

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6879484号
(P6879484)

(45) 発行日 令和3年6月2日(2021.6.2)

(24) 登録日 令和3年5月7日(2021.5.7)

(51) Int.Cl.		F I			
G03F	7/20	(2006.01)	G03F	7/20	501
G02B	21/36	(2006.01)	G03F	7/20	521
G02B	21/06	(2006.01)	G02B	21/36	
			G02B	21/06	

請求項の数 5 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2017-60129 (P2017-60129)	(73) 特許権者	000207551
(22) 出願日	平成29年3月24日 (2017.3.24)		株式会社SCREENホールディングス
(65) 公開番号	特開2018-163261 (P2018-163261A)		京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町1番地の1
(43) 公開日	平成30年10月18日 (2018.10.18)	(74) 代理人	100113608
審査請求日	令和1年12月23日 (2019.12.23)		弁理士 平川 明
		(74) 代理人	100123319
			弁理士 関根 武彦
		(74) 代理人	100123098
			弁理士 今堀 克彦
		(74) 代理人	100125357
			弁理士 中村 剛

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像取得装置、露光装置、及び画像取得方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

移動する撮像対象の画像を取得する画像取得装置であって、
前記撮像対象を撮像する撮像部と、前記撮像部と前記撮像対象との間に位置するように設けられた撮像領域追従光学系と、前記撮像部による撮像の際に、複数回フラッシュ点灯することによって前記撮像領域に光を照射する照明部と、を有し、
前記撮像領域追従光学系は、前記撮像対象から出射される光の光路を変化させることによって、前記撮像部が撮像可能な領域である撮像領域を前記撮像対象の移動に追従させ、
前記撮像部は、前記撮像対象に反射された光が結像した像を合成することによって、前記撮像対象の画像を生成する、
画像取得装置。

【請求項2】

前記撮像領域追従光学系は、前記撮像部側に設けられるとともに光を屈折可能な第1光学部材と、前記撮像対象側に設けられるとともに光を屈折可能な第2光学部材と、を有し、
前記第1光学部材は、前記撮像部側に位置する第1撮像部側面と、前記撮像対象側に位置する第1撮像対象側面と、を有し、
前記第2光学部材は、前記撮像部側に位置するとともに前記第1撮像対象側面と平行な第2撮像部側面と、前記撮像対象側に位置するとともに前記第1撮像部側面と平行な第2撮像対象側面と、を有し、

前記第1撮像部側面と前記第1撮像対象側面のうち、少なくとも何れか一方が前記撮像対象の進行方向に対して傾斜しており、

前記第1光学部材と前記第2光学部材のうち、少なくとも何れか一方を移動させることで、前記撮像対象から出射される光の光路を変化させる、

請求項1に記載の画像取得装置。

【請求項3】

前記撮像領域追従光学系は、互いに平行な一対の面を有するとともに光を屈折可能な平行板によって形成され、

前記平行な一対の面のうち何れか一方は、前記撮像対象と対向するように設けられ、

前記平行板は、前記平行な一対の面の前記撮像対象の進行方向に対する傾斜角度を変化可能である、

請求項1に記載の画像取得装置。

【請求項4】

請求項1から3の何れか1項に記載の画像取得装置と、

前記撮像対象が付された露光対象物を保持するステージと、

移動中の前記露光対象物に対して光を出射することで前記露光対象物に所定のパターンを描画する露光部と、

前記画像取得装置が取得した画像に基づいて前記露光対象物の位置情報を取得し、前記位置情報に基づいて前記ステージの位置を制御することによって、前記露光対象物の位置合わせを実行するアライメント処理手段と、を備える、

露光装置。

【請求項5】

移動する撮像対象の画像を取得する画像取得方法であって、

前記撮像対象の位置情報を取得する、第1のステップと、

前記位置情報に基づいて、前記撮像対象を撮像する撮像部が撮像可能な領域である撮像領域の内部に前記撮像対象が存在するか否かを判定する、第2のステップと、

前記撮像対象が前記撮像領域に存在する場合には、前記撮像部と前記撮像対象との間に位置するように設けられた撮像領域追従光学系が、前記撮像対象から出射される光の光路を変化させることによって、前記撮像領域を前記撮像対象の移動に追従させる、第3のステップと、を有し、

前記第3のステップにおいて、照明部によって複数回フラッシュ点灯することで前記撮像領域に光を照射し、撮像部によって前記撮像対象に反射された光が結像した像を合成することで前記撮像対象の画像を生成する、

画像取得方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像取得装置、露光装置、及び画像取得方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、試料上の一定領域ごとに順次アライメントマークの検索を行い、アライメントマークが存在する領域を認識するための撮像装置が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平10-22201号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

アライメントマークの画像取得においては、基板を保持して移動するステージの位置を

10

20

30

40

50

リアルタイムに計測し、所定の位置に来た際にステージを停止させ、照明等を点灯することによって撮像することが一般的である。このような装置のタクトを上げるには、ステージを移動させながら撮像する必要がある。ここで、撮像に用いられるCCD (Charge Coupled Device)カメラは所定のフレームレートで画像を撮像する。アライメントマークの画像を取得するためには、アライメントマークに対して、光を照射することによって撮像を行う。従来は、1回の撮像期間中(30[fps]の場合は33[ms])に1回照明をフラッシュ点灯させることで、画像を取得していた。しかしながら、このような方法では、近年のステージ速度の高速化や、撮像レンズ低倍化による透過率低下などの影響で、十分なコントラストを持った画像を撮像することが容易ではない。一方で、基板を移動させながら長時間光を照射することでアライメントマークの画像を取得しようとする、モーションブラー(残像)が発生することによって取得される画像がぶれ、アライメントに悪影響を及ぼす問題があった。

10

【0005】

そこで、本発明は、移動する撮像対象の画像を取得する装置において、取得される画像のぶれを低減することができる技術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】**【0006】**

上記課題を解決するための本発明は、次のような構成とする。即ち、本発明は、移動する撮像対象の画像を取得する画像取得装置であって、

前記撮像対象を撮像する撮像部と、前記撮像部による撮像の際に、複数回フラッシュ点灯することによって前記撮像領域に光を照射する照明部と、前記撮像部と前記撮像対象との間に位置するように設けられた撮像領域追従光学系と、を有し、

20

前記撮像領域追従光学系は、前記撮像対象から出射される光の光路を変化させることによって、前記撮像部が撮像可能な領域である撮像領域を前記撮像対象の移動に追従させ、前記撮像部は、前記撮像対象に反射された光が結像した像を合成することによって、前記撮像対象の画像を生成する、画像取得装置である。

【0007】

本発明によると、撮像部による撮像対象の撮像中に撮像領域を前記撮像対象の移動に追従させることによって、撮像領域内における撮像対象の相対的な位置を固定させることができる。これによれば、画像のぶれを抑制することができる。その結果、高精度なアライメントを実現することができる。

30

【0010】

また、本発明は、以下の構成で実現することができる。即ち、本発明は、

前記撮像領域追従光学系は、前記撮像部側に設けられるとともに光を屈折可能な第1光学部材と、前記撮像対象側に設けられるとともに光を屈折可能な第2光学部材と、を有し、

前記第1光学部材は、前記撮像部側に位置する第1撮像部側面と、前記撮像対象側に位置する第1撮像対象側面と、を有し、

前記第2光学部材は、前記撮像部側に位置するとともに前記第1撮像対象側面と平行な第2撮像部側面と、前記撮像対象側に位置するとともに前記第1撮像部側面と平行な第2撮像対象側面と、を有し、

