

【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6部門第2区分

【発行日】平成23年8月11日(2011.8.11)

【公表番号】特表2010-533310(P2010-533310A)

【公表日】平成22年10月21日(2010.10.21)

【年通号数】公開・登録公報2010-042

【出願番号】特願2010-515963(P2010-515963)

【国際特許分類】

G 03 F 7/20 (2006.01)

H 01 L 21/027 (2006.01)

G 02 B 3/00 (2006.01)

【F I】

G 03 F 7/20 501

H 01 L 21/30 516 A

H 01 L 21/30 502 P

H 01 L 21/30 515 F

H 01 L 21/30 529

G 02 B 3/00 A

【手続補正書】

【提出日】平成23年6月24日(2011.6.24)

【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】

光を出射する光源と、前記光源から出射された光を、第1パターンを有する光として反射させる空間光変調器(Spatial Light Modulator:SLM)と、前記空間光変調器から反射された第1パターンを有する光を複数本の光に分離して集光させるように、複数個のレンズがアレイされているマルチアレイレンズ(Multi Array Lens: MAL)と、前記マルチアレイレンズで集光された光の解像度を調整して透過させるプロジェクションレンズと、から構成されたマスクレス露光部を準備する段階と、

前記マスクレス露光部から、光が透過する物質からなり、前記第1パターンを有する光が非透過する第2パターンが形成されている主参照ユニットに、第1パターンの光を照射する段階と、

前記主参照ユニットを透過した光を主参照ユニットカメラで撮影する段階と、

前記主参照ユニットカメラで撮影された映像に現れた第1及び第2パターンにより、整列誤差を計算する段階と、

前記整列誤差を補正するために、前記マルチアレイレンズまたは空間光変調器を移動させて整列する段階と、

を含んでなるマスクレス露光方法。

【請求項2】

前記主参照ユニットカメラで撮影された映像に現れた第1及び第2パターンにより、整列誤差を計算する段階は、

前記主参照ユニットカメラで撮影された映像から、分割された領域別明るさに対する重心を計算し、前記計算された重心から整列誤差を計算することを特徴とする請求項1に記載のマスクレス露光方法。

【請求項 3】

前記空間光変調器は、デジタルマイクロミラー素子（Digital Micromirror Device : DMD）であることを特徴とする請求項1に記載のマスクレス露光方法。

【請求項 4】

前記マスクレス露光部には、

前記デジタルマイクロミラー素子、マルチアレイレンズ及び主参照ユニットの光学的な中心を整列するための基準のための整列用カメラがさらに備えられており、

前記整列誤差を補正するために、前記マルチアレイレンズまたはデジタルマイクロミラー素子を移動させて整列する段階の後に、

前記デジタルマイクロミラー素子、マルチアレイレンズ及び主参照ユニットの光学的な中心を第1軸（P1）に一致させる段階と、

前記主参照ユニットカメラを露光用スキャン方向に移動させ、整列カメラ及び主参照ユニットの中心を第2軸に一致させる段階と、

前記第1及び第2軸（P1, P2）間の変位（Offset）値を測定し、この変位値で前記デジタルマイクロミラー素子、マルチアレイレンズ及び主参照ユニットの光学的な中心を一致させるように補正する段階と、

をさらに行うことの特徴とする請求項3に記載のマスクレス露光方法。

【請求項 5】

前記整列誤差を補正するために、前記マルチアレイレンズまたはデジタルマイクロミラー素子を移動させて整列する段階の後に、

前記デジタルマイクロミラー素子、マルチアレイレンズ及びプロジェクションレンズの誤整列を補正する段階をさらに含むことを特徴とする請求項3に記載のマスクレス露光方法。

【請求項 6】

前記補正する段階は、

前記デジタルマイクロミラー素子にストライプ（Stripe）パターンを入力し、露光のためのスキャンを少なくとも2回行って、各スキャンパターンの誤差を測定し、この誤差で前記デジタルマイクロミラー素子及びマルチアレイレンズの角度を補正することを特徴とする請求項5に記載のマスクレス露光方法。

【請求項 7】

前記補正する段階は、

前記デジタルマイクロミラー素子から少なくとも2つの十字形状のパターンを45°方向に照射させ、主参照ユニットの第2パターンと比較しながらプロジェクションレンズの倍率を補正することを特徴とする請求項5に記載のマスクレス露光方法。

【請求項 8】

前記マスクレス露光部は、複数個であり、

前記補正する段階は、

前記複数個のマスクレス露光部のプロジェクションレンズから同一パターンを有する光を出射し、この光で膜を露光し、前記膜に形成された各パターンの位置偏差及び角度誤差を測定し、測定された誤差値を基準にプロジェクションレンズの露光のためのスキャン軸の間隔を補正することを特徴とする請求項5に記載のマスクレス露光方法。

【請求項 9】

前記マスクレス露光部は、複数個であり、

前記補正する段階は、

隣接するマスクレス露光部の1対のプロジェクションレンズが同一パターンを有する光を出射するようにし、一つのプロジェクションレンズでテスト領域に露光した後、他のプロジェクションレンズをそのテスト領域へ移動させてそのテスト領域に露光した後、プロジェクションレンズの移動量と露光されたパターンの中心差により、前記1対のプロジェクションレンズの露光のためのスキャン軸と垂直なX軸間隔誤差を算出し、算出されたX軸間隔誤差値で前記1対のプロジェクションレンズのX軸間隔を補正することを特徴とす

る請求項 5 に記載のマスクレス露光方法。

【請求項 10】

前記整列誤差を補正するために、前記マルチアレイレンズまたは空間光変調器を移動させて整列する段階の後に、

前記マスクレス露光部で所定の対象物に露光する段階と、

前記対象物に露光されたパターンの線幅を測定する段階と、

前記測定されたパターンの線幅が基準線幅範囲内にあるか否かを判断する段階と、

前記測定されたパターンの線幅が基準線幅範囲を外れていると、前記マスクレス露光部のしきい(Threshold)光量を減少させて、線幅を補正する段階と、

をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載のマスクレス露光方法。

【請求項 11】

前記デジタルマイクロミラー素子は、前記光源から出射された光を反射させる複数個のピクセルを有しており、

前記整列誤差を補正するために、前記マルチアレイレンズまたは空間光変調器を移動させて整列する段階の後に、

前記デジタルマイクロミラー素子のピクセルが選択的にオンになって形成されたパターン光を前記マスクレス露光部から出射させて、所定の対象物を露光する段階と、

前記マスクレス露光部の積算露光エネルギーを測定する段階と、

前記測定された積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高いか否かを判断する段階と、

前記測定された積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高い場合、前記オンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにして、前記マスクレス露光部の積算露光エネルギーを基準露光エネルギーと一致させる段階と、
をさらに含むことを特徴とする請求項 3 に記載のマスクレス露光方法。

【請求項 12】

前記積算露光エネルギーを測定することは、

前記露光された対象物領域を複数個の領域に分割し、分割された領域のそれぞれから積算露光エネルギーを測定することであり、

前記測定された積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高いか否かを判断することは、

前記分割された領域のそれぞれから測定された積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高いか否かを判断することであり、

前記測定された積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高い場合、前記分割された領域を露光させるオンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにして、前記マスクレス露光部の積算露光エネルギーを基準露光エネルギーと一致させることを特徴とする請求項 11 に記載のマスクレス露光方法。

【請求項 13】

前記分割された各領域の一つは、オンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルのうちの一つであり、

前記積算露光エネルギーを基準露光エネルギーと一致させることは、前記測定された積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高い場合、分割された領域のそれぞれを露光させるオンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにして、前記マスクレス露光部の積算露光エネルギーを基準露光エネルギーと一致させることであることを特徴とする請求項 12 に記載のマスクレス露光方法。

【請求項 14】

前記デジタルマイクロミラー素子は、前記光源から出射された光を反射させる複数個のピクセルを有しており、

前記整列誤差を補正するために、前記マルチアレイレンズまたは空間光変調器を移動させて整列する段階の後に、

前記デジタルマイクロミラー素子のピクセルが選択的にオンになって形成されたパター

ン光をマスクレス露光部から出射する段階と、

前記マスクレス露光部から出射されたパターン光の照度を測定する段階と、

前記測定された照度により、前記オンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにすることができるブランクイメージ(Blank image)を生成する段階と、

前記生成されたブランクイメージによって、前記オンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにし、前記マスクレス露光部は所定の対象物を露光する段階と、

をさらに含むことを特徴とする請求項3に記載のマスクレス露光方法。

【請求項15】

前記マスクレス露光部が複数個配列されている場合、各スキャン領域の境界地点のブランクイメージを重畠させ、それぞれのマスクレス露光部により露光することを特徴とする請求項14に記載のマスクレス露光方法。

【請求項16】

前記整列誤差を補正するために、前記マルチアレイレンズまたは空間光変調器を移動させて整列する段階の後に、

前記マスクレス露光部と対象物との間の作業距離を測定する段階と、

前記測定された作業距離が基準作業距離範囲内にあるか否かを判断する段階と、

前記測定された作業距離が基準作業距離範囲を外れていると、前記マスクレス露光部のマルチアレイレンズのみを移動させてフォーカスを調整し、前記マスクレス露光部で前記対象物に露光する段階と、

をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載のマスクレス露光方法。

【請求項17】

前記マスクレス露光部は、複数個であり、

前記整列誤差を補正するために、前記マルチアレイレンズまたは空間光変調器を移動させて整列する段階の後に、

前記マスクレス露光部の下部に、露光する対象物を載置できるステージを配置する段階と、

前記マスクレス露光部でステージをスキャンする段階と、

前記マスクレス露光部のそれぞれがスキャンしたステージの軌跡を、複数個の位置に細分化し、この細分化された複数個の位置でマスクレス露光部のそれぞれのフォーカス距離を抽出する段階と、

露光する対象物を前記ステージに載置する段階と、

前記細分化された複数個の位置で抽出されたフォーカス距離を維持しながら、前記マスクレス露光部で前記対象物を露光する段階と、

をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載のマスクレス露光方法。

【請求項18】

前記細分化された複数個の位置で抽出された最適フォーカス距離を維持しながら、前記マスクレス露光部で前記対象物を露光する段階は、

前記対象物が載置されているステージに設けられているステージレベリングモーターでマクロ(Macro)駆動し、マルチアレイレンズをZ軸に駆動させるアクチュエータでマイクロ(Micro)駆動して、抽出されたフォーカス距離を維持しながら、前記マスクレス露光部で前記対象物を露光する段階であることを特徴とする請求項17に記載のマスクレス露光方法。

