

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-200433

(P2019-200433A)

(43) 公開日 令和1年11月21日(2019.11.21)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
G03F 7/20	(2006.01)	G03F 7/20	501		2H045
G02B 26/12	(2006.01)	G02B 26/12			2H197
G02B 26/10	(2006.01)	G02B 26/10	B		5C072
H04N 1/113	(2006.01)	H04N 1/113			

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 67 頁)

(21) 出願番号	特願2019-141872 (P2019-141872)	(71) 出願人	000004112
(22) 出願日	令和1年8月1日 (2019.8.1)		株式会社ニコン
(62) 分割の表示	特願2015-83669 (P2015-83669) の分割	(74) 代理人	100077665
原出願日	平成27年4月15日 (2015.4.15)		弁理士 千葉 剛宏
		(74) 代理人	100116676
			弁理士 宮寺 利幸
		(74) 代理人	100191134
			弁理士 千馬 隆之
		(74) 代理人	100136548
			弁理士 仲宗根 康晴
		(74) 代理人	100136641
			弁理士 坂井 志郎
		(74) 代理人	100180448
			弁理士 関口 亨祐

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン描画方法

(57) 【要約】

【解決手段】光源装置からのビームのスポット光を基板上で主走査方向に1次元走査する走査ユニットの複数、1次元走査により規定される描画ラインの各々によって描画されるパターンが基板上で主走査方向に継がれるように配置し、複数の走査ユニットと基板とを主走査方向と交差した副走査方向に相対移動させるパターン描画装置を用いたパターン描画方法は、複数の走査ユニットの中から、基板の主走査方向の幅、または基板上のパターン描画される露光領域の主走査方向の幅、或いは基板上での露光領域の主走査方向の位置に対応した特定の走査ユニットを選定する段階と、光源装置からのビームを走査ユニットに配送するビーム配送ユニットを介して、特定の走査ユニットの各々で描画すべきパターンに対応した描画データに基づいて強度変調された描画ビームを、特定の走査ユニットの各々に択一的に順次供給する段階と、を含む。

【選択図】 図24

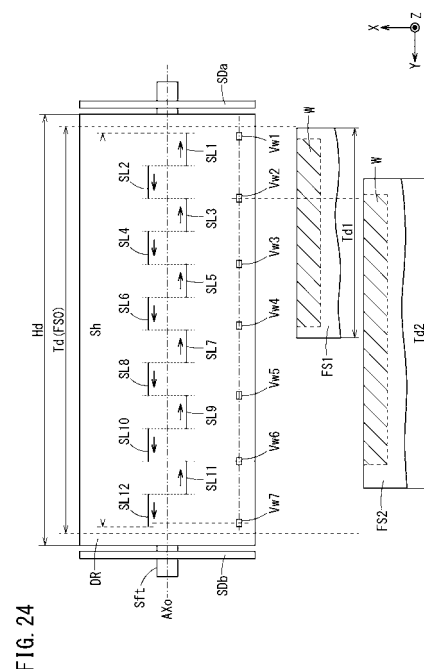


FIG. 24

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光源装置からのビームのスポット光を基板上で主走査方向に 1 次元走査する走査ユニットの複数を、前記 1 次元走査により規定される描画ラインの各々によって描画されるパターンが前記基板上で前記主走査方向に継がれるように配置し、前記複数の走査ユニットと前記基板とを前記主走査方向と交差した副走査方向に相対移動させるパターン描画装置を用いたパターン描画方法であって、

前記複数の走査ユニットの中から、前記基板の前記主走査方向の幅、または前記基板上的パターン描画される露光領域の前記主走査方向の幅、或いは前記基板上での前記露光領域の前記主走査方向の位置に対応した特定の走査ユニットを選定する段階と、

前記光源装置からの前記ビームを前記走査ユニットに配送するビーム配送ユニットを介して、前記特定の走査ユニットの各々で描画すべきパターンに対応した描画データに基づいて強度変調された描画ビームを、前記特定の走査ユニットの各々に択一的に順次供給する段階と、

を含む、パターン描画方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のパターン描画方法であって、

前記複数の走査ユニットの各々は、前記描画ビームを 1 次元に偏向走査する回転ポリゴンミラーを備え、少なくとも前記特定の走査ユニットの各々の前記回転ポリゴンミラーは、互いに回転速度と回転角度位相とが同期した状態で回転させられる、パターン描画方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のパターン描画方法であって、