40

前記第1撮像部側面と前記第1撮像対象側面のうち、少なくとも何れか一方が前記撮像対象の進行方向に対して傾斜しており、

前記第1光学部材と前記第2光学部材のうち、少なくとも何れか一方を移動させることで、前記撮像対象から出射される光の光路を変化させてもよい。

【0011】

更に、本発明は、以下の構成でも実現することができる。即ち、本発明は、

前記撮像領域追従光学系は、互いに平行な一对の面を有するとともに光を屈折可能な平行板によって形成され、

前記平行な一对の面のうち何れか一方は、前記撮像対象と対向するように設けられ、

50

前記平行板は、前記平行な一対の面の前記撮像対象の進行方向に対する傾斜角度を変化可能であってもよい。

【0012】

また、本発明は、露光装置としても特定することができる。即ち、本発明は、画像取得装置と、前記撮像対象が付された露光対象物を保持するステージと、移動中の前記露光対象物に対して光を出射することで前記露光対象物に所定のパターンを描画する露光部と、

前記画像取得装置が取得した画像に基づいて前記露光対象物の位置情報を取得し、前記位置情報に基づいて前記ステージの位置を制御することによって、前記露光対象物の位置合わせを実行するアライメント処理手段と、を備える露光装置であってもよい。

10

【0013】

更に、本発明は、画像取得方法としても特定することができる。即ち、本発明は、移動する撮像対象の画像を取得する画像取得方法であって、前記撮像対象の位置情報を取得する、第1のステップと、前記位置情報に基づいて、前記撮像対象を撮像する撮像部が撮像可能な領域である撮像領域の内部に前記撮像対象が存在するか否かを判定する、第2のステップと、前記撮像対象が前記撮像領域に存在する場合には、前記撮像部と前記撮像対象との間に位置するように設けられた撮像領域追従光学系が、前記撮像対象から出射される光の光路を変化させることによって、前記撮像領域を前記撮像対象の移動に追従させる、第3のステップと、を有し、

20

前記第3のステップにおいて、照明部によって複数回フラッシュ点灯することで前記撮像領域に光を照射し、撮像部によって前記撮像対象に反射された光が結像した像を合成することで前記撮像対象の画像を生成する、画像取得方法であってもよい。

【0014】

なお、上述した課題を解決するための手段は、適宜組み合わせ用いることができる。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、移動する撮像対象の画像を取得する装置において、取得される画像のぶれを低減することが可能となる。

30

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】第1実施形態に係る露光装置の側面図である。

【図2】第1実施形態に係る露光装置の上面図である。

【図3】第1実施形態に係る露光ユニットの概略図である。

【図4】第1実施形態に係る画像取得装置の概略図である。

【図5】第1実施形態に係る撮像領域追従光学系を示す図である。

【図6】第1実施形態に係る保持部材を示す図である。

【図7A】撮像領域追従光学系が第1姿勢のときにおける光路を示す図である。

【図7B】撮像領域追従光学系が第2姿勢のときにおける光路を示す図である。

40

【図8】第1実施形態に係る制御装置を示すブロック図である。

【図9】アライメントマークの一例を示す図である。

【図10】第1実施形態に係るアライメント方法の手順を示す図である。

【図11】第1実施形態に係るアライメントマークの画像取得方法の手順を示す図である。

【図12】第1実施形態に係るアライメントマークの画像取得における画像取得装置の動作を説明するための図である。

【図13】第1実施形態に係るアライメントマークの画像取得方法によって取得された画像を示す図である。

【図14】比較例に係るアライメントマークの画像取得方法によって取得された画像を示

50

す図である。

【図15】第1実施形態に係る撮像領域追従光学系の変形例を示す図である。

【図16】第2実施形態に係る撮像領域追従光学系を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下に示す実施形態は、本願発明の一態様であり、本願発明の技術的範囲を限定するものではない。

【0018】

<第1実施形態>

図1は、第1実施形態に係る露光装置100の側面図である。図2は、第1実施形態に係る露光装置100の上面図である。なお、図中の矢印は、それぞれ、互いに直交するX方向、Y方向及びZ方向を示している。

【0019】

露光装置100は、レジストなどの感光材料の層が形成された基板W（感光材料）の上面に、CADデータなどに応じて空間変調したパターン光（描画光）を照射して、パターン（例えば、回路パターン）を露光（描画）する装置である。露光装置100は、描画装置又は直描装置とも呼ばれる。

【0020】

露光装置100で処理対象とされる基板Wは、例えば、半導体基板、プリント基板、液晶表示装置などに具備されるカラーフィルタ用基板、液晶表示装置やプラズマ表示装置などに具備されるフラットパネルディスプレイ用ガラス基板、磁気ディスク用基板、光ディスク用基板、太陽電池用パネル、などである。本実施形態においては、基板Wは、略矩形形状を有しているものとする。基板Wは、本発明に係る「露光対象物」の一例である。また、図9に示すように、基板Wの上面四隅には、後述するアライメントとして利用される十字形状のアライメントマークMが形成されている。但し、アライメントマークMは、任意の形状とすることができる。アライメントマークMは、画像としたときに、その領域内にコントラストを生じさせることによって所定のマークを形成するものであればよい。アライメントマークMは、例えば、円形状であってもよい。また、アライメントマークMは、基板Wを貫通する孔で形成されていてもよい。アライメントマークMは、本発明に係る「撮像対象」の一例である。

【0021】

図1に示すように、露光装置100は、基台1、支持フレーム2、ステージ3、ステージ駆動機構4、露光部5、画像取得装置10、及び制御装置9を備える。支持フレーム2は、基台1をX軸方向に横断する門型に形成されており、露光部5と画像取得装置10とをステージ3の上方（Z方向）に支持する。以下、ステージ3、ステージ駆動機構4、露光部5、画像取得装置10、制御装置9について説明する。

【0022】

<ステージ3>

ステージ3は、ステージ駆動機構4の上に配置され、その上面に基板Wを水平姿勢に載置して保持する。ステージ3は、略平板形状を有している。また、ステージ3の上面には、複数の吸引孔（図示省略）が形成されている。この吸引孔に負圧（吸引圧）を作用させることによって、基板Wがステージ3の上面に吸着される。また、ステージ3の上面は、XY平面と平行な面であるステージ平面Sに含まれる。基板W及びアライメントマークMは、ステージ3が移動することによって、ステージ平面S内を移動する。

【0023】

<ステージ駆動機構4>

ステージ駆動機構4は、基台1上に配置され、ステージ3を基台1に対して移動させる。ステージ駆動機構4は、ステージ3をZ軸と平行な軸A周り（方向）に回転させる回転機構41と、副走査方向（X軸方向）に移動させる副走査機構43と、主走査方向（Y

10

20

30

40

50

軸方向)に移動させる主走査機構42と、を備える。ステージ駆動機構4は、ステージ3に配置されたエンコーダの出力信号などに基づいて、ステージ3の位置情報を制御装置9に出力する。

【0024】

<露光部5>

露光部5は、制御装置9による制御に応じてパターン光を形成し、基板Wにそのパターン光を照射する光学装置である。図2に示すように、露光部5は、9台の露光ユニット50を備える。但し、露光部5が搭載する露光ユニット50の台数は特に限定されず、1台であってもよい。

【0025】

<露光ユニット50>

露光ユニット50は、支持フレーム2に支持されている。具体的には、露光ユニット50は、支持フレーム2の+Z側及び+Y側に延在する収容ボックス(不図示)に収容されている。図3は、本実施形態の露光ユニット50に係る構成を示す概略図である。露光ユニット50は、更に、光源部51と、露光ヘッド52と、を備える。複数の露光ユニット50は、露光ヘッド52が、X軸方向に複数列に並ぶ状態で収容ボックスに収容されている(図2参照)。

【0026】

光源部51は、制御装置9からの信号を受け付けてレーザー光を出力するレーザー発振器511と、レーザー発振器511から出力された光(スポットビーム)を、強度分布が均一な光とするレーザー制御系512と、を備える。光源部51から出力された光は、露光ヘッド52に入力される。なお、1つの光源部51からレーザー光を分割して、複数の露光ヘッド52に入力する構成としてもよい。