【請求項19】

前記整列誤差を補正するために、前記マルチアレイレンズまたは空間光変調器を移動させて整列する段階の後に、

前記マスクレス露光部で重畠された少なくとも二つの連続したパターンを有する光を生成する段階と、

前記マスクレス露光部で生成された重畠された連続したパターンを有する光でガラスを

露光して、前記ガラスに重畠された露光パターンを形成する段階と、
をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載のマスクレス露光方法。

【請求項 2 0】

前記重畠された露光パターンを形成する段階は、
前記マスクレス露光部により、前記連続したパターンの個数と同じ回数で前記ガラスを
スキャンして、重畠された露光パターンを形成することを特徴とする請求項 1 9 に記載の
マスクレス露光方法。

【請求項 2 1】

第 1 パターンを有する光で所定の対象物に露光するマスクレス露光部と、
光が透過する物質からなり、該第 1 パターンを有する光が非透過する第 2 パターンが形
成されている主参照ユニット (Master Reference Unit : M R U)
と、

前記主参照ユニットを透過した光を撮影する主参照ユニットカメラと、から構成される
ことを特徴とするマスクレス露光装置。

【請求項 2 2】

前記マスクレス露光部は、
光を出射する光源と、
前記光源から出射された光を、第 1 パターンを有する光として反射させる空間光変調器
(Spatia l Light Modulator : SLM) と、
前記空間光変調器から反射された第 1 パターンを有する光を複数本の光に分離して集光
させるように、複数個のレンズがアレイされているマルチアレイレンズ (Multi Array Lens : M A L) と、
前記マルチアレイレンズで集光された光の解像度を調整して透過させるプロジェクションレンズと、から構成されることを特徴とする請求項 2 1 に記載のマスクレス露光装置。

【請求項 2 3】

前記空間光変調器は、
デジタルマイクロミラー素子 (Digital Micromirror Device
、 D M D) であることを特徴とする請求項 2 2 に記載のマスクレス露光装置。

【請求項 2 4】

前記第 1 パターンは、
前記デジタルマイクロミラー素子で光が反射されない領域により形成されることを特徴と
する請求項 2 3 に記載のマスクレス露光装置。

【請求項 2 5】

前記空間光変調器、マルチアレイレンズ及び主参照ユニットの光学的な中心を整列する
ための基準のために整列用カメラがさらに備えられていることを特徴とする請求項 2 2 に
記載のマスクレス露光装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】マスクレス露光方法及びマスクレス露光装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、マスクレス露光方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、情報化社会への急速な発展に伴い、薄型化、軽量化、低消費電力化などの優れた
特性を有する平板表示 (Flat panel display) パネルの必要性も台頭してきた。

【 0 0 0 3 】

このような必要性に応じて L C D (Liquid Crystal Display)、P D P (Plasma Display Panel)、E L D (Electroluminescent Display)、V F D (Vacuum Fluorescent Display)などの画像表示パネルが開発されている。

【 0 0 0 4 】

中でも、液晶表示 (Liquid Crystal Display : LCD) パネルは、解像度、カラー表示、画質などの面で優れており、ノートブックやデスクトップのモニタに活発に適用されている。

【 0 0 0 5 】

一方、表示パネルは、消費者の要求に応じて大型化しながら様々な工程設備が開発されており、新規工法を用いた設備も開発されている。

【 0 0 0 6 】

特に、露光装置は、各表示パネルでパターンを形成するための核心的な装備であり、照明装置からの光を受光してフォトマスクのパターンに透過させて、露光する膜に結像させ、この膜を露光する機能を果たす。

【 0 0 0 7 】

図 1 は、一般的な露光工程を説明するための概略断面図であり、光源 1 0 から発された光が、フォトマスク 2 0 のパターンに沿って基板 4 0 上の感光膜 3 0 に照射され、この感光膜 3 0 はパターン形状に露光される。

【 0 0 0 8 】

かかる一般的な露光工程において、露光領域が大面積である場合、この大面積を露光させるためには多数の光素子が必要とされるが、各光素子間には照度偏差が生じ、高精度の露光工程を行えないという不具合があった。

【 発明の概要 】**【 発明が解決しようとする課題 】****【 0 0 0 9 】**

本発明は、マスクレス露光部の第 1 パターン及び主参照ユニットの第 2 パターンを用いて、光学的な整列をより高精度に行うことができるマスクレス露光方法を提供することにその目的がある。

【 0 0 1 0 】

また、本発明は、整列用カメラが備えられており、デジタルマイクロミラー素子、マルチアレイレンズ及び主参照ユニットの光学的な中心を高精度に整列させることができるマスクレス露光方法を提供することにその目的がある。

【 0 0 1 1 】

そして、本発明は、デジタルマイクロミラー素子から反射された第 1 パターンを有する光と主参照ユニットの第 2 パターンを用いて、デジタルマイクロミラー素子 (D M D) 及びマルチアレイレンズ (M A L) の角度、プロジェクションレンズの倍率、露光のためのプロジェクションレンズ同士の Y 軸及び X 軸の間隔を補正できるマスクレス露光方法を提供することにその目的がある。

【 0 0 1 2 】

また、本発明は、しきい (Threshold) 光量を減少させて、露光されたパターンの線幅が基準線幅範囲内にあるように補正することによって、露光されたパターンのむらの発生を抑えることができるマスクレス露光方法を提供することにその目的がある。

【 0 0 1 3 】

なお、本発明は、デジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフ (Off) にして、上記マスクレス露光部の積算露光エネルギーを基準露光エネルギーと一致させることによって、露光されたパターンのむらの発生を抑えることができるマスクレス露光方法を提供することにその目的がある。

【 0 0 1 4 】

また、本発明は、露光部の照度を測定して、オン (On) になっているデジタルマイクロ

ミラー素子のピクセルの一部をオフ(Off)にさせうるプランクイイメージを生成し、このプランクイイメージを用いて、照度偏差を除去し、露光されたパターンにむらが発生することを抑えることができるマスクレス露光方法を提供することにその目的がある。

【0015】

しかも、本発明は、マスクレス露光部と対象物との間の測定された作業距離(Working distance)が基準作業距離範囲を外れると、マルチアレイレンズのみを移動させてフォーカス(Focus)を調整することによって、高精度にフォーカスを設定できるマスクレス露光方法を提供することにその目的がある。

【0016】

そして、本発明は、マスクレス露光部でスキャンしたステージの軌跡を細分化し、これら細分化された位置でマスクレス露光部のフォーカス距離を抽出し、この細分化された位置で抽出されたフォーカス距離を維持しながら露光することによって、複数個のマスクレス露光部がアレイされても、機構的な干渉を防止しながらフォーカスを設定できるマスクレス露光方法を提供することにその目的がある。

【0017】

また、本発明は、露光パターンを重畠させ、重畠された露光領域における照度プロファイルを相殺させて照度を均一にすることによって、露光パターンのむらを除去できるマスクレス露光方法を提供することにその目的がある。

【課題を解決するための手段】

【0018】

上記目的を達成するための本発明の好ましい態様は、光を出射する光源と、該光源から出射された光を第1パターンを有する光として反射させる空間光変調器(Spatial Light Modulator: SLM)と、該空間光変調器から反射された第1パターンを有する光を複数本の光に分離して集光させるように、複数個のレンズがアレイされているマルチアレイレンズ(Multi Array Lens: MAL)と、該マルチアレイレンズで集光された光を、解像度を調整して透過させるプロジェクションレンズと、から構成されたマスクレス露光部を準備する段階と、このマスクレス露光部から、光が透過する物質からなり、第1パターンを有する光が非透過する第2パターンが形成されている主参照ユニットに、第1パターンの光を照射する段階と、該主参照ユニットを透過した光を主参照ユニットカメラで撮影する段階と、該主参照ユニットカメラで撮影された映像に現れた第1及び第2パターンにて、整列誤差を計算する段階と、整列誤差を補正するために、当該マルチアレイレンズまたは空間光変調器を移動させて整列する段階と、を含んでなるスクレス露光方法が提供される。

【発明の効果】

【0019】

本発明は、マスクレス露光部の第1パターン及び主参照ユニットの第2パターンを用いて、光学的な整列をより高精度に行うことができるという効果を奏する。

【0020】

また、本発明は、整列用カメラが備えられており、デジタルマイクロミラー素子、マルチアレイレンズ及び主参照ユニットの光学的な中心を高精度に整列させることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】一般的な露光工程を説明するための概略断面図である。

【図2】本発明の第1実施例によるマスクレス(Maskless)露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図3】本発明によってマスクレス露光部の概略的な構成を示す図である。