前記ビーム配送ユニットは、前記特定の走査ユニットの各々の前記回転ポリゴンミラーが、前記描画ビームを前記回転ポリゴンミラーの全ての反射面毎に偏向走査する第 1 の描画モードと、前記回転ポリゴンミラーの少なくとも 1 つの反射面置きに偏向走査する第 2 の描画モードとのいずれかに変更する為に、前記描画ビームの前記特定の走査ユニットへの配送を選択的に切替える選択用光学素子を備える、パターン描画方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のパターン描画方法であって、

前記特定の走査ユニットの各々は、前記回転ポリゴンミラーの各反射面が所定の角度位置になるたびにパルス状の原点信号を発生する原点検出器を備え、

前記第 1 の描画モードの際は、前記パルス状の原点信号の各々に応答して前記選択用光学素子を駆動し、前記第 2 の描画モードの際は、前記パルス状の原点信号を少なくとも 1 つ置きに間引いたパルス状の副原点信号に応答して前記選択用光学素子を駆動する、パターン描画方法。

【請求項 5】

請求項 1 又は 4 に記載のパターン描画方法であって、

前記基板は、可撓性を有して前記副走査方向に長尺のシート基板であり、

前記パターン描画装置は、前記シート基板の長尺方向の一部を円筒面状に湾曲させて支持する外周面を有する回転ドラムの回転によって、前記シート基板を前記副走査方向に移動させる、パターン描画方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のパターン描画方法であって、

前記パターン描画装置の前記複数の走査ユニットの各々は、前記スポット光の 1 次元走査で規定される前記描画ラインの各々が前記回転ドラムの回転の中心軸とほぼ平行になって、前記主走査方向に並ぶように配置される、パターン描画方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、被照射体上に照射されるビームのスポット光を走査してパターンを描画するパターン描画方法に関する。

【背景技術】

【0002】

下記特許文献1に開示されているように、1つのレーザビーム光源からのレーザビームをハーフミラー等のレーザビーム振分け手段によって2つに分割し、分割した2つのレーザビームの各々を描画データに応答してオン/オフするAOM（音響光学素子）により変調してから、2つのポリゴンミラーに入射させることで、被描画体上で2つのレーザビームを走査させるレーザ描画装置が知られている。

【0003】

しかしながら、ポリゴンミラーによるビーム走査では、ポリゴンミラーの反射面数、ポリゴンミラーの後の光学系（fθレンズ等）の入射条件等によって、ポリゴンミラーの回転中に、入射したレーザビームを被描画体に向けて有効に反射することができない期間が存在する場合がある。したがって、従来のように、レーザビーム振分け手段によってレーザビームを2分割にして2つのポリゴンミラーに入射させたとしても、被描画体にレーザビームを有効に照射することができない期間、すなわち非描画期間が存在することがあり、光源からのレーザビームを有効に活用することはできない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2001-133710号公報

【発明の概要】

【0005】

本発明の一態様は、光源装置からのビームのスポット光を基板上で主走査方向に1次元走査する走査ユニットの複数を、前記1次元走査により規定される描画ラインの各々によって描画されるパターンが前記基板上で前記主走査方向に継がれるように配置し、前記複数の走査ユニットと前記基板とを前記主走査方向と交差した副走査方向に相対移動させるパターン描画装置を用いたパターン描画方法であって、前記複数の走査ユニットの中から、前記基板の前記主走査方向の幅、または前記基板上のパターン描画される露光領域の前記主走査方向の幅、或いは前記基板上での前記露光領域の前記主走査方向の位置に対応した特定の走査ユニットを選定する段階と、前記光源装置からの前記ビームを前記走査ユニットに配送するビーム配送ユニットを介して、前記特定の走査ユニットの各々で描画すべきパターンに対応した描画データに基づいて強度変調された描画ビームを、前記特定の走査ユニットの各々に択一的に順次供給する段階と、を含む。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】第1の実施の形態の基板に露光処理を施す露光装置を含むデバイス製造システムの概略構成を示す図である。

【図2】基板が巻き付けられた図1の回転ドラムの詳細図である。

【図3】スポット光の描画ラインおよび基板上に形成されたアライメントマークを示す図である。

【図4】光源装置の構成を示す図である。

【図5】ビーム切換部材の構成図である。

【図6】図6Aは、選択用光学素子によるビームの光路の切り換えを+Z方向側からみた図、図6Bは、選択用光学素子によるビームの光路の切り換えを-Y方向側からみた図である。

