している条件下で原版のパターンがスリットで仕切られた露光光の領域内を通過するとする。そのときに、図4（a）に示されるようなデフォーカス分布が存在すると、図4（b）に示される非テレセン度分布と図4（c）に示される照度分布とによって

10

20

30

40

50

、パターンの像がシフトし、図 4 ( d ) に示されるディストーションが基板上に発生する。

【 0 0 1 3 】

この非テレセン度起因のディストーションが発生する現象を、数学的に説明するため、変数と関数を以下のように定義する。

【 0 0 1 4 】

L : スリットの走査方向の半幅。

【 0 0 1 5 】

H : 基板上の露光処理の対象領域。

【 0 0 1 6 】

y : 各ショット領域の中心を原点とするパターンの像の基板上における走査方向の位置。

【 0 0 1 7 】

u : パターンのスリット内における走査方向の位置。

【 0 0 1 8 】

Z ( y ) : 基板上における走査方向の位置が y のパターンがスリットの中央に位置するときのデフォーカス量。

【 0 0 1 9 】

a ( u ) : スリット内における走査方向の非テレセン度分布。

【 0 0 2 0 】

b ( u ) : スリット内における走査方向の照度分布。

【 0 0 2 1 】

p ( y , u ) : 基板上における走査方向の位置が y でスリット内における走査方向の位置が u であるときのパターンの像のデフォーカス分布。

【 0 0 2 2 】

x ( y ) : 基板上における走査方向の位置が y のパターンがスリットの中央に位置するときの原版と基板との間の平行度。

【 0 0 2 3 】

基板上における走査方向の位置が y でスリット上の位置が u であるパターンのデフォーカス分布 p ( y , u ) は、次式 1 で表される。

【 0 0 2 4 】

$$p ( y , u ) = Z ( y + u ) + u \times x ( y + u ) \cdots ( 1 )$$

なお、原版と基板とが平行であれば、 $x = 0$  であり、 $p ( y , u ) = Z ( y + u )$  となる。

【 0 0 2 5 】

非テレセン度分布と照度分布とデフォーカス分布が存在する状況でパターンが露光光のスリット形状の領域 - L u L を移動する際に基板が露光されてパターンが基板に転写される。そのときの像のずれ量 ( シフト量 ) であるディストーション d ( y ) は、非テレセン度分布 a ( u ) と照度分布 b ( u ) とデフォーカス分布 p ( y , u ) とから、次式 2 を用いて得られる。

【 0 0 2 6 】

【 数 1 】

$$d(y) = \int_{-L}^L a(u) b(u) p(y,u) du$$

・・・ ( 2 )

【 0 0 2 7 】

式 2 で得られたディストーションを相殺するように基板ステージ 1 0 の位置を補正する方法を説明する。図 5 に示すように、式 2 で得られた図 5 ( c ) に示されるディストーションと図 5 ( b ) に示される照度分布から、制御部 1 1 は、プログラム 5 を用いて、基板

10

20

30

40

50

ステージ 10 の補正位置を図 5 ( a ) に示されるように求める。なお、図 5 ( b ) に示される照度分布は、図 4 ( b ) に示される照度分布と同じものである。

【 0 0 2 8 】

図 6 は、制御部 11 がプログラム 4 を用いてディストーションを推定し、プログラム 5 を用いて前記ディストーションを低減（相殺）する基板ステージ 10 の補正位置を求める処理を説明するフローチャートである。制御部 11 は、S1 で、予めスリットの設計値から求めた露光スリット領域の非テレセン度分布と照度分布の情報を得ておく。制御部 11 は、S2 で、原版と基板との間の平行度の情報を得る。制御部 11 は、S3 で、先読みフォーカスセンサでスリット幅分先の基板の表面位置を計測する。制御部 11 は、S4 で、原版と基板との間の平行度と基板の表面位置とから式 2 を用いてデフォーカス分布を推定する。制御部 11 は、S5 で、得られたデフォーカス分布、非テレセン度分布および照度分布から式 1 を用いてディストーション量を推定する。制御部 11 は、S6 で、得られたディストーション量を低減もしくは相殺する基板ステージ 10 の位置の補正量を計算する。制御部 11 は、S7 で、得られた補正量だけ基板ステージ 10 の位置を補正する。

