

【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 19 年 10 月 11 日 (2007.10.11)

【公開番号】特開 2006-93460 (P2006-93460A)
 【公開日】平成 18 年 4 月 6 日 (2006.4.6)
 【年通号数】公開・登録公報 2006-014
 【出願番号】特願 2004-278223 (P2004-278223)
 【国際特許分類】

H 0 1 L 21/027 (2006.01)

G 0 3 F 7/20 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 21/30 5 2 8

G 0 3 F 7/20 5 0 1

H 0 1 L 21/30 5 1 4 E

【手続補正書】

【提出日】平成 19 年 8 月 20 日 (2007.8.20)

【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】

入射光に複数の位相差を与える要素を少なくとも 1 つ有する光変調素子と、前記光変調素子からの出射光のうち第 1 の回折光を用いて被露光体上にパターンを投影する投影光学系とを備える露光装置におけるパターン監視方法であって、

前記光変調素子からの出射光のうち前記第 1 の回折光とは次数が異なる第 2 の回折光を検出するステップと、

該検出ステップによる検出結果に基づいて前記被露光体上に投影される前記パターンの状態を取得するステップとを備えることを特徴とするパターン監視方法。

【請求項 2】

前記要素は、変位可能な光反射帯を複数有し、

前記光変調素子は、前記要素を少なくとも 1 つ含む画素を複数有することを特徴とする請求項 1 に記載のパターン監視方法。

【請求項 3】

前記第 1 の回折光の次数を m 、各要素に含まれる前記光反射帯の数を N 、 k を任意の整数とすると、前記第 2 の回折光の次数は $(N \times k + m)$ であることを特徴とする請求項 1 に記載のパターン監視方法。

【請求項 4】

前記第 1 の回折光の次数を m 、各要素に含まれる前記光反射帯の数を N 、 k を任意の整数とすると、前記第 2 の回折光の次数は $(N \times k + m)$ 以外であることを特徴とする請求項 1 に記載のパターン監視方法。

【請求項 5】

前記検出ステップは、複数の種類の次数の前記第 2 の回折光を検出することを特徴とする請求項 1 に記載のパターン監視方法。

【請求項 6】

前記第 1 の回折光の次数を m 、各要素に含まれる前記光反射帯の数を N 、 k を任意の整数とすると、前記複数の種類の次数は、 $(N \times k + m)$ と $(N \times k + m)$ 以外であること

を特徴とする請求項 1 に記載のパターン監視方法。

【請求項 7】

m は 1 又は - 1 であり、k は - 1 又は 1 であることを特徴とする請求項 3、4 又は 6 に記載のパターン監視方法。

【請求項 8】

m は 1 又は - 1 であり、k は - 1 又は 1 であり、 $(N \times k + m)$ 以外の前記次数は - N から N の範囲内にあることを特徴とする請求項 4 又は 6 に記載のパターン監視方法。

【請求項 9】

前記検出ステップは、前記第 2 の回折光の光量及び / 又は像を検出することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のうちいずれか一項に記載のパターン監視方法。

【請求項 10】

前記検出ステップは、前記入射光の光量と前記第 2 の回折光の光量を検出することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のうちいずれか一項に記載のパターン監視方法。

【請求項 11】

N は 2 乃至 6 であることを特徴とする請求項 3、4 又は 6 に記載のパターン監視方法。

【請求項 12】

入射光に複数の位相差を与える要素を少なくとも 1 つ有する光変調素子と、

前記光変調素子からの出射光のうち第 1 の回折光を用いて被露光体上にパターンを投影する投影光学系と、

前記光変調素子からの出射光のうち前記第 1 の回折光とは次数が異なる第 2 の回折光を検出する検出手段と、

前記検出手段による検出結果に基づいて前記被露光体上に投影される前記パターンの状態を取得する取得手段とを備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 13】

前記要素は、変位可能な光反射帯を複数有し、

前記光変調素子は、前記要素を少なくとも 1 つ含む画素を複数有することを特徴とする請求項 12 に記載の露光装置。

【請求項 14】

請求項 12 に記載の露光装置を利用して前記被露光体を露光するステップと、

前記露光された前記被露光体を現像するステップとを有するデバイス製造方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

以下、添付図面を参照して本発明に適用可能な光変調素子 (GLV) 120 及びそれを利用したマスクレス露光装置 100 を詳細に説明する。GLV 120 は、光量を規格化しており、一ピクセル 121 の長さ (即ち、リボン 123 の幅にリボン 123 の本数を乗じた長さ) は不変である。また、ピクセル 121 内での周期を 2 に規格化する。そのため、フーリエ面上では ± 0.5 の位置に ± 1 次光が発生する。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0022】

