

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6160620号
(P6160620)

(45) 発行日 平成29年7月12日 (2017. 7. 12)

(24) 登録日 平成29年6月23日 (2017. 6. 23)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 3 F 7/24 (2006. 01)

G 0 3 F 7/24

G 0 3 F 7/20 (2006. 01)

G 0 3 F 7/20 5 0 1

H 0 1 L 21/027 (2006. 01)

H 0 1 L 21/30 5 1 5 D

請求項の数 21 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2014-529380 (P2014-529380)
 (86) (22) 出願日 平成25年6月26日 (2013. 6. 26)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2013/067493
 (87) 国際公開番号 W02014/024594
 (87) 国際公開日 平成26年2月13日 (2014. 2. 13)
 審査請求日 平成28年6月17日 (2016. 6. 17)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-173982 (P2012-173982)
 (32) 優先日 平成24年8月6日 (2012. 8. 6)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都港区港南二丁目15番3号
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100108578
 弁理士 高橋 詔男
 (72) 発明者 小松 宏一郎
 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
 株式会社ニコン内

審査官 植木 隆和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 処理装置およびデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マスクパターンに形成されたパターンを基板に投影露光する処理装置であって、
 前記マスクパターンを湾曲した状態で保持するマスク保持部材と、
 前記基板を支持する基板支持部材と、
 前記マスクパターンの一部を照明する照明系と、
 前記照明系によって前記マスクパターン上に形成される照明領域に対応した中間像を形成すると共に、前記中間像の接平面と前記マスクパターン上の照明領域の接平面とをシャインブルーフの条件を満たして共役関係にする中間像形成光学系と、
 前記中間像を、前記基板支持部材に支持されている基板上の投影領域に投影する投影光学系と、を備える処理装置。

10

【請求項 2】

前記投影光学系は、前記中間像の前記接平面と前記投影領域の接平面とをシャインブルーフの条件を満たして共役関係にする
 請求項 1 記載の処理装置。

【請求項 3】

前記基板支持部材は、前記基板を円筒面状に湾曲した状態で支持する支持面を備え、
 前記投影領域は、前記基板支持部材の支持面に沿って湾曲する
 請求項 2 記載の処理装置。

【請求項 4】

20

前記照明系は、前記照明領域の前記接平面に対して非垂直な方向から前記照明領域を照明する

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項記載の処理装置。

【請求項 5】

前記マスクパターンは、透過型のマスクパターンであって、
前記照明系は、前記マスク保持部材の内側に配置されている
請求項 4 記載の処理装置。

【請求項 6】

前記マスク保持部材は、前記マスクパターンを、中心線の周りで回転対称な円筒面状に湾曲した状態で保持し、

前記円筒面の中心線に垂直な面において、前記マスクパターンのうち前記基板に最も近い近接点を通る前記円筒面の径方向は、前記中心線に関して前記近接点の反対側で、前記照明系からの光の出射方向と交わる

請求項 5 記載の処理装置。

【請求項 7】

マスクパターンに形成されているパターンを基板に投影露光する処理装置であって、
前記マスクパターンを保持するマスク保持部材と、
前記基板を湾曲した状態で支持する基板支持部材と、
前記マスクパターンの一部を照明する照明系と、

前記照明系によって前記マスクパターン上に形成される照明領域に対応した中間像を形成する中間像形成光学系と、

前記中間像を、前記基板支持部材に支持されている基板上の投影領域に投影すると共に、前記中間像の接平面と前記投影領域の接平面とをシャインプルーフの条件を満たして共役関係にする投影光学系と、を備える処理装置。

【請求項 8】

前記中間像が形成される位置またはその近傍に配置されたフィールドレンズを備える
請求項 1 ~ 7 のいずれか一項記載の処理装置。

【請求項 9】

前記フィールドレンズは、前記中間像形成光学系からの光を偏向して前記投影光学系に向かわせる

請求項 8 記載の処理装置。

【請求項 10】

前記フィールドレンズは、
前記中間像の接平面に関して前記照明領域と同じ側に配置された第 1 光学部材と、
前記中間像の接平面に関して前記照明領域と反対側に配置された第 2 光学部材と、
前記第 1 光学部材と前記第 2 光学部材とに挟まれた絞り部と、を備える
請求項 8 または 9 記載の処理装置。

【請求項 11】

複数の前記中間像形成光学系と、複数の前記投影光学系とを含む、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項記載の処理装置であって、

前記基板と前記マスクパターンとを移動させる移動装置と、

第 1 の中間像形成光学系および第 1 の投影光学系を含む第 1 投影モジュールと、

前記移動装置による移動方向に関して前記第 1 投影モジュールと異なる位置に配置され、第 2 の中間像形成光学系および第 2 の投影光学系を含む第 2 投影モジュールと、をさらに備え、

前記移動装置による移動に伴って前記第 1 投影モジュールの投影領域を通る前記基板上の領域の一部と、前記移動装置による移動に伴って前記第 2 投影モジュールの投影領域を通る前記基板上の領域の一部とが重なるように、前記第 1 投影モジュールと前記第 2 投影モジュールは、前記移動装置による前記移動方向に垂直な方向で異なる位置に配置されている処理装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記第 1 投影モジュールの結像面と前記第 2 投影モジュールの結像面とにわたって設けられたフィールドレンズを備える

請求項 1 1 記載の処理装置。

【請求項 1 3】

前記第 1 投影モジュールは、前記移動装置による前記移動方向に垂直な前記方向に複数配置されており、

前記複数の第 1 投影モジュールの結像面にわたって設けられたフィールドレンズを備える

請求項 1 1 または 1 2 記載の処理装置。

10

【請求項 1 4】

前記第 1 投影モジュールの光路と前記第 2 投影モジュールの光路とにわたって配置され、

前記第 1 投影モジュールのレンズ要素と前記第 2 投影モジュールのレンズ要素とが配列されたレンズアレイを備える

請求項 1 1 ~ 1 3 のいずれか一項記載の処理装置。

【請求項 1 5】

前記第 1 投影モジュールは、前記移動装置による前記移動方向に垂直な前記方向に複数配置されており、

前記複数の前記第 1 投影モジュールの光路にわたって配置され、前記複数の前記第 1 投影モジュールのレンズ要素が配置されたレンズアレイを備える

請求項 1 1 ~ 1 4 のいずれか一項記載の処理装置。

20

【請求項 1 6】

第 1 の中心線から所定半径で円筒面状に湾曲して保持されるマスクパターンを、前記第 1 の中心線と平行な第 2 の中心線から所定半径で円筒面状に湾曲して保持される基板上に投影露光する処理装置であって、

前記マスクパターン上に設定される照明領域を照明する照明系と、

前記第 1 の中心線と前記第 2 の中心線を含む中心面に対して傾いた第 1 の光軸に沿って配置されるレンズ群によって、前記照明領域内のパターンに対応した中間像を、前記照明領域の接平面と前記中間像の接平面とが非平行な配置の状態で形成する第 1 投影光学系と

30

、前記中心面に対して傾いた第 2 の光軸に沿って配置されるレンズ群によって、前記中間像を、前記基板上の投影領域の接平面と前記中間像の接平面とが非平行な配置の状態で前記投影領域に投影する第 2 投影光学系と、

前記第 1 投影光学系と前記第 2 投影光学系との間に配置され、前記第 1 の光軸に沿って進んだ光を前記第 2 の光軸に沿って進むように偏向するレンズ部材と、を備える処理装置。

【請求項 1 7】

前記第 1 投影光学系は前記第 1 の光軸と垂直な瞳面を有し、

前記第 1 投影光学系の像倍率を k としたとき、

前記照明領域の接平面と前記中間像の接平面とが成す角度 α と、前記中間像の接平面と前記投影領域の接平面とが成す角度 β とを、 $\beta = k \alpha$ の関係に設定する、

請求項 1 6 に記載の処理装置。

40

【請求項 1 8】

前記第 1 投影光学系の前記照明領域と前記瞳面の間に配置されるレンズ系の焦点距離を f_1 、前記瞳面と前記投影領域の間に配置されるレンズ系の焦点距離を f_2 、そして前記マスクパターンの円筒面の半径を R としたとき、

前記レンズ部材は、 $R \times (f_1 + f_2) / (2 \times f_1)$ で定まる焦点距離を有するフィールドレンズである、

請求項 1 7 に記載の処理装置。

50

【請求項 19】

前記フィールドレンズは、シリンドリカルレンズで構成される、
請求項 18 に記載の処理装置。

【請求項 20】

前記第 1 投影光学系と前記第 2 投影光学系の各々は、複数のレンズ要素が配列して形成されたレンズアレイを、前記レンズ要素の光軸の方向に複数配置して構成される、
請求項 16 に記載の処理装置。

【請求項 21】

感応層を有する基板とマスクパターンとを移動させながら、請求項 1 から 20 のいずれか一項記載の処理装置によって、前記マスクパターンに形成されているパターンを前記基板に投影露光することと、

10

前記投影露光された前記基板の前記感応層の変化を利用して後続の処理を実施することと、を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、処理装置およびデバイス製造方法に関する。

本願は、2012 年 8 月 6 日に出願された特願 2012 - 173982 号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

20

【0002】

近年、テレビなどの表示装置として、例えば液晶表示パネルなどのフラットパネルディスプレイが多用されている。フラットパネルディスプレイのような各種のデバイスは、例えば、露光処理およびエッチング技術を利用して、ガラスプレートなどの基板上に透明薄膜電極などの各種の膜パターンを形成することによって製造される。

【0003】

上記の露光処理は、例えば、露光パターンが形成されたマスクパターン上に設定される照明領域に応じた像を、基板上に設定される投影領域に転写することで行われる。このような露光処理を行う露光装置としては、例えば、円筒面状のマスクパターンを回転させながら露光を行う露光装置が提案されている（下記の特許文献 1 参照）。

30

また、デバイス製造方法としては、送出用のロールから回収用のロールへフィルム等の基板を搬送しながら、搬送経路上において基板に露光処理などの各種処理を行うロール・ツー・ロール方式の製造方法が提案されている（下記の特許文献 2 参照）。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】国際公開第 2008 / 029917 号

【特許文献 2】国際公開第 2008 / 129819 号

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】**

40

【0005】

ところで、露光処理は、投影領域が照明領域に対して非平行な状態で行われることがある。例えば、円筒面状に湾曲したマスクパターンを用いる露光装置において、マスクパターン上の照明領域の位置によっては、投影領域が照明領域に対して非平行になる。

また、ロール・ツー・ロール方式において、例えばロール上で湾曲している基板を露光する場合に、基板上の投影領域の位置によっては、投影領域が照明領域に対して非平行になる。このように、投影領域と照明領域とが互いに非平行な関係であると、露光の精度が低下することがある。

【0006】

本発明の態様は、投影領域と照明領域とが互いに非平行な関係であっても精度よく露光

50

できる処理装置、デバイス製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の第1の態様に従えば、マスクパターンに形成されたパターンを基板に投影露光する処理装置であって、前記マスクパターンを湾曲した状態で保持するマスク保持部材と、前記基板を支持する基板支持部材と、前記マスクパターンの一部を照明する照明系と、前記照明系によって前記マスクパターン上に形成される照明領域に対応した中間像を形成すると共に、前記中間像の接平面と前記マスクパターン上の照明領域の接平面とをシャインプルーフの条件を満たして共役関係にする中間像形成光学系と、前記中間像を、前記基板支持部材に支持されている基板上の投影領域に投影する投影光学系と、を備える処理装置が提供される。

10

【0008】

本発明の第2の態様に従えば、マスクパターンに形成されているパターンを基板に投影露光する処理装置であって、前記マスクパターンを保持するマスク保持部材と、前記基板を湾曲した状態で支持する基板支持部材と、前記マスクパターンの一部を照明する照明系と、前記照明系によって前記マスクパターン上に形成される照明領域に対応した中間像を形成する中間像形成光学系と、前記中間像を、前記基板支持部材に支持されている基板上の投影領域に投影すると共に、前記中間像の接平面と前記投影領域の接平面とをシャインプルーフの条件を満たして共役関係にする投影光学系と、を備える処理装置が提供される。

20

【0009】

本発明の第3の態様に従えば、感応層を有する基板とマスクパターンとを移動させながら、第1の態様または第2の態様の処理装置によって、前記マスクパターンに形成されているパターンを前記基板に投影露光することと、前記投影露光された前記基板の前記感応層の変化を利用して後続の処理を実施することと、を含むデバイス製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0010】

本発明の態様によれば、投影領域と照明領域とが互いに非平行な関係であっても精度よく露光できる処理装置、デバイス製造方法を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】デバイス製造システムの一例を示す図である。

