

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 7 部門第 2 区分
 【発行日】平成 21 年 5 月 21 日 (2009.5.21)

【公開番号】特開 2007-281003 (P2007-281003A)
 【公開日】平成 19 年 10 月 25 日 (2007.10.25)
 【年通号数】公開・登録公報 2007-041
 【出願番号】特願 2006-101874 (P2006-101874)
 【国際特許分類】

H 0 1 L 21/027 (2006.01)

G 0 3 F 7/20 (2006.01)

G 0 1 M 11/02 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 21/30 5 1 6 A

G 0 3 F 7/20 5 2 1

G 0 1 M 11/02 B

【手続補正書】

【提出日】平成 21 年 4 月 3 日 (2009.4.3)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検光学系を透過した光による干渉縞を検出することで、前記被検光学系の波面収差を測定する測定方法であって、

前記干渉縞の情報を用いて前記被検光学系の波面収差を算出するための処理パラメータを読み出すステップと、

前記処理パラメータを用いて、前記干渉縞から波面収差を算出するステップと、

該算出された波面収差を調整するためのオフセットパラメータを読み出すステップと、

該算出された波面収差に前記オフセットパラメータを反映させることにより、前記被検光学系の波面収差を取得するステップとを有することを特徴とする測定方法。

【請求項 2】

前記処理パラメータは、前記干渉縞を生成するための部材の厚さ、前記部材と前記干渉縞を撮像する撮像素子との間の距離、前記撮像素子上における前記干渉縞の中心座標及び前記撮像素子上における前記干渉縞の半径のうち少なくとも 1 つを含むことを特徴とする請求項 1 記載の測定方法。

【請求項 3】

前記オフセットパラメータは、前記被検光学系の波面収差の変化量を調整するリニアリティゲイン及び前記被検光学系の波面収差の絶対量を調整する絶対値のうち少なくとも 1 つを含むことを特徴とする請求項 1 記載の測定方法。

【請求項 4】

前記干渉縞を生成するための部材の厚さ、前記部材と前記干渉縞を撮像する撮像素子との間の距離、前記撮像素子上における前記干渉縞の中心座標、前記撮像素子上における前記干渉縞の半径、前記被検光学系の波面収差の変化量を調整するリニアリティゲイン及び前記被検光学系の波面収差の絶対量を調整する絶対値の少なくとも 1 つを取得するステップと、

前記取得ステップで取得した前記干渉縞を生成するための部材の厚さ、前記部材と前記

干渉縞を撮像する撮像素子との間の距離、前記撮像素子上における前記干渉縞の中心座標、前記撮像素子上における前記干渉縞の半径、前記被検光学系の波面収差の変化量を調整するリニアリティゲイン及び前記被検光学系の波面収差の絶対量を調整する絶対値の少なくとも1つを記憶するステップとを有することを特徴とする請求項1記載の測定方法。

【請求項5】

前記撮像素子上における前記干渉縞の中心座標を取得するステップは、
前記被検光学系に球面成分の収差を発生させるステップと、
前記発生ステップで発生させた前記収差の量を変化させながら複数の干渉縞を撮像するステップと、

前記撮像ステップで撮像した前記複数の干渉縞間の球面成分以外の収差の変化量が最も小さい中心位置を前記中心座標として決定するステップとを有することを特徴とする請求項4記載の測定方法。

【請求項6】

前記撮像素子上における前記干渉縞の半径を取得するステップは、
前記被検光学系に既知量の球面成分の収差を発生させるステップと、
前記発生ステップで発生させた前記収差の量を変化させながら複数の干渉縞を撮像するステップと、

前記撮像ステップで撮像した複数の干渉縞間の球面成分の収差の変化量と、前記既知量の球面成分の収差の変化量とが一致する位置から前記干渉縞の半径を決定するステップとを有することを特徴とする請求項4記載の測定方法。

【請求項7】

前記被検光学系の波面収差の変化量を調整するリニアリティゲインを取得するステップは、

前記被検光学系に既知量の収差を発生させるステップと、
前記発生ステップで発生させた前記収差の量を変化させながら複数の干渉縞データを撮像するステップと、

前記撮像ステップで撮像した複数の干渉縞データ間の収差の変化量と、前記既知量の収差の変化量との比を算出するステップとを有することを特徴とする請求項4記載の測定方法。