【図4】本発明によって空間光変調器から反射される第1パターンの光の一例を概略的に示す図である。

【図5】本発明によって主参照ユニットに形成されている第2パターンの形状の一例を概略的に示す図である。

【図 6】本発明によって主参照ユニットカメラに入力される映像の一例を示す図である。

【図 7】本発明によるマスクレス露光方法を示すフローチャートである。

【図 8】本発明によって空間光変調器とマルチアレイレンズとの間に整列誤差がない状態を示す図である。

【図 9】本発明によって空間光変調器とマルチアレイレンズとの間に整列誤差がない状態を示す図である。

【図 10】本発明によって空間光変調器とマルチアレイレンズとの間に整列誤差がない状態を示す図である。

【図 11】本発明によって空間光変調器とマルチアレイレンズとの間に整列誤差がある状態を示す図である。

【図 12】本発明によって空間光変調器とマルチアレイレンズとの間に整列誤差がある状態を示す図である。

【図 13】本発明の第1実施例によるマスクレス露光方法を示すフローチャートである。

【図 14】本発明の第1実施例による他のマスクレス露光方法を示すフローチャートである。

【図 15】本発明の第1実施例によって主参照ユニットカメラで分割された領域の重心を計算することを説明するための図である。

【図 16】本発明の第1実施例によって主参照ユニットカメラで分割された領域の重心を計算することを説明するための図である。

【図 17】本発明によってデジタルマイクロミラー素子、マルチアレイレンズ及び主参照ユニットの座標系が整列された状態を示す概略的な断面図である。

【図 18】本発明によってデジタルマイクロミラー素子、マルチアレイレンズ及び主参照ユニットの座標系が整列された状態を示す概略的な断面図である。

【図 19】本発明によって角度を補正するための方法を説明するための図である。

【図 20】本発明によって角度補正を説明するためのパターンを示す図である。

【図 21】本発明によって角度補正を説明するためのパターンを示す図である。

【図 22】本発明によって角度補正を説明するためのパターンを示す図である。

【図 23】本発明によってプロジェクションレンズの倍率を補正するための方法を説明するための図である。

【図 24】本発明によってプロジェクションレンズの倍率を補正するための方法を説明するための図である。

【図 25】本発明によってプロジェクションレンズの角度及び間隔が補正された状態を示す図である。

【図 26】本発明によってプロジェクションレンズの角度及び間隔が補正された状態を示す図である。

【図 27】本発明によるマスクレス露光部の各補正するユニットに駆動ステージが取り付けられた状態を概略的に示す図である。

【図 28】本発明によってプロジェクションレンズの誤配列を補正する方法を説明するための図である。

【図 29】本発明によってプロジェクションレンズ同士のY軸間隔を補正する方法を説明するための図である。

【図 30】本発明によってプロジェクションレンズ同士のY軸間隔を補正する方法を説明するための図である。

【図 31】本発明によってプロジェクションレンズ同士のY軸間隔を補正する方法を説明するための図である。

【図 32】本発明によってプロジェクションレンズ同士のX軸間隔により露光された状態を示す図である。

【図 33】本発明によってプロジェクションレンズ同士のX軸間隔により露光された状態を示す図である。

【図 34】本発明によってプロジェクションレンズ同士のX軸間隔により露光された状態

を示す図である。

【図 3 5】本発明の第 2 実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図 3 6】本発明の第 2 実施例によるマスクレス露光方法を説明するためのフローチャートである。

【図 3 7】本発明の第 2 実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図 3 8】本発明の第 2 実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図 3 9】本発明の第 3 実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図 4 0】本発明の第 3 実施例によるマスクレス露光方法を説明するためのフローチャートである。

【図 4 1】本発明によってマスクレス露光部のプロジェクションレンズで積算露光エネルギーを説明するための図である。

【図 4 2】本発明の第 4 実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図 4 3】本発明の第 4 実施例によって生成されたプランクイメージにより原パターン光のエネルギーが均一になることを説明するためのグラフである。

【図 4 4】本発明の第 4 実施例によって生成されたプランクイメージにより原パターン光のエネルギーが均一になることを説明するためのグラフである。

【図 4 5】本発明の第 4 実施例によって生成されたプランクイメージにより原パターン光のエネルギーが均一になることを説明するためのグラフである。

【図 4 6】本発明の第 4 実施例によってプランク(Blank)イメージを生成することを説明するための図である。

【図 4 7】本発明の第 4 実施例によってプランク(Blank)イメージを生成することを説明するための図である。

【図 4 8】本発明の第 5 実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図 4 9】本発明の第 5 実施例によるマスクレス露光方法のフローチャートである。

【図 5 0】本発明の第 5 実施例によるマスクレス露光装置でフォーカスを調整する方法を説明するための概略図である。

【図 5 1】本発明の第 5 実施例によってマルチアレイレンズの移動によりフォーカスが変更されることを説明するための図である。

【図 5 2】本発明の第 5 実施例によってマルチアレイレンズの移動によりフォーカスが変更されることを説明するための図である。

【図 5 3】本発明の第 5 実施例によってマスクレス露光部がスキャンするにつれて可変する対象物の表面状態を説明するための図である。

【図 5 4】本発明によるマスクレス露光装置のステージを示す斜視図である。

【図 5 5】本発明の第 6 実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図 5 6】本発明の第 7 実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図 5 7】本発明の第 7 実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図 5 8】本発明の第 7 実施例によるマスクレス露光方法のフローチャートである。

【図 5 9】本発明の第 7 実施例によってマスクレス露光装置のフォーカスを調整することを説明するための図である。

【図 6 0】本発明の第 8 実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図 6 1】本発明の第 8 実施例によるマスクレス露光方法の概略的なフローチャートである。

【図 6 2】本発明の第 8 実施例によるマスクレス露光方法を説明するための概念図である。

【図 6 3】本発明によって重畠された露光パターンが形成される過程を説明するための概略的な概念図である。

【図 6 4】本発明によって重畠された露光パターンが形成される過程を説明するための概略的な概念図である。

【図 6 5】本発明によって 2 個のマスクレス露光部の初期照度分布を測定したグラフである。

【図 6 6】本発明によって 2 個のマスクレス露光部の初期照度分布を測定したグラフである。

【図 6 7】本発明によって 25% 重畠された露光パターンを形成するための方法を説明するための概略的な概念図である。

【図 6 8】本発明によって重畠領域の照度分布を測定したグラフである。

【図 6 9】本発明によって重畠領域の照度分布を測定したグラフである。

【図 7 0】本発明によって重畠領域の照度分布を測定したグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0 0 2 2】

以下、添付の図面を参照しつつ、本発明の好適な実施例について説明する。

【0 0 2 3】

図 2 は、本発明の第 1 実施例によるマスクレス (Maskless) 露光装置の概略的な構成を示す図であり、第 1 パターンを有する光で所定の対象物に露光するマスクレス露光部 100 と、光が透過する物質からなり、該第 1 パターンを有する光が非透過する第 2 パターンが形成されている主参考ユニット (Master Reference Unit : MRU) 200 と、この主参考ユニット 200 を透過した光を撮影する主参考ユニットカメラ 250 と、で構成される。

【0 0 2 4】

したがって、本発明のマスクレス露光装置は、マスクレス露光部 100 の第 1 パターン及び主参考ユニット 200 の第 2 パターンを用いて、光学的な整列をより高精度に行うことができる。

【0 0 2 5】

ここで、主参考ユニット 200 は、マスクレス露光装置の絶対基準を参照するために設けられた部品である。

【0 0 2 6】

図 3 は、本発明によってマスクレス露光部の概略的な構成を示す図であり、光を出射する光源 110 と、光源 110 から出射された光を、第 1 パターンを有する光として反射させる空間光変調器 (Spatial Light Modulator : SLM) 120 と、空間光変調器 120 から反射された第 1 パターンを有する光を複数本の光に分離して集光させるように、複数個のレンズがアレイされているマルチアレイレンズ (Multi Array Lens : MAL) 130 と、マルチアレイレンズ 130 で集光された光の解像度を調整して透過させるプロジェクションレンズ 140 と、からマスクレス露光部が構成される。

【0 0 2 7】

このように構成されたマスクレス露光部は、光源 110 から光を出射し、空間光変調器 120 から、光源 110 から出射された光を第 1 パターンを有する光として反射させる。

【0 0 2 8】

そして、空間光変調器 120 から反射された第 1 パターンを有する光を、マルチアレイレンズ 130 で複数本の光に分離して集光させ、プロジェクションレンズ 140 は、マルチアレイレンズ 130 で集光された光の解像度を調整して透過させることによって、マスクなしに露光することができる。

【0 0 2 9】

図4は、本発明によって空間光変調器から反射される第1パターンの光の一例を概略的に示す図であり、空間光変調器は、外部の信号により光源の光を選択的に反射させ、反射された光はパターン形状となる。

【0030】

したがって、露光部は、空間光変調器の存在により、マスクを使用せずに光のパターンを形成して露光することができる。

【0031】

本発明では、空間光変調器をデジタルマイクロミラー素子(Digital Micromirror Device:DMD)とすることが好ましい。

【0032】

このデジタルマイクロメーター素子は、外部信号を受けて選択的に照明部の光を反射させる複数個のマイクロミラーが配列されており、画像データに基づいて複数個のマイクロミラーを選択的に駆動させて、光源の光の一部を反射させることによって、パターンの光として出射させることができる。

【0033】

一方、本発明に適用された第1パターンは、デジタルマイクロミラー素子で光が反射されない領域により形成されることが好ましい。

【0034】

すなわち、図4に示すように、デジタルマイクロミラー素子の複数個のマイクロミラーが選択的に駆動して光を反射させ、光が反射されない十字形状の領域が存在することとなる。

【0035】

ここで、図4では複数個のマイクロミラー122を円形として概略的に示しており、白色の円形のものが駆動されているマイクロミラーであり、黒色の円形のものが駆動されていないマイクロミラーである。

【0036】

したがって、黒色の円形のマイクロミラーは、光が反射されなかった領域となり、図4では十字形状のパターンになっている。

【0037】

この十字形状が前述の第1パターン125となる。

【0038】

図5は、本発明によって主参照ユニットに形成されている第2パターンの形状の一例を概略的に示す図であり、本発明に適用された主参照ユニット200には、光が透過しないマーク(Mark)が形成されており、このマークは、主参照ユニット200に形成された第2パターン210となる。

【0039】

そして、主参照ユニット200は、温度などの外部環境の変化に鈍感で、変形量がゼロ(Zero)に近い材質から製作する。

【0040】

したがって、主参照ユニット200は光を透過させ、主参照ユニット200における光の透過しないマークにより第2パターン210が作られることが好ましい。

【0041】

すなわち、図5では、光が透過する主参照ユニット200に光の透過しないマークが形成されて、第2パターン210が具現される。

【0042】

図6は、本発明によって主参照ユニットカメラに入力される映像の一例を示す図であり、前述の図4のように、デジタルマイクロミラー素子から反射された第1パターンの光が主参照ユニットを透過する際、主参照ユニットの第2パターンには透過しないので、主参照ユニットカメラで撮影された映像には、第1及び第2パターン125, 210が現れる。

【 0 0 4 3 】

この時、第1及び第2パターン125，210は相互類似の形のパターンとされていることが、相互比較の面で容易であり、整列誤差の計算をより容易にすることができる。

【 0 0 4 4 】

図7は、本発明によるマスクレス露光方法を示すフローチャートであり、まず、光を射する光源と、該光源から出射された光を、第1パターンを有する光として反射させる空間光変調器(SLM)と、該空間光変調器から反射された第1パターンを有する光を複数本の光に分離して集光させるように、複数個のレンズがアレイされているマルチアレイレンズ(MAL)と、このマルチアレイレンズで集光された光の解像度を調整して透過させるプロジェクションレンズと、から構成されたマスクレス露光部を準備する(S10段階)。

