

【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 0 3 F 7/20 (2006.01)

H 0 1 L 21/027 (2006.01)

G 0 2 B 3/00 (2006.01)

【F I】

G 0 3 F 7/20 5 0 1

H 0 1 L 21/30 5 1 6 A

H 0 1 L 21/30 5 0 2 P

H 0 1 L 21/30 5 1 5 F

H 0 1 L 21/30 5 2 9

G 0 2 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 に記載のマスキレス露光方法。

**【請求項 4】**

前記マスキレス露光部には、

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 ( P 1 ) 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 ( P 1 , P 2 ) 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、

をさらに行うことを特徴とする請求項 3 に記載のマスキレス露光方法。

**【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 に記載のマスキレス露光方法。

**【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 に記載のマスキレス露光方法。

**【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 に記載のマスキレス露光方法。

**【請求項 8】**

前記マスキレス露光部は、複数個であり、

前記補正する段階は、

前記複数個のマスキ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 に記載のマスキレス露光方法。

**【請求項 9】**

前記マスキレス露光部は、複数個であり、

前記補正する段階は、

隣接するマスキレス露光部の 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畳させ、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畳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畳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、前記ガラスに重畳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 20】

前記重畳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、重畳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 19 に記載の  
マスクレス露光方法。

【請求項 21】

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: MRU)  
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 22】

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  
(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 A  
rray 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、から構成されることを特徴とする請求項 21 に記載のマスクレス露光装置。

【請求項 23】

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 22 に記載のマスクレス露光装置。

【請求項 24】

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 23 に記載のマスクレス露光装置。

【請求項 25】

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 22 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置であり、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 から発せられた光が、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) にさせうるブランクイメージを生成し、このブランクイメージを用いて、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。

【 0 0 1 5 】

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。

【 0 0 1 6 】

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、構造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。

【 0 0 1 7 】

また、本発明は、露光パターンを重畳させ、重畳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】

【 0 0 1 8 】

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】

【 0 0 1 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という効果を奏する。

【 0 0 2 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という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【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 実施例によってブランク (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 実施例によってブランク (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】本発明によって重畳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】本発明によって重畳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 2.5 % 重畳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】本発明によって重畳領域の照度分布を測定したグラフである。

【図 6 9】本発明によって重畳領域の照度分布を測定したグラフである。

【図 7 0】本発明によって重畳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】

【0022】

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。

【0023】

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照ユニット (Master Reference Unit: MRU) 200 と、この主参照ユニット 200 を透過した光を撮影する主参照ユニットカメラ 250 と、で構成される。

【0024】

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 パターン及び主参照ユニット 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。

【0025】

ここで、主参照ユニット 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。

【0026】

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。

【0027】

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。

【0028】

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。

【0029】

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も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 1 2 5 , 2 1 0 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 ( S L M ) 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 ( M A L ) 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 ( S 1 0 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 ( S 2 0 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 ( S 3 0 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 ( S 4 0 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 ( S 5 0 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 S 1 0 段階 ~ S 5 0 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 1 0 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 1 2 1 の複数個のマイクロミラー 1 2 2 が四角形状とされており、複数個のマイクロミラー 1 2 2 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 1 2 5 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 1 0 のようになる。

## 【 0 0 5 4 】

図 1 1 及び図 1 2 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 1 1 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 1 2 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 2 1

0 がデジタルマイクロミラー素子 1 2 1 の複数個のマイクロミラー 1 2 2 が反射する光領域に重畳され、前記第 2 パターン 2 1 0 が重畳された光領域 2 2 0 は明るさが減少する。

【 0 0 5 5 】

図 1 3 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。

【 0 0 5 6 】

まず、マルチアレイレンズ ( M A L ) のステージを初期化する ( S 1 1 0 段階 )。

【 0 0 5 7 】

すなわち、原点にセッティングする。

【 0 0 5 8 】

その後、主参照ユニット ( M R U ) ステージを移動させる ( S 1 2 0 段階 )。

【 0 0 5 9 】

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。

【 0 0 6 0 】

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 ( S 1 3 0 段階 )。

【 0 0 6 1 】

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。

【 0 0 6 2 】

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 ( S 1 4 0 段階 )。

【 0 0 6 3 】

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。

【 0 0 6 4 】

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 ( S 1 5 0 段階 )。

【 0 0 6 5 】

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。

【 0 0 6 6 】

続いて、このドットの中心値から整列誤差を計算する ( S 1 6 0 段階 )。

【 0 0 6 7 】

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。

【 0 0 6 8 】

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。

【 0 0 6 9 】

続いて、整列誤差が ' 0 ' か判断する ( S 1 7 0 段階 )。

【 0 0 7 0 】

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 ( S 1 9 0 段階 )、整列誤差が ' 0 ' でないと、マルチアレイレンズ M A L のステージを移動させる ( S 1 8 0 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。