【請求項8】

被検光学系を透過した光による干渉縞を検出することで、前記被検光学系の波面収差を測定する測定装置であって、

前記干渉縞の情報を用いて前記被検光学系の波面収差を算出するための処理パラメータ、及び、算出される波面収差を調整するためのオフセットパラメータを記憶する記憶手段と、

前記処理パラメータを用いて前記干渉縞から波面収差を算出し、該算出された波面収差に前記オフセットパラメータを反映させる処理手段とを有することを特徴とする測定装置。

【請求項9】

光源からの光を用いてレチクルのパターンを被処理体に露光する露光装置であって、
前記パターンを前記被処理体に投影する投影光学系と、
前記光源からの光を用いて前記投影光学系の波面収差を測定する請求項8記載の測定装置とを有することを特徴とする露光装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

本発明の一側面としての測定方法は、被検光学系を透過した光による干渉縞を検出する

ことで、前記被検光学系の波面収差を測定する測定方法であって、前記干渉縞の情報を用いて前記被検光学系の波面収差を算出するための処理パラメータを読み出すステップと、前記処理パラメータを用いて、前記干渉縞から波面収差を算出するステップと、該算出された波面収差を調整するためのオフセットパラメータを読み出すステップと、該算出された波面収差に前記オフセットパラメータを反映させることにより、前記被検光学系の波面収差を取得するステップとを有することを特徴とする。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

本発明の別の側面としての測定装置は、被検光学系を透過した光による干渉縞を検出することで、前記被検光学系の波面収差を測定する測定装置であって、前記干渉縞の情報を用いて前記被検光学系の波面収差を算出するための処理パラメータ、及び、算出される波面収差を調整するためのオフセットパラメータを記憶する記憶手段と、前記処理パラメータを用いて前記干渉縞から波面収差を算出し、該算出された波面収差に前記オフセットパラメータを反映させる処理手段とを有することを特徴とする。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0033】

投影制御部 70 は、投影光学系 30 を構成する複数のレンズを駆動するレンズ駆動系及び光源部 12 からの露光光の波長を制御する。換言すれば、投影制御部 70 は、投影光学系 30 を所望の収差量に調整する。投影制御部 70 は、主制御部 60 からのレンズ駆動量に基づいて、投影光学系 30 の複数のレンズを変位させる。更に、投影制御部 70 は、主制御部 60 からの波長駆動量に基づいて、光源部 12 からの露光光の波長を変更する。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0040】

一方、窓 112b 及び 114b の幅 r' は、 λ / NA_i 以下の大きさである。窓 112b 及び 114b の幅 r' は、数式 1 と同程度としてもよい。但し、窓 112b 及び 114b を通過した光は、後述するように、被処理体側で数式 1 を満足する幅のスリットを通過するため、レチクル側で等位相とする必要はない。従って、光量の観点から、窓 112b 及び 114b の幅 r' は、 λ / NA_i 以下の大きさにおいて、広めにすることが好ましい。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0056

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0056】

また、オフセットパラメータは、上述したように、処理パラメータを用いて算出された波面収差を補正するためのパラメータである。オフセットパラメータは、例えば、絶対値補正量（投影光学系 30 以外の測定装置 100 又は露光装置 1 を構成する部材が有する収

差量（絶対量））、リニアリティゲイン（Zernike多項式各項の収差変化量補正值）などである。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0059

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0059】

まず、測定位置移動工程（ステップ1110）において、後述するように、照明光学系16と、第1のマスク110と、第2のマスク120との位置を合わせる。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0062

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0062】

第2のマスク120のスリット121aで回折された光束は、X方向に等位相な波面を有する。一方、第2のマスク120の窓121bを通過する光束は、スリット112aでX方向に等位相な波面に整形された後、投影光学系30を通過（透過）しているため、投影光学系30の波面収差情報を有している。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0065