【 0 0 4 5 】

その後、このマスクレス露光部から、光が透過する物質からなり、第1パターンを有する光が非透過する第2パターンが形成されている主参照ユニットに、第1パターンの光を照射する(S20段階)。

【 0 0 4 6 】

その後、主参照ユニットを透過した光を主参照ユニットカメラで撮影する(S30段階)。

【 0 0 4 7 】

続いて、主参照ユニットカメラで撮影された映像に現れた第1及び2パターンにて、整列誤差を計算する(S40段階)。

【 0 0 4 8 】

この時、主参照ユニットカメラで撮影された映像には第1及び第2パターンが現れ、この第1及び第2パターンを比較して整列誤差を計算することができる。

【 0 0 4 9 】

すなわち、本発明では、主参照ユニットに形成された第2パターンが露光装置を補正するための絶対的な基準として使われることができる。

【 0 0 5 0 】

続いて、整列誤差を補正するために、マルチアレイレンズまたは空間光変調器を移動させて整列する(S50段階)。

この時、マルチアレイレンズまたは空間光変調器のそれぞれには、移動ステージが設けられており、これらの移動ステージは整列誤差を補正できるような移動量だけ移動する。

【 0 0 5 1 】

前述のS10段階～S50段階は、露光工程前または露光工程中に行う。

【 0 0 5 2 】

図8～図10は、本発明によって空間光変調器とマルチアレイレンズとの間に整列誤差がない状態を示す図である。図8に示すように、デジタルマイクロミラー素子121の複数個のマイクロミラー122が四角形状とされており、複数個のマイクロミラー122が選択的に駆動されて光を反射させ、十字形状の第1パターン125を形成する。

【 0 0 5 3 】

この時、空間光変調器とマルチマイクロアレイとの間に整列誤差がない場合、マルチマイクロアレイから投影されるビームの形状は図9のようになり、主参照ユニットカメラで撮影された映像は図10のようになる。

【 0 0 5 4 】

図11及び図12は、本発明によって空間光変調器とマルチアレイレンズとの間に整列誤差がある状態を示す図である。図8に示すように、デジタルマイクロミラー素子から第1パターンを有する光として反射される時、空間光変調器とマルチマイクロアレイとの間に整列誤差がある場合、マルチマイクロアレイから投影されるビームの形状は、図11のようになり、主参照ユニットカメラで撮影された映像は図12のようになる。すなわち、空間光変調器とマルチマイクロアレイとの間に非整列誤差がある場合、第2パターン21

0がデジタルマイクロミラー素子121の複数個のマイクロミラー122が反射する光領域に重畠され、前記第2パターン210が重畠された光領域220は明るさが減少する。

【0055】

図13は、本発明の第1実施例によるマスクレス露光方法を示すフローチャートであり、この実施例の空間光変調器はデジタルマイクロミラー素子とする。

【0056】

まず、マルチアレイレンズ(MAL)のステージを初期化する(S110段階)。

【0057】

すなわち、原点にセッティングする。

【0058】

その後、主参照ユニット(MRU)ステージを移動させる(S120段階)。

【0059】

ここで、主参照ユニットステージは、マスクレス露光部のN番目のプロジェクトションレンズの中心に主参照ユニットの中心が一致するように移動させる。

【0060】

続いて、デジタルマイクロミラー素子で整列用パターンをディスプレイする(S130段階)。

【0061】

すなわち、デジタルマイクロミラー素子が第1パターンを照射する。

【0062】

その後、主参照ユニットの第2パターンを通過したドット(Dot)を主参照ユニットカメラが認識したか否かを判断する(S140段階)。

【0063】

ここで、ドットは、第1パターンに在るドットを指し、この第1パターンは複数個のドットからなっている。

【0064】

そして、主参照ユニットカメラでドットが認識された場合は、ドットの中心値を計算する(S150段階)。

【0065】

この時、ドットの中心値は、ドットからなる第1パターンの中心値を意味する。

【0066】

続いて、このドットの中心値から整列誤差を計算する(S160段階)。

【0067】

ここで、ドットの中心値により整列誤差を計算することは、第1パターンの中心値と第2パターンの中心値とを比較して誤差を計算することである。

【0068】

ここで、整列誤差は、並進誤差(Translation error)及び回転誤差(Rotation error)を含む。

【0069】

続いて、整列誤差が‘0’か判断する(S170段階)。

【0070】

仮に、整列誤差が‘0’であると、マルチアレイレンズステージの位置値を格納し(S190段階)、整列誤差が‘0’でないと、マルチアレイレンズMALのステージを移動させる(S180段階)。

この時、マルチアレイレンズのステージは、整列誤差値に対応する移動量だけ移動して、整列される。

【0071】

図14は、本発明の第1実施例による他のマスクレス露光方法を示すフローチャートであり、この実施例の空間光変調器はデジタルマイクロミラー素子とする。

【0072】

まず、デジタルマイクロミラー素子（DMD）のステージを初期化する（S210段階）。

【0073】

すなわち、原点にセッティングする。

【0074】

その後、主参照ユニットMRUステージを移動させる（S220段階）。

続いて、デジタルマイクロミラー素子で整列用パターンをディスプレイする（S230段階）。

【0075】

すなわち、デジタルマイクロミラー素子が第1パターンを照射する。

【0076】

続いて、主参照ユニットの第2パターンを通過した光を主参照ユニットカメラで撮影する（S240段階）。

【0077】

続いて、主参照ユニットカメラで撮影された映像から、分割された領域別重心を計算する（S250段階）。

【0078】

すなわち、分割された領域の明るさに対する重心を計算する。

【0079】

その後、計算された重心から整列誤差を計算する（S260段階）。

【0080】

ここで、整列誤差は、並進誤差及び回転誤差を含む。

【0081】

続いて、整列誤差が‘0’か判断する（S270段階）。

【0082】

仮に、整列誤差が‘0’であると、空間光変調器のステージの位置値を格納し（S290段階）、整列誤差が‘0’でないと、空間光変調器のステージを移動させる（S280段階）。

【0083】

ここで、空間光変調器のステージは、整列誤差値に対応する移動量だけ移動して、整列する。

【0084】

すなわち、図15に示すように、第2パターン210が略中央を中心に十字形状に形成される場合、前記第2パターン210の外郭4箇所には光が照射される。この際、撮影された映像は、前記第2パターン210を中心に4個の領域（I、II、III、IV）に分割され、各領域の明るさに対する重心を求め、各重心の座標平均を計算すれば、並進誤差量を計算することができる。また、図12に示すように、空間光変調器とマルチマイクロアレイとの間に非整列誤差がある場合、第2パターン210がデジタルマイクロミラー素子121の複数個のマイクロミラー122が反射する光領域に重畠され、前記第2パターン210が重畠された光領域220は明るさが減少されるため、図16のように、各領域（I、II、III、IV）の映像の明るさ値とピクセル位置値を有して、重心演算を用いて、各領域の中心（230a、230b、230c、230d）を求めることができる。

【0085】

そして、図16に示すように、各領域の重心を繋いで、主参照ユニットカメラの基準軸を基準に回転誤差量を計算することができる。すなわち、図14に示すように、4つの中心（230a、230b、230c、230d）の座標の平均を計算すると、並進誤差（translation error）量を計算することができる。また、4つの中心をつないで、MRUカメラの基準軸を基準に回転誤差（rotation error）量を計算することができる。したがって、誤差値から、空間光変調器であるデジタルマイクロミラー素子（DMD）付けのステージを駆動して、デジタルマイクロミラー素子（DM

D)をマルチアレイレンズ(MLA)の中心と角度とが一致するように整列される。このような過程は、非整列誤差が「0」(zero)になるまで繰り返し行う。整列過程が完了すると、デジタルマイクロミラー素子(DMD)のステージは、現在の位置値を記憶して、復旧可能に格納される。

【0086】

一方、前述の第1及び第2実施例の露光方法は、実際、露光工程前または露光工程中に実時間で行うことができる。

【0087】

図17及び図18は、本発明によってデジタルマイクロミラー素子、マルチアレイレンズ及び主参照ユニットの座標系が整列されている状態を示す概略的な断面図であり、まず、プレイトテーブル500上にプレイトホルダー510が設けられ、プレイトホルダー510上にガラス600が置かれている。

【0088】

そして、ガラス600の上部には複数個のマスクレス露光部100A, 100Bが整列されており、複数個のマスクレス露光部100A, 100Bの側部には整列用カメラ700が配置されている。

【0089】

ここで、より詳細には、整列用カメラ700は、プロジェクションレンズの側部に装着されている。

【0090】

一方、マスクレス露光器では、パターンと基準マークが刻まれているマスクがないため、全ての光学的な基準を一つの座標系で高精度に測定して補正及び管理しなければならない。

【0091】

したがって、本発明では、図17に示すように、所定のマスクレス露光部100Aのデジタルマイクロミラー素子120、マルチアレイレンズ130及び主参照ユニット200の光学的な中心を第1軸P1に一致させる。

【0092】

すなわち、デジタルマイクロミラー素子120、マルチアレイレンズ130及び主参照ユニット200の座標系を整列させる。

【0093】

その後、図18に示すように、主参照ユニットカメラ250をスキャン方向に移動させて、整列カメラ700と主参照ユニット200の中心を第2軸P2に一致させる。

【0094】

したがって、第1及び第2軸P1, P2間の変位(Offset)値を測定できるので、この変位値によりデジタルマイクロミラー素子120、マルチアレイレンズ130及び主参照ユニット200の光学的な中心が一致するように補正することができる。

【0095】

このような、光学的な中心を一致させる工程は、図7において整列誤差を補正するために、マルチアレイレンズまたは空間光変調器を移動させて整列する段階の後に行なうことが好ましい。

【0096】

結局、整列用カメラ700は、その中心がデジタルマイクロミラー素子120、マルチアレイレンズ130及び主参照ユニット200の光学的な中心を整列するための基準を備えるために設けられたものである。