【図2】第1実施形態による露光装置を示す図である。

【図3】両側テレセントリックな光学系でシャインプルーフの条件を示す図である。

【図4】中間像形成光学系の構成の一例を示す図である。

【図5】中間像形成光学系の諸元の一例を示す表1である。

【図6】第2実施形態による処理装置（露光装置）を示す斜視図である。

【図7】図6と異なる方向から見た露光装置を示す斜視図である。

【図8】フィールドレンズの一例を示す分解斜視図である。

40

【図9】絞り部の一例を示す平面図である。

【図10】第3実施形態による露光装置を概略して示す図である。

【図11A】照明系の構成の一例を示す図である。

【図11B】照明系の構成の一例を示す図である。

【図12】照明系の諸元の一例を示す表2である。

【図13】第4実施形態による露光装置を概略して示す図である。

【図14】投影領域の配置例を示す平面図である。

【図15】第5実施形態による露光装置を概略して示す図である。

【図16】第6実施形態による露光装置を概略して示す図である。

【図17】第7実施形態による露光装置を概略して示す図である。

50

【図 18】デバイス製造方法の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

[第1実施形態]

図1は、デバイス製造システムS Y S（フレキシブル・ディスプレイ製造ライン）の構成例を示す図である。ここでは、供給ロールF R 1から引き出された可撓性の基板P（シート、フィルムなど）が、順次、n台の処理装置U 1, U 2, U 3, U 4, U 5, … U nを経て、回収ロールF R 2に巻き上げられるまでの例を示している。

【0013】

図1において、X Y Z直交座標系は、基板Pの表面（または裏面）がX Z面と垂直となるように設定され、基板Pの搬送方向（長尺方向）と直交する方向（幅方向）がY軸方向に設定される。Z軸方向は、例えば鉛直方向に設定され、X軸方向およびY軸方向は水平方向に設定される。

【0014】

供給ロールF R 1に巻かれている基板Pは、ニップされた駆動ローラD R 1によって引き出されて処理装置U 1に搬送される。基板PのY軸方向（幅方向）の中心は、エッジポジションコントローラE P C 1によって、目標位置に対して±十数μmから数十μm程度の範囲に収まるようにサーボ制御される。

【0015】

処理装置U 1は、例えば塗布装置であって、基板Pの表面に感光性機能液（フォトレジスト、感光性カップリング材、UV硬化樹脂液など）を印刷方式で塗布する。処理装置U 1において、例えば、塗布機構G p 1は、基板Pが巻き付けられる圧胴ローラD R 2上で、基板Pの表面に感光性機能液を一様に塗布する。乾燥機構G p 2は、基板Pに塗布された感光性機能液に含まれる溶剤または水分を急速に除去する。

【0016】

処理装置U 2は、例えば加熱装置であって、処理装置U 1から搬送されてきた基板Pを所定温度（例えば、数10 から120 程度）まで加熱して、表面に塗布された感光性機能層を安定に定着する。処理装置U 2において、例えば、複数のローラとエア・ターン・バーは、基板Pを折返し搬送する。加熱チャンバー部H A 1は、搬入されてきた基板Pを加熱する。冷却チャンバー部H A 2は、基板Pを後工程の環境温度と揃うように冷却する。ニップされた駆動ローラD R 3は、基板Pを搬出する。

【0017】

処理装置U 3は、露光装置を含み、例えば処理装置U 2から搬送されてきた基板Pの感光性機能層に対して、ディスプレイ用の回路パターンや配線パターンに対応した紫外線のパターンニング光を照射する。処理装置U 3において、エッジポジションコントローラE P C 2は、基板PのY方向（幅方向）の中心を一定位置に制御する。ニップされた駆動ローラD R 4は、露光装置に基板Pを搬入する。2組の駆動ローラD R 6、D R 7は、基板Pに所定のたるみ（あそび）D Lを与えつつ基板Pを搬出する。

【0018】

処理装置U 3において、回転ドラムD M（マスク保持部材）は、外周面にシート状のマスクパターンM（マスク基板）を保持する。照明系I Uは、回転ドラムD Mに保持されているマスクパターンMの一部を照明する。処理装置U 3において、投影系P Lは、マスクパターンMの照明されている部分の像を投影領域に投影する。回転ドラムD P（基板支持部材）は、所定のテンションでX軸方向に搬送される基板Pを投影領域において支持する。

アライメント顕微鏡A Mは、露光（転写）されるパターンと基板Pとを相対的に位置合せ（アライメント）するために、基板Pに予め形成されたアライメントマークなどを検出する。

【0019】

処理装置U 4は、例えばウェット処理装置であって、処理装置U 3から搬送されてきた

10

20

30

40

50

基板 P の感光性機能層に対して、湿式による現像処理、無電解メッキ処理などのような各種の湿式処理の少なくとも 1 つを行なう。処理装置 U 4 において、例えば、複数のローラは、基板 P を折り曲げて搬送する。搬送されている基板 P は、Z 方向に階層化された 3 つの処理槽 B T 1、B T 2、B T 3 に浸漬される。ニップされた駆動ローラ D R 8 は、基板 P を搬出する。

【 0 0 2 0 】

処理装置 U 5 は、例えば加熱乾燥装置であって、処理装置 U 4 から搬送されてきた基板 P を暖めて、湿式プロセスで湿った基板 P の水分含有量を所定値に調整する。

上述のようないくつかの処理装置を経て、一連のプロセスの最後の処理装置 U n を通った基板 P は、ニップされた駆動ローラ D R 9 を介して回収ロール F R 2 に巻き上げられる。その巻き上げの際も、基板 P の Y 軸方向（幅方向）の中心、あるいは Y 軸方向の基板端が、Y 軸方向にばらつかないように、エッジポジションコントローラ E P C 3 によって、駆動ローラ D R 9 と回収ロール F R 2 の Y 軸方向の相対位置が逐次補正制御される。

【 0 0 2 1 】

上位制御装置 C O N T は、製造ラインを構成する各処理装置 U 1 から U n の運転を統括制御する。上位制御装置 C O N T は、各処理装置 U 1 から U n における処理状況や処理状態の監視、処理装置間での基板 P の搬送状態のモニター、事前・事後の検査・計測の結果に基づくフィードバック補正やフィードフォワード補正なども行なう。

【 0 0 2 2 】

本実施形態で使用される基板 P は、例えば、樹脂フィルム、ステンレス鋼などの金属または合金からなる箔（フォイル）などである。樹脂フィルムの材質は、例えば、ポリエチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリエステル樹脂、エチレンビニル共重合体樹脂、ポリ塩化ビニル樹脂、セルロース樹脂、ポリアミド樹脂、ポリイミド樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリスチレン樹脂、酢酸ビニル樹脂のうち 1 または 2 以上を含む。

【 0 0 2 3 】

基板 P は、各種の処理工程において受ける熱による変形量が実質的に無視できるように、熱膨張係数が顕著に大きくないものを選定することができる。熱膨張係数は、例えば、無機フィラーを樹脂フィルムに混合することによって、プロセス温度などに応じた閾値よりも小さく設定されていてもよい。無機フィラーは、例えば、酸化チタン、酸化亜鉛、アルミナ、酸化ケイ素などでもよい。

また、基板 P は、フロート法などで製造された厚さ 1 0 0 μ m 程度の極薄ガラスの単層体であってもよい。基板 P は、この極薄ガラスに上記の樹脂フィルム、箔などを貼り合わせた積層体であってもよい。基板 P は、予め所定の前処理によって、その表面を改質して活性化したもの、あるいは、表面に精密パターニングのための微細な隔壁構造（凹凸構造）を形成したものでもよい。上記の厚さは一例であって、本発明はこれに限定されない。

【 0 0 2 4 】

本実施形態のデバイス製造システム S Y S は、デバイス（ディスプレイパネルなど）製造のための各種の処理を、基板 P に対して繰り返し、あるいは連続して実行する。各種の処理が施された基板 P は、デバイスごとに分割（ダイシング）されて、複数個のデバイスになる。

基板 P の寸法は、例えば、幅方向（短尺となる Y 軸方向）の寸法が 1 0 c m から 2 m 程度であり、長さ方向（長尺となる X 軸方向）の寸法が 1 0 m 以上である。上記の寸法は一例であって、本発明はこれに限定されない。基板 P の幅方向の寸法は、1 0 c m 以下、または 2 m 以上であってもよい。基板 P の長さ方向の寸法は、1 0 m 未満であってもよい。

【 0 0 2 5 】

次に、本実施形態の処理装置 U 3（露光装置）の構成について説明する。図 2 は、本実施形態による露光装置 E X を示す図である。図 2 に示す露光装置 E X は、いわゆる走査露光装置であり、基板 P（感光シート）とマスクパターン M と移動させ、マスクパターン M からの露光光 L 2 で基板 P を走査することで、マスクパターン M に形成されている露光パターンを基板 P に転写（投影露光）する。

【 0 0 2 6 】

露光装置 E X は、マスクパターン M を湾曲した状態で保持する回転ドラム D M (マスク保持部材) と、基板 P を支持する回転ドラム D P (基板支持部材) と、マスクパターン M の一部を照明する照明系 I U と、マスクパターン M 上に形成される照明領域 I R に対応した中間像 I M を形成する第 1 投影光学系 P L 1 (中間像形成光学系) と、回転ドラム D P に支持されている基板 P 上に配置される投影領域 P R に中間像 I M を投影する第 2 投影光学系 P L 2 (投影光学系) と、露光装置 E X の各部を制御する制御装置 1 0 とを備える。

【 0 0 2 7 】

回転ドラム D M は、マスクパターン M を保持するマスク保持部材である。回転ドラム D M は、円筒面状の外周面 (以下、円筒面 D M a ともしう) を有し、マスクパターン M を円筒面 D M a に沿うように円筒面状に湾曲させて保持する。円筒面は、所定の中心線の回りに所定半径で湾曲した面のことであり、例えば、円柱又は円筒の外周面の少なくとも一部である。

【 0 0 2 8 】

マスクパターン M は、例えば、透過型のマスクパターンであり、回転ドラム D M にクロムなどの遮光部材で形成されたパターンを含む。マスクパターン M は、例えば平面的に形成されたシート状のマスク基板であって、円筒面状に湾曲させることが可能なフレキシビリティ (可撓性) を有し、回転ドラム D M の円筒面 D M a に巻きつけられることで回転ドラム D M に保持されてもよい。このように、回転ドラム D M は、マスクパターン M をリリース可能 (交換可能) に保持してもよい。

【 0 0 2 9 】

回転ドラム D M は、回転中心軸 A X 1 の周りで回転可能なように設けられており、駆動部 1 1 から供給されるトルクによって回転する。回転ドラム D M の回転位置は、検出部 1 2 によって検出され、検出部 1 2 による検出の結果に基づいて制御される。制御装置 1 0 は、検出部 1 2 から取得した検出結果に基づいて駆動部 1 1 を制御することにより、回転ドラム D M の回転位置を制御する。すなわち、制御装置 1 0 は、回転ドラム D M に保持されているマスクパターン M の回転位置を制御できる。

【 0 0 3 0 】

回転ドラム D P は、基板 P を保持する基板保持部材 (基板支持部材) である。回転ドラム D P は、円筒面状の外周面 D P a (支持面) を有し、回転中心軸 A X 2 の周りで回転可能なように設けられている。回転ドラム D P の回転中心軸 A X 2 は、例えば回転ドラム D M の回転中心軸 A X 1 と実質的に平行に設定される。以下の説明において、回転ドラム D M の回転中心軸 A X 1 および回転ドラム D P の回転中心軸 A X 2 を含む面を、適宜、中心面 1 3 という。

【 0 0 3 1 】

回転ドラム D P の外周面 D P a は、基板 P を支持する支持面である。基板 P は、回転ドラム D P が回転することで、回転ドラム D P に巻きつけられるように搬送される。そのため、回転ドラム D P の外周面 D P a 上を搬送されている際の基板 P において、投影領域 P R は、回転ドラム D P の外周面 D P a に沿って湾曲する。

基板 P の搬送経路において回転ドラム D P の前後には、ガイドローラー 1 4 a およびガイドローラー 1 4 b が設けられている。ガイドローラー 1 4 a およびガイドローラー 1 4 b は、基板 P が回転ドラム D P にたるみなく密着するように、基板 P の張力を調整する。

【 0 0 3 2 】

制御装置 1 0 は、検出部 1 6 が検出した回転ドラム D P の回転位置に基づいて駆動部 1 5 を制御し、駆動部 1 5 によって回転ドラム D P を回転させる。すなわち、制御装置 1 0 は、回転ドラム D P が支持している基板 P の位置を制御できる。制御装置 1 0 は、駆動部 1 1 および駆動部 1 5 を制御することによって、マスクパターン M と基板 P との相対位置を制御する。