図 11 (a) に示す、GLV 20 を搭載したマスクレス露光装置においては、投影光学系 31 は ± 1 次回折光を受容する広がりを持たなければならないため、装置が大型になる。また、2 光束を投影光学系 31 に入射すると干渉して不要なパターンの形成をもたらす

。そこで、図 1 1 (b) に示すような G L V 2 0 と斜入射照明との組み合わせが考えられる。かかる構成では、スイッチがオフの状態では G L V 2 0 からの出射光が 0 次光 しかないためレンズ 3 1 に光が照射することはない。また、スイッチがオンになると ± 1 次回折光が発生し、G L V への照射角度を調節してどちらか一方 (図 1 1 (b) では - 1 次回折光) をレンズ 3 1 に入射させることができる。この結果、投影光学系 3 1 は小型で済み、また、1 光束のみを投影光学系 3 1 に入射することによって所望のパターンのみを 被露光体上へ解像 する高品質な露光を実現することができる。しかし、 ± 1 次光のどちらか一方を捨ててしまうため露光光量が低下してしまい、スループットが低下するという問題が発生する。かかる問題を G L V 1 2 0 は解決している。即ち、G L V 1 2 0 は、- 1 次回折光を捨てて 1 次回折光のみを利用して光量損失は G L V 2 0 よりも小さいため、1 次回折光 4 2 を露光に使用してもスループットの低下を防止することができる。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 3】

なお、ここでは 露光に使用する第 1 の回折光 4 2 を 1 次回折光としたが、場合によっては - 1 次とすることもある。これは次数の定義や座標系の向きによって変わりうるが、通常 1 次と - 1 次を特に区別する必要はない。また、変位量の値を大きくすることで 1 次より大きい高次の光量を向上させることも可能であるが、通常は光量の集中度 (回折効率) が 1 次に最適になるよう設定した場合に比べて低下する。以下では 1 次回折光を転写投影に使用する次数とするが、これによって一般性が失われることはない。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 4】

G L V 1 2 0 がオンの状態にあるとき、第 1 の回折光である 1 次回折光のみではなく、回折効率は小さいものの、他の次数の光である第 2 の回折光 も現れる。特に重要なものは、各要素 1 2 2 内のリボン 1 2 3 の個数を N とし、各リボン 1 2 3 の隣接した帯に対する段差が正確に $= / (2 N)$ となる状態でも現れる $(N \times k + m)$ 次の次数である。ここで、 m は第 1 の回折光の次数、 k は任意の整数である。以下では、 $(N \times k + m)$ 次のことを随伴次数と呼ぶ。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 9】

回折光の強度を制御するためには、図 3 (a) に示す G L V 1 2 0 A を使用すればよい。G L V 1 2 0 A は ピクセル 1 2 1 A を複数 有し、各ピクセル 1 2 1 A は 3 つの要素 1 2 2 A を有している。各要素 1 2 2 A は 6 本のリボン 1 2 3 A を有し、6 本のリボン 1 2 3 A は、それぞれ、0 度、0 度、1 2 0 度、1 2 0 度、2 4 0 度、2 4 0 度の位相差をこの順番で反射光に与える。このため、G L V 1 2 0 A は 6 位相 3 周期の G L V で 3 位相 3 周期と等価な G L V を構成したものである。このような位相差を与えるには、例えば、リボン 1 2 3 A の下に印加する電圧を変えることによって実現することができる。図 3 (b) に、G L V 1 2 0 と G L V 1 2 0 A の回折光強度分布の比較を示す。G L V 1 2 0 A から射出される 1 次回折光の強度は、G L V 1 2 0 A から射出される 1 次回折光の強度より弱

くなっていることが理解される。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0030】

多段型のGLVによって回折光の強度を変更（振幅変調ともいう）させ、補助パターンを作成することが可能となる。 n 段型GLVは、理想的な状態としてあるピクセル121内での隣り合うリボン間の位相差が、0度と360度を等価としたときに、 $(360/n)$ 度になるように構成される。この位相差を連続的に変化させることで理想状態の強度を1として0から1の間の任意の変調が可能となるという特徴がある。更に、振幅変調と位相変調を組み合わせれば、いわゆるハーフトーンマスク（バックグラウンドが一定の光強度をもち、かつ、バックグラウンドが一定の位相を保っているようなマスク）を実現できることは明らかである。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0038

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0038】

次に、制御部60は、イメージセンサ58による測定結果に基づいて、図示しないメモリに格納されている光量データ又は像データとイメージセンサ58による測定結果と比較する。それによって、露光光42の光量分布が所定の範囲内であるか、ないしは所望の像が得られているかの判断を行う（ステップ103）。制御部60は、ステップ103において、露光光42の光量分布が所定の範囲内である、又は、所望の像が得られていると判断すれば露光を完了させ（ステップ104）、その後、処理を終了する（ステップ107）。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0043