【0097】

そして、整列用カメラ700は、パターンを生成するために、露光器の内部にローディングされたガラスの整列マークを認識するために設けられたものである。

【0098】

このように、本発明のマスクレス露光装置及び方法では、測定された変位値により、露

光の品質を決定する核心的な部品を機構的に高精度に整列することができる。

【0099】

以下、本発明では、図7で整列誤差を補正するために、マルチアレイレンズまたは空間光変調器を移動させて整列する‘S50段階’の後に、後述するように、誤整列を補正する段階がさらに備えられることが好ましい。

【0100】

図19は、本発明によって角度を補正するための方法を説明するための図であり、前述の如く、マスクレス露光部と主参照ユニットとを整列した後に、各部品の中心は正確に整列されているが、デジタルマイクロミラー素子(DMD)及びマルチアレイレンズ(MAL)の角度はスキャン軸と整列されているかどうか確認されない。

【0101】

したがって、本発明は、ストライプ(Stripe)パターンをデジタルマイクロミラー素子に入力し、少なくとも2回以上露光のためのスキャンをして、各スキャンパターンの誤差を測定し、この測定された誤差にてデジタルマイクロミラー素子(DMD)及びマルチアレイレンズ(MAL)の角度を補正することを特徴とする。

【0102】

ここで、ストライプパターンは、前述した空間光変調器の第1パターンに該当する。

【0103】

この時、図20に示すように、デジタルマイクロミラー素子からストライプパターンが照射された後、このデジタルマイクロミラー素子(DMD)及びマルチアレイレンズ(MAL)の角度が正確にスキャン軸と整列されていないと、図21に示すように、各スキャンパターンの位置が互いにずれて露光される。

【0104】

このように露光後の測定誤差に基づいてデジタルマイクロミラー素子(DMD)及びマルチアレイレンズ(MAL)の角度を調整し、再露光すると、図22に示すように、デジタルマイクロミラー素子の入力パターンと一致して露光される。

【0105】

図23及び図24は、本発明によってプロジェクションレンズの倍率を補正するための方法を説明するための図であり、プロジェクションレンズの倍率を補正するためには、デジタルマイクロミラー素子から少なくとも2つの十字形状のパターンを45°方向に照射し、これらのパターンを主参照ユニットの第2パターンと比較しながらプロジェクションレンズの倍率を補正する。

【0106】

ここで、デジタルマイクロミラー素子から照射された十字形状のパターンは、前述の第1パターンに該当する。

【0107】

この時、主参照ユニットの第2パターンも、第1パターンに対応するパターン形状としている。

【0108】

したがって、図24に示すように、主参照ユニットカメラで撮影された映像により、デジタルマイクロミラー素子の第1パターン及び主参照ユニットの第2パターンの中心を比較しながら、複雑な露光・現像・乾燥という過程を行うことなくプロジェクションレンズの倍率を測定して補正することができる。

【0109】

図25及び図26は、本発明によってプロジェクションレンズの角度及び間隔が補正される状態を示す図であり、デジタルマイクロミラー素子から照射された仮想的な第1パターンの光と主参照ユニットの第2パターンとを比較して、プロジェクションレンズの角度及び間隔を補正することができる。

【0110】

まず、図25に示すように、プロジェクションレンズの角度及び間隔が一致しない場合

、デジタルマイクロミラー素子から照射された仮想的な第1パターンの光801と主参照ユニットの第2パターン802とがずれてしまう。

【0111】

この外れている状態で誤差を測定し、この測定された誤差により実時間で個別ステージを駆動して補正することによって、より精密な補正結果を得ることができる。

【0112】

したがって、実際の露光工程を行わなくても、図26に示すように、プロジェクションレンズの角度及び間隔を補正することができる。

【0113】

図27は、本発明によるマスクレス露光部の各補正するユニットに駆動ステージが取り付けられた状態を概略的に示す図であり、デジタルマイクロミラー素子、マルチアレイレンズ及びプロジェクションレンズのそれぞれには駆動ステージが設けられている。

【0114】

したがって、本発明は、デジタルマイクロミラー素子の第1パターンの光及び主参照ユニットの第2パターンにより、誤整列状態を上記の個別駆動ステージを駆動させて補正することができる。

【0115】

図28は、本発明によってプロジェクションレンズの誤配列を補正する方法を説明するための図であり、複数個のプロジェクションレンズを使用する場合、プロジェクションレンズの光軸が一定の基準により整列されなければならない。

【0116】

しかし、プロジェクションレンズの光行差(Aberration)などの影響により、それぞれのプロジェクションレンズの中心軸が一致していない場合、すなわち、プロジェクションレンズが誤配列された状態となり、露光時にパターン不良が発生する。

【0117】

この時、いずれか一軸でもずれないと、実際に、露光されたパターンは互いに異なる位置で露光されるから、パターンに位置誤差が発生する。

【0118】

したがって、本発明は、基準軸を設定し(A状態)、複数個のプロジェクションレンズのX軸及びY軸を測定(B状態)した後、これらを補正(C状態)する。

【0119】

図29～図31は、本発明によってプロジェクションレンズのY軸間隔を補正する方法を説明するための図であり、複数個のプロジェクションレンズを通じて露光されたパターンを示している。

【0120】

すなわち、露光されたパターンは互いにずれているが、これは、Y軸(スキャン軸)断面においてプロジェクションレンズの中心軸が各プロジェクションレンズごとに異なっている状態で露光工程を行ったためである。

【0121】

したがって、互いにずれている各プロジェクションレンズごとに露光を通じて生成されるパターンは、Y軸方向に対して互いに異なる位置に存在することになる。

【0122】

結局、全体露光されたパターン領域においてむらとして現れる。

【0123】

したがって、本発明は、複数個のプロジェクションレンズから出射された同一パターンを有する光で露光し、各パターンの位置偏差及び角度誤差を測定し、測定された誤差値を基準にしてプロジェクションレンズのY軸間隔を補正することができる。

【0124】

図32及び図33は、本発明によってプロジェクションレンズのX軸間隔により露光された状態を示す図であり、スキャン軸に直角なX軸断面で、各プロジェクションレンズの

中心軸が一致する場合、正常の露光されたパターンが形成される。

【0125】

すなわち、図32に示すように、露光されたパターンの厚さが均一になる。

【0126】

しかし、各プロジェクションレンズの中心軸が互いにずれている場合、各プロジェクションレンズごとに露光を通じて生成されるパターンが、X軸方向に対して互いに異なる位置に生成される。

【0127】

したがって、非正常の露光されたパターンが形成される、これらは全体パターン領域においてむらとして現れる。

【0128】

図33は、プロジェクションレンズ同士の間隔が広い場合であり、露光されていない非露光領域が生成され、パターンの厚さが変化する。

【0129】

そして、図34は、プロジェクションレンズ同士の間隔が狭い場合であり、過露光領域が生成され、パターンの厚さが変化する。

【0130】

結局、プロジェクションレンズ同士の間隔が基準間隔よりも広いかまたは狭い時は、一部は、スキャンの間に隙間ができながら非露光され、一部は、重畠して過露光されるから、露光されたパターンの品質が不揃いになる。

【0131】

したがって、本発明は、隣接した1対のプロジェクションレンズが同一パターンを有する光を出射するようにし、一つのプロジェクションレンズでテスト領域に露光した後、他のプロジェクションレンズをそのテスト領域へ移動させてそのテスト領域に露光した後、プロジェクションレンズの移動量と露光されたパターンの中心差により当該1対のプロジェクションレンズのX軸間隔誤差を算出し、続いて、算出されたX軸間隔誤差値で1対のプロジェクションレンズのX軸間隔を補正する。

【0132】

上述したような本発明のマスクレス露光方法は、平板ディスプレイパネルを製造する工程中に行う。

【0133】

すなわち、反復的な単位パターンを形成するための露光工程が備えられた平板ディスプレイパネルの製造方法において、この露光工程は、第1パターンを有する光で所定の対象物に露光するマスクレス露光部と、第1パターンを有する光が非透過する第2パターンが形成されている主参照ユニット(MRU)と、主参照ユニットを通過した光を撮影する主参照ユニットカメラと、から構成されたマスクレス露光装置で行い、該露光工程前または露光工程中に、マスクレス露光部から、第1パターンを有する光が非透過する第2パターンが形成されており、光が透過する主参照ユニットに、第1パターンの光を照射し、この主参照ユニットを透過した光を主参照ユニットカメラで撮影し、主参照ユニットカメラで撮影された映像に現れた第1及び第2パターンにて整列誤差を計算し、マルチアレイレンズまたは空間光変調器を移動させて当該整列誤差を補正する工程をさらに含むことを特徴とする。

【0134】

このように、液晶ディスプレイパネル及びプラズマディスプレイパネルなどを含む平板ディスプレイパネルで行われる露光工程は、本発明のマスクレス露光装置及び方法に行うことができる。

【0135】

図35は、本発明の第2実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図であり、所定の対象物1110にマスクなしに露光するマスクレス露光部1100と、対象物1110に露光されたパターンの線幅を測定する線幅測定部1210と、露光されたパタ

ーンの基準線幅範囲があらかじめ格納されている格納部 1230 と、線幅測定部 1210 で測定されたパターンの線幅と格納部 1230 に格納されている基準線幅範囲とを比較する比較部 1220 と、比較部 1220 の出力信号を受信して、測定されたパターンの線幅が基準線幅範囲を外れていると、マスクレス露光部のしきい(Threshold)光量を減少させて、露光されたパターンの線幅が基準線幅範囲内にあるように、制御信号をマスクレス露光部に出力する制御部 1240 と、で構成される。

【0136】

このように構成された本発明の第2実施例によるマスクレス露光装置は、露光されたパターンの線幅を測定し、測定された線幅が基準線幅範囲を外れていると、しきい光量を減少させて、露光されたパターンの線幅が基準線幅範囲内にあるように補正することができる。