【 0 0 3 3 】

露光装置 E X において、回転ドラム D M が駆動部 1 1 により回転すると、マスクパター

10

20

30

40

50

ン M が照明領域 I R に対して相対的に移動（回転）する。回転ドラム D P が駆動部 1 5 により回転すると、基板 P が投影領域 P R に対して相対的に移動（回転）する。換言すると、回転ドラム D M、駆動部 1 1、回転ドラム D P、および駆動部 1 5 は、マスクパターン M と基板 P とを移動する移動装置として機能する。

【 0 0 3 4 】

回転ドラム D M の回転速度（マスクパターン M の周速度）、および回転ドラム D P の回転速度（基板 P の搬送速度）は、回転ドラム D M の外径と回転ドラム D P の外径の比率、投影系 P L の倍率などに応じて設定される。例えば、回転ドラム D M の外径が回転ドラム D P の外径と実質的に同じであって、投影系 P L が等倍である場合に、制御装置 1 0 は、基板 P 上の所定の位置に露光パターンが投影されるように、回転ドラム D M と回転ドラム D P を実質的に同じ速度で回転させる。

10

【 0 0 3 5 】

露光装置 E X において露光光 L 2 により基板 P が走査される走査方向は、回転中心軸 A X 1 と実質的に垂直な方向である。以下の説明において、回転中心軸 A X 1（Y 軸方向）と垂直な方向（X 軸方向）を走査方向、Y 軸方向を非走査方向ということがある。

【 0 0 3 6 】

駆動部 1 1 は、X 軸方向と Y 軸方向と Z 軸方向の少なくとも 1 方向において、回転ドラム D M を移動可能であってもよい。この場合に、検出部 1 2 は、駆動部 1 1 が回転ドラム D M を移動させる方向において、回転ドラム D M の位置を検出してもよい。制御装置 1 0 は、検出部 1 2 の検出結果に基づいて駆動部 1 1 を制御することで、任意の方向における回転ドラム D M の位置を制御してもよい。

20

【 0 0 3 7 】

このような回転ドラム D M の位置調整は、回転ドラム D P に適用してもよい。露光装置 E X は、回転ドラム D M と回転ドラム D P の一方または双方の位置を制御することで、回転ドラム D M と回転ドラム D P の相対位置を制御することができる。これにより、露光装置 E X は、例えば、照明領域 I R と投影領域 P R との相対位置を調整することができる。

【 0 0 3 8 】

照明系 I U は、回転ドラム D M に保持されているマスクパターン M を照明光 L 1 で照明することによって、マスクパターン M に形成されているパターンに応じた露光光 L 2 を発生させる。照明系 I U は、ケーラー照明などによって照明領域 I R を均一な明るさで照明する。照明系 I U は、例えば、光源 2 0 および照明光学系 2 1 を備える。

30

光源 2 0 は、例えば、g 線、h 線、i 線等の輝線光を放射するランプ光源、レーザーダイオード（L D）あるいは発光ダイオード（L E D）などの固体光源の少なくとも 1 つを含む。照明光学系 2 1 は、例えば、照明領域 I R における照度を均一化するためのインテグレート光学系などの照度均一化光学系を含む。

【 0 0 3 9 】

照明領域 I R は、マスクパターン M（回転ドラム D M）のうち基板 P（回転ドラム D P）に最も近い位置（近接位置 C P）から円筒面 D M a の周方向にずれた位置に形成される。照明領域 I R は、マスクパターン M の形状に対応して、円筒面状に湾曲している。以下の説明において、照明領域 I R における任意の点（例えば、照明領域 I R の中心）で照明領域 I R に接する平面を、照明領域 I R の接平面 I R a という。

40

【 0 0 4 0 】

なお、照明領域 I R は、例えば、回転ドラム D M の周方向における寸法（弧長）が回転ドラム D M の周長に対して十分に小さく設定され、実質的に平面として扱うことができる。そのため、以下の説明で参照する各図において、照明領域 I R を接平面 I R a の一部として近似的に示すことがある。照明領域 I R の他の湾曲面についても同様である。

【 0 0 4 1 】

図 2 のマスクパターン M は透過型であり、照明系 I U は、回転ドラム D M の内側からマスクパターン M に照明光 L 1 を照射する。回転ドラム D M は、その内部に照明系 I U を収容できるように、円筒状に形成されている。照明系 I U は、回転ドラム D M が回転してい

50

る間に回転ドラム D M の外部に対して回転しないように、回転ドラム D M の外部から支持されている。

マスクパターン M の周方向の各部は、回転ドラム D M が照明領域 I R に対して回転することで、照明領域 I R を順に通過する。マスクパターン M を通過（透過）した照明光 L 1 は、露光光 L 2 となる。マスクパターン M から出射した露光光 L 2 は、投影系 P L に入射する。

【 0 0 4 2 】

次に、投影系 P L について詳しく説明する。図 2 の投影系 P L は、照明領域 I R におけるマスクパターン M の像を、等倍の正立正像として基板 P に投影（転写）する。投影系 P L の第 1 投影光学系 P L 1 と第 2 投影光学系 P L 2 は、いずれも同様の構成であり、回転ドラム D M と回転ドラム D P の間の中心を通り中心面 1 3 に垂直な面 2 2 に関して、対称的に配置されている。

10

【 0 0 4 3 】

投影系 P L の視野（物体面）は、照明領域 I R の少なくとも一部に設定される。投影系 P L の視野に共役な投影領域 P R （像面）は、面 2 2 に関して照明領域 I R と対称的に配置される。照明領域 I R は、上述したように、中心面 1 3 から回転ドラム D M の周方向にずれた位置に設定される。照明領域 I R の接平面 I R a は、面 2 2 と非平行である。

そのため、投影系 P L の投影領域 P R は、中心面 1 3 から回転ドラム D P の周方向にずれた位置に配置される。投影領域 P R の接平面 P R a は、面 2 2 と非平行な関係になる。なお、投影領域 P R の接平面 P R a は、投影領域 P R における任意の点（例えば、投影領域 P R の中心）で投影領域 P R に接する平面である。

20

【 0 0 4 4 】

投影系 P L の第 1 投影光学系 P L 1 は、照明領域 I R におけるマスクパターン M に応じた中間像 I M を、中間像 I M の一部が面 2 2 上に配置されるように形成する。中間像 I M が形成される中間結像面 2 3 は、照明領域 I R の形状に対応して円筒面状に湾曲している。中間結像面 2 3 の一部は、面 2 2 を通るように配置される。中間結像面 2 3 の接平面 2 3 a は、面 2 2 と実質的に平行である。中間結像面 2 3 の接平面 2 3 a は、照明領域 I R の接平面 I R a と非平行な関係である。

【 0 0 4 5 】

中間結像面 2 3 の接平面 2 3 a に合焦させるために、投影系 P L の第 1 投影光学系 P L 1（中間像形成光学系）は、照明領域 I R の接平面 I R a と中間結像面 2 3 の接平面 2 3 a とがシャインプルーフの条件を満たすように、構成されている。中間結像面 2 3 の接平面 2 3 a は、中間結像面 2 3 上の任意の点（例えば、中間結像面 2 3 の中心）で中間結像面 2 3 に接する面である。

30

【 0 0 4 6 】

投影系 P L の第 2 投影光学系 P L 2（投影光学系）は、第 1 投影光学系 P L 1 が形成した中間像 I M を投影領域 P R に投影する。中間結像面 2 3 の接平面 2 3 a は、投影領域 P R の接平面 P R a と非平行な関係である。投影領域 P R の接平面 P R a に合焦させるために、投影系 P L の第 2 投影光学系 P L 2 は、中間結像面 2 3 の接平面 2 3 a と投影領域 P R の接平面 P R a とがシャインプルーフの条件を満たすように、構成されている。

40

【 0 0 4 7 】

投影系 P L において、第 2 投影光学系 P L 2 における露光光 L 2 の光路は、第 1 投影光学系 P L 1 における露光光 L 2 の光路に対して折れ曲がる。例えば、第 1 投影光学系 P L 1 と第 2 投影光学系 P L 2 は、それぞれが軸対称な光学系として構成され、第 1 投影光学系 P L 1 の光軸 4 0 と第 2 投影光学系 P L 2 の光軸 4 5 とが面 2 2 で交差するように、配置される。

第 1 投影光学系 P L 1 と第 2 投影光学系 P L 2 との間には、第 1 投影光学系 P L 1 からの照明光 L 1 を偏向して第 2 投影光学系 P L 2 に向かわせるように、フィールドレンズ 2 4 が配置されている。フィールドレンズ 2 4 は、その一部が中間結像面 2 3 に配置されるように、中間結像面 2 3 の近傍に配置されている。

50

【 0 0 4 8 】

次に、シャインブルーフの条件について説明する。図 3 は、両側テレセントリックな光学系 3 0 でのシャインブルーフの条件を示す図である。

【 0 0 4 9 】

図 3 において、符号 3 1 は物体面、符号 3 2 は像面、符号 θ は物体面 3 1 と像面 3 2 とがなす角度を示す。光学系 3 0 が第 1 投影光学系 P L 1 である場合に、物体面 3 1 は投影系 P L の視野（照明領域 I R）に対応し、像面 3 2 は中間結像面 2 3 に対応する。光学系 3 0 が第 2 投影光学系 P L 2 である場合に、物体面 3 1 は中間結像面 2 3 に対応し、像面 3 2 は投影領域 P R に対応する。

【 0 0 5 0 】

ここでは、説明の便宜上、光学系 3 0 が、レンズ群 3 3 およびレンズ群 3 4 からなり、レンズ群 3 3 およびレンズ群 3 4 が所定の軸（光軸 3 0 a）に関して軸対称（回転対称）であるものとする。図 3 において、符号 f_1 はレンズ群 3 3（第 1 レンズ群）の焦点距離、符号 f_2 はレンズ群 3 4（第 2 レンズ群）の焦点距離を示す。光学系 3 0 の像倍率（結像倍率、投影倍率）を k とすると、像倍率 k は、第 1 レンズ群の焦点距離 f_1 に対する第 2 レンズ群の焦点距離 f_2 の比（ $k = f_2 / f_1$ ）になる。

【 0 0 5 1 】

光学系 3 0 は、レンズ群 3 3 の後側焦点位置とレンズ群 3 4 の前側焦点位置とが実質的に一致するように構成される。光学系 3 0 において、レンズ群 3 3 の前側焦点位置を通る物体面 3 1 に対して、レンズ群 3 3 の後側焦点位置を通り光軸 3 0 a に垂直な面がいわゆる瞳面 3 5 になり、レンズ群 3 4 の後側焦点位置に物体面 3 1 と共役な像面 3 2 が配置される。

【 0 0 5 2 】

ここで、物体面 3 1 と瞳面 3 5 とがなす角度を α とし、適宜、 $\sin \alpha$ を α で近似する。軸外物点 3 6 は、光軸 3 0 a に垂直な方向において軸上物点 3 7 から物体高 h だけ離れているとすると、光軸 3 0 a に平行な方向において、軸上物点 3 7 から $h \times \sin \alpha$ （近似的なずれ量が αh ）だけ離れることになる。

【 0 0 5 3 】

軸外物点 3 6 が結像する軸外像点 3 8 は、光軸 3 0 a に垂直な方向において、この方向の光学系 3 0 の倍率（横倍率）を物体高 h に乗算した量（ kh ）だけ軸上像点 3 9 から離れることになる。また、軸外像点 3 8 は、光軸 3 0 a に平行な方向において、この方向の光学系 3 0 の倍率（縦倍率）を、ずれ量 αh に乗算したずれ量だけ軸上像点 3 9 から離れることになる。

光学系 3 0 の横倍率を k とすると、縦倍率は横倍率の 2 乗（ k^2 ）に等しい。このため、軸外物点 3 6 は、光軸 3 0 a に垂直な方向において軸上像点 3 9 から kh だけ離れた位置であって、光軸 3 0 a に平行な方向において軸上像点 3 9 から $k^2 \alpha h$ だけ離れた位置（軸外像点 3 8）に結像する。このことは、像面 3 2 と瞳面 3 5 とのなす角度 β が $k \alpha$ になることを示す。

ここで、光学系 3 0 と光学的に等価な 1 枚のレンズを想定すると、このレンズから像面 3 2 までの距離は、物体面 3 1 からレンズまでの距離に像倍率 k を乗算した値である。したがって、レンズの主面（瞳面 3 5）を延長した平面と物体面 3 1 との交線は、レンズの主面（瞳面 3 5）を延長した平面と像面 3 2 との交線と一致することになる。