【図7】走査ユニットの光学的な構成を示す図である。

【図8】図7のポリゴンミラーの周辺に設けられた原点センサの構成を示す図である。

【図9】原点信号の発生タイミングと描画開始タイミングとの関係を示す図である。

【図10】走査ユニットのポリゴンミラーがスポット光を基板の被照射面上で走査するこ

10

20

30

40

50

とができるポリゴンミラーの最大走査回転角度範囲を説明する図である。

【図 1 1】原点信号を間引いてその発生タイミングを所定の時間だけ遅延させた副原点信号を生成するための副原点生成回路図である。

【図 1 2】図 1 1 の副原点生成回路によって生成される副原点信号のタイムチャートを示す図である。

【図 1 3】露光装置の電氣的な構成を示すブロック図である。

【図 1 4】原点信号、副原点信号、および、シリアルデータが出力されるタイミングを示すタイムチャートである。

【図 1 5】図 1 3 に示す描画データ出力制御部の構成を示す図である。

【図 1 6】走査ユニットによる標準的なパターン描画の際の各部の信号状態とビームの発振状態とのタイムチャートを示す図である。

【図 1 7】本第 2 の実施の形態のビーム切換部材の構成図である。

【図 1 8】図 1 7 の配置切換部材の位置が第 1 の位置となったときの光路を示す図である。

【図 1 9】第 2 の実施の形態におけるビーム切換制御部の構成を示す図である。

【図 2 0】図 1 9 の論理回路の構成を示す図である。

【図 2 1】図 2 0 の論理回路の動作を説明するタイミングチャートを示す図である。

【図 2 2】本第 3 の実施の形態によるビーム切換部材の構成図である。

【図 2 3】第 3 の実施の形態における選択用光学素子（音響光学変調素子）の配置を 90 度回転させる場合の構成を示す図である。

【図 2 4】変形例 3 による基板の搬送形態と描画ラインとの配置関係を示す図である。

【図 2 5】変形例 5 による選択用光学素子（音響光学変調素子）のドライバ回路の構成を示す図である。

【図 2 6】図 2 5 中のドライバ回路の変形例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

本発明の態様に係るビーム走査装置、ビーム走査方法、およびパターン描画方法について、好適な実施の形態を掲げ、添付の図面を参照しながら以下、詳細に説明する。なお、本発明の態様は、これらの実施の形態に限定されるものではなく、多様な変更または改良を加えたものも含まれる。つまり、以下に記載した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のものが含まれ、以下に記載した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。また、本発明の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換または変更を行うことができる。

【0008】

[第 1 の実施の形態]

図 1 は、第 1 の実施の形態の基板（被照射体）F S に露光処理を施す露光装置 E X を含むデバイス製造システム 1 0 の概略構成を示す図である。なお、以下の説明においては、特に断わりのない限り、重力方向を Z 方向とする X Y Z 直交座標系を設定し、図に示す矢印にしたがって、X 方向、Y 方向、および Z 方向を説明する。

【0009】

デバイス製造システム 1 0 は、例えば、電子デバイスとしてのフレキシブル・ディスプレイ、フレキシブル配線、フレキシブル・センサ等を製造する製造ラインが構築された製造システムである。以下、電子デバイスとしてフレキシブル・ディスプレイを前提として説明する。フレキシブル・ディスプレイとしては、例えば、有機 E L ディスプレイ、液晶ディスプレイ等がある。デバイス製造システム 1 0 は、可撓性のシート状の基板（シート基板）F S をロール状に巻いた図示しない供給ロールから基板 F S が送出され、送出された基板 F S に対して各種処理を連続的に施した後、各種処理後の基板 F S を図示しない回収ロールで巻き取る、いわゆる、ロール・ツー・ロール（Roll To Roll）方式の構造を有する。基板 F S は、基板 F S の移動方向が長手方向（長尺）となり、幅方向が短手方向（短尺）となる帯状の形状を有する。前記供給ロールから送られた基板 F S は

、順次、プロセス装置 P R 1、露光装置（描画装置、ビーム走査装置）E X、および、プロセス装置 P R 2 等で各種処理が施され、前記回収ロールで巻き取られる。

【 0 0 1 0 】

なお、X 方向は、水平面内において、プロセス装置 P R 1 から露光装置 E X を経てプロセス装置 P R 2 に向かう方向（搬送方向）である。Y 方向は、水平面内において X 方向に直交する方向であり、基板 F S の幅方向（短尺方向）である。Z 方向は、X 方向と Y 方向とに直交する方向（上方向）であり、重力が働く方向と平行である。