【0137】

図36は、本発明の第2実施例によるマスクレス露光方法を説明するためのフローチャートである。まず、マスクレス露光部から所定の対象物に露光する(S1010段階)。

【0138】

その後、対象物に露光されたパターンの線幅を測定する(S1020段階)。

【0139】

続いて、測定されたパターンの線幅が基準線幅範囲内にあるか否かを判断する(S1030段階)。

【0140】

その後、測定されたパターンの線幅が基準線幅範囲を外れていると、マスクレス露光部のしきい光量を減少させて線幅を補正する(S1040段階)。

【0141】

そして、測定されたパターンの線幅が基準線幅範囲内になると、終了する。

【0142】

図37及び図38は、本発明の第2実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図であり、前述のしきい光量は、露光パターンの形成時に、デジタルマイクロミラー素子のピクセルがターゲット(Target)線幅内にどれくらい含まれた時にオン(On)にするかを示す尺度である。

【0143】

そして、しきい光量を低く設定すればするほど、より厚い線幅を得ることができる。

【0144】

すなわち、図37に示すように、しきい光量が100%であれば、デジタルマイクロミラー素子1150は、露光するパターンの外周面1111の内側に該当するピクセル1151がオン(On)になり、図38に示すように、しきい光量が50%であれば、デジタルマイクロミラー素子1150は、露光するパターンの外周面1111を外れるピクセル1152もオンになる。

【0145】

ここで、図37及び図38において陰影で示されたピクセルがオンになったピクセルである。

【0146】

図39は、本発明の第3実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図であり、デジタルマイクロミラー素子のピクセル(Pixel)が選択的にオンになって形成されたパターン光を射出させ、所定の対象物1110を露光するマスクレス露光部1100と、マスクレス露光部1100の積算露光エネルギーを測定する積算露光エネルギー測定部1310と、マスクレス露光部1100の基準積算露光エネルギーが格納されている格納部1330と、積算露光エネルギー測定部1310で測定された積算露光エネルギーと格納部1330に格納されている基準露光エネルギーとを比較する比較部1320と、測定された積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高い場合、比較部1320の出力を受信して、マスクレス露光部の積算露光エネルギーが基準露光エネルギーと一致するよ

うに、オンになったデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにする制御部 1340と、で構成される。

【0147】

したがって、本発明の第3実施例によるマスクレス露光装置は、露光部の積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高い場合、デジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにし、マスクレス露光部の積算露光エネルギーを基準露光エネルギーと一致させることによって、露光されたパターンのむら発生を減少させることができる。

【0148】

図40は、本発明の第3実施例によるマスクレス露光方法を説明するためのフローチャートであり、デジタルマイクロミラー素子のピクセルが選択的にオンになって形成されたパターン光をマスクレス露光部から出射させて、所定の対象物を露光する(S1110段階)。

【0149】

ここで、マスクレス露光部は、対象物を一方向にスキャンしながら露光することが好ましい。

【0150】

その後、マスクレス露光部の積算露光エネルギーを測定する(S1120段階)。

【0151】

続いて、測定された積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高いか否かを判断する(S1130段階)。

【0152】

続いて、測定された積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高い場合、オンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにして、マスクレス露光部の積算露光エネルギーを基準露光エネルギーと一致させる(S1140段階)。

【0153】

ここで、積算露光エネルギーを測定する際には、露光された対象物領域を複数個の領域に分割し、分割された領域のそれぞれにおいて積算露光エネルギーを測定することが好ましい。

【0154】

そして、測定された積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高いか否かを判断する際には、分割された領域のそれぞれにおいて測定された積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高いか否かを判断することが好ましい。

【0155】

そして、測定された積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高い場合、分割された領域を露光させるオンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにして、マスクレス露光部の積算露光エネルギーを基準露光エネルギーと一致させる。

【0156】

また、分割された各領域の一つは、オンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルのうちの一つであり、測定された積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高い場合、分割された領域のそれぞれを露光させるオンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルをオフにして、マスクレス露光部の積算露光エネルギーを基準露光エネルギーと一致させることが好ましい。

【0157】

前述のように、本発明の第3実施例によるマスクレス露光方法は、デジタルマイクロミラー素子のピクセルの積算露光エネルギーが基準値よりも大きい値を有するピクセルを強制的にオフにして、マスクレス露光部の積算露光エネルギーを均一に分布させることができる。

【0158】

図41は、本発明によってマスクレス露光部のプロジェクションレンズで積算露光エネ

ルギーを説明するための図であり、マスクレス露光部では、プロジェクションレンズを通過しながら光源のエネルギーがプロジェクションレンズ 1170 の中心部では高く、周辺部では低くなる。

【0159】

したがって、マスクレス露光部が一方向にスキャンする場合、積算露光エネルギーが位置別に異なってくる。

【0160】

したがって、本発明の第3実施例では、測定された積算露光エネルギーが基準露光エネルギーよりも高い場合、オンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにして、マスクレス露光部の積算露光エネルギーを基準露光エネルギーと一致させることによって、エネルギー差を調節することができる。

【0161】

図42は、本発明の第4実施例によるマスクレス露光方法のフローチャートであり、デジタルマイクロミラー素子のピクセルが選択的にオンになって形成されたパターン光をマスクレス露光部から出射する(S1210段階)。

【0162】

その後、マスクレス露光部から出射されたパターン光の照度を測定する(S1220段階)。

【0163】

続いて、測定された照度により、オンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにすることができるブランクイメージ(Blank image)を生成する(S1230段階)。

【0164】

その後、生成されたブランクイメージによって、オンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにし、マスクレス露光部は所定の対象物を露光する(S1240段階)。

【0165】

この時、マスクレス露光部が複数個配列されている場合、各スキャン領域の境界地点のブランクイメージを重畠させて、それぞれのマスクレス露光部により露光させることによって、スキャン領域の境界地点における照度を上げ、露光されたパターンにおいてむらの発生を減少させることができる。

【0166】

図43～図45は、本発明の第4実施例によって生成されたブランクイメージにより原パターン光のエネルギーが均一になる様子を説明するためのグラフであり、図43に示すように、マスクレス露光部から出射されるパターン光のエネルギー分布1410は均一でない。

【0167】

したがって、前述のように、マスクレス露光部から出射されたパターン光の照度を測定し、この測定された照度により、オンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにすることができるブランクイメージを生成する。このブランクイメージのエネルギー分布1420が、図44に示されている。

【0168】

結局、生成されたブランクイメージによって、オンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにすると、図45に示すように、エネルギー分布1430は均一になって、照度偏差を除去し、露光されたパターンにおいてむら発生を減少させることができる。

【0169】

図46及び図47は、本発明の第4実施例によってブランクイメージを生成することを説明するための図であり、ブランクイメージを生成するために、図46に示すように、ターゲット(Target)光量を設定し、Y軸にスキャンしながら照度を測定する。

【 0 1 7 0 】

この測定された照度により図 4 7 の ‘ 1 5 0 0 ’ で示すようなプランクイイメージを生成することができる。

【 0 1 7 1 】

このプランクイイメージの生成を説明すると、まず、位置別にスキャンされた照度値をインデックス (Index)_(i) と定義し、インデックス_(i) (mm/mJ) = 解像度 (mm) / 初期積算光量 (mJ) × 実際スキャンピクセルで示される。

【 0 1 7 2 】

この時、照度偏差を delintensity と定義し、測定された照度を dataintensity_(i) と定義し、基準照度を dataintensity_{min=target} と定義すれば、 delintensity = dataintensity_(i) - dataintensity_{min=target} で示される。

【 0 1 7 3 】

そして、マスキング距離 (Masking distance) は、 delintensity × インデックス_(i) で示される。

【 0 1 7 4 】

また、該当の領域でオフにするデジタルマイクロミラー素子のピクセルであるマスキングピクセル (Masking Pixel) は、マスキング距離 × 解像度で示される。

【 0 1 7 5 】

したがって、X 座標は測定位置、Y 座標はマスクピクセルとなり、プランクイイメージを生成することができる。

【 0 1 7 6 】

上述した本発明のマスクレス露光方法は、平板ディスプレイパネルを製造する工程中に行う。

【 0 1 7 7 】

すなわち、反復的な単位パターンを形成するための露光工程が備えられた平板ディスプレイパネルの製造方法において、この露光工程は、しきい光量を減少させて、露光されたパターンの線幅を補正する工程と、積算露光エネルギーを基準露光エネルギーと一致させる工程と、露光のための光のエネルギー分布と反対のエネルギー分布を有するプランクイイメージにより露光のための光のエネルギー分布を均一にする工程のうち一つをさらに含むことを特徴とする。

【 0 1 7 8 】

ここで、露光工程は、デジタルマイクロミラー素子のピクセルが選択的にオンになって形成されたパターン光を出射し露光するマスクレス露光部で行い、積算露光エネルギーを基準露光エネルギーと一致させる工程は、オンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにすることによって行うことが好ましい。

【 0 1 7 9 】

そして、プランクイイメージは、オンになっているデジタルマイクロミラー素子のピクセルの一部をオフにさせうるイメージである。

【 0 1 8 0 】

このように、液晶ディスプレイパネル及びプラズマディスプレイパネルなどを含む平板ディスプレイパネルで行われる露光工程は、本発明のマスクレス露光装置及び方法に行うことができる。

【 0 1 8 1 】

図 4 8 は、本発明の第 5 実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図であり、光を出射する光源 2 1 1 0 と、光源 2 1 1 0 から出射された光を、パターンを有する光として反射させる空間光変調器 (Spatial Light Modulator : SLM) 2 1 2 0 と、空間光変調器 2 1 2 0 から出射された光を拡張させるビーム拡張器 (Beam Expander) 2 1 3 0 と、ビーム拡張器 2 1 3 0 で拡張された光を複数本の光に分離して集光させるように、複数個のレンズがアレイされているマルチアレイレンズ (Multi Array Lens : MAL) 2 1 4 0 と、マルチアレイレンズ 2 1 4 0 で集光された光の解像度を調整して対象物 2 1 7 5 に

透過させるプロジェクションレンズ 160 と、プロジェクションレンズ 2160 と対象物 2175との間の作業距離 (Working distance : WD) を一次に調整するために、マルチアレイレンズ 2140 を Z 軸に駆動させるアクチュエータ 2150 と、対象物が載置されており、プロジェクションレンズ 2160 と対象物 2175との間の作業距離を 2 次に調整するためのステージレベリングモーター 2180 が設けられているステージ 2170 と、で構成される。