【 0 0 2 9 】

本実施形態では、制御部 11 は、S6 で、図 5 に示されるように、S1 で得られた照度分布と S5 で得られたディストーション量とに基づいて、基板ステージ 10 の位置の補正量を計算した。しかし、制御部 11 は、S6 で、S5 で得られたディストーション量から基板ステージ 10 の位置の補正量を、特許文献 1 に開示された別の手法によって求めてもよい。基板ステージ 10 の位置の補正量を求める別の手法を説明する。制御部 11 は、まず、S5 で得られたディストーション量は位置の離散データであるため、その後の処理ができる程度にデータの補間処理を行う。制御部 11 は、次いで、補間処理されたディストーション量に基づいて、基板ステージ 10 を駆動するアクチュエータの走査方向の位置を変数とする駆動目標値を算出する。制御部 11 は、位置を変数とするアクチュエータの駆動目標値を走査速度に基づいて、時間（周波数）を変数とするアクチュエータの駆動目標値に変換する。アクチュエータの駆動目標値を時間の関数に変換することで、ショット領域内におけるディストーションの補正量の分布を周波数成分で管理することができる。制御部 11 は、時間（周波数）を変数とするアクチュエータの駆動目標値に対して、カットオフ周波数を持つフィルタによりフィルタリングする。次いで、制御部 11 は、フィルタリングされた時間（周波数）を変数とするアクチュエータの駆動目標値をアクチュエータの動特性で逆変換して、アクチュエータの駆動目標値を実現するアクチュエータの駆動入力値を求める。

【 0 0 3 0 】

本発明によれば、走査露光装置における露光スリットの非テレセン度分布と走査中のデフォーカス分布によって発生するディストーションをリアルタイムに低減することで、信頼性の高い高精度な走査露光装置を提供することができる。

【 0 0 3 1 】

〔デバイス製造方法〕

本発明の一実施形態のデバイス（半導体デバイス、液晶表示デバイス等）の製造方法について説明する。半導体デバイスは、基板に集積回路を作る前工程と、前工程で作られた基板上の集積回路チップを製品として完成させる後工程を経ることにより製造される。前工程は、前述の走査露光装置を使用して感光剤が塗布された基板を走査露光する工程と、基板を現像する工程を含む。後工程は、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）と、パッケージング工程（封入）を含む。液晶表示デバイスは、透明電極を形成する工程を経ることにより製造される。透明電極を形成する工程は、透明導電膜が蒸着されたガラス基板に感光剤を塗布する工程と、前述の走査露光装置を使用して感光剤が塗布されたガラス基板を走査露光する工程と、ガラス基板を現像する工程を含む。本実施形態のデバイス製造方法によれば、デバイスの生産性および品質の少なくとも一方において従来よりも有利である。