【 0 0 7 1 】

図 1 4 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。

【 0 0 7 2 】

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（S 2 1 0 段階）。

【0 0 7 3】

すなわち、原点にセッティングする。

【0 0 7 4】

その後、主参照ユニットMRUステージを移動させる（S 2 2 0 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（S 2 3 0 段階）。

【0 0 7 5】

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。

【0 0 7 6】

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（S 2 4 0 段階）。

【0 0 7 7】

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（S 2 5 0 段階）。

【0 0 7 8】

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。

【0 0 7 9】

その後、計算された重心から整列誤差を計算する（S 2 6 0 段階）。

【0 0 8 0】

ここで、整列誤差は、並進誤差及び回転誤差を含む。

【0 0 8 1】

続いて、整列誤差が「0」か判断する（S 2 7 0 段階）。

【0 0 8 2】

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（S 2 9 0 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（S 2 8 0 段階）。

【0 0 8 3】

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。

【0 0 8 4】

すなわち、図 1 5 に示すように、第 2 パターン 2 1 0 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 2 1 0 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 2 1 0 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 1 2 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 2 1 0 がデジタルマイクロミラー素子 1 2 1 の複数個のマイクロミラー 1 2 2 が反射する光領域に重畳され、前記第 2 パターン 2 1 0 が重畳された光領域 2 2 0 は明るさが減少されるため、図 1 6 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（2 3 0 a、2 3 0 b、2 3 0 c、2 3 0 d）を求めることができる。

【0 0 8 5】

そして、図 1 6 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 1 4 に示すように、4 つの中心（2 3 0 a、2 3 0 b、2 3 0 c、2 3 0 d）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、プレートテーブル500上にプレートホルダー510が設けられ、プレートホルダー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キレス露光部100A, 100Bが整列されており、複数個のマスキレス露光部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、マスキレス露光器では、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、所定のマスキレス露光部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、本発明のマスキ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、マスキュラ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 8 0 1 と主参照ユニットの第 2 パターン 8 0 2 とがずれてしまう。

【 0 1 1 1 】

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。

【 0 1 1 2 】

したがって、実際の露光工程を行わなくても、図 2 6 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。

【 0 1 1 3 】

図 2 7 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。

【 0 1 1 4 】

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。

【 0 1 1 5 】

図 2 8 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ていなければならない。

【 0 1 1 6 】

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。

【 0 1 1 7 】

この時、いずれか一軸でもずれていると、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。

【 0 1 1 8 】

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。

【 0 1 1 9 】

図 2 9 ~ 図 3 1 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。

【 0 1 2 0 】

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。

【 0 1 2 1 】

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。

【 0 1 2 2 】

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。

【 0 1 2 3 】

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。

【 0 1 2 4 】

図 3 2 及び図 3 3 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、スキンの間に隙間ができながら非露光され、一部は、重畳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キレス露光方法は、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キレス露光部と、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キレス露光装置で行い、該露光工程前または露光工程中に、マスキレス露光部から、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、本発明のマスキ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実施例によるマスキ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キレス露光部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 1 2 3 0 と、線幅測定部 1 2 1 0 で測定されたパターンの線幅と格納部 1 2 3 0 に格納されている基準線幅範囲とを比較する比較部 1 2 2 0 と、比較部 1 2 2 0 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 1 2 4 0 と、で構成される。

【0 1 3 6】

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。

【0 1 3 7】

図 3 6 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 (S 1 0 1 0 段階)。

【0 1 3 8】

その後、対象物に露光されたパターンの線幅を測定する (S 1 0 2 0 段階)。

【0 1 3 9】

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 (S 1 0 3 0 段階)。

【0 1 4 0】

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 (S 1 0 4 0 段階)。

【0 1 4 1】

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。

【0 1 4 2】

図 3 7 及び図 3 8 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。

【0 1 4 3】

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。

【0 1 4 4】

すなわち、図 3 7 に示すように、しきい光量が 1 0 0 % であれば、デジタルマイクロミラー素子 1 1 5 0 は、露光するパターンの外周面 1 1 1 1 の内側に該当するピクセル 1 1 5 1 がオン (On) になり、図 3 8 に示すように、しきい光量が 5 0 % であれば、デジタルマイクロミラー素子 1 1 5 0 は、露光するパターンの外周面 1 1 1 1 を外れるピクセル 1 1 5 2 もオンになる。