【 0 0 5 4 】

ここで、図 2 に示した投影系 P L の視野の中心が、中心面 1 3 から角度 θ だけ回転した位置に配置されているとする。この場合に、図 3 に示す像面 3 2 が物体面 3 1 となす角度（ $\alpha + \beta$ ）が角度 θ になる。 $\theta = \alpha + \beta$ 、 $\beta = k \alpha$ 、 $k = f_2 / f_1$ の 3 式から、瞳面 3 5 と物体面 3 1 とがなす角度 α は、角度 θ を、レンズ群 3 3 の焦点距離 f_1 とレンズ群 3 4 の焦点距離 f_2 で内分する角度、すなわち $\alpha = \theta \times f_1 / (f_1 + f_2)$ になる。

このような光学系 3 0 で第 1 投影光学系 P L 1 を構成するには、第 1 投影光学系 P L 1 の光軸 4 0 を中心面 1 3 に対して角度（ $\theta - \alpha$ ）、すなわち $\theta \times f_2 / (f_1 + f_2)$ だ

10

20

30

40

50

け傾ければよい。例えば、レンズ群 3 3 とレンズ群 3 4 とで焦点距離が等しい場合には、第 1 投影光学系 P L 1 の光軸 4 0 が中心面 1 3 になす角度は、 $\theta / 2$ になる。

【 0 0 5 5 】

次に、第 1 投影光学系 P L 1 の構成例について説明する。図 4 は、第 1 投影光学系 P L 1 の構成の一例を示す図である。図 5 は第 1 投影光学系 P L 1 の諸元の一例を示す表 1 である。図 4 の第 1 投影光学系 P L 1 は、光軸 4 0 の周りで軸対称（回転対称）な光学系である。図 4 において、第 1 投影光学系 P L 1 を通る光線を分かりやすくするために、物体面 4 1 および像面 4 2 が光軸 4 0 と垂直に設定されている。

【 0 0 5 6 】

図 4 の第 1 投影光学系 P L 1 は、レンズ群 3 3、レンズ群 3 4、および開口絞り 4 3 を備える。開口絞り 4 3 は、例えば、第 1 投影光学系 P L 1 の瞳面 3 5 の位置またはその近傍に配置される。レンズ群 3 3 およびレンズ群 3 4 は、いずれも同様の構成であり、開口絞り 4 3 に関して対称的（面对称的）に配置されている。そのため、図 5 の表 1 には、レンズ群 3 3 についての諸元を記載し、レンズ群 3 4 についての諸元を省略する。

【 0 0 5 7 】

図 5 の表 1 における面番号は、開口絞り 4 3（瞳面 3 5）を起点（面番号 0）とし、開口絞り 4 3 から物体面 4 1 に近づくほど、昇順する番号である。例えば、面番号 1 に対応する第 1 光学面は、瞳面 3 5 の次に物体面 4 1 側に配置されている光学面である。第 1 光学面を符号 A 1、第 2 光学面を符号 A 2 というように、0 以上の整数 n に対して第 n 光学面を符号 A n で示す。

【 0 0 5 8 】

第 n 光学面 A n の「曲率半径」は、瞳面 3 5 に向って凸である場合に正とし、物体面 4 1 に向って凸である場合に負とする。また、第 n 光学面 A n の「中心間距離」は、第 n の光学面 A n から第 (n + 1) 光学面 A (n + 1) までの距離を示す。例えば、第 0 光学面 A 0 に対する「中心間距離」は、第 0 光学面 A 0（瞳面 3 5）から第 1 光学面 A 1 までの距離を示す。

第 1 光学面 A 1 から第 1 0 光学面 A 1 0 のそれぞれは、レンズの表面である。第 1 光学面 A 1 から第 2 光学面 A 2 までの中心間距離は、このレンズの中心の厚みを示す。なお、第 1 0 光学面 A 1 0 に対する「中心間距離」は、第 1 0 光学面 A 1 0 から物体面 4 1 までの距離を示す。

【 0 0 5 9 】

レンズ群 3 3 は、開口絞り 4 3 から物体面 4 1 に向かう順に、レンズ 4 4 a からレンズ 4 4 e が光軸 4 0 に沿って配列された構成である。

【 0 0 6 0 】

レンズ 4 4 a は、瞳面 3 5 側を向く第 1 光学面 A 1、および物体面 4 1 側を向く第 2 光学面 A 2 を有する。レンズ 4 4 a は、いわゆる平凸レンズのような形状である。レンズ 4 4 a は、第 1 光学面 A 1 が瞳面 3 5 に向って凸（曲率半径が正）であるとともに、第 2 光学面 A 2 が実質的に平面状（物体面 4 1 に向ってわずかに凸）である。

【 0 0 6 1 】

レンズ 4 4 b は、瞳面 3 5 側を向く第 3 光学面 A 3、および物体面 4 1 側を向く第 4 光学面 A 4 を有する。レンズ 4 4 b は、いわゆるメニスカスレンズのような形状である。レンズ 4 4 b は、第 3 光学面 A 3 が瞳面 3 5 に向って凸であるとともに、第 4 光学面 A 4 が物体面 4 1 に向って凹である。

【 0 0 6 2 】

レンズ 4 4 c は、瞳面 3 5 側を向く第 5 光学面 A 5、および物体面 4 1 側を向く第 6 光学面 A 6 を有する。レンズ 4 4 c は、いわゆる両凹レンズのような形状である。レンズ 4 4 c は、第 5 光学面 A 5 が瞳面 3 5 に向って凹であるとともに、第 6 光学面 A 6 が物体面 4 1 に向って凹である。

【 0 0 6 3 】

レンズ 4 4 d は、瞳面 3 5 側を向く第 7 光学面 A 7、および物体面 4 1 側を向く第 8 光

10

20

30

40

50

学面 A 8 を有する。レンズ 4 4 d は、いわゆる平凸レンズのような形状である。レンズ 4 4 d は、第 7 光学面 A 7 が実質的に平面状（瞳面 3 5 に向ってわずかに凹）であるとともに、第 8 光学面 A 8 が物体面 4 1 に向って凸である。

【 0 0 6 4 】

レンズ 4 4 e は、瞳面 3 5 側を向く第 9 光学面 A 9、および物体面 4 1 側を向く第 1 0 光学面 A 1 0 を有する。レンズ 4 4 e は、いわゆる両凸レンズのような形状である。レンズ 4 4 e は、第 9 光学面 A 9 が瞳面 3 5 に向って凸であるとともに、第 1 0 光学面 A 1 0 が物体面 4 1 に向って凸である。

【 0 0 6 5 】

上述のレンズ群 3 3 は、一例であり、レンズ群 3 3 を構成するレンズの枚数とレンズ形状の一方または双方は、適宜変更できる。また、レンズ群 3 3 は、ガラス平板などの屈折力を有さない光学部材を含んでいてもよい。

また、図 4 のレンズ群は、反射部材を含まない屈折系の光学系であるが、反射部材およびレンズを含む反射屈折系の光学系でもよいし、反射部材を含みレンズを含まない反射系の光学系でもよい。レンズ群 3 4 は、レンズ群 3 3 と違う構成でもよい。例えば、レンズ群 3 4 の焦点距離 f_2 がレンズ群 3 3 の焦点距離 f_1 と異なってもよい（図 3 参照）。

【 0 0 6 6 】

ところで、図 2 に示した照明系 I U は、照明光 L 1 を射出する方向（出射軸 I U a）が第 1 投影光学系 P L 1 の光軸 4 0 と実質的に同軸になるように配置されている。照明系 I U は、照明領域 I R の接平面 I R a に対して非垂直な方向から照明領域 I R を照明する。

換言すると、照明領域 I R の接平面 I R a に垂直な方向は、回転ドラム D M の回転中心軸 A X 1 に垂直な平面（X Z 平面）において回転中心軸 A X 1 を通る方向（回転ドラム D M の径方向）である。照明系 I U は、回転中心軸 A X 1 とずれた位置から照明光 L 1 を照明領域 I R に照射する。

【 0 0 6 7 】

図 2 において、近接位置 C P を通る円筒面 D M a の径方向（中心面 1 3）と照明系 I U の出射軸との交点 4 6 は、近接位置 C P を起点として回転中心軸 A X 1 よりも離れた位置に配置される。例えば、第 1 投影光学系 P L 1 のレンズ群 3 3 とレンズ群 3 4 とがいずれも等倍の光学系である場合に、近接位置 C P から交点 4 6 までの距離は、近接位置 C P から回転中心軸 A X 1 までの距離の約 2 倍に設定される。

【 0 0 6 8 】

以上のような構成の露光装置 E X において、第 1 投影光学系 P L 1 は、中間像 I M の接平面 I M a とマスクパターン M 上の照明領域 I R の接平面 I R a とをシャインブルーフの条件を満たして共役関係にする。そのため、露光装置 E X は、照明領域 I R が中心面 1 3 からずれた位置に設定されている場合であっても、照明領域 I R におけるマスクパターン M の像を精度よく基板 P に投影露光することができる。

また、第 2 投影光学系 P L 2 は、中間像 I M の接平面 I M a と基板 P 上の投影領域 P R の接平面 P R a とをシャインブルーフの条件を満たして共役関係にする。そのため、露光装置 E X は、照明領域 I R におけるマスクパターン M の像を精度よく基板 P に投影露光することができる。

このように、露光装置 E X は、照明領域 I R を中心面 1 3 からずれた位置に配置できるので、照明系 I U および投影系 P L の配置の自由度が高くなり、例えばマルチレンズ型の露光装置などに適用しつつ露光精度を確保することができる。

【 0 0 6 9 】

また、露光装置 E X において、フィールドレンズ 2 4 は、第 1 投影光学系 P L 1 からの照明光 L 1 を偏向して第 2 投影光学系 P L 2 に向かわせるので、投影領域 P R の周辺が中央よりも暗くなることなどが抑制される。

【 0 0 7 0 】

また、第 1 投影光学系 P L 1 は、レンズ群 3 3 とレンズ群 3 4 の構成が同様であるので

10

20

30

40

50

、例えば設計コスト、装置の製造コストを下げるなどができる。また、第2投影光学系 $PL2$ は、第1投影光学系 $PL1$ と構成が同様であるので、設計コスト、露光装置 EX の製造コストを下げるなどができる。

【0071】

なお、照明系 IU の少なくとも一部は、回転ドラム DM の外側に配置されていてもよい。例えば、照明系 IU は、光源 20 が回転ドラム DM の外部に配置されており、光源 20 からの光を照明光学系 21 へ光ファイバー等で導光（伝送）する構成でもよい。

【0072】

なお、本実施形態においては、照明領域 IR などの湾曲面に対応する平面（以下、近似平面という）として接平面を用いて、シャインブルーフの条件を説明したが、近似平面は、湾曲面を平面で近似したときの誤差によるデフォーカスが焦点深度以下となるように、適宜選択できる。

10

例えば、投影系 PL は、照明領域 IR の中心での接平面 IRa に平行であって、照明領域 IR 上の任意の点を通る平面を上記の近似平面に用いて、シャインブルーフの条件を満たすように構成されていてもよい。また、例えば、投影系 PL は、照明領域 IR 上の任意の点を通る平面であって、その傾きが照明領域 IR の周方向のそれぞれの端での接平面の傾き間に収まる平面を上記の近似平面に用いて、シャインブルーフの条件を満たすように構成されていてもよい。

このような近似平面の定義は、中間結像面 23 、投影領域 IR などの湾曲面にも適用できるし、以下の実施形態においても適用できる。

20

【0073】

[第2実施形態]

次に、第2実施形態について説明する。本実施形態において、上記の実施形態と同様の構成については、同じ符号を付してその説明を簡略化あるいは省略することがある。

【0074】

図6および図7は、本実施形態による露光装置 EX を示す斜視図である。図7は、図6と異なる視点から見た図である。この露光装置 EX は、いわゆるマルチレンズ方式の露光装置であって、走査方向（ X 軸方向）に垂直な非走査方向（ Y 軸方向）に配列された複数の投影モジュール PM を備える。露光装置 EX は、複数の投影モジュール PM のそれぞれによって露光される基板 P 上の領域（露光領域）を Y 軸方向に継ぎ合わせることで、投影モジュール PM の数が1つである場合よりも広い露光領域を露光できる。

30

【0075】

図6に示す複数の投影モジュール PM は、 Y 軸方向から見た投影モジュール PM の位置が、 Y 軸方向に並ぶ順に交互にずれるように配置されている。例えば、複数の投影モジュール PM のうち、 Y 軸方向の一方から他方に向かう並び順が奇数番目である第1投影モジュール PMa は、中心面 13 に対して $-X$ 側に配置されている。複数の投影モジュール PM のうち、 Y 軸方向の一方から他方に向かう並び順が偶数番目である第2投影モジュール PMb は、中心面 13 に対して $+X$ 側に配置されている。