【0182】

ここで、プロジェクションレンズ 2160 と対象物 2175との間の作業距離を測定する自動フォーカス (Auto Focus) センサーをさらに設けることが好ましい。

【0183】

すなわち、自動フォーカスセンサーは、作業距離が焦点深度 (Depth Of Focus) 内に位置するか否かをセンシングする。

【0184】

この自動フォーカスセンサーは、レーザー、赤外線、超音波などで作業距離を測定することができて、CCD を用いたビジョン (Vision) で作業距離を測定することができる。

【0185】

図 49 は、本発明の第 5 実施例によるマスクレス露光方法のフローチャートであり、まず、マルチアレイレンズを有しているマスクレス露光部と対象物との間の作業距離を測定する (S2010 段階)。

【0186】

その後、測定された作業距離が基準作業距離範囲内にあるか否かを判断する (S2020 段階)。

【0187】

続いて、測定された作業距離が基準作業距離範囲を外れていると、マスクレス露光部のマルチアレイレンズのみを移動させて、フォーカス (Focus) を調整する (S2030 段階)。

【0188】

一方、測定された作業距離が基準作業距離範囲内にあると、マスクレス露光部が対象物を露光する (S2040 段階)。

【0189】

図 50 は、本発明の第 5 実施例によるマスクレス露光装置でフォーカスを調整する方法を説明するための概略図である。本発明では、ビーム拡張器 2130 及びプロジェクションレンズ 2160 は固定しておき、マルチアレイレンズ 2150 を Z 軸に移動させるアクチュエータを駆動して、マスクレス露光部のフォーカスを調整する。

【0190】

この時、マルチアレイレンズ 2150 はナノ (Nano) 級で動かさなければならないため、ピエゾ (Piezo) アクチュエータまたはボイスコイルモーター (Voice Coil Motor) のような精密なアクチュエータを使用する。

【0191】

一方、既存の露光装置では、フォーカスを調整するために、プロジェクションレンズ全体を上下に移動させたり、プロジェクションレンズのうち、フォーカスを調整できる特定レンズを上下に移動させたりしてフォーカスを調整したため、非常に精密なプロジェクションレンズの微細調整に誤りが生じることがあり、アレイされた複数個のマスクレス露光部から構成する時、隣接露光部と干渉が生じるという不具合があった。

【0192】

そこで、本発明は、マルチアレイレンズを Z 軸に移動させてフォーカスを調整し、これにより、複数個のマスクレス露光部がアレイされても機構的な干渉を防止することができる。

【0193】

図 51 及び図 52 は、本発明の第 5 実施例によってマルチアレイレンズの移動によりフ

オーカスが変更されることを説明するための図であり、図51に示すように、マルチアレイレンズ2140のフォーカスが‘A’線上にある時、図52に示すように、マルチアレイレンズ2140をZ軸方向に下降させると、フォーカスは‘A’線上よりも低い位置の‘B’線上に位置することとなる。

【0194】

したがって、マルチアレイレンズ2140をZ軸方向に上下することで、フォーカスが変更される。

【0195】

図53は、本発明の第5実施例によってマスクレス露光部がスキャンするにつれて可変する対象物の表面状態を説明するための図であり、マスクレス露光部はプロジェクションレンズ2161を備えている。

【0196】

このマスクレス露光部がスキャンする前である初期状態で、対象物の作業表面(Work Surface)は、プロジェクションレンズ2161のZ軸ストローク(Stroke)範囲内に存在するが、スキャンの後半部に行くと、対象物の作業表面はプロジェクションレンズ2161のZ軸ストローク範囲外に存在することになる。

【0197】

このような場合、マルチアレイレンズをZ軸に駆動させるアクチュエータであるマルチアレイレンズ(MAL)ステージ2151のみではフォーカスを設定できないので、プロジェクションレンズ2161のZ軸ストローク内に作業表面をセッティングするためには、ステージに装着されたステージレベリングモーターの駆動が必要となる。

【0198】

したがって、自動フォーカスを設定するために、マルチアレイレンズステージ2151はマイクロ(Micro)駆動を行い、ステージレベリングモーターはマクロ(Macro)駆動を行う。

【0199】

このため、図54に示すように、ステージ2170には3個のステージレベリングモーターが装着されており、3個のステージレベリングモーターで平面を制御する。

【0200】

参考として、図54には2個のステージレベリングモーター2181, 2182が示されている。

【0201】

図55は、本発明の第6実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図であり、所定の対象物にマスクなしに露光する複数個のマスクレス露光部2100と、マスクレス露光部2100と対象物との間の作業距離を測定するために、複数個のマスクレス露光部2100の前方に配置している前方自動フォーカスセンサー2200と、マスクレス露光部2100と対象物との間の作業距離を測定するために、複数個のマスクレス露光部2100の後方に配置している後方自動フォーカスセンサー2300と、で構成される。

【0202】

ここで、対象物は、ステージに載置されており、それらマスクレス露光部2100と対象物との間の作業距離を調整するためのステージレベリングモーターが、ステージに設けられている。

【0203】

そして、前方自動フォーカスセンサー2200は、マスクレス露光部2100のZ軸変位とステージレベリングモーターで駆動される参照(Reference)平面を同時に測定するよう、少なくとも3個で構成する。

【0204】

また、後方自動フォーカスセンサー2300は、前方自動フォーカスセンサー2200を使用する場合は、前方を基準にステージレベリングモーターが駆動されるから、後方自

動フォーカスセンサー 2300 位置でプロジェクションレンズを基準に作業距離が焦点深度 (Depth Of Focus) を外れることがあり、これを防止するためのモニタリング用として使われる。

【0205】

図 56 は、本発明の第 7 実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図であり、所定の対象物 2175 が載置されているステージ 2170 と、対象物 2175 にマスクなしに露光するマスクレス露光部 2100 と、マスクレス露光部 2100 のフォーカス距離を測定するフォーカス距離測定部 2210 と、フォーカス距離測定部 2210 で測定されたフォーカス距離が格納される格納部 2220 と、格納部 2220 に格納されたフォーカス距離が維持されるように、マスクレス露光部 2100 及びステージ 2170 を移動させるための制御信号を出力する制御部 2230 と、で構成される。

【0206】

ここで、フォーカス距離は、マスクレス露光部 2100 が対象物 2175 に最適のフォーカスを形成できる距離を指す。

【0207】

このように構成された本発明の第 7 実施例によるマスクレス露光装置は、フォーカス距離測定部 2210 でマスクレス露光部 2100 のフォーカス距離を測定し、この測定されたフォーカス距離は前記格納部 2220 に格納されて、前記格納部 2220 に格納されたフォーカス距離がマスクレス露光部 2100 と対象物 2175 との間に維持されうるように、制御部 2230 は制御信号を出力し、マスクレス露光部 2100 及びステージ 2170 を移動させてフォーカスを合わせる。

【0208】

図 57 は、本発明の第 7 実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図であり、図 56 に示すフォーカス距離測定部 2210 は、マスクレス露光部のそれぞれがスキャンしたステージの軌跡を複数個の位置に細分化し、これらの細分化された複数個の位置のそれぞれでフォーカス距離を測定する位置マッピング (Position mapping) センサー 2310 とすることが好ましい。

【0209】

この位置マッピングセンサー 2310 は、前述した前方自動フォーカスセンサーのうちいずれか一つで具現しても良い。

【0210】

したがって、スキャンされたステージの軌跡が細分化された複数個の位置のそれぞれで測定されたフォーカス距離は、下記の表で示される。

【0211】

この時、それぞれのマスクレス露光部はプロジェクションレンズを備えているので、図 57 及び下記の表は、マスクレス露光部をプロジェクションレンズとして図示及び表記する。

【0212】

したがって、各プロジェクションレンズ Lens 1 ~ Lens 5 のそれぞれでスキャンしたステージの細分化された軌跡の位置 P1 ~ P5 のそれぞれにフォーカス距離が測定され、下記の表 1 のように示される。

【0213】

すなわち、第 1 プロジェクションレンズ Lens 1 の 'P1' 位置のフォーカス距離は 'LP1 - 1' であり、第 2 プロジェクションレンズ Lens 2 の 'P2' 位置のフォーカス距離は 'LP2 - 2' である。

【0214】

【表1】

	Lens1	Lens2	Lens3	Lens4	Lens5
P1	LP1-1	LP2-1	LP3-1	LP4-1	LP5-1
P2	LP1-2	LP2-2	LP3-2	LP4-2	LP5-2
P3	LP1-3	LP2-3	LP3-3	LP4-3	LP5-3
P4	LP1-4	LP2-4	LP3-4	LP4-4	LP5-4
P5	LP1-5	LP2-5	LP3-5	LP4-5	LP5-5
...

【0215】

図58は、本発明の第7実施例によるマスクレス露光方法のフローチャートであり、まず、マスクレス露光部の下部に、露光する対象物を載置できるステージを配置する(S2110段階)。

【0216】

その後、マスクレス露光部でステージをスキャンする(S2120段階)。

【0217】

続いて、マスクレス露光部のそれぞれがスキャンしたステージの軌跡を、複数個の位置に細分化し、この細分化された複数個の位置でマスクレス露光部のそれぞれの最適フォーカス距離を抽出する(S2130段階)。

【0218】

続いて、ステージに露光する対象物を載置する(S2140段階)。

【0219】

その後、細分化された複数個の位置で抽出された最適フォーカス距離を維持しながら、それらマスクレス露光部で対象物を露光する(S2150段階)。

【0220】

対象物はステージレベリングモーターの設けられているステージ上部に載置されており、抽出された最適フォーカス距離を維持しながら、それらマスクレス露光部で対象物を露光する段階は、ステージレベリングモーターを駆動させ、抽出された最適フォーカス距離を維持しながら、マスクレス露光部により対象物に露光する段階とすることが好ましい。

【0221】

図59は、本発明の第7実施例によってマスクレス露光装置のフォーカスを調整することを説明するための図であり、前述のように、抽出されたフォーカス距離を維持するために、マスクレス露光部の調整は、マルチアレイレンズをZ軸に駆動させるアクチュエータであるマルチアレイレンズ(MAL)ステージ2151のみでマイクロ(Micro)駆動し、対象物の載置されているステージ2170に設けられているステージレベリングモーター-2181, 2182, 2183でマクロ(Macro)駆動することによって行う。