【0 1 4 5】

ここで、図 3 7 及び図 3 8 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。

【0 1 4 6】

図 3 9 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出射させ、所定の対象物 1 1 1 0 を露光するマスクレス露光部 1 1 0 0 と、マスクレス露光部 1 1 0 0 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 1 3 1 0 と、マスクレス露光部 1 1 0 0 の基準積算露光エネルギーが格納されている格納部 1 3 3 0 と、積算露光エネルギー測定部 1 3 1 0 で測定された積算露光エネルギーと格納部 1 3 3 0 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 1 3 2 0 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 1 3 2 0 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して光源のエネルギーがプロジェクションレンズ 1 1 7 0 の中心部では高く、周辺部では低くなる。

【 0 1 5 9 】

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。

【 0 1 6 0 】

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。

【 0 1 6 1 】

図 4 2 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（S 1 2 1 0 段階）。

【 0 1 6 2 】

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（S 1 2 2 0 段階）。

【 0 1 6 3 】

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（S 1 2 3 0 段階）。

【 0 1 6 4 】

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（S 1 2 4 0 段階）。

【 0 1 6 5 】

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畳させて、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。

【 0 1 6 6 】

図 4 3 ~ 図 4 5 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 4 3 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 1 4 1 0 は均一でない。

【 0 1 6 7 】

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 1 4 2 0 が、図 4 4 に示されている。

【 0 1 6 8 】

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 4 5 に示すように、エネルギー分布 1 4 3 0 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。

【 0 1 6 9 】

図 4 6 及び図 4 7 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 4 6 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 ' で示すようなブランクイメージを生成することができる。

## 【 0 1 7 1 】

このブランク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 ) <sub>( i )</sub> と定義し、インデックス <sub>( i )</sub> (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 <sub>( i )</sub> と定義し、基準照度を dataintensity<sub>min=target</sub> と定義すれば、delintensity = dataintensity <sub>( i )</sub> - dataintensity<sub>min=target</sub> 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 <sub>( i )</sub> 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、ブランク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ブランク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、ブランクイメージは、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 1 6 0 と、プロジェクションレンズ 2 1 6 0 と対象物 2 1 7 5 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 2 1 4 0 を Z 軸に駆動させるアクチュエータ 2 1 5 0 と、対象物が載置されており、プロジェクションレンズ 2 1 6 0 と対象物 2 1 7 5 との間の作業距離を 2 次調整するためのステージレベリングモーター 2 1 8 0 が設けられているステージ 2 1 7 0 と、で構成される。

【 0 1 8 2 】

ここで、プロジェクションレンズ 2 1 6 0 と対象物 2 1 7 5 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。

【 0 1 8 3 】

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。

【 0 1 8 4 】

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、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。

【 0 1 8 5 】

図 4 9 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 (S 2 0 1 0 段階)。

【 0 1 8 6 】

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 (S 2 0 2 0 段階)。

【 0 1 8 7 】

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 (S 2 0 3 0 段階)。

【 0 1 8 8 】

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 (S 2 0 4 0 段階)。

【 0 1 8 9 】

図 5 0 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 2 1 3 0 及びプロジェクションレンズ 2 1 6 0 は固定しておき、マルチアレイレンズ 2 1 5 0 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。

【 0 1 9 0 】

この時、マルチアレイレンズ 2 1 5 0 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。

【 0 1 9 1 】

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。

【 0 1 9 2 】

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、複数のマスクレス露光部がアレイされても構造的な干渉を防止することができる。

【 0 1 9 3 】

図 5 1 及び図 5 2 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

フォーカスが変更されることを説明するための図であり、図 5 1 に示すように、マルチアレイレンズ 2 1 4 0 のフォーカスが ' A ' 線上にある時、図 5 2 に示すように、マルチアレイレンズ 2 1 4 0 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。

【 0 1 9 4 】

したがって、マルチアレイレンズ 2 1 4 0 を Z 軸方向に上下することで、フォーカスが変更される。

【 0 1 9 5 】

図 5 3 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 2 1 6 1 を備えている。

【 0 1 9 6 】

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 2 1 6 1 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 2 1 6 1 の Z 軸ストローク範囲外に存在することになる。

【 0 1 9 7 】

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 2 1 5 1 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 2 1 6 1 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。

【 0 1 9 8 】

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 2 1 5 1 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。

【 0 1 9 9 】

このため、図 5 4 に示すように、ステージ 2 1 7 0 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。