【 0 0 1 1 】

基板 F S は、例えば、樹脂フィルム、若しくは、ステンレス鋼等の金属または合金からなる箔（フォイル）等が用いられる。樹脂フィルムの材質としては、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、および酢酸ビニル樹脂のうち、少なくとも 1 つ以上を含んだものを用いてもよい。また、基板 F S の厚みや剛性（ヤング率）は、露光装置 E X の搬送路を通る際に、基板 F S に座屈による折れ目や非可逆的なシワが生じないような範囲であればよい。基板 F S の母材として、厚みが $25\ \mu\text{m}$ ~ $200\ \mu\text{m}$ 程度の P E T（ポリエチレンテレフタレート）や P E N（ポリエチレンナフタレート）等のフィルムは、好適なシート基板の典型である。

【 0 0 1 2 】

基板 F S は、プロセス装置 P R 1、露光装置 E X、およびプロセス装置 P R 2 で施される各処理において熱を受ける場合があるため、熱膨張係数が顕著に大きくない材質の基板 F S を選定することが好ましい。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熱膨張係数を抑えることができる。無機フィラーは、例えば、酸化チタン、酸化亜鉛、アルミナ、または酸化ケイ素等でもよい。また、基板 F S は、フロート法等で製造された厚さ $100\ \mu\text{m}$ 程度の極薄ガラスの単層体であってもよいし、この極薄ガラスに上記の樹脂フィルム、箔等を貼り合わせた積層体であってもよい。

【 0 0 1 3 】

ところで、基板 F S の可撓性（flexibility）とは、基板 F S に自重程度の力を加えてもせん断したり破断したりすることはなく、その基板 F S を撓めることが可能な性質をいう。また、自重程度の力によって屈曲する性質も可撓性に含まれる。また、基板 F S の材質、大きさ、厚さ、基板 F S 上に成膜される層構造、温度、湿度等の環境等に応じて、可撓性の程度は変わる。いずれにしろ、本第 1 の実施の形態によるデバイス製造システム 10 内の搬送路に設けられる各種の搬送用ローラ、回転ドラム等の搬送方向転換用の部材に基板 F S を正しく巻き付けた場合に、座屈して折り目がついたり、破損（破れや割れが発生）したりせずに、基板 F S を滑らかに搬送できれば、可撓性の範囲といえる。

【 0 0 1 4 】

プロセス装置 P R 1 は、露光装置 E X で露光処理される基板 F S に対して前工程の処理を行う。プロセス装置 P R 1 は、前工程の処理を行った基板 F S を露光装置 E X へ向けて送る。この前工程の処理により、露光装置 E X へ送られる基板 F S は、その表面に感光性機能層（光感応層、感光層）が形成された基板（感光基板）となっている。

【 0 0 1 5 】

この感光性機能層は、溶液として基板 F S 上に塗布され、乾燥することによって層（膜）となる。感光性機能層の典型的なものはフォトレジスト（液状またはドライフィルム状）であるが、現像処理が不要な材料として、紫外線の照射を受けた部分の親撥液性が改質される感光性シランカップリング剤（S A M）、或いは紫外線の照射を受けた部分にメッキ還元基が露呈する感光性還元剤等がある。感光性機能層として感光性シランカップリング剤を用いる場合は、基板 F S 上の紫外線で露光されたパターン部分が撥液性から親液性に改質される。そのため、親液性となった部分の上に導電性インク（銀や銅等の導電性ナノ粒子を含有するインク）や半導体材料を含有した液体等を選択塗布することで、薄膜トランジスタ（T F T）等を構成する電極、半導体、絶縁、或いは接続用の配線や電極とな

10

20

30

40

50

るパターン層を形成することができる。感光性機能層として、感光性還元剤を用いる場合は、基板上の紫外線で露光されたパターン部分にメッキ還元基が露呈する。そのため、露光後、基板 F S を直ちにパラジウムイオン等を含むメッキ液中に一定時間浸漬することで、パラジウムによるパターン層が形成（析出）される。このようなメッキ処理はアディティブ（additive）なプロセスであるが、その他、サブトラクティブ（subtractive）なプロセスとしてのエッチング処理を前提にする場合、露光装置 E X へ送られる基板 F S は、母材を P E T や P E N とし、その表面にアルミニウム（A l）や銅（C u）等の金属性薄膜を全面または選択的に蒸着し、さらにその上にフォトレジスト層を積層したものであってもよい。