【0027】

露光ヘッド52は、光源部51から出力された光を空間光変調することによってパターン光を形成し、形成したパターン光をステージ上の基板Wに向けて照射する。

【0028】

<画像取得装置10>

画像取得装置10は、後述するパターン描画において、基板W上に形成されたアライメントマークM(図9参照)の画像を取得する。図4は、画像取得装置10の概略図である。図4に示すように、画像取得装置10は、撮像ユニット6と、撮像領域追従光学系(以下、光学系)7と、位置計測部8と、を備える。

【0029】

撮像ユニット6は、ステージ上を撮像する機能を有し、露光部5よりも+Y側に位置するように支持フレーム2に固定されている。但し、撮像ユニット6は、露光部5よりも-Y側に位置していてもよい。撮像ユニット6は、ステージ3と対向するように設けられたCCD(Charge Coupled Device)カメラ61と、照明部62とを有する。

【0030】

CCDカメラ61は、光軸A1がZ軸と平行となるように設けられている。即ち、光軸A1は、ステージ平面Sに対して垂直である。CCDカメラ61は、所定の画角内に位置する対象物から発した光をレンズ(不図示)によって内部の撮像素子(CCD)の受光面61aに結像させ、その像の光による明暗を電荷の量に光電変換し、それを順次読み出して電気信号に変換することで、撮像対象を撮像する。この、CCDカメラ61による撮像は、シャッタースピードに応じた所定のフレームレートで実行される。CCDカメラ61のフレームレートは、例えば、30[fps]である。この場合、1回の撮像期間をTとすると、 $T = 1 / 30 [fps] = 33 [ms]$ となる。但し、CCDカメラ61の撮像サイクルは、上記に限定されない。CCDカメラ61は、撮像期間においては、シャッターが開いた状態となる。すなわち、受光素子は、撮像期間を通して露光した状態となる。CCDカメラ61は、撮像期間中に受光素子の受光面61aに結像した像を合成することによって、画像を生成する。また、CCDカメラ61は、その画角に応じてステージ平面

10

20

30

40

50

S上に、所定範囲の撮像領域Fを形成する。ステージ上の撮像対象は、撮像領域F内にある場合に、CCDカメラ61によって撮像される。なお、撮像ユニット6に設けられるCCDカメラ61の数量は限定されず、CCDカメラ61は、例えば、2つ設けられていてもよい。CCDカメラ61は、本発明の「撮像部」に相当する。

【0031】

照明部62は、制御装置9の制御に応じてフラッシュ点灯する照明である。照明部62は、例えば、LED光源の点灯によって撮像領域Fを照射するLED照明である。照明部62は、後述する光学系7によって光線制御されることにより、撮像領域Fに光を照射する。これにより、撮像領域F内にある撮像対象が光を反射する。フラッシュ点灯は、照明部62が微小時間だけ点灯することによってなされる。フラッシュ点灯の時間は、例えば、1[μ s]である。

10

【0032】

撮像ユニット6は、制御装置9から出力されるステージ3の位置情報をトリガとしてCCDカメラ61と照明部62とを作動させる。撮像ユニット6は、CCDカメラ61の撮像期間内に照明部62を微小時間だけフラッシュ点灯する。そして、CCDカメラ61は、撮像領域F内にある撮像対象に反射した光を受光素子の受光面61a上に結像させることによって、撮像対象を撮像する。従って、撮像ユニット6によって生成される画像は、撮像期間内において照明部62が点灯している間に結像された像を合成したものとなる。

【0033】

光学系7は、撮像対象から反射した光や照明部62から出射された光を光線制御することによって、CCDカメラ61の撮像領域Fを基板W上に付された撮像対象であるアライメントマークMに追従させる機能を有する。また、光学系7は、照明部62によって光が照射される領域を撮像領域Fに追従させる機能も有する。光学系7は、Z方向においてCCDカメラ61とステージ3との間に位置するように支持フレーム2に固定される。即ち、光学系7は、ステージ3よりも上方であって、CCDカメラ61よりも下方に配置されている。更に、光学系7は、CCDカメラ61の光軸A1上に配置されている。

20

【0034】

図5は、YZ平面に平行な面における光学系7の断面図である。図5に示すように、光学系7は、Z方向に離間して配置される第1光学部材71及び第2光学部材72と、第1光学部材71を第2光学部材72に対してY方向にスライド可能に保持する保持部材74(後述)と、によって構成される。第1光学部材71と第2光学部材72は、ガラス材料によって形成された光学プリズムであって、互いに同一の形状を有しており、両者の屈折率は同一である。なお、第1光学部材71と第2光学部材72の材料はガラス材料に限定されず、一般的なレンズ部品などに使用される透過率の高い樹脂材料であってもよい。

30

【0035】

第1光学部材71は、第2光学部材72よりも+Z側に配置されており、X軸方向視において略三角形に形成されている。詳しくは、第1光学部材71は、第1光学部材71において最も+Z側に位置するとともにステージ平面S(XY平面)と平行な面である第1撮像部側面711と、第1撮像部側面711の-Y側に位置する端部から延在するとともに第1撮像部側面711に対して時計回りに所定の角度($0 < \theta < \pi/2$)だけ傾斜した第1撮像対象側面712と、ZX平面と平行な第1垂直面713と、を有する。これにより、第1撮像対象側面712は、主走査方向、即ち、アライメントマークMの進行方向であるY方向に対して傾斜している。また、第1撮像部側面711は、XY平面と平行であるため、CCDカメラ61の光軸A1に対して直交している。

40

【0036】

第2光学部材72は、第1光学部材71をX軸回りに180°回転させたものと同一である。第2光学部材72は、第1撮像対象側面712と対向するとともに第1撮像対象側面712と平行な第2撮像部側面721と、第2撮像部側面721における+Y側の端部(すなわち、下端)から-Y側に延在するとともにステージ平面S(XY平面)と平行な第2撮像対象側面722と、ZX平面と平行な第2垂直面723と、を有する。第1撮像対

50

象側面 712 と第 2 撮像部側面 721 は、YZ 平面上において正の傾きを有している。

【0037】

第 1 光学部材 71 と第 2 光学部材 72 は、Y 方向及び Z 方向において互いに離間するとともに、それぞれが CCD カメラ 61 の光軸 A1 上に配置されている。第 1 光学部材 71 と第 2 光学部材 72 とが Y 方向及び Z 方向において離間していることにより、第 1 撮像対象側面 712 と第 2 撮像部側面 721 とによって挟まれた領域は、大気からなる空気層 73 を形成している。

【0038】

図 6 は、光学系 7 における保持部材 74 を示す図である。保持部材 74 は、第 1 光学部材 71 が搭載されるスライド部材 741 と、支持フレーム 2 に固定されるとともにスライド部材 741 を Y 方向に移動可能に支持するベース部材 742 とによって構成されている。スライド部材 741 は、ボールねじ等の周知の技術によって Y 方向に移動可能であり、これにより、第 1 光学部材 71 は、保持部材 74 によって Y 方向にスライド可能に保持されている。

【0039】

図 7A, 7B は、画像取得装置 10 における光路の一例を示す図である。光学系 7 は、後述する画像取得の際に、第 1 光学部材 71 を Y 方向へ平行移動させることによって、図 7A に示す第 1 光学部材 71 が最も - Y 側に位置する第 1 姿勢の状態と図 7B に示す第 1 光学部材 71 が最も + Y 側に位置する第 2 姿勢との間で、姿勢を推移させる。ここで、CCD カメラ 61 の受光面 61a と光軸 A1 との交点を結像点 P0 とする。図中の符号 R1、R2 で示される実線は、結像点 P0 から光軸 A1 に沿って大気へ出射された光 L0 の光路を示す光線である。図 7A の光線 R1 に示されるように、第 1 姿勢においては、光 L0 は、進行方向に垂直な第 1 撮像部側面 711 に対しては入射角 0 で入射するため屈折せず、第 1 光学部材 71 内を直進する。そして、第 1 撮像部側面 711 に対して傾斜している第 1 撮像対象側面 712 に対しては入射角 θ で入射するため、屈折角 β で屈折して大気中に出射される。ここで N は、第 1 光学部材 71 及び第 2 光学部材 72 の大気に対する屈折率 ($N > 1$) と角度 θ に依存する。この関係は次のような式 (1) で表される。