【0222】

すなわち、マスクレス露光部は、光を出射する光源と、光源から出射された光を、パターンを有する光として反射させる空間光変調器(SLM)と、空間光変調器から出射された光を拡張させるビーム拡張器と、ビーム拡張器で拡張された光を複数本の光に分離して集光させるように、複数個のレンズがアレイされているマルチアレイレンズ(MAL)と、マルチアレイレンズで集光された光の解像度を調整して対象物に透過させるプロジェクションレンズと、で構成される。

【0223】

上述したような本発明のマスクレス露光方法は、平板ディスプレイパネルを製造する工程中に行う。

【0224】

したがって、マスクレス露光部により対象物に露光パターンを形成するための露光工程を含む平板ディスプレイパネルの製造方法において、この露光工程は、マスクレス露光部と対象物との間の作業距離を測定し、測定された作業距離が基準作業距離範囲を外れていると、マスクレス露光部のマルチアレイレンズのみ移動させてフォーカスを調整する工程

、または、マスクレス露光部でステージをスキャンし、そのスキャン軌跡の細分化された位置でマスクレス露光部のフォーカス距離を抽出し、細分化された位置で抽出されたフォーカス距離を維持しながら露光する工程を含むことを特徴とする。

【0225】

このように、液晶ディスプレイパネルとプラズマディスプレイパネルなどを含む平板ディスプレイパネルで行われる露光工程は、本発明のマスクレス露光装置及び方法に行うことができる。

【0226】

図60は、本発明の第8実施例によるマスクレス露光装置の概略的な構成を示す図であり、マスクレス露光装置は、少なくとも一つのマスクレス露光部3100を含む。

【0227】

このマスクレス露光部3100は、光源3110から入射した光を反射させて、少なくとも二つの連続した重畠パターンを有する光を出射するデジタルマイクロミラー素子(DMD)3120と、デジタルマイクロミラー素子3120から出射した光を複数本の光に分離して集光させるように、複数個のレンズがアレイされているマルチアレイレンズ(MAL)3130と、マルチアレイレンズ3130で集光された光の解像度を調整して透過させるプロジェクションレンズ3140と、を含んで構成される。

【0228】

このように構成されたマスクレス露光部は、光源3110から光を出射し、デジタルマイクロミラー素子3120で光源3110から出射した光を少なくとも二つの連続した重畠パターンを有する光として反射させる。

【0229】

すなわち、デジタルマイクロミラー素子3120は、光源3110の光を、第1パターンを有する光として反射させた後、光源3110の光を受光してそれを第1パターンと重畠される第2パターンを有する光として反射させる。

【0230】

したがって、デジタルマイクロミラー素子3120は、重畠された第1及び第2パターンを有する光を連続的に生成して出射させる。

【0231】

そして、デジタルマイクロミラー素子3120から反射された光を、マルチアレイレンズ3130で複数本の光に分離して集光させ、プロジェクションレンズ3140は、マルチアレイレンズ3130で集光された光の解像度を調整して透過させることで、マスクなしに露光することができる。

【0232】

したがって、デジタルマイクロミラー素子3120が、重畠された少なくとも二つの連続したパターンを有する光を反射させることによって、マスクレス露光装置は、重畠された露光パターンをガラスに形成することができ、むらを減少させることができる。

【0233】

一方、これらのパターンは25%~75%重畠されていることが好ましい。

【0234】

図61は、本発明の第8実施例によるマスクレス露光方法の概略的なフローチャートであり、マスクレス露光部で重畠された少なくとも二つの連続したパターンを有する光を生成する(S3010段階)。

【0235】

ここで、これらのパターンは25%~75%重畠されていることが好ましい。

【0236】

その後、マスクレス露光部で生成された重畠された連続したパターンを有する光でガラスを露光し、該ガラスに重畠された露光パターンを形成する(S3020段階)。

【0237】

ここで、重畠された露光パターンを形成する段階は、マスクレス露光部により連続した

パターンの個数と同じ回数でガラスをスキャンすることによって、重畠された露光パターンを形成することが好ましい。

【0238】

すなわち、マスクレス露光部がガラスを2回スキャンすると、連続したパターンの個数は2であり、ガラスには二つのパターンが形成され、二つのパターンの間は重畠されている。

【0239】

そして、マスクレス露光部がガラスを3回スキャンすると、連続したパターンの個数は3個であり、ガラスには三つのパターンが形成され、三つのパターンの間は重畠されている。

【0240】

図62は、本発明の第8実施例によるマスクレス露光方法を説明するための概念図であり、 $M \times N$ (mm) の大きさを有するガラス3300を2個のマスクレス露光部3410, 3420でスキャンして露光する場合、それぞれのマスクレス露光部3410, 3420は、3回スキャンして全体ガラスを露光する。

【0241】

すなわち、これらマスクレス露光部は複数回スキャンしてガラスに露光パターンを形成する。

【0242】

この時、それぞれのマスクレス露光部は、デジタルマイクロミラー素子(DMD)を備えており、このデジタルマイクロミラー素子は、ガラスに3回スキャンしながら露光するための光を反射させ、この反射された光は重畠された連続したパターンで形成されている。

【0243】

したがって、図62に示すように、1番目のスキャン時に、デジタルマイクロミラー素子から照射された領域3411、2番目のスキャン時に、デジタルマイクロミラー素子から照射された領域3412、3番目のスキャン時に、デジタルマイクロミラー素子から照射された領域3413は順次にガラス3300に形成され、各領域3411, 3412, 3413の間は重なっている。

【0244】

図63及び図64は、本発明によって重畠された露光パターンが形成される過程を説明するための概略的な概念図であり、まず、二つの連続した重畠パターンを有する光がマスクレス露光部から出射される場合、ガラス3300の上部をマスクレス露光部が2回スキャンすると、図63に示すように、マスクレス露光部に備えられているデジタルマイクロミラー素子から照射された領域3411, 3412は重なり合う。

【0245】

したがって、図64に示すように、マスクレス露光部が1番目のスキャン時に照射された領域3411と2番目のスキャン時に照射された領域3412とから、露光されたパターンは形成され、1番目のスキャンで照射された領域3411と2番目のスキャンで照射された領域3412とは重なり合い、この重畠領域3430に形成された露光されたパターン3510も重畠される。

【0246】

図65及び図66は、本発明によって2個のマスクレス露光部における初期照度分布を測定したグラフである。同図に示すように、2個のマスクレス露光部のスキャン回数による積算露光エネルギーはガウス分布となることがわかる。

【0247】

この時、各マスクレス露光部の初期照度分布は、3.5%と4.0%となる。したがって、マスクレス露光部間の内部歪み及び解像度のような非線形特性を有する変数によって異なる照度分布を有するため、露光されたパターンにむらができる。

【0248】

このような露光されたパターンにおけるむらを、本発明では露光パターンを重畠させることによって減少させることができる。

【0249】

図67は、本発明によって25%重畠された露光パターンを形成するための方法を説明するための概略的な概念図であり、マスクレス露光部3100が1番目のスキャン時にマスクレス露光部のデジタルマイクロミラー素子から照射された第1領域3451と、2番目のスキャン時にマスクレス露光部のデジタルマイクロミラー素子から照射された第2領域3452とは、25%重なり合っている。

【0250】

この時、第1領域3451の中心と第2領域3452の中心間の距離を、ステップ距離(Step distance)と定義すると、ステップ距離L_{step}はスキャン倍速モードに反比例し、スキャン速度はスキャン倍速モードに比例する。

【0251】

したがって、スキャン倍速モードを制御すると、重畠領域を制御することができる。

【0252】

すなわち、スキャン倍速モードを上げるとステップ距離が短くなり、重畠領域は広くなる。

【0253】

その結果、スキャン速度を上げると、重畠領域が広くなる。

【0254】

したがって、スキャン速度を制御すると、1番目のスキャンで照射された領域と2番目のスキャンで照射された領域の25%を重畠させることができる。

【0255】

図68～図70は、本発明によって重畠領域の照度分布を測定したグラフであり、前述のように、本発明は、重畠された露光パターンを形成することで、露光パターンのむらを除去する。

【0256】

この時、露光パターンは25%～75%重畠されていることが好ましい。

【0257】

すなわち、25%以下に重畠させるとむら除去が容易でなく、75%以上にすると過露光とされ、重畠領域の厚さが厚くなるという不具合がある。

【0258】

まず、図68で、「A」グラフは、重畠されていない領域の照度分布図であり、「B」グラフは、25%重畠された領域の照度分布図である。

【0259】

ここで、照度はガウス分布を有するから、重畠されていない領域では、「A1」のように、照度がほとんど存在しない領域が存在して、むらが発生し、最高ピーク(Peak)の照度を有する領域と照度がほとんど存在しない領域との差が大きいことがわかる。

【0260】

一方、25%が重畠された領域では、「B1」と「B2」のように照度が最下である領域でも一定レベルの照度が存在し、最高ピークの照度を有する領域と最下の照度を有する領域との差が、重畠されていない領域の照度分布図に比べて非常に減り、むらが減少することがわかる。

【0261】

そして、図69の「C」グラフは、50%が重畠された領域の照度分布図であり、図70の「D」グラフは、75%が重畠された領域の照度分布図である。

【0262】

ここで、図69の50%が重畠された領域における最下照度の領域C1, C2, C3, C4, C5と、図70の75%が重畠された領域における最下照度の領域D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7の照度は、25%が重畠された領域における最下照度の領域

B₁の照度よりも高く、重畠比率が増加するほど益々照度は一定になり、むらが減少することがわかる。

【0263】

言い換えると、露光パターンを重畠させると、重畠された領域における照度プロファイルが相殺し、均一になることができる。

【0264】

上記の第2実施例～第6実施例のマスクレス露光方法は、第1実施例のマスクレス露光方法の整列誤差を補正するために、マルチアレイレンズまたは空間光変調器を移動させて整列する段階後に行なうことが好ましい。

【0265】

以上では本発明の実施例による発明の構成について詳細に説明してきたが、本発明は、それらの実施例に限定されず、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲内で様々な変形実施が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0266】

マスクレス露光部の光学的な整列をより高精度に行なうことができ、露光パターンにおけるむらの発生を減少させることができるマスクレス露光方法を提供することができる。