【 0 0 3 2 】

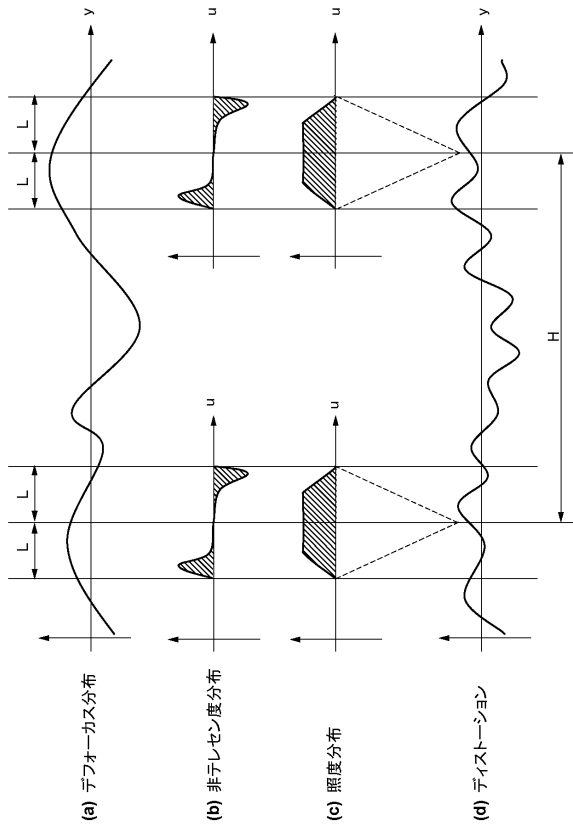
【符号の説明】

1:走査露光装置。2:フォーカス計測器。3:メモリ。7:照明光学系。8:原版ステージ。9:投影光学系。10:基板ステージ。11:制御部。

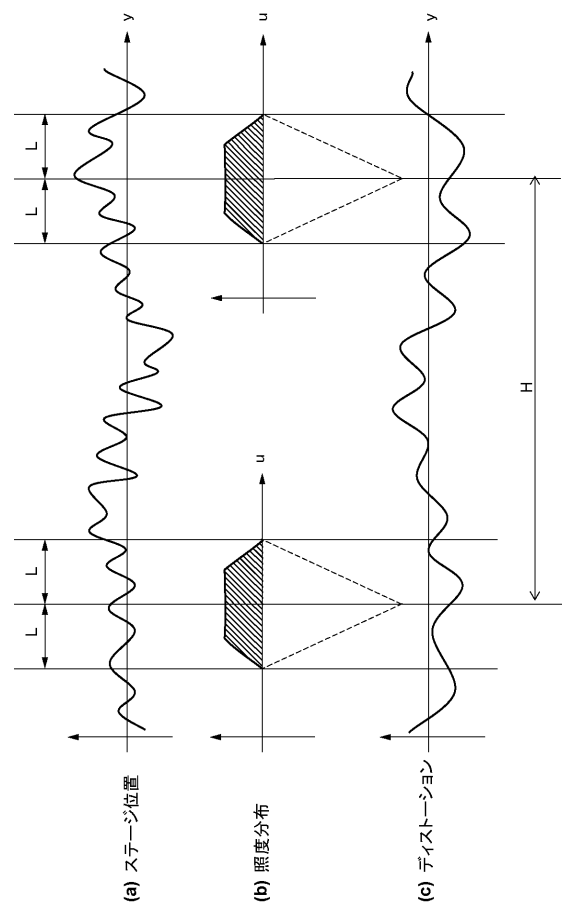
Figure 10 is a line graph showing the non-Fresnel degree (ppm) on the y-axis versus the position in the slit (mm) on the x-axis. The y-axis ranges from -500 to 500 ppm with major grid lines every 100 ppm. The x-axis ranges from -3.5 to 3.5 mm with major grid lines every 1 mm. The curve starts at 0 ppm at -3.5 mm, dips to a minimum of approximately -450 ppm at -3.0 mm, rises to 0 ppm at -2.5 mm, and remains at 0 ppm until 2.0 mm. It then rises to a peak of approximately 450 ppm at 3.0 mm and returns to 0 ppm at 3.5 mm.

スリット内の走査方向位置 (mm)	相対照度
-3.5	0.0
-2.0	1.3
0.0	1.3
2.0	1.3
3.5	0.0

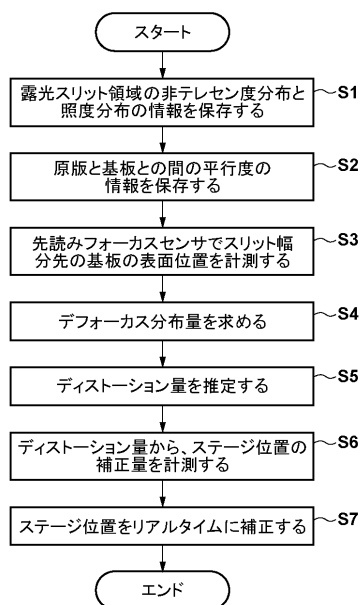
【図 4】



【図 5】



【図 6】





---

フロントページの続き

- (72)発明者 深川 容三  
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
- (72)発明者 竹内 肇  
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

審査官 道祖土 新吾

- (56)参考文献 特開2009-164296(JP,A)  
米国特許出願公開第2009/0170042(US,A1)  
特開平08-316123(JP,A)  
特開2003-059817(JP,A)  
特開平11-135420(JP,A)  
特開平10-097987(JP,A)  
特開2003-273007(JP,A)  
欧州特許出願公開第01465018(EP,A2)  
特開2004-312002(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |        |
|------|--------|
| G03F | 9/02   |
| G03F | 7/20   |
| H01L | 21/027 |