【0076】

図7に示す複数の投影モジュール PM は、走査によって第1投影モジュール PMa の投影領域 $PR1$ を通る基板 P 上の領域の Y 軸方向の端部と、走査によって第2投影モジュール PMb の投影領域 $PR2$ を通る基板 P 上の領域の Y 軸方向の端部とが重なるように、 Y 軸方向の位置がずれるように配置されている。本実施形態では、複数の投影モジュール PM は、走査方向（ X 軸方向）から見て非走査方向（ Y 軸方向）に所定のピッチで並ぶように、配置されている。なお、図2に示した照明系 IU は、例えば、投影モジュール PM ごとに設けられる。

40

【0077】

図6のフィールドレンズ 24 は、第1投影モジュール PMa の中間結像面 $23c$ と第2投影モジュール PMb の中間結像面 $23d$ とにわたって、一体的に設けられている。本実施形態では、第1投影モジュール PMa が被走査方向（ Y 軸方向）に複数配置されており

50

、フィールドレンズ24は、複数の第1投影モジュールP M aの中間結像面23cにわたって、一体的に設けられている。フィールドレンズ24は、複数の第2投影モジュールP M bについても同様に中間結像面23dにわたって、一体的に設けられている。

【0078】

ところで、図2および図3を参照して説明したように、第1投影光学系P L 1の光軸40が中心面13に対して傾く角度は、 $\theta \times f_2 / (f_1 + f_2)$ であり、回転ドラムD Mの回転中心軸A X 1から第1投影光学系P L 1の視野中心を見る角度 θ に比例している。

ここで、回転ドラムD Mの半径をRとすると、フィールドレンズ24の焦点距離は、 $R \times (f_1 + f_2) / (2 \times f_1)$ となり、第1投影光学系P L 1の視野（照明領域I R）の位置によらない。そのため、フィールドレンズ24は、例えばY軸方向における焦点距離の分布が一般的なシリンドリカルレンズによって構成できる。

10

【0079】

図8は、フィールドレンズ24の一例を示す分解斜視図である。図8のフィールドレンズ24は、中間像I M（図2参照）の接平面I M aに関して照明領域I Rと同じ側に配置された光学部材47（第1光学部材）と、中間像I Mの接平面I M aに関して照明領域I Rと反対側に配置された光学部材48（第2光学部材）と、光学部材47と光学部材48とに挟まれた絞り部49と、を備える。

【0080】

光学部材47は、平凸状のシリンドリカルレンズであって、第1投影光学系P L 1を向く面47aと、面47aの反対を向く面47bとを有する。面47aは、フィールドレンズ24の焦点距離が $R \times (f_1 + f_2) / (2 \times f_1)$ になるように湾曲している。面47bは、実質的に平面状である。

20

フィールドレンズ24の焦点距離は、レンズ群33の焦点距離 f_1 とレンズ群34の焦点距離 f_2 が同じである場合に、回転ドラムD Mの半径（R）と実質的に同じになる。したがって、例えば、回転ドラムD Mの半径（R）を約250mmとすると、フィールドレンズ24の曲率半径は、例えば約339mmになる。

【0081】

本実施形態では、第1投影光学系P L 1と第2投影光学系P L 2とで構成が同様であることに応じて、光学部材48は、光学部材47と実質的に同じ形状を有する。光学部材48は、第2投影光学系P L 2を向く面48aと、面48aの反対を向く面48bとを有する。光学部材47と光学部材48は、平面状の面47bと面48bとが接合されることで、一体化されている。

30

【0082】

絞り部49は、いわゆる視野絞りであり、投影領域P Rの形状を規定する。絞り部49は、例えば、フィールドレンズ24の厚み方向（Z軸方向）の実質的に中央に配置される。絞り部49は、例えば、光学部材47の面47bと光学部材48の面48bの一方または双方にクロムなどで形成された遮光膜（遮光部材）で構成される。

【0083】

絞り部49は、第1投影光学系P L 1からの露光光L 2の少なくとも一部が通過する開口50を有する。開口50は、投影モジュールP Mごとに設けられており、各投影モジュールP Mにおいて中間像I Mが形成される位置またはその近傍に配置されている。

40

開口50は、第1投影モジュールP M aに対応する開口50aと第2投影モジュールP M bに対応する開口50bとでX軸方向の位置がずれるように、配置されている。本実施形態では、投影モジュールP MがY軸方向に一定のピッチで並んでいることに対応して、開口50は、Y軸方向に一定のピッチ d_y で並んでいる。

【0084】

第1投影モジュールP M a（図6および図7参照）に対応する開口50aと、第2投影モジュールP M bに対応する開口50bは、走査方向（X軸方向）から見て非走査方向（Y軸方向）の端部が互いに重なるように配置されている。図8の開口50aと開口50bは、それぞれ台形状であって、互いに平行な1対の対辺（上底、下底）が走査方向と実質

50

的に垂直である。

開口 50 a と開口 50 b は、走査方向から見たときに、上底と下底のうち短い方の辺が開口 50 a と開口 50 b とで重ならないように配置され、台形の斜辺（脚）が開口 50 a と開口 50 b とで重なるように配置されている。

【0085】

図 9 は、絞り部 49 の例を示す平面図である。ここでは、説明の便宜上、露光装置 EX の解像度が $4\ \mu\text{m}$ から $5\ \mu\text{m}$ 程度であるものとする。照明系 IU からの照明光 L1 として、例えば i 線（波長が約 $365\ \text{nm}$ ）の光を用いる場合、投影系 PL の開口数は、例えば約 0.06 程度に設定され、この開口数での焦点深度は $100\ \mu\text{m}$ 程度になる。この焦点深度の半分（約 $50\ \mu\text{m}$ ）を物体面の位置の許容誤差とし、回転ドラムの半径（R）を約 250 mm とすると、投影系 PL の視野の大きさは、走査方向の寸法が約 10 mm 程度になる。

10

このような条件で、各投影モジュール PM は、例えば、レンズの最大径が約 22 mm 程度、全長が約 180 mm 程度、視野の直径 φ が約 $14.2\ \text{mm}$ 程度になる。

【0086】

図 9 の例において、絞り部 49 の開口 50 は、各投影モジュール PM の視野と実質的に同じ形状であり、非走査方向（Y 軸方向）に頂点を持つ六角形に設定されている。開口 50 は、非走査方向に平行な 1 対の辺を有する矩形部 50 c と、矩形部 50 c の Y 軸方向の両端に隣接する三角形部 50 d とを含む。矩形部 50 c は、例えば、走査方向（X 軸方向）の寸法 u_1 が約 10 mm 程度、非走査方向の寸法 u_2 が約 10 mm 程度に設定される。三角形部 50 d は、例えば、非走査方向の寸法 u_3 が 2 mm 程度に設定される。

20

【0087】

絞り部 49 において、開口 50（例えば開口 50 b）の三角形部 50 d は、投影モジュールの投影領域 PR を通る領域を Y 軸方向に継ぐための部分（画面継ぎ部）として機能する。例えば、基板 P を走査方向（X 軸方向）に移動させると、開口 50 b の三角形部 50 d に対応する投影領域 PR を通った基板 P 上の領域は、走査方向から見て開口 50 b の隣に配置されている開口 50 a の三角形部 50 d に対応する基板 P 上の領域を通ることになる。

【0088】

このようにして、基板 P のうち、三角形部 50 d に対応する投影領域 PR を通る領域と矩形部 50 c に対応する投影領域 PR を通る領域とで、露光光 L2 の光量を揃えることができる。換言すると、開口 50 は、基板 P に入射する露光光 L2 の光量を Y 軸方向で揃えることができるように、配置されている。なお、上述したような開口 50 の形状および寸法は、一例であり、適宜変更できることは言うまでもない。

30

【0089】

以上のような構成の露光装置 EX は、複数の投影モジュール PM が非走査方向に配列されているので、非走査方向における処理範囲を広げることができ、例えば大型のデバイス用の大判の基板、多面取り用の大判の基板などに露光することができる。また、露光装置 EX は、第 1 投影モジュール PM と第 2 投影モジュール PM とで構成が同様であるので、例えば設計コスト、装置の製造コストを下げることもなどができる。

40

なお、投影モジュール PM の数は、適宜選択でき、第 1 実施形態のように 1 つでもよいし、第 2 実施形態のように 2 以上であってもよい。

【0090】

また、露光装置 EX において、フィールドレンズ 24 は、第 1 投影モジュール PM a と第 2 投影モジュール PM b とで共通化されているので部品数を減らすことができ、例えば位置合わせのコストを減らすことなどができる。

また、フィールドレンズ 24 は、複数の第 1 投影モジュール PM a で共通化され、複数の第 2 投影モジュール PM b で共通化されているので、部品数を減らすことができ、例えば位置合わせのコストを減らすことなどができる。

【0091】

50

なお、上述の実施形態において、第1投影光学系P L 1は、等倍系の光学系であるが、拡大系の光学系と縮小系の光学系のいずれでもよい。

また、第2投影光学系P L 2は、拡大系の光学系と縮小系の光学系のいずれでもよく、第1投影光学系P L 1と倍率が異なってもよい。例えば、第1投影光学系P L 1が拡大系の光学系であって、第2投影光学系P L 2が縮小系の光学系であってもよく、この場合に、拡大された中間像I Mの位置に視野絞りを設けることで、投影領域P Rの範囲を精度よく規定することができる。

また、投影系P Lは、等倍系の光学系、拡大系の光学系、縮小系の光学系のいずれでもよい。

【0092】

10

[第3実施形態]

次に、第3実施形態について説明する。本実施形態において、上記の実施形態と同様の構成については、同じ符号を付してその説明を簡略化あるいは省略することがある。図10は、本実施形態による露光装置E Xを概略して示す図であり、第2投影光学系P L 2などの図示が省略されている。図10の露光装置E Xは、照明系I Uの構成が上述の実施形態と異なる。

【0093】

照明系I Uは、光源からの照明光を照明光学系21に導く(伝送する)ための導光ロッド51を備える。図10の導光ロッド51は、回転ドラムD Mの回転中心軸A X 1と実質的に平行(ここでは、実質的に同軸)な円柱状の部材である。導光ロッド51は、その内面で光が反射するように形成される。導光ロッド51は、光を内面反射によって回転中心軸A X 1と実質的に平行な方向に導光する。

20

【0094】

導光ロッド51は、光源から光が入射する入射部(図示略)と、導光ロッド51の内部を伝播した光を、回転中心軸A X 1と交差(直交)する方向に取出すための射出部52とを有する。本実施形態では、図6の露光装置E Xのように複数の投影モジュールP Mが設けられており、射出部52は、投影モジュールP Mごとに設けられている。射出部52は、例えば切欠部52aを設けることで、導光ロッド51の内面反射の条件を部分的に崩すことで実現できる。

【0095】

30

切欠部52aは、導光ロッド51の中心線回りの周方向において局所的に設けられている。切欠部52aの内面で反射した光は、導光ロッド51の中心線に関して切欠部52aと反対側の内面で反射条件が崩れることで、切欠部52aと反対側の内面を通して導光ロッド51の外部に取出される。切欠部52aは、導光ロッド51の中心線と平行な方向において、各投影モジュールP Mの位置に応じて局所的に設けられている。

【0096】

図10の導光ロッド51は、回転ドラムD Mの回転中心軸A X 1と実質的に同軸に配置されている。照明光L 1は、導光ロッド51から回転ドラムD Mの径方向に出射する。照明光学系21は、導光ロッド51から出射した照明光L 1を偏向し、また照明領域I Rに対する入射側でテレセントリックにする。

40

【0097】

図11A、11Bは、照明系I Uの構成の一例を示す図である。図11Aは走査方向(X軸方向)から見た正面図である。図11Bは非走査方向(Y軸方向)から見た側面図である。図12は、照明系I Uの諸元の一例を示す表2である。

【0098】

図11A、11Bの照明光学系21は、導光ロッド51からの照明光L 1を偏向するシリンドリカルレンズ143(偏向部材)、およびシリンドリカルレンズ143からの照明光L 1を照明領域I Rの入射側でテレセントリックにするコンデンサレンズ144を備える。

【0099】

50

シリンドリカルレンズ 143 は、照明領域 I R に入射する際の照明光 L 1 の主光線の向きが投影系 P L (第 1 投影光学系 P L 1) の光軸 40 と実質的に平行になるように、照明光 L 1 を回転中心軸 A X 1 に実質的に垂直な面内で偏向する。シリンドリカルレンズ 143 は、例えば、走査方向に垂直な面 (図 11A の Y Z 面) に沿って伝播する光を実質的に集光しないで、非走査方向に垂直な面 (図 11B の X Z 面) に沿って伝播する光を集光するように、構成される。