【 0 0 1 6 】

10

本第 1 の実施の形態においては、ビーム走査装置としての露光装置 E X は、マスクを用いない直描方式の露光装置、いわゆるラスタースキャン方式の露光装置である。露光装置 E X は、プロセス装置 P R 1 から供給された基板 F S の被照射面（感光面）に対して、ディスプレイ用の電子デバイス、回路または配線等のための所定のパターンに応じた光パターンを照射する。後で詳細に説明するが、露光装置 E X は、基板 F S を + X 方向（副走査の方向）に搬送しながら、露光用のビーム L B のスポット光 S P を、基板 F S の被照射面上で所定の走査方向（Y 方向）に 1 次元に走査（主走査）しつつ、スポット光 S P の強度をパターンデータ（描画データ）に応じて高速に変調（オン / オフ）する。これにより、基板 F S の被照射面に電子デバイス、回路または配線等の所定のパターンに応じた光パターンが描画露光される。つまり、基板 F S の副走査と、スポット光 S P の主走査とで、スポット光 S P が基板 F S の被照射面上で相対的に 2 次元走査されて、基板 F S に所定のパターンが描画露光される。また、基板 F S は、搬送方向（+ X 方向）に沿って搬送されているので、露光装置 E X によってパターンが露光される露光領域 W は、基板 F S の長尺方向に沿って所定の間隔をあけて複数設けられることになる（図 3 参照）。この露光領域 W に電子デバイスが形成されるので、露光領域 W は、電子デバイス形成領域でもある。なお、電子デバイスは、複数のパターン層（パターンが形成された層）が重ね合わされることで構成されるので、露光装置 E X によって各層に対応したパターンが露光されるようにしてもよい。

20

【 0 0 1 7 】

プロセス装置 P R 2 は、露光装置 E X で露光処理された基板 F S に対しての後工程の処理（例えばメッキ処理や現像・エッチング処理等）を行う。この後工程の処理により、基板 F S 上にデバイスのパターン層が形成される。

30

【 0 0 1 8 】

上述したように、電子デバイスは、複数のパターン層が重ね合わされることで構成されるので、デバイス製造システム 1 0 の少なくとも各処理を経て、1 つのパターン層が生成される。そのため、電子デバイスを生成するために、図 1 に示すようなデバイス製造システム 1 0 の各処理を少なくとも 2 回は経なければならない。そのため、基板 F S が巻き取られた回収ロールを供給ロールとして別のデバイス製造システム 1 0 に装着することで、パターン層を積層することができる。そのような動作を繰り返して、電子デバイスが形成される。そのため、処理後の基板 F S は、複数の電子デバイス形成領域が所定の間隔をあけて基板 F S の長尺方向に沿って連なった状態となる。つまり、基板 F S は、多面取り用の基板となっている。

40

【 0 0 1 9 】

電子デバイス形成領域（露光領域 W）が連なった状態で形成された基板 F S を回収した回収ロールは、図示しないダイシング装置に装着されてもよい。回収ロールが装着されたダイシング装置は、処理後の基板 F S を電子デバイス形成領域毎に分割（ダイシング）することで、複数個の電子デバイスにする。基板 F S の寸法は、例えば、幅方向（短尺となる方向）の寸法が 1 0 c m ~ 2 m 程度であり、長さ方向（長尺となる方向）の寸法が 1 0 m 以上である。なお、基板 F S の寸法は、上記した寸法に限定されない。

【 0 0 2 0 】

50

次に、露光装置 E X について詳しく説明する。露光装置 E X は、温調チャンバー E C V 内に格納されている。この温調チャンバー E C V は、内部を所定の温度に保つことで、内部において搬送される基板 F S の温度による形状変化を抑制する。温調チャンバー E C V は、パッシブまたはアクティブな防振ユニット S U 1、S U 2 を介して製造工場の設置面 E に配置される。防振ユニット S U 1、S U 2 は、設置面 E からの振動を低減する。この設置面 E は、工場の床面自体であってもよいし、水平面を出すために床面上に設置される設置土台（ペDESTAL）上の面であってもよい。露光装置 E X は、基板搬送機構 1 2 と、光源装置 1 4 と、ビーム切換部材（ビーム配送ユニット）1 6 と、露光ヘッド 1 8 と、制御装置 2 0 と、複数のアライメント顕微鏡 A M m（A M 1 ~ A M 4）とを少なくとも備えている。