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0065】

図5に戻って、処理パラメータ算出工程（ステップ1120）では、撮像手段130（撮像素子上）で検出される干渉縞の発生領域の中心座標及び半径を算出する。具体的には、投影制御部70が発生させる既知量の球面成分の収差を正しく測定する中心及び半径位置を求めることによって、干渉縞の中心座標及び半径を算出する。なお、本実施形態では、処理パラメータのうち、第2のマスク120の厚さ及び第2のマスク120と撮像手段130との間の距離は、露光装置1以外の公知の測定装置で予め測定され、測定制御部140のメモリ部144に記憶されている。

【手続補正 10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0069

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0069】

ステップ1126では、Xマーク及びYマークの両方の干渉縞データが、測定制御部140に出力されたかどうか判断する。本実施形態では、Yマークの干渉縞データが測定制御部140に出力されていないため、ステップ1122に戻り、Xマーク位置からYマーク位置へ移動する。具体的には、照明光学系16からの光束が、第1のマスク110のマーク114を照明するように、レチクルステージ25（第1のマスク110）を移動する。更に、マーク114から射出する光が、投影光学系30を介して、第2のマスク120のマーク122に結像するように、ウェハステージ45（第2のマスク120）を調整する。これによって、第1のマスク110のスリット114aは第2のマスク120の窓122bに、第1のマスク110の窓114bは第2のマスク120のスリット122aに結像する。そして、Xマークの場合と同様に、投影光学系30に球面収差を発生させ、その収差量を変えながら、撮像手段130によって干渉縞データを撮像する。

【手続補正 1 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 8 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 8 0】

X 方向波面収差算出工程（ステップ 1 1 3 4 A）では、X Y 間位置移動工程（ステップ 1 1 2 2）と同様に、まず、照明光学系 1 6 と、第 1 のマスク 1 1 0（マーク 1 1 2）と、第 2 のマスク 1 2 0（マーク 1 2 1）との位置を合わせる。次に、撮像手段 1 3 0 によって、マーク 1 2 1 から発生（生成）する干渉縞データを撮像する。撮像した干渉縞データは、測定制御部 1 4 0 で処理し、X 方向に投影光学系 3 0 の収差情報を有する X 方向波面収差を算出する。

【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 8 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 8 1】

Y 方向波面収差算出工程（ステップ 1 1 3 4 B）では、照明光学系 1 6 と、第 1 のマスク 1 1 0（マーク 1 1 4）と、第 2 のマスク 1 2 0（マーク 1 2 2）との位置を合わせた後、撮像手段 1 3 0 によって、マーク 1 2 2 から発生する干渉縞データを撮像する。撮像した干渉縞データは、測定制御部 1 4 0 で処理し、Y 方向に投影光学系 3 0 の収差情報を有する Y 方向波面収差を算出する。

【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 8 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 8 5】

オフセットパラメータ決定工程（ステップ 1 1 3 8）では、オフセットパラメータ（本実施形態では、Z e r n i k e 多項式の第 5 項のリニアリティゲイン）を決定する。具体的には、上述した 1 0 個の Z e r n i k e 多項式の第 5 項の間の相対変化量は、測定装置 1 0 0 や露光装置 1 の製造及び設置誤差のために、投影制御部 7 0 を介して投影光学系 3 0 に発生させた収差変化量（1 0 m 刻み）とは異なっている。従って、測定装置 1 0 0 が測定した波面収差（複数の干渉縞データ間の収差）の変化量と投影制御部 7 0 で発生させた投影光学系 3 0 の収差変化量の比を、変化量の補正值（リニアリティゲイン）として決定する。

【手続補正 1 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 8 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 8 9】

ステップ 1 1 4 2 では、全ての測定位置について、システムパラメータの記憶が終了したかどうか判断する。測定位置とは、例えば、予備マークを用いる際の測定位置や、異なる像高を測定する際の測定位置を示す。全ての測定位置について、システムパラメータの記憶が終了していない場合は、ステップ 1 1 1 0 に戻り、測定位置を移動する（例えば、第 1 のマスク 1 1 0 のマーク 1 1 6 及び 1 1 8 と第 2 のマスク 1 2 0 のマーク 1 2 1 及び 1 2 2）。その後、同様にして、ステップ 1 1 2 0 からステップ 1 1 4 0 を実施する。全ての測定位置について、システムパラメータの記憶が終了している場合は、図 4 に示すス

テップ 1 1 0 0 のシステムパラメータの測定及び記憶を終了する。

【手続補正 1 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 9 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 9 4】