シリンドリカルレンズ 143 の焦点距離 f_i は、導光ロッド 51 の中心線からシリンドリカルレンズ 143 までの距離を b (図 10 参照) とすると、下記の式 (1) で表される。

$$f_i = b (f_2 \times R + f_1 \times b) / (f_2 \times R) \quad \cdots \text{式 (1)}$$

10

【0100】

本実施形態では、露光装置 E X に複数の投影モジュール P M が設けられており、シリンドリカルレンズ 143 は、複数の投影モジュール P M で共通化できるように、非走査方向における基板 P の寸法 (幅) をカバーするだけの長さを有する。換言すると、シリンドリカルレンズ 143 は、複数の投影モジュール P M からの照明光 L 1 を一括して偏向するように、複数の投影モジュール P M による複数の視野が非走査方向に分布する範囲の全域にわたって、設けられている。

【0101】

図 11A、11B のコンデンサレンズ 144 は、レンズ 53a、レンズ 53b、およびレンズ 53c を含む。コンデンサレンズ 144 の各レンズの例については、図 12 の表 2

20

【0102】

以下、表 2 において面番号が n である光学面を、第 n 光学面 A n で表すこととする。第 11 光学面 A 11 および第 12 光学面 A 12 はレンズ 53a の表面である。第 13 光学面 A 13 および第 14 光学面 A 14 はレンズ 53b の表面である。第 15 光学面 A 15 および第 16 光学面 A 16 はレンズ 53c の表面である。

表 2 に、各光学面の曲率半径および寸法を、走査方向と非走査方向のそれぞれについて記載する。表 2 の「中心間距離」は、光学面の中心から次の光学面の中心までの距離を示す。例えば面番号 11 に対応する「中心間距離」は、第 11 光学面 A 11 の中心から第 12 光学面 A 12 の中心までの距離を示し、レンズ 53a の中心の厚みに相当する。

30

なお、面番号 16 に対応する「中心間距離」は、第 16 光学面 A 16 の中心から照明領域 I R (マスクパターン M) の中心までの距離を示す。

【0103】

コンデンサレンズ 144 は、照明光 L 1 が照明領域 I R (マスクパターン M) をテレセントリックに照明するように、構成されている。ここで、コンデンサレンズ 144 およびシリンドリカルレンズ 143 と光学的に等価な等価レンズを想定する。この等価レンズの前側焦点位置は、導光ロッド 51 の内部に形成される光源像 54 (図 10 参照) と実質的に同じ位置に設定される。この等価レンズの後側焦点位置は、照明領域 I R と実質的に同じ位置に設定される。

なお、光源像 54 は、例えば、導光ロッド 51 の中心線上あるいはその近傍に形成される。

40

【0104】

シリンドリカルレンズ 143 は、非走査方向 (Y 軸方向) の屈折力を実質的に有していないので、コンデンサレンズ 144 は、例えば、第 1 投影系光学系 P L 1 の光軸 40 および非走査方向 (Y 軸方向) を含む面内での焦点距離が、回転ドラム D M の半径 R の約半分 ($R/2$) に設定される。コンデンサレンズ 144 は、走査方向のシリンドリカルレンズ 143 の屈折力を加味して、非走査方向に垂直な面内の焦点距離が、 $R \times (1 + f_2 / f_1) / 4$ と異なる値に設定される。

【0105】

図 11A、11B のコンデンサレンズ 144 において、レンズ 53a ~ レンズ 53c は

50

、コンデンサレンズ 144 のレンズ枚数を減らすことができるように、図 12 の表 2 に示すような、走査方向と非走査方向とで曲率が異なるトーリック面で構成されている。コンデンサレンズ 144 において、レンズ 53a およびレンズ 53b からなるレンズ群は正の屈折力を有し、レンズ 53c からなるレンズ群は負の屈折力を有している。

【0106】

上記の照明系 IU において、例えば、回転ドラム DM の半径 R が 250 mm であって、光源像 54 からシリンドリカルレンズ 143 までの距離 b (図 10 参照) が約 80 mm の位置にシリンドリカルレンズ 143 が配置されているとすると、シリンドリカルレンズ 143 の焦点距離は、上記の式 (1) から約 105.6 mm になる。このようなシリンドリカルレンズ 143 により、導光ロッド 51 からの照明光 L1 (ビーム) は、走査方向において約 4.125 倍に広げられる。

10

このような条件下で、表 2 の例に対応するコンデンサレンズ 144 は、例えば、シリンドリカルレンズ 143 から約 9 mm の位置に配置される。レンズ 53a およびレンズ 53b からなるレンズ群は、収差補正のため複数のレンズで構成され、その合成焦点距離は、例えば走査方向で約 197.41 mm、非走査方向で約 130.77 mm である。そして、コンデンサレンズ 144 とシリンドリカルレンズ 143 を合成したときの走査方向 (XZ 面) における焦点距離は、例えば 47.86 mm となる。

なお、上述したようなコンデンサレンズ 144 の形状および寸法は、一例であり、適宜変更できることは言うまでもない。

【0107】

20

ところで、シリンドリカルレンズ 143 が照明光 L1 を広げる倍率は、走査方向と非走査方向とで異なっており、シリンドリカルレンズ 143 に入射する際の照明光 L1 の広がり が等方的であると、照明領域 IR に入射する際の照明光 L1 の広がり が異方性を有することがある。

本実施形態では、照明領域 IR に入射する際の照明光 L1 の広がり が等方的になるように、導光ロッド 51 の切欠部 52a (図 10) は、例えば楕円状に形成され、走査方向に対応する方向の寸法 (Y 軸周りの周長) と、非走査方向に対応する方向の寸法 (Y 軸方向の幅) とが異なっている。

【0108】

以上のような構成の露光装置 EX は、光源からの照明光 L1 を導光ロッド 51 によって照明光学系 21 に導くので、例えば、光源の配置あるいは光源に電力を供給するための電力線の配置の自由度が高くなる。そのため、露光装置 EX は、例えば複数の投影モジュール PM を備える場合などに照明系 IU を回転ドラム DM の内側に収容しやすくなる。

30

【0109】

なお、図 6 などに示した露光装置 EX は、第 1 投影光学系 PL1 からの露光光 L2 をフィールドレンズ 24 で偏向して第 2 投影光学系 PL2 に向かわせる構成であるが、フィールドレンズ 24 の代わりにプリズムなどで露光光 L2 を偏向してもよい。

【0110】

なお、導光ロッド 51 の入射部は、適宜選択される位置に設けられ、回転ドラム DM の内部と外部のいずれに配置されていてもよい。例えば、光源が回転ドラム DM の外部に配置されているとともに、導光ロッド 51 が回転ドラム DM の外部と内部とにわたって設けられており、導光ロッド 51 の入射部は、光源から光が入射するように回転ドラム DM の外部に設けられていてもよい。

40

また、光源が回転ドラム DM の内部に配置されており、導光ロッド 51 の入射部は、回転ドラム DM の内部に設けられていてもよい。

【0111】

また、導光ロッド 51 の入射部の数は、1 つでもよいし、2 つ以上でもよい。例えば、光源が Y 軸方向の一端部のみに設けられており、この一端部に導光ロッド 51 の入射部が設けられていてもよい。

また、光源が Y 軸方向の両端部に設けられており、両端部のそれぞれに導光ロッド 51

50

の入射部が設けられていてもよい。

【 0 1 1 2 】

[第 4 実施形態]

次に、第 4 実施形態について説明する。本実施形態において、上記の実施形態と同様の構成については、同じ符号を付してその説明を簡略化あるいは省略することがある。図 1 3 は本実施形態による露光装置 E X を概略して示す図である。図 1 4 は、投影領域 P R の配置例を示す平面図である。

【 0 1 1 3 】

図 7 の露光装置 E X では、複数の投影モジュール P M が 2 列に配列されていたが、投影モジュール P M の列の数は 2 列より多くてもよい。図 1 3 の露光装置 E X において、投影モジュール P M は、非走査方向（ Y 軸方向）から見て走査方向の 4 箇所配置されている。これら投影モジュール P M は、第 1 投影光学系 P L 1 の光軸 4 0 が互いに異なる方向に設定されているとともに、第 2 投影光学系 P L 2 の光軸 4 5 が互いに異なる方向に設定されている。

10

【 0 1 1 4 】

図 1 3 のフィールドレンズ 2 4 は、複数の投影モジュール P M のそれぞれが中間像を形成する位置にまたがるように設けられている。フィールドレンズ 2 4 は、各第 1 投影光学系 P L 1 からの露光光 L 2 を第 2 投影光学系 P L 2 に向かわせるように偏向する。

【 0 1 1 5 】

複数の投影モジュール P M の位置が走査方向（ X 軸方向）においてずれていることに対応して、各投影モジュール P M による投影領域 P R の位置（図 1 4 参照）は、走査方向において複数の投影モジュール P M でずれている。走査方向の位置が互いに異なる投影モジュール P M は、非走査方向の位置もずれるように配置されており、投影領域 P R の位置が非走査方向においてもずれている。

20

【 0 1 1 6 】

[第 5 実施形態]

次に、第 5 実施形態について説明する。本実施形態において、上記の実施形態と同様の構成については、同じ符号を付してその説明を簡略化あるいは省略することがある。図 1 5 は、本実施形態による露光装置 E X を概略して示す図である。

【 0 1 1 7 】

図 1 5 の露光装置 E X は、非走査方向（ Y 軸方向）から見て走査方向（ X 軸方向）に複数の投影モジュール P M が並んでおり、複数の投影モジュール P M の光路にまたがってレンズアレイが配置されている。例えば、レンズアレイ 5 5 は、第 1 投影モジュール P M a の光路と第 2 投影モジュール P M b の光路とにわたって配置されている。レンズアレイ 5 5 には、第 1 投影モジュール P M a のレンズ要素 5 6 a と第 2 投影モジュール P M b のレンズ要素 5 6 b とが配列されている。

30

本実施形態では、非走査方向から見て 4 箇所に投影モジュール P M が配置されており、フィールドレンズ 2 4 は、 4 箇所の投影モジュール P M にわたって設けられている。

【 0 1 1 8 】

レンズアレイ 5 5 は、例えば石英などの板にエッチングなどを利用して複数のレンズ要素を形成することで実現できる。レンズアレイ 5 5 のレンズ要素は、投影モジュール P M の位置に応じて、曲率（焦点距離）や光軸の傾斜が異なる。光軸の傾斜は、各レンズ要素の上側と下側とで曲率中心の位置をずらすことで実現できる。曲率（焦点距離）は、エッチング深さの制御で実現できる。

40

【 0 1 1 9 】

本実施形態では、非走査方向（ Y 軸方向）から見て走査方向（ X 軸方向）に並ぶ投影モジュール P M のレンズ要素が配列されたレンズアレイ 5 5 を説明したが、走査方向から見て非走査方向に並ぶ投影モジュール P M のレンズ要素が配列されたレンズアレイ 5 5 を用いることもできる。

例えば、図 1 5 の第 1 投影モジュール P M a は、 Y 軸方向に複数配列されており、レン

50

ズアレイ 55 は、複数の第 1 投影モジュール P M の光路にまたがって設けられており、複数の第 1 投影モジュール P M のレンズ要素が配列されていてもよい。

【 0 1 2 0 】

なお、図 15 には、投影モジュール P M のレンズ要素がそれぞれレンズアレイ 55 に設けられている例を示しているが、投影モジュール P M のレンズ要素のうちレンズアレイ 55 に設けられるレンズ要素の数は、1 つでもよい。すなわち、投影モジュール P M は、レンズアレイ 55 に設けられているレンズ要素と、レンズアレイ 55 に設けられていないレンズ要素とを含んでいてもよい。

また、投影モジュール P M に、レンズ以外の開口絞りなどの光学部材を設ける場合に、この光学部材を複数の投影モジュール P M の光路にわたって配置することで、複数の投影モジュール P M で共通化してもよい。

10

【 0 1 2 1 】

[第 6 実施形態]

次に、第 6 実施形態について説明する。本実施形態において、上記の実施形態と同様の構成については、同じ符号を付してその説明を簡略化あるいは省略することがある。図 16 は、本実施形態による露光装置 E X を概略して示す図である。

【 0 1 2 2 】

図 2 などで説明した露光装置 E X は、透過型のマスクパターン M を用いて露光するが、図 16 の露光装置 E X は、回転ドラム D M の外部に配置された照明系 I U で反射型のマスクパターン M を照明し、マスクパターン M で反射回折した光束（露光光 L 2 ）で露光する。