【数 1】

$$\frac{\sin\beta}{\sin\alpha} = N \quad \dots (1)$$

また、 $N > 1$ であることから、 $\beta > \alpha$ となる。これにより、第 1 撮像対象側面 712 において光軸 A1 に対して + Y 側に屈折する。より詳細には、光 L0 は、第 1 撮像対象側面 712 を境に、光軸 A1 に対して ($\beta - \alpha$) 分 + Y 側に傾斜して空気層 73 を進行する。そして、光 L0 は、第 1 撮像対象側面 712 と平行な第 2 撮像部側面 721 に対しては入射角 θ で入射するため、光は屈折角 β で屈折する。その結果、光 L0 は光軸 A1 と平行となり、第 2 光学部材 72 を進行する。そして、進行方向に垂直な第 2 撮像対象側面 722 では屈折せずに、大気中へ直進する。

【0040】

このように、第 1 撮像部側面 711 と第 2 撮像対象側面 722 とが平行であって、第 1 撮像対象側面 712 と第 2 撮像部側面 721 とが平行であるため、光軸 A1 と平行に光学系 7 に入射した光 L0 は、光軸 A1 と平行にステージ平面 S へ出射される。ここで、第 2 光学部材 72 よりも - Z 側に位置するとともに XY 平面と平行なステージ平面 S 上において光 L0 が到達する点を点 P1 とする。光 L0 は、空気層 73 において光軸 A1 に対して ($\beta - \alpha$) 分、+ Y 側に傾斜しているため、点 P1 は光軸 A1 よりも + Y 側に位置する。

【0041】

第 2 姿勢においては、第 1 光学部材 71 が + Y 側に平行移動することによって、第 1 撮像対象側面 712 と第 2 撮像部側面 721 とが、第 1 姿勢のときと比較して、Y 方向および Z 方向により離間している。この状態で、光 L0 は、図 7B に示す光線 R2 のように進

10

20

30

40

50

行する。第2姿勢のときにおいても、第1撮像対象側面712及び第2撮像部側面721の傾斜角度は第1姿勢のときと変わらずにであることから、光L0は光軸A1を平行となって光学系7から出射される。図7Bに示すように、第2姿勢においては、第1撮像対象側面712が第1姿勢のときよりも+Y側に平行移動しているため、第1撮像対象側面712と第2撮像部側面721との距離D2は、第1姿勢のときにおける距離D1よりも大きくなっている。そのため、第2姿勢のときに光L0が空気層73を進行する距離、即ち、光L0が光軸A1に対して()分-Y側に傾斜して進行する距離は、第1姿勢のときよりも大きくなっている。その結果、光L0は点P1から更に+Y側にオフセットされた点P2に到達する。

【0042】

以上のように、光学系7は、互いに平行な第1撮像対象側面712と第2撮像部側面721がY方向に対して傾斜しているため、第1光学部材71をY方向へ平行移動させることによって、光L0が到達する位置をY方向に移動させることができる。なお、光学系7は、第1姿勢のときにおいて、第1光学部材71と第2光学部材72とが離間していなくともよい。即ち、第1姿勢のときに、第1撮像対象側面712と第2撮像部側面721とが、接していてもよい。

【0043】

ここで、光線R1, R2が示すように、第1姿勢のときに点P1から光軸A1と平行に出射される光と第2姿勢のときに点P2から光軸A1に沿って出射される光は、ともに、結像点P0に到達する。これにより、第1姿勢のときは、点P1付近が撮像領域Fとなり、第2姿勢のときは、点P2付近が撮像領域Fとなる。即ち、光学系7は、第1光学部材71を移動させることによって撮像対象より出射される光の光路を変化させ、撮像領域FをY方向に移動させることができる。

【0044】

また、図4の光線R3で示されるように、画像取得装置10は、照明部62から出射される光を光軸A1に沿って第1光学部材71に入射させる。そのため、照明部62から出射される光は結像点Pから出射される光L0と同じ位置に照射される。これにより、画像取得装置10は、光学系7の姿勢によらずに撮像領域Fを照射することができる。

【0045】

<位置計測部8>

位置計測部8は、第1光学部材71の位置を計測する。図4に示すように、位置計測部8は、スポットビーム光源81とアナログ位置センサ82によって構成される。位置計測部8は、スポットビーム光源81からレーザ光を光学系7に向けて出射するとともに、第1光学部材71で屈折した光をアナログ位置センサ82で受光し、当該屈折光の受光位置(具体的には、主走査方向に沿うY位置)を計測することによって、第1光学部材71の位置を計測する。第1光学部材71の位置情報は、制御部に出力される。

【0046】

<制御装置9>

制御装置9は、ステージ駆動機構4、露光部5、画像取得装置10を制御することによって、露光ヘッド52からの照射光をステージ3に支持される基板W表面に走査し、基板W表面にパターンを形成する動作を実行する。制御装置9は、ステージ駆動機構4、露光部5、画像取得装置10といった露光装置100の構成要素とバス配線、ネットワーク回線又はシリアル通信回線などによって接続されており、これらの構成要素各々の動作を制御する。

【0047】

図8は、本実施形態の制御装置9を示すブロック図である。図8に示すように、制御装置9は、演算回路として機能するCPU91と、読み取り専用のROM92と不揮発性の記録媒体である記憶部93と、を備える。

【0048】

CPU91は、ROM92内に格納されているプログラムを読み取りつつ実行すること

10

20

30

40

50

により、記憶部 9 3 に保存されている各種データについての演算を行うコンピュータである。描画制御部 9 1 1、画像取得制御部 9 1 2、及びアライメント処理部 9 1 3 は、CPU 9 1 がプログラムに従って動作することにより実現される機能である。ただし、これらの要素の一部または全部は、論理回路などによって実現されてもよい。

【0049】

描画制御部 9 1 1 は、記憶部 9 3 に記憶されたパターンデータとステージ駆動機構 4 より出力されるステージ 3 の位置情報に基づいて、回転機構 4 1、副走査機構 4 3、及び主走査機構 4 2 の移動を制御するとともに、基板 W の位置に応じて変調されたパターン光を露光ヘッド 5 2 から出力することによって、描画パターンを基板 W に形成する。

【0050】

画像取得制御部 9 1 2 は、ステージ駆動機構 4 より出力されるステージ 3 の位置情報、光学系 7 及び位置計測部 8 より出力される第 1 光学部材 7 1 の位置情報、及び記憶部 9 3 に記憶されたアライメントマーク M の位置情報に基づいて画像取得装置 1 0 を制御することによって、アライメントマーク M の画像を取得する。

【0051】

アライメント処理部 9 1 3 は、記憶部 9 3 に記憶されたアライメントマーク M の位置情報と画像取得装置 1 0 が取得したアライメントマーク M の画像に基づいて、後述するアライメント処理を実行する。アライメント処理部 9 1 3 は、本発明の「アライメント処理手段」に相当する。

【0052】

記憶部 9 3 は、前述したように、基板 W 上に描画すべきパターンを示すパターンデータや、基板 W におけるアライメントマーク M の位置情報を記憶している。パターンデータは、例えば、CAD (computer aided design) 等により生成された画像データを、描画パターンを示すデータに変換したものである。

【0053】

なお、本実施形態では、パターンデータは、単一の画像（基板 W の全面に形成すべきパターンを示す画像）としてもよいが、例えば、その単一の画像を示すパターンデータから、露光ヘッド 5 2 各々が描画を担当する部分の画像を、露光ヘッド 5 2 ごとに個別に生成してもよい。