以上、測定装置 1 0 0 及び測定方法 1 0 0 0 (ステップ 1 1 0 0 乃至ステップ 1 4 0 0) によれば、測定位置 (他のマーク位置や像高位置) において、測定装置 1 0 0 や露光装置 1 の製造及び設置誤差に起因して発生する収差成分を除去することができる。従って、測定装置 1 0 0 及び測定方法 1 0 0 0 は、投影光学系 3 0 のみの波面収差を高精度、且つ、迅速に測定することができる。

【手続補正 1 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 9 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 9 5】

なお、測定装置 1 0 0 は、L D I 方式の干渉計だけではなく、P D I 方式の干渉計を利用してもよい。測定装置 1 0 0 が P D I 方式の干渉計を利用する場合も、上述した L D I 方式の干渉計を利用する場合とほぼ同じであるが、図 1 における第 1 のマスク 1 1 0 の構成及び第 2 のマスク 1 2 0 の構成が異なる。具体的には、第 1 のマスク 1 1 0 を図 9 に示す第 1 のマスク 1 1 0 ' に置換し、第 2 のマスク 1 2 0 を図 1 0 に示す第 2 のマスク 1 2 0 ' に置換する。ここで、図 9 は、第 1 のマスク 1 1 0 ' の構成を示す概略平面図であり、図 1 0 は、第 2 のマスク 1 2 0 ' の構成を示す概略平面図である。

【手続補正 1 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 0 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 0 3】

図 1 1 を参照するに、まず、測定位置移動工程 (ステップ 1 1 1 0 ') において、後述するように、照明光学系 1 6 と、第 1 のマスク 1 1 0 ' と、第 2 のマスク 1 2 0 ' との位置を合わせる。

【手続補正 1 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 1 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 1 0】

詳細には、まず、干渉縞の中心座標を算出する。撮像した干渉縞データから得られる波面収差において、ステップ 1 1 2 4 ' から、球面収差のみが発生していることが分かっている。従って、干渉縞の中心近傍において、中心座標を X Y 方向に振りながら複数の干渉縞の処理を行い、波面収差を Z e r n i k e 多項式に展開した際のコマ成分 (複数の干渉縞間の球面成分以外) の収差変化量が最も小さくなる中心位置を、干渉縞の中心座標として決定すればよい。

【手続補正 1 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 1 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0112】

次に、決定した干渉縞の中心座標を用いて干渉縞の半径を決定する。撮像した複数枚の干渉縞データを同じ半径でもって処理し、球面収差量を算出する。ステップ1128では、XY波面合成後の波面収差を用いたが、ステップ1128'における測定装置100はPDI方式の干渉計を利用するため、波面合成の処理を行う必要はない。このような処理を、半径を変えながら行い、ステップ1124'により予め分かっている複数の干渉縞データの間の収差変化量と一致する変化量が算出される半径位置を、干渉縞の半径として決定する。

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0123

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0123】

以上、測定装置100及び測定方法1000（ステップ1100'乃至ステップ1400'）によれば、測定位置（他のマーク位置や像高位置）において、測定装置100や露光装置1の製造及び設置誤差に起因して発生する収差成分を除去することができる。従って、測定装置100及び測定方法1000は、投影光学系30のみの波面収差を高精度、且つ、迅速に測定することができる。

【手続補正21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0126

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0126】

更に、測定装置100は、LDI方式又はPDI方式の干渉計を利用しているが、シアリング干渉方式などの被検光学系の光学性能を2次元情報によって測定する方式の干渉計を利用してもよい。

【手続補正22】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0127

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0127】

露光において、光源部12から発せられた光束は、照明光学系16によりレチクル20を照明する。レチクル20を通過してレチクルパターンを反映する光束は、投影光学系30を介して、被処理体40に結像される。

露光装置1が使用する投影光学系30は、測定装置100及び測定方法1000によって、高精度に波面収差が測定され、かかる測定結果に基づいて、波面収差が高精度に補正されている。これにより、露光装置1は、優れた露光性能（高解像度）を実現することができる。高いスループットで経済性よく、従来よりも高品位なデバイス（半導体素子、LCD素子、撮像素子（CCDなど）、薄膜磁気ヘッドなど）を提供することができる。