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0043】

また、GLV120の構成は図2（a）に示す構成に限定されない。4位相1周期や4位相2周期（即ち、4本のリボン123が0度、90度、180度、270度の位相差を与え、各ピクセル121内の要素122の数が1であるものや、2であるもの）も適用することができる。しかし、一般に、少なくとも2つ以上が変位可能な複数のリボンを有することが好ましい。4位相3周期（各ピクセル121内の要素数が3のもの）や3位相3周期（即ち、3本のリボン123が0度、120度、240度の位相差を与え、各ピクセル121内の要素122の数が3であるもの）など3種類以上の位相差を与えるものである。一般に、位相差の種類数が増加するに従って露光用の次数の回折光の強度を相対的に高めることができるからである。一方、 N が大きくなりすぎるとGLV120の作成が困難になる。このため、適当な N は2乃至6である。

【手続補正 10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0051】

次に、制御部 60 は、イメージセンサ 58 による測定結果に基づいて、図示しないメモリに格納されている光量データ又は像データとイメージセンサ 58 による測定結果と比較する。これによって、露光光 42 の光量分布が所定の範囲内であるか、ないしは所望の像が得られているかの判断を行う（ステップ 112）。制御部 60 は、ステップ 112 において、露光光 42 の光量分布が所定の範囲内である、又は、所望の像が得られていると判断すれば露光を完了させ（ステップ 117）、その後、処理を終了する（ステップ 118）。

【手続補正 11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0052

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0052】

一方、ステップ 112 において、露光光 42 の光量分布が所定の範囲内ではない、又は、所望の像が得られていないと判断すれば、光量が範囲外であると判定された位置に相当するピクセル 121 の光量判断の履歴をチェックする（ステップ 113）。この履歴において、制御部 60 は、当該ピクセル 121 が光量の問題を起こしているかどうかを判断する（ステップ 114）。

【手続補正 12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0057】

ピクセルの汚れによる露光光 42 の強度低下は通常補正露光で対応されることになる。ピクセルの強度の周辺に比べて著しい低下、又は強度の低下しているピクセルの数の増大によって、補正露光に時間がかかる場合や素子全体での強度が設置直後の強度に対して低下した場合等のスループット低下が顕著になる状況が生じる。すると、クリーニングが必要と判断される。判断基準としては、露光対象などに依存するが、30%のスループット低下が挙げられる。

【手続補正 13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0060

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0060】

なお、ここでは光学系 57 とイメージセンサ 58 との組み合わせにより随伴次数 44 を、光量センサ 54 で随伴次数以外の監視光 45 を監視しているが、監視の方法はこれらに限定されない。随伴次数に光量センサを、随伴次数以外にイメージセンサを使用することもできる。

【手続補正 14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0061

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0061】

以下、図 1 を参照して、本発明の画面照度むら及び欠陥監視方法を備えたマスクレス露光装置 100 について説明する。ここで、図 1 は、本発明の例示的な露光装置 100 の概略ブロック断面図である。照明装置 110 は上述の GLV 120 を照明し、光学系 115 は随伴次数または随伴次数以外を監視するためのものである。投影光学系 130 は照明さ

れた G L V 1 2 0 から生じる回折光をプレート 1 4 0 に投影し、ステージ 1 4 5 はプレート 1 4 0 を支持する。

【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 6 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 6 4】

例えば、光源部 1 1 2 の光源は波長約 1 9 3 n m の A r F エキシマレーザー、波長約 2 4 8 n m の K r F エキシマレーザー、波長約 1 5 3 n m の F₂ レーザーなどを使用することができる。しかし、光源の種類は限定されず、その光源の個数も限定されない。また、光源部 1 1 2 にレーザが使用される場合、レーザ光源からの平行光束を所望のビーム形状に整形する光束整形光学系、コヒーレントなレーザ光束をインコヒーレント化するインコヒーレント化光学系を使用することが好ましい。

【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 6 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 6 8】

投影光学系 1 3 0 は、複数のレンズ素子と少なくとも一枚の凹面鏡とを有する光学系（カタディオプトリック光学系）、複数のレンズ素子と少なくとも一枚の気のフォームなどの回折光学素子とを有する光学系が使用できる。また、複数のレンズ素子のみからなる光学系や全ミラー型の光学系等も使用することができる。色収差の補正が必要な場合には、互いに分散値（アッベ値）の異なるガラス材からなる複数のレンズ素子を使用したり、回折光学素子をレンズ素子と逆方向の分散が生じるように構成したりする。