【0054】

<描画方法>

次に、本実施形態に係る露光装置 1 0 0 による基板 W へのパターン描画動作について説明する。パターン描画では、まず、描画制御部 9 1 1 がステージ駆動機構 4 を制御することによって、ステージ 3 を基板 W への露光が開始される位置（初期位置）に位置決めする。位置決めが完了すると、ステージ駆動機構 4 は、描画制御部 9 1 1 のステージ 3 が主走査方向である Y 方向の一方側（例えば + Y 側）への移動を開始する。そして、ステージ 3 とともに主走査方向に移動する基板 W の表面に対して、複数の光学ヘッドのそれぞれが描画データに応じたパターンの光を照射する。露光装置 1 0 0 は、主走査方向への移動に伴うパターン描画と副走査方向への移動を繰り返すことで、基板 W 上に隙間なくパターンを形成する。

【0055】

<アライメント方法>

このような構成の露光装置 1 0 0 においては、パターン描画の際に、ステージ 3 の再現性不足による初期位置の変動や露光ヘッド 5 2 の光軸ずれが生じる可能性がある。そのため、基板 W 上にパターンを重ね合わせて描画することによって多層パターンを形成するためには、パターン描画の開始前やパターン描画の合間に基板 W のアライメント（位置合わせ）を行う必要がある。アライメントを行うことによって、多層パターンの高精度な重ね合わせを実現することができる。

【0056】

前述したように、基板 W の上面四隅には、図 9 に示すアライメントマーク M が形成され

10

20

30

40

50

ている。基板Wのアライメントは、制御装置9のアライメント処理部913が、画像取得装置10が取得したアライメントマークMの画像に基づいてステージ位置を調整することによって実行される。以下、本実施形態に係るアライメント方法の手順について図10を参照して説明する。なお、以下に示すアライメント方法は、描画制御部911によるパターン描画と並行して実行される。

【0057】

まず、画像取得制御部912は、画像取得装置10にアライメントマークMの画像を取得させる(ステップS1)。次に、取得した画像におけるアライメントマークMの中心の位置座標を検出する(ステップS2)。アライメントマークMの中心位置の検出には、任意の画像処理技術を用いることができる。次に、検出したアライメントマークMの位置座標を記憶部93に記憶する(ステップS3)。ステップS3において検出されたアライメントマークMの座標を記憶した後、ステップS4では、アライメント処理部913が、アライメントマークMの座標に基づいてステージ駆動機構4を制御し、ステージ位置を調整することによって、基板Wを位置決めする(ステップS4)。これにより、露光装置100は、アライメントされた基板Wに対してパターン描画を続行する。なお、ステップS4では、ステージ3の位置制御によるアライメントに加えて、描画パターンを補正してもよい。

【0058】

[画像取得方法]

ステップS2において、画像処理によってアライメントマークMの位置座標を精度よく検出するためには、ステップS1で取得される画像のぶれが少なく、且つ、画像内におけるアライメントマークMのコントラストが高いことが好ましい。本実施形態に係る画像取得装置10は、ぶれが少なく、且つ、高コントラストな画像を取得することができる。以下、ステップS1における画像取得方法について図11を参照して説明する。

【0059】

パターン描画中は、ステージ3のY方向への移動によって、基板WがCCDカメラ61の撮像領域Fに対してY方向に移動している。即ち、画像の取得は、ステージ3がY方向に移動している最中に実行される。まず、画像取得制御部912は、ステージ3の位置情報に基づいて基板Wの位置情報を取得する(ステップS11)。次に、基板Wの位置情報と記憶部93に予め記憶されている基板WにおけるアライメントマークMの位置情報とに基づいて、パターン描画中にアライメントマークMがCCDカメラ61の撮像領域F内に到達したか否かを判定する(ステップS12)。アライメントマークMが撮像領域F内に到達していないと判定された場合(ステップS12-NO)、ステップS11に戻る。アライメントマークMが撮像領域F内に到達したと判定された場合(ステップS12-YES)、光学系7を制御することによって、撮像領域FをアライメントマークMに追従させ、CCDカメラ61によってアライメントマークMを撮像する(ステップS13)。

【0060】

図12は、ステップS13において一枚の画像を取得する際の画像取得装置10の動作を示すタイミングチャートである。画像取得装置10は、基板Wの位置情報に基づいてアライメントマークMが撮像領域F内に至ったことを判定すると、CCDカメラ61によってアライメントマークMを撮像する。前述したように、CCDカメラ61は撮像期間中に受光素子の受光面61aに結像した像を合成することによって画像を生成する。本実施形態に係る画像取得装置10は、撮像期間中に、照明部62を一定の時間間隔で複数回フラッシュ点灯させる。各フラッシュ点灯において、基板Wが微小時間、光に晒される。これにより、各フラッシュ点灯の際に基板Wが反射した光が受光素子に結像し、それらの像が合成されることによって一枚の画像が生成される。

【0061】

また、画像取得装置10は、光学系7を制御することによって、撮像期間を通じて撮像領域FをアライメントマークMに追従させる。具体的には、画像取得装置10は、ステージ駆動機構4から出力されるステージ3の位置情報に基づいて、第1光学部材71の位置

制御を行い、撮像領域 F を撮像期間中のステージ 3 の移動速度 V_s でステージ 3 の進行方向に移動させる。

【 0 0 6 2 】

例えば、ステージ 3 及びアライメントマーク M が + Y 方向に移動している場合、画像取得装置 1 0 は、第 1 光学部材 7 1 を + Y 方向に移動させることによって撮像領域 F をアライメントマーク M に追従させる。なお、このときの第 1 光学部材 7 1 の移動速度は、角度や屈折率 N、ステージ 3 の移動速度 V_s に依存する。これにより、基板 W の移動と撮像領域 F の移動が同期するため、撮像領域 F をアライメントマーク M に追従させることができる。ここで、撮像期間を T とすると、撮像期間にステージ 3 が + Y 方向に移動する距離は、ステージ 3 の移動速度が V_s であるため、 $V_s \cdot T$ となる。画像取得装置 1 0 は、撮像期間中に撮像領域 F を V_s の速度で $V_s \cdot T$ の距離だけ + Y 方向へ移動させる。このようにして、撮像期間を通じて、撮像領域 F 内におけるアライメントマーク M の相対的な位置及び姿勢を固定することができる。

10

【 0 0 6 3 】

図 1 3 は、ステップ S 1 3 において取得されたアライメントマーク M の画像を示す図である。上述したように、撮像領域 F 内におけるアライメントマーク M の相対的な位置及び姿勢は、撮像期間を通じて固定されている。そのため、各フラッシュ点灯の際に同一の像が結像される。これにより、取得される画像は、同一の像をフラッシュ点灯の回数分重ね合わせたものとなる。その結果、図 1 3 に示すような、像のぶれが少ない高コントラストな画像を得ることができる。これにより、ステップ S 2 の画像処理においてアライメントマーク M の中心位置の検出精度が高まるため、高精度なアライメントを実現することができる。更に、画像取得制御部 9 1 2 は、位置計測部 8 から出力される第 1 光学部材 7 1 の位置情報に基づいて、第 1 光学部材 7 1 の位置をフィードバック制御することによって、撮像領域 F の位置をリアルタイムで補正する。これにより、撮像領域 F とアライメントマーク M の同期の精度を高めることができる。その結果、取得される画像のぶれを更に低減することができる。

20

【 0 0 6 4 】

[作用・効果]

以上のように、本実施形態に係る画像取得装置 1 0 は、移動するアライメントマーク M の画像を取得するとき、光学系 7 によってアライメントマーク M から出射される光の光路を変化させることによって、撮像領域 F をアライメントマーク M の移動に追従可能とする。これにより、アライメントマーク M の画像のぶれを好適に抑制することが可能となる。その結果、アライメントマーク M の位置座標の検出精度を高めることができ、高精度なアライメントを実現することができる。

30

【 0 0 6 5 】

更に、本実施形態に係る画像取得装置 1 0 は、CCD カメラ 6 1 の撮像期間中、照明部 6 2 を複数回フラッシュ点灯させ、各フラッシュ点灯時においてアライメントマーク M に反射された光が結像した像を合成することによって、アライメントマーク M の画像を生成する。これにより、生成される画像は、同一の像をフラッシュ点灯の回数分重ね合わせたものとなる。その結果、画像内におけるアライメントマーク M のコントラストを高めることができ、アライメントの精度をより高めることができる。