20

【 0 1 2 3 】

図 16 の照明系 I U は、光源装置 57 および光分離部 58 を備える。光源装置 57 は、例えば、図 2 に示した光源 20 および照明光学系 21 を備え、照明光 L 1 を射出する。光分離部 58 は、偏光ビームスプリッタプリズム（以下、P B S プリズム 59 という）、および P B S プリズム 59 と回転ドラム D M（照明領域 I R）との間の光路に配置された 1 / 4 波長板 60 を含む。

【 0 1 2 4 】

光源装置 57 は、P B S プリズム 59 の偏光分離膜（P B S 膜 59 a）に対する S 偏光を照明光 L 1 として射出する。光源装置 57 から出射した照明光 L 1 は、P B S プリズム 59 の偏光分離膜で反射して進行方向が折れ曲がり、1 / 4 波長板 60 を通って実質的に円偏光になって照明領域 I R に入射する。

30

照明光 L 1 によって照明されているマスクパターン M で発生した反射光束（露光光 L 2 ）は、1 / 4 波長板 60 を通ることで P B S 膜 59 a に対する P 偏光になり、P B S 膜 59 a を通って投影系 P L に入射する。投影系 P L は、上述した実施形態と同様に、第 1 投影光学系 P L 1 が中間像 I M を形成し、第 2 投影光学系 P L 2 が中間像 I M を基板 P に投影する。

P B S プリズム 59 および光源装置 57 は、例えば、マスクパターン M で反射回折した露光光 L 2 の進行方向が第 1 投影光学系 P L 1 の光軸 40 と実質的に平行（同軸）になるように、配置されている。

40

【 0 1 2 5 】

[第 7 実施形態]

次に、第 7 実施形態について説明する。本実施形態において、上記の実施形態と同様の構成については、同じ符号を付してその説明を簡略化あるいは省略することがある。図 17 は、本実施形態による露光装置 E X を概略して示す図である。

【 0 1 2 6 】

図 2 などで説明した露光装置 E X は、湾曲した投影領域 P R に投影露光するが、図 17 の露光装置 E X は、平面状の投影領域 P R に投影露光する。図 17 において、基板 P は、搬送ローラ 61 a と搬送ローラ 61 b とに掛け渡されて支持されている。投影領域 P R は、搬送ローラ 61 a と搬送ローラ 61 b との間で平面的に搬送される基板 P 上に設定され

50

ている。

本実施形態では、基板 P のうち投影領域 P R を通る部分を支持する支持部材 6 2 が設けられている。支持部材 6 2 は、例えばガスを吹出す吹出口と、吹出口からのガスを吸引する吸引口とが配列されたエアパッド面 6 2 a を有する。支持部材 6 2 は、投影領域 P R において基板 P を平面状に保つように、エアパッド面 6 2 a で基板 P を非接触に支持する。

【 0 1 2 7 】

なお、図 1 7 においては、基板 P が搬送ローラ 6 1 b と搬送ローラ 6 1 c とに掛け渡されており、基板 P は、中心面 1 3 に関して対称的に搬送される。露光装置 E X は、搬送ローラ 6 1 b と搬送ローラ 6 1 c との間の搬送経路に、投影系 P L (投影モジュール P M) を追加することで、マルチレンズ方式の露光装置にすることもできる。

10

また、搬送ローラ 6 1 b と搬送ローラ 6 1 c との間の搬送経路は、中心面 1 3 に関して、搬送ローラ 6 1 a と搬送ローラ 6 1 b との間の搬送経路と非対称でもよい。この場合には、追加する投影モジュール P M の光軸の傾き、X 軸方向の位置などは、投影領域 P R の傾きにに応じて適宜設定できる。

【 0 1 2 8 】

このように、露光装置 E X は、平面状に支持された基板 P を露光する構成でもよい。

また、上述の実施形態において、マスクパターン M が円筒面状に湾曲した状態で保持されて露光処理が行われる構成を説明したが、マスクパターン M が平面状に保持されており、基板 P が円筒面状に湾曲した状態で支持されて露光処理される構成でもよい。この構成において、第 2 投影光学系 P L 2 は、中間像 I M の接平面 I M a と投影領域 P R の接平面 P R a とをシャインブルーの条件を満たして共役関係にすることで、第 1 投影光学系 P L 1 が形成した中間像を精度よく投影することができる。

20

【 0 1 2 9 】

[デバイス製造方法]

次に、デバイス製造方法について説明する。図 1 8 は、本実施形態のデバイス製造方法を示すフローチャートである。

【 0 1 3 0 】

図 1 8 に示すデバイス製造方法では、まず、例えば液晶表示パネル、有機 E L 表示パネルなどのデバイスの機能・性能設計を行う (ステップ 2 0 1) 。次いで、デバイスの設計に基づいて、マスクパターン M を製作する (ステップ 2 0 2) 。また、デバイスの基材である透明フィルムやシート、あるいは極薄の金属箔などの基板を、購入や製造などによって準備しておく (ステップ 2 0 3) 。

30

【 0 1 3 1 】

次いで、準備した基板をロール式、パッチ式の製造ラインに投入し、その基板上にデバイスを構成する電極や配線、絶縁膜、半導体膜などの T F T バックプレーン層や、画素部となる有機 E L 発光層を形成する (ステップ 2 0 4) 。ステップ 2 0 4 には、典型的には、基板上の膜の上にレジストパターンを形成する工程と、このレジストパターンをマスクにして上記膜をエッチングする工程とが含まれる。

レジストパターンの形成には、レジスト膜を基板表面に一様に形成する工程、上記の各実施形態に従って、マスクパターン M を経由してパターン化された露光光 L 2 で基板のレジスト膜を露光する工程、その露光によってマスクパターンの潜像が形成されたレジスト膜を現像する工程、が実施される。

40

【 0 1 3 2 】

印刷技術などを併用したフレキシブル・デバイス製造の場合は、基板表面に機能性感光層 (感光性シランカップリング材など) を塗布式により形成する工程、上記の各実施形態に従って、マスクパターン M を経由してパターン化された露光光 L 2 を機能性感光層に照射し、機能性感光層にパターン形状に応じて親水化した部分と撥水化した部分を形成する工程、機能性感光層の親水性の高い部分にメッキ下地液などを塗工し、無電解メッキにより金属性のパターンを析出形成する工程、などが実施される。

【 0 1 3 3 】

50

次いで、製造するデバイスに応じて、例えば、基板をダイシング、あるいはカットすることや、別工程で製造された他の基板、例えば封止機能を持ったシート状のカラーフィルタや薄いガラス基板などを貼り合わせる工程が実施され、デバイスを組み立てる（ステップ205）。次いで、デバイスに検査などの後処理を行う（ステップ206）。以上のようにして、デバイスを製造することができる。

【0134】

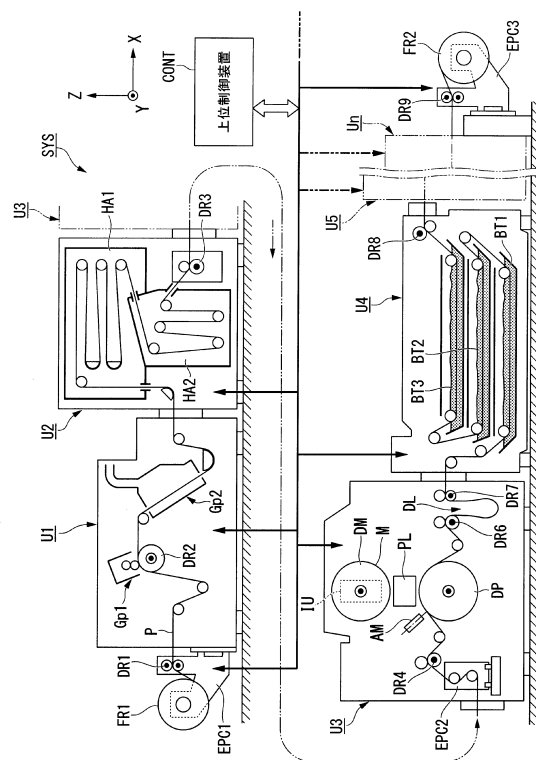
なお、本発明の技術範囲は、上記の実施形態に限定されるものではない。例えば、上記の実施形態で説明した要素の1つ以上は、省略されることがある。また、上記の実施形態で説明した要素は、適宜組み合わせることができる。

【符号の説明】

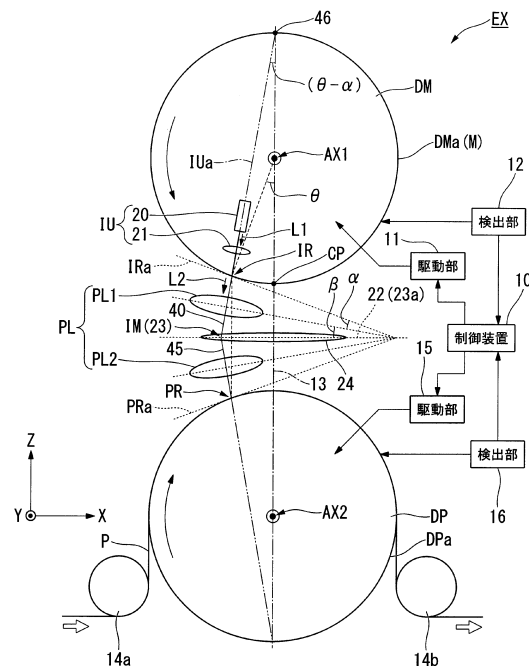
【0135】

M・・・マスクパターン、P・・・基板、23・・・中間結像面、23a・・・接平面、24・・・フィールドレンズ、47、48・・・光学部材、49・・・絞り部、55・・・レンズアレイ、56a、56b・・・レンズ要素、DM・・・回転ドラム（マスク保持部材）、DP・・・回転ドラム（基板支持部材）、DPa・・・外周面（支持面）、EX・・・露光装置、IM・・・中間像、IMa・・・接平面、IR・・・照明領域、IRa・・・接平面、IU・・・照明系、L1・・・照明光、L2・・・露光光、PL1・・・第1投影光学系（中間像形成光学系）、PL2・・・第2投影光学系（投影光学系）、PM・・・投影モジュール、PR・・・投影領域、PRa・・・接平面、U3・・・処理装置。