【 0 2 0 0 】

参考として、図 5 4 には 2 個のステージレベリングモーター 2 1 8 1 , 2 1 8 2 が示されている。

【 0 2 0 1 】

図 5 5 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 2 1 0 0 と、マスクレス露光部ら 2 1 0 0 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 2 1 0 0 の前方に配置している前方自動フォーカスセンサー 2 2 0 0 と、マスクレス露光部ら 2 1 0 0 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 2 1 0 0 の後方に配置している後方自動フォーカスセンサー 2 3 0 0 と、で構成される。

【 0 2 0 2 】

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 2 1 0 0 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。

【 0 2 0 3 】

そして、前方自動フォーカスセンサー 2 2 0 0 は、マスクレス露光部 2 1 0 0 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に、少なくとも 3 個で構成する。

【 0 2 0 4 】

また、後方自動フォーカスセンサー 2 3 0 0 は、前方自動フォーカスセンサー 2 2 0 0 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 2 3 0 0 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。

【 0 2 0 5 】

図 5 6 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 2 1 7 5 が載置されているステージ 2 1 7 0 と、対象物 2 1 7 5 にマスクなしに露光するマスクレス露光部 2 1 0 0 と、マスクレス露光部 2 1 0 0 のフォーカス距離を測定するフォーカス距離測定部 2 2 1 0 と、フォーカス距離測定部 2 2 1 0 で測定されたフォーカス距離が格納される格納部 2 2 2 0 と、格納部 2 2 2 0 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 2 1 0 0 及びステージ 2 1 7 0 を移動させるための制御信号を出力する制御部 2 2 3 0 と、で構成される。

【 0 2 0 6 】

ここで、フォーカス距離は、マスクレス露光部 2 1 0 0 が対象物 2 1 7 5 に最適のフォーカスを形成できる距離を指す。

【 0 2 0 7 】

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 2 2 1 0 でマスクレス露光部 2 1 0 0 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 2 2 2 0 に格納されて、前記格納部 2 2 2 0 に格納されたフォーカス距離がマスクレス露光部 2 1 0 0 と対象物 2 1 7 5 との間に維持されうるように、制御部 2 2 3 0 は制御信号を出力し、マスクレス露光部 2 1 0 0 及びステージ 2 1 7 0 を移動させてフォーカスを合わせる。

【 0 2 0 8 】

図 5 7 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 5 6 に示すフォーカス距離測定部 2 2 1 0 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 2 3 1 0 とすることが好ましい。

【 0 2 0 9 】

この位置マッピングセンサー 2 3 1 0 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。

【 0 2 1 0 】

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。

【 0 2 1 1 】

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 5 7 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。

【 0 2 1 2 】

したがって、各プロジェクションレンズ L e n s 1 ~ L e n s 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 P 1 ~ P 5 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。

【 0 2 1 3 】

すなわち、第 1 プロジェクションレンズ L e n s 1 の ' P 1 ' 位置のフォーカス距離は ' L P 1 - 1 ' であり、第 2 プロジェクションレンズ L e n s 2 の ' P 2 ' 位置のフォーカス距離は ' L P 2 - 2 ' である。

【 0 2 1 4 】

【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畳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畳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パターンと重畳される第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、重畳された第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、重畳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、重畳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%重畳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畳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、それらのパターンは25%～75%重畳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畳された連続したパターンを有する光でガラスを露光し、該ガラスに重畳された露光パターンを形成する(S3020段階)。

【0237】

ここで、重畳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、重畳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畳されている。

【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畳されている。

【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畳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、本発明によって重畳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、二つの連続した重畳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、この重畳領域3430に形成された露光されたパターン3510も重畳される。

【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畳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%重畳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、重畳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、重畳領域は広くなる。

【0253】

その結果、スキャン速度を上げると、重畳領域が広くなる。

【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%を重畳させることができる。

【0255】

図68～図70は、本発明によって重畳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、重畳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%重畳されていることが好ましい。

【0257】

すなわち、25%以下に重畳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、重畳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、重畳されていない領域の照度分布図であり、'B'グラフは、25%重畳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、重畳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%が重畳された領域では、'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、重畳されていない領域の照度分布図に比べて非常に減り、むらが減少したことがわかる。

【0261】

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

【0262】

ここで、図69の50%が重畳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%が重畳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%が重畳された領域における最下照度の領域

B 1 の照度よりも高く、重畳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。

【 0 2 6 3 】

言い換えると、露光パターンを重畳させると、重畳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。

【 0 2 6 4 】

上記の第 2 実施例～第 6 実施例のマスキレス露光方法は、第 1 実施例のマスキ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うことが好ましい。

【 0 2 6 5 】

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】

【 0 2 6 6 】

マスキレス露光部の光学的な整列をより高精度に行うことができ、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キレス露光方法を提供することができる。