40

【 0 0 6 6 】

また、画像取得装置 1 0 は、ステージ 3 が駆動して基板 W を移動させながら画像を取得することができる。そのため、本実施形態に係る画像取得装置 1 0 を備える露光装置 1 0 0 によれば、アライメントに要する時間を短縮することができる。

【 0 0 6 7 】

また、光学系 7 において、第 1 撮像部側面 7 1 1 と第 2 撮像対象側面 7 2 2 とが平行であり、第 1 撮像対象側面 7 1 2 と第 2 撮像部側面 7 2 1 とが平行であることによって、光軸 A 1 と平行に光学系 7 に入射した光 L 0 が、光軸 A 1 と平行にステージ平面 S へ出射される。その結果、取得される画像が光学系 7 によって歪むことを抑制することができる。

50

【 0 0 6 8 】

なお、光学系 7 は、第 1 光学部材 7 1 を Z 方向に移動させてもよい。これにより、第 1 撮像対象側面 7 1 2 と第 2 撮像部側面 7 2 1 との距離が変化するため、撮像領域 F を移動させることができる。

【 0 0 6 9 】

また、光学系 7 は第 1 光学部材 7 1 と第 2 光学部材 7 2 のうち、少なくとも一方を移動可能とすればよい。それにより、アライメントマーク M から出射される光の光路を変化させることができる。光学系 7 は、第 1 光学部材 7 1 に代えて第 2 光学部材 7 2 を移動可能としてもよいし、第 1 光学部材 7 1 と第 2 光学部材 7 2 の両方を移動可能としてもよい。第 2 光学部材 7 2 を移動可能とする場合、第 2 光学部材 7 2 をステージ 3 の進行方向とは反対の方向に移動させることによって、撮像領域 F をアライメントマーク M に追従させることができる。

10

【 0 0 7 0 】

なお、光学系 7 は、第 1 撮像部側面 7 1 1 (及び第 2 撮像対象側面 7 2 2) と第 1 撮像対象側面 7 1 2 (及び第 2 撮像部側面 7 2 1) のうち、少なくとも何れか一方がアライメントマーク M の進行方向に対して傾斜していればよい。これにより、撮像領域 F をアライメントマーク M の進行方向に移動させることができる。図 1 5 は、光学系 7 の変形例を示す図である。光学系 7 は、例えば、図 1 5 に示すように、互いに平行な第 1 撮像部側面 7 1 1 及び第 2 撮像対象側面 7 2 2 がアライメントマーク M の進行方向に対して傾斜していてもよい。

20

【 0 0 7 1 】

また、本発明は、第 1 光学部材 7 1 と第 2 光学部材 7 2 とが同一形状となることに限定されない。撮像領域 F をアライメントマーク M に追従可能とする構成であるならば、第 1 光学部材 7 1 と第 2 光学部材 7 2 は別形状としてもよい。また、第 1 光学部材 7 1 と第 2 光学部材 7 2 の光学特性も同一であることに限定されず、適宜変更してもよい。

〔 比較例 〕

図 1 4 は、比較例に係る画像取得方法によって取得されたアライメントマーク M の画像を示す図である。比較例では、光学系 7 の制御が行われず、撮像領域 F の位置が固定されている。即ち、比較例では、撮像領域 F をアライメントマーク M に追従させずに画像を取得している。ここで、照明部 6 2 がフラッシュ点灯する時間間隔を T_f とすると、フラッシュ点灯の間にステージ 3 が + Y 方向に移動する距離は、ステージ 3 の移動速度が V_s であるため、 $V_s \cdot T_f$ となる。そのため、各フラッシュ点灯においてアライメントマーク M は、 $V_s \cdot T_f$ ずつずれて結像される。その結果、図に示すように、比較例において取得される画像は、アライメントマーク M がずれて表示されたものとなる。このような画像では、アライメントマーク M の中心位置を正確に検出することが困難となる。

30

【 0 0 7 2 】

一方で、像がずれることを避けるために、撮像期間中にフラッシュ点灯を 1 回のみ点灯させると、十分なコントラストが得られない。また、コントラストを得るために撮像期間中に長時間照明を点灯させると、モーションブラーが生じ、画像がぶれる虞がある。その結果、上記いずれの場合においてもアライメントマーク M の中心位置を正確に検出することが困難となる。これに対し、本実施形態に係る画像取得装置 1 0 によれば、画像のずれやぶれを抑制するとともに、画像内におけるアライメントマーク M のコントラストを高めることができる。

40

【 0 0 7 3 】

< 第 2 実施形態 >

なお、本発明に係る撮像領域追従光学系は、図 1 6 に示すような平行板 7 5 によって構成されていてもよい。第 2 実施形態に係る光学系 7 A を構成する平行板 7 5 は、ガラス材料によって形成されており、支持フレーム 2 に回転可能に支持されている。平行板 7 5 は、撮像対象と対向するとともに撮像対象から出射された光が入射する面である第 3 撮像対象側面 7 5 2 と、第 3 撮像対象側面 7 5 2 から入射した光が平行板 7 5 の外部に出射する

50

面である第3撮像部側面751と、を有する。第3撮像対象側面752と第3撮像部側面751は、互いに平行に形成されている。

【0074】

図16に示すように、第2実施形態に係る光学系7Aは、平行板75をX軸回りに回転させることによって、第3撮像対象側面752と第3撮像部側面751のアライメントマークMの進行方向に対する傾斜の度合いを変化させ、CCDカメラ61の結像点Pからステージ平面Sに到達する光L0の到達点を移動させることができる。光L0の到達点の移動量は、平行板75の回転量に応じて変化する。これにより、平行板75の回転量及び回転速度をステージ3の位置情報に応じて調節することによって、第1実施形態よりも簡易な構成で、撮像領域FをアライメントマークMに追従させることができる。

10

【0075】

なお、本発明において撮像領域Fが追従する方向は、主走査方向に限定されない。撮像領域Fが追従する方向は、アライメントマークMの進行方向であればよい。

【0076】

また、本発明に係る画像取得装置10は、アライメントマークMが撮像ユニット6に対して相対移動するものであれば適用することができる。例えば、画像取得装置10は、固定されたステージ3に対して露光部5及び撮像ユニット6が移動することによってパターン描画を実行する方式の露光装置においても好適に用いることができる。

【0077】

<その他>

20

上述の実施形態及び変形例に記載した内容は、可能な限り組み合わせて実施することができる。

【符号の説明】

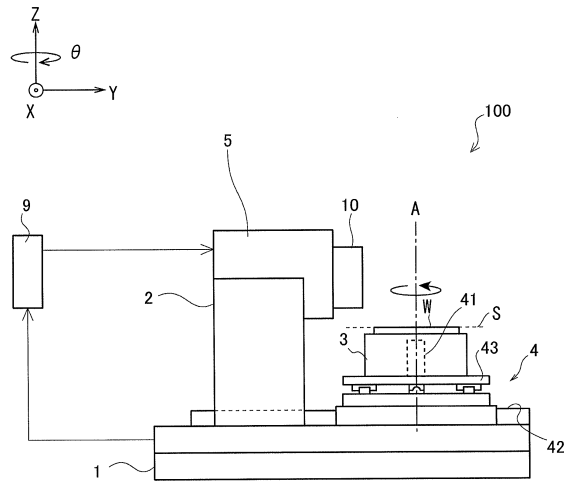
【0078】

100・・・露光装置
 5・・・露光部
 10・・・画像取得装置
 6・・・撮像ユニット
 61・・・CCDカメラ（撮像部）
 62・・・照明部
 7・・・撮像領域追従光学系
 71・・・第1光学部材
 711・・・第1撮像部側面
 712・・・第1撮像対象側面
 72・・・第2光学部材
 721・・・第2撮像部側面
 722・・・第2撮像対象側面
 73・・・空気層
 8・・・位置計測部
 9・・・制御装置
 91・・・CPU
 911・・・描画制御部
 912・・・画像取得制御部
 913・・・アライメント処理部
 W・・・基板（露光対象）
 M・・・アライメントマーク（撮像対象）