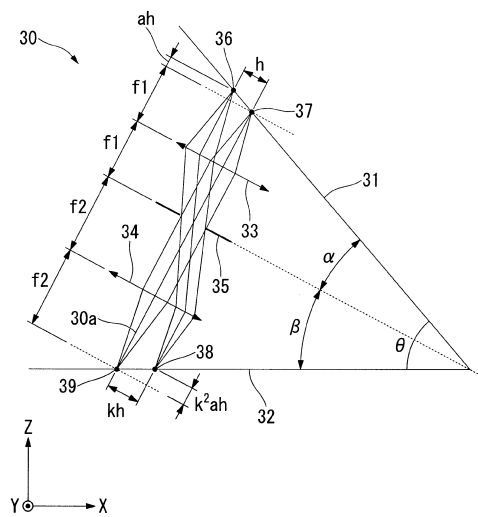
【図1】



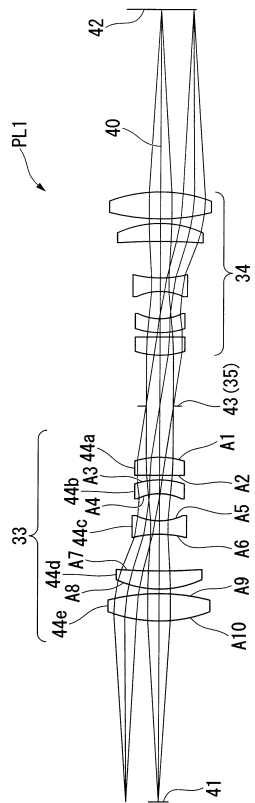
【図2】



【図 3】



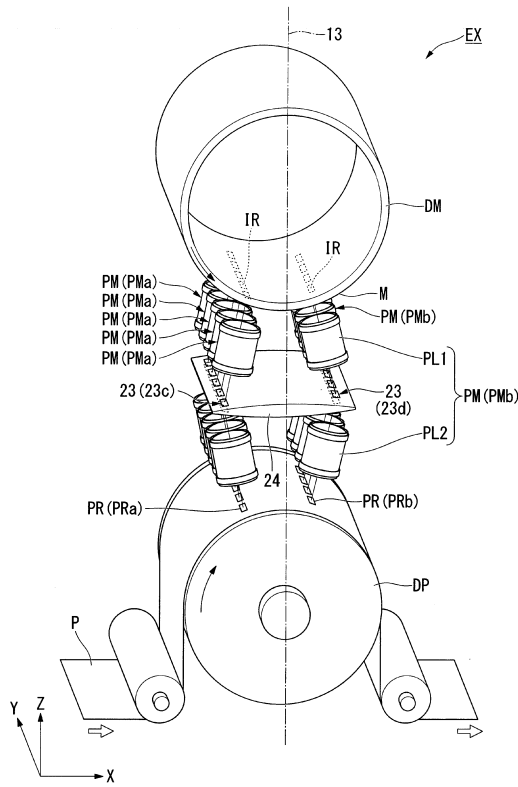
【図 4】



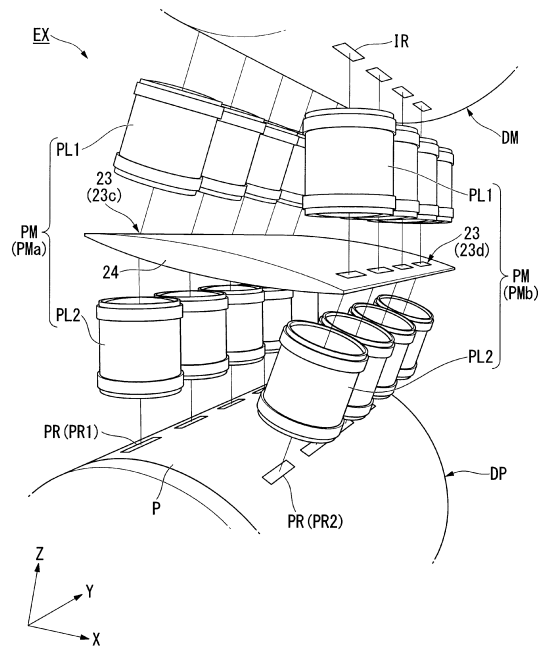
【図 5】

面番号	曲率半径 [mm]	中心間距離 [mm]	材質	直径 [mm]
0	∞	11.1955		3
1	16.07298	4.0000	石英	12
2	-300.86128	1.0000	石英	12
3	16.74704	3.0000	石英	14
4	10.56320	6.0000	石英	20
5	-12.48518	3.0000	石英	22
6	24.25614	8.0000	石英	
7	-157.22683	4.0000	石英	
8	-22.56917	1.0000	石英	
9	44.73574	6.0000	石英	
10	-31.45982	39.9599	石英	

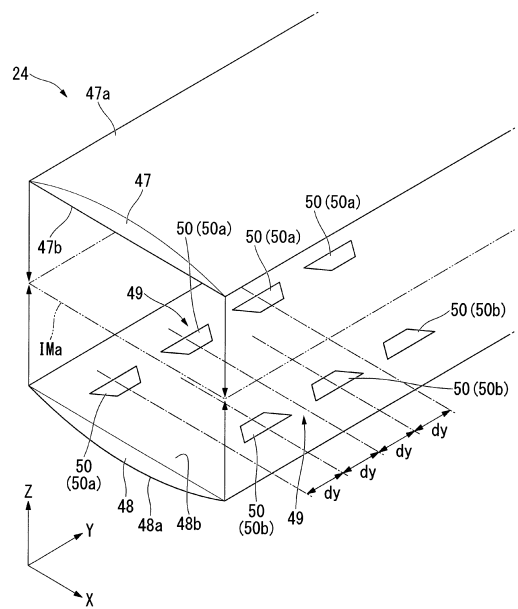
【図 6】



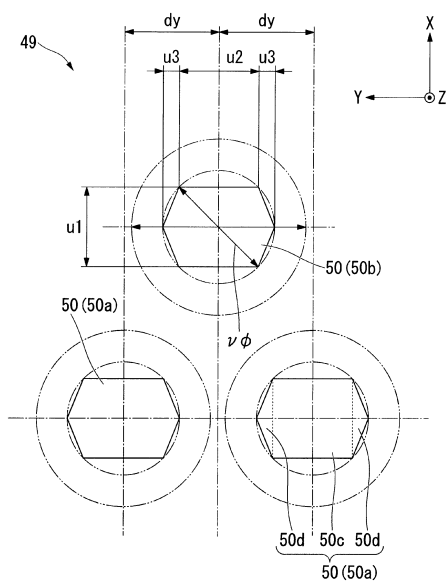
【 圖 7 】



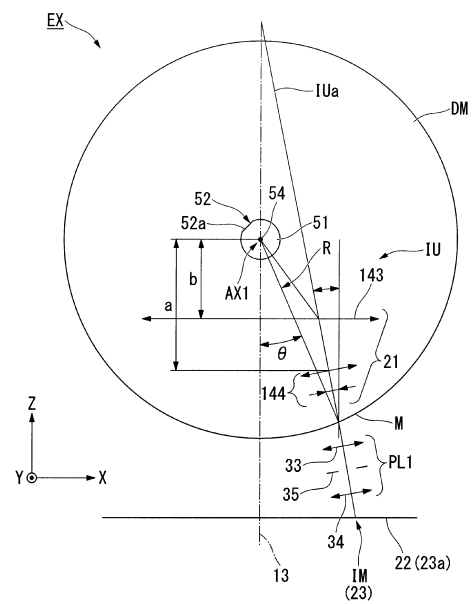
【 図 8 】



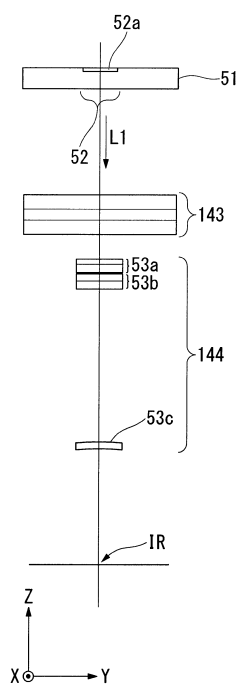
【 図 9 】



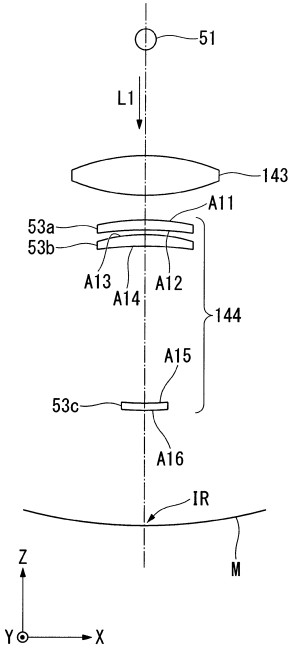
【 図 1 0 】



【図 1 1 A】



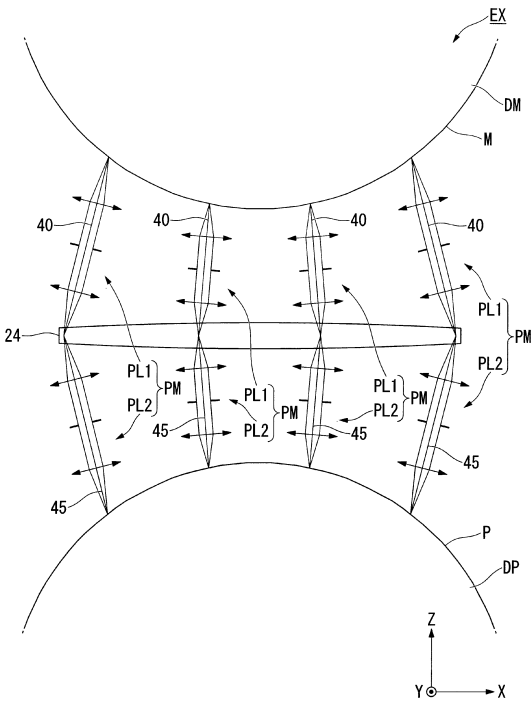
【図 1 1 B】



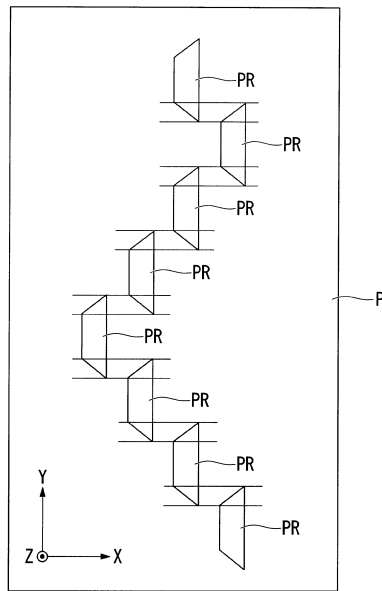
【図 1 2】

面番号	曲率半径		中心間距離 [mm]	材質	寸法	
	走査方向 [mm]	非走査方向 [mm]			走査方向 [mm]	非走査方向 [mm]
11	104.0018	275.3859	6.0	石英	50	24
12	596.7612	-393.3130	1.0			
13	64.2372	128.1832	6.0	石英	50	24
14	130.8443	804.8180	82.0			
15	-41.9413	87.2019	3.0	石英	24	20
16	-152.8290	231.0895	59.2			

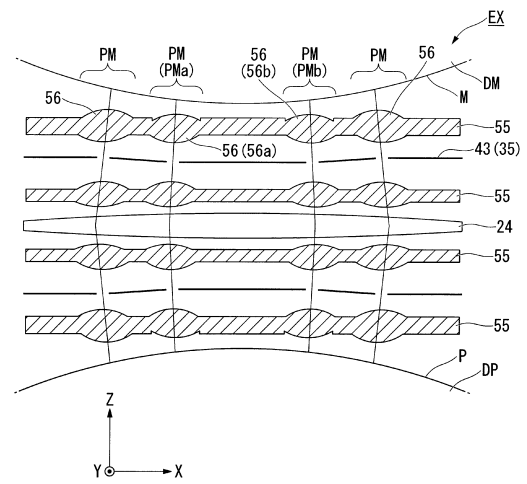
【図 1 3】



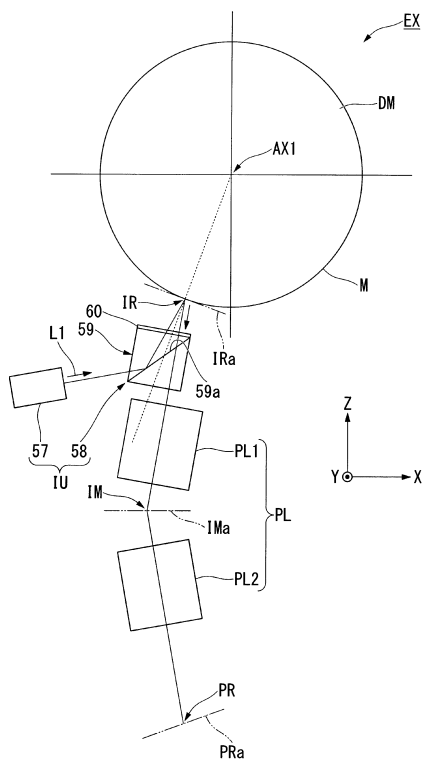
【図 14】



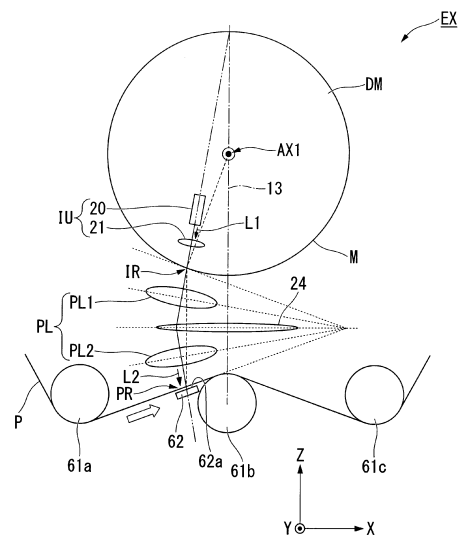
【図 15】



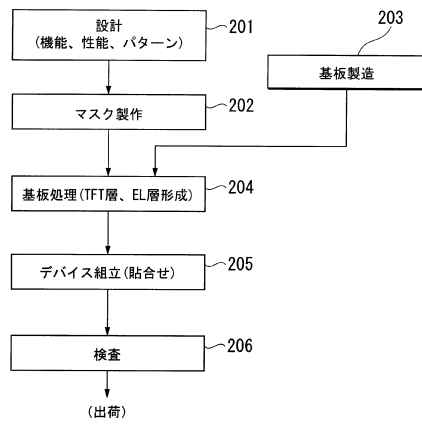
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特表2008-530788(JP,A)
特開2008-172272(JP,A)
特開2010-204588(JP,A)
特開2007-299918(JP,A)
国際公開第2011/129369(WO,A1)
特開平01-303721(JP,A)
特開2011-221538(JP,A)
特開2011-203311(JP,A)