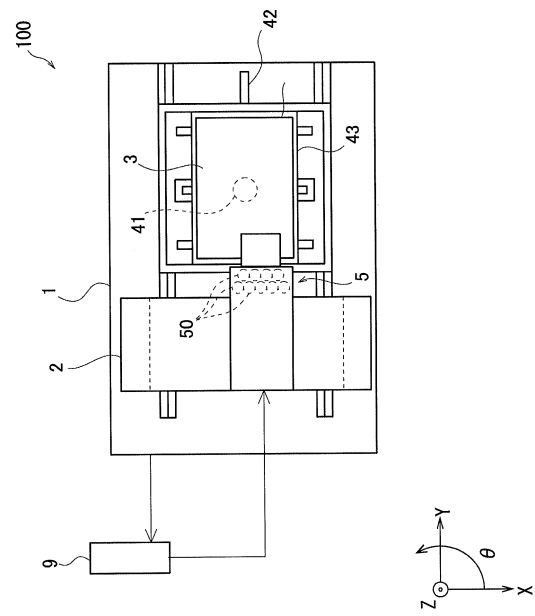
30

40

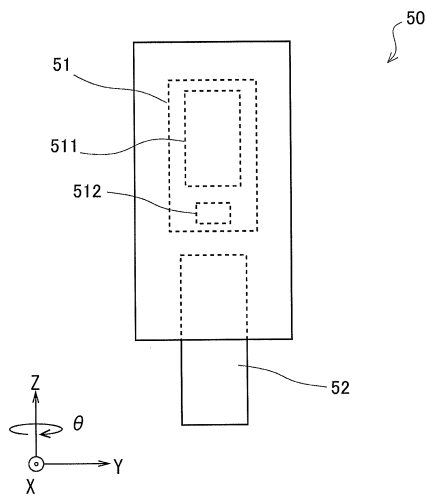
【図1】



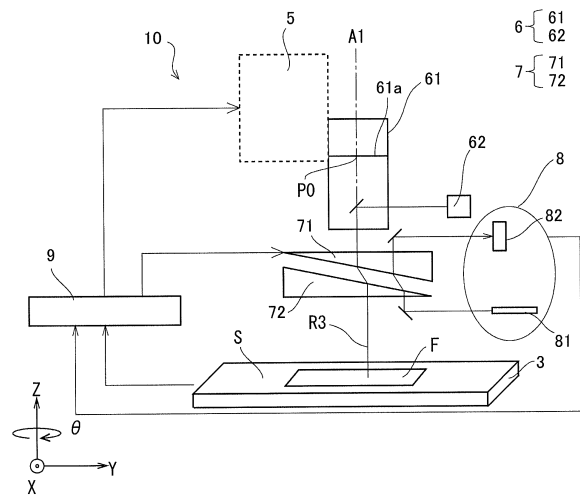
【図2】



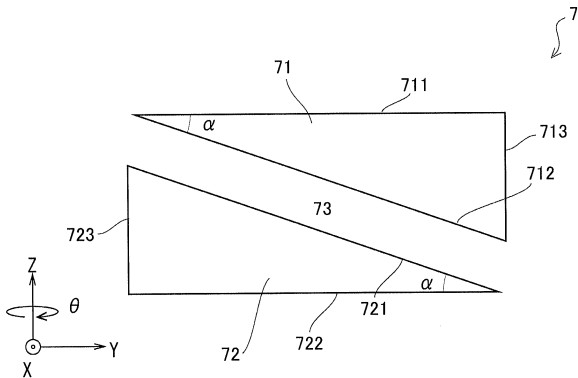
【図3】



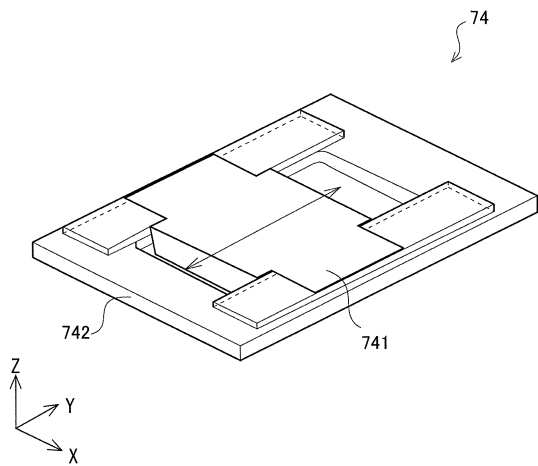
【図4】



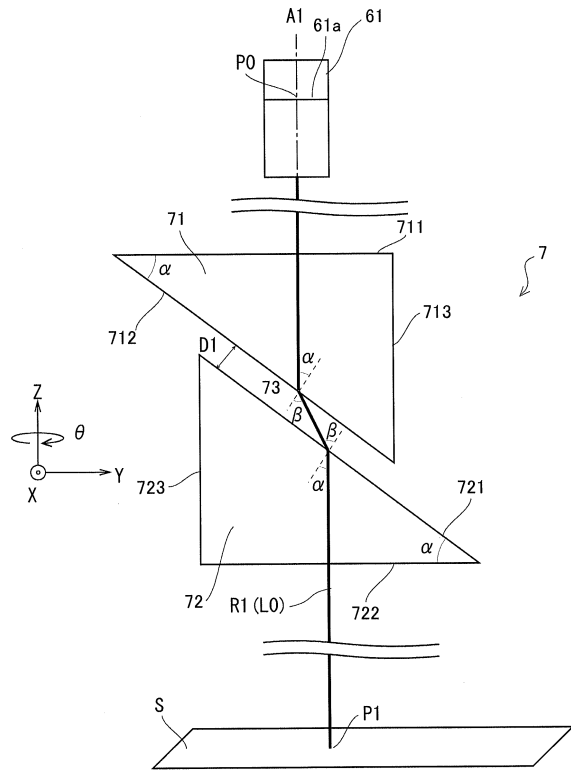
【図5】



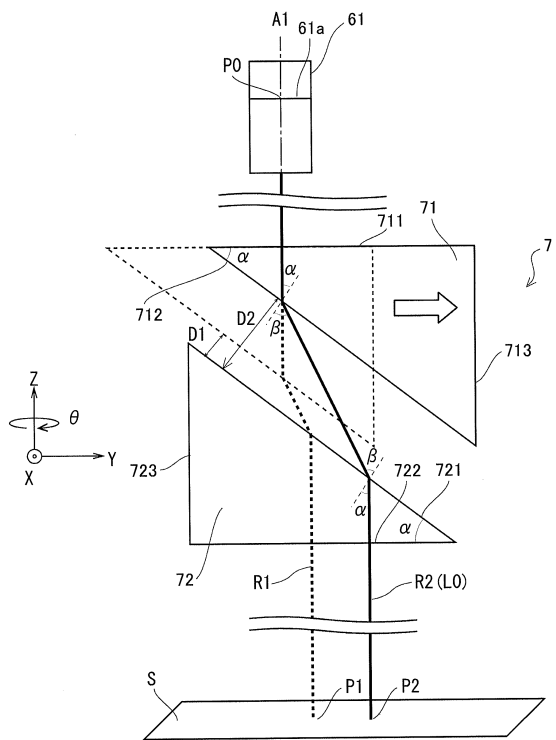
【図6】



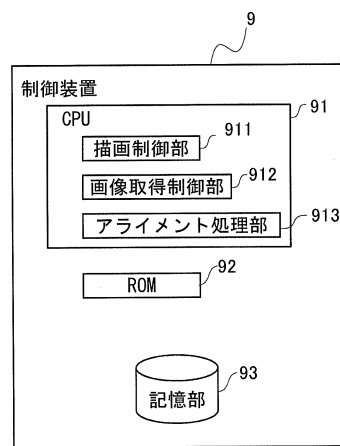
【図7A】



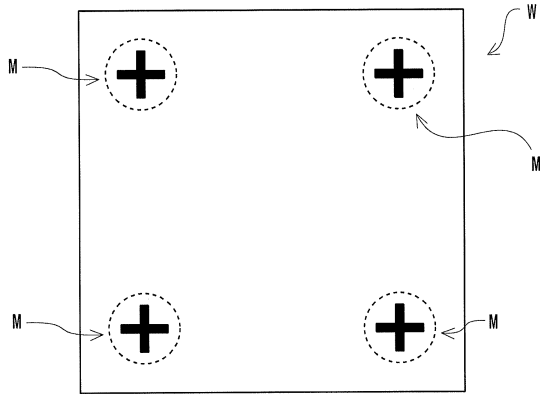
【図7B】



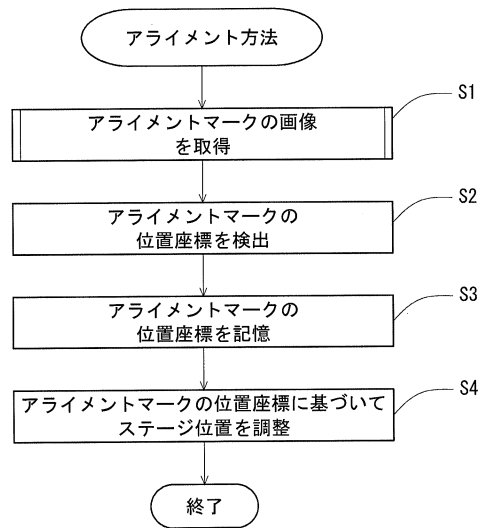
【図8】



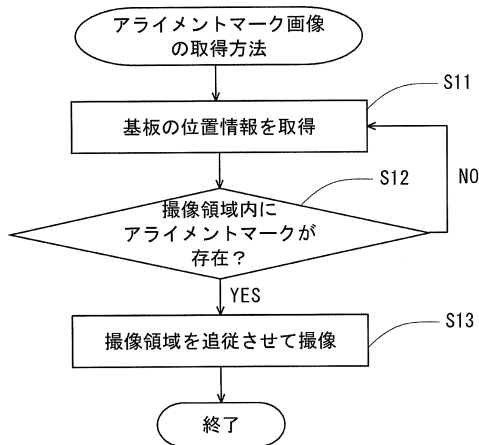
【図9】



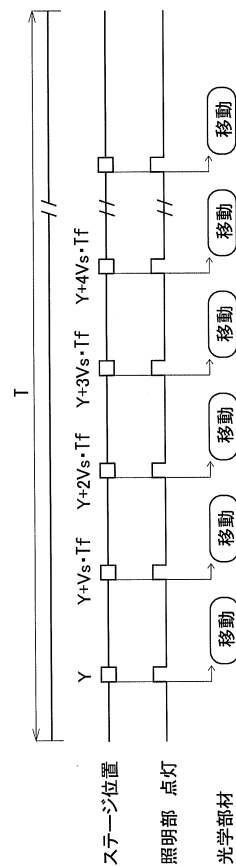
【図10】



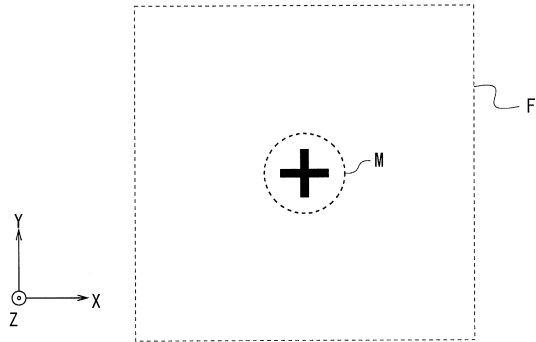
【図11】



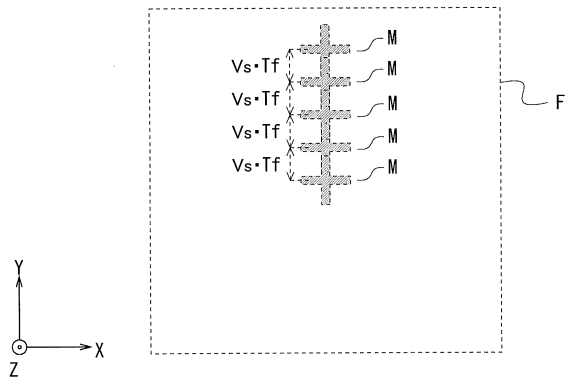
【図12】



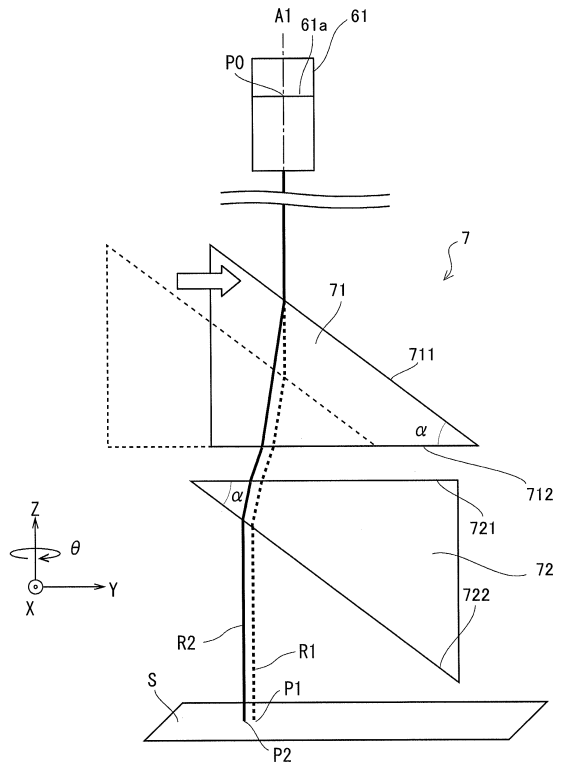
【図13】



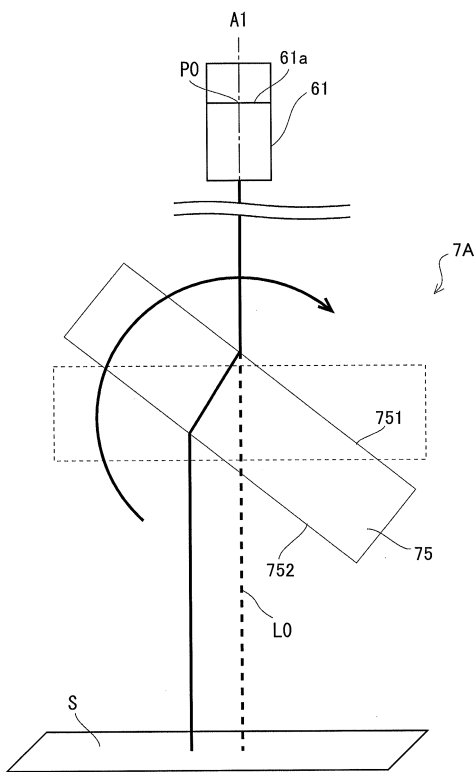
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 中西 健二

京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町1番地の1 株式会社SCREENホールディングス内

審査官 山口 敦司

(56)参考文献 特開2016-149405(JP,A)

特開2013-191654(JP,A)

特公昭48-033894(JP,B1)

特開昭52-132851(JP,A)

特開昭63-075504(JP,A)

上野貴弘 ほか5名, 間欠的高速トラッキングに基づく顕微鏡下でのモーションブラーフリー撮影, 日本ロボット学会誌, 2016年 7月, Vol. 34 No. 6, pp. 411-418

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20

G02B 21/06

G02B 21/36