10

【0021】

基板搬送機構 1 2 は、プロセス装置 P R 1 から搬送される基板 F S を、露光装置 E X 内で所定の速度で搬送した後、プロセス装置 P R 2 に所定の速度で送り出す。この基板搬送機構 1 2 によって、露光装置 E X 内で搬送される基板 F S の搬送路が規定される。基板搬送機構 1 2 は、基板 F S の搬送方向の上流側（- X 方向側）から順に、エッジポジションコントローラ E P C、駆動ローラ R 1、テンション調整ローラ R T 1、回転ドラム（円筒ドラム）D R、テンション調整ローラ R T 2、駆動ローラ R 2、および、駆動ローラ R 3 を有している。

【0022】

エッジポジションコントローラ E P C は、プロセス装置 P R 1 から搬送される基板 F S の幅方向（Y 方向であって基板 F S の短尺方向）における位置を調整する。つまり、エッジポジションコントローラ E P C は、所定のテンションが掛けられた状態で搬送されている基板 F S の幅方向の端部（エッジ）における位置が、目標位置に対して $\pm$ 数十 μ m ~ 数十 μ m 程度の範囲（許容範囲）に収まるように、基板 F S を幅方向に移動させて、基板 F S の幅方向における位置を調整する。エッジポジションコントローラ E P C は、基板 F S が掛け渡されるローラと、基板 F S の幅方向の端部（エッジ）の位置を検出する図示しないエッジセンサ（端部検出部）を有し、エッジセンサが検出した検出信号に基づいて、エッジポジションコントローラ E P C の前記ローラを Y 方向に移動させて、基板 F S の幅方向における位置を調整する。駆動ローラ R 1 は、エッジポジションコントローラ E P C から搬送される基板 F S の表裏両面を保持しながら回転し、基板 F S を回転ドラム D R へ向けて搬送する。なお、エッジポジションコントローラ E P C は、回転ドラム D R に巻き付く基板 F S の長尺方向が、回転ドラム D R の中心軸 A X o に対して常に直交するように、基板 F S の幅方向における位置と適宜調整するとともに、基板 F S の進行方向における傾き誤差を補正するように、エッジポジションコントローラ E P C の前記ローラの回転軸と Y 軸との平行度を適宜調整してもよい。

20

30

【0023】

回転ドラム D R は、Y 方向に延びるとともに重力が働く方向と交差した方向に延びた中心軸 A X o と、中心軸 A X o から一定半径の円筒状の外周面とを有し、外周面（円周面）に倣って基板 F S の一部を長尺方向に支持しつつ、中心軸 A X o を中心に回転して基板 F S を + X 方向に搬送する。回転ドラム D R は、露光ヘッド 1 8 からのビーム L B（スポット光 S P）が投射される基板 F S 上の露光領域（部分）をその円周面で支持する。回転ドラム D R の Y 方向の両側には、回転ドラム D R が中心軸 A X o の周りを回転するように環状のベアリングで支持されたシャフト S f t が設けられている。このシャフト S f t は、制御装置 2 0 によって制御される図示しない回転駆動源（例えば、モータや減速機構等）からの回転トルクが与えられることで中心軸 A X o 回りに回転する。なお、便宜的に、中心軸 A X o を含み、Y Z 平面と平行な平面を中心面 P o c と呼ぶ。

40

【0024】

駆動ローラ R 2、R 3 は、基板 F S の搬送方向（+ X 方向）に沿って所定の間隔を空けて配置されており、露光後の基板 F S に所定の弛み（あそび）を与えている。駆動ローラ R 2、R 3 は、駆動ローラ R 1 と同様に、基板 F S の表裏両面を保持しながら回転し、基

50

板 F S をプロセス装置 P R 2 へ向けて搬送する。駆動ローラ R 2、R 3 は、回転ドラム D R に対して搬送方向の下流側（+ X 方向側）に設けられており、この駆動ローラ R 2 は、駆動ローラ R 3 に対して、搬送方向の上流側（- X 方向側）に設けられている。テンション調整ローラ R T 1、R T 2 は、- Z 方向に付勢されており、回転ドラム D R に巻き付けられて支持されている基板 F S に長尺方向に所定のテンションを与えている。これにより、回転ドラム D R にかかる基板 F S に付与される長尺方向のテンションを所定の範囲内に安定化させている。なお、制御装置 20 は、図示しない回転駆動源（例えば、モータや減速機等）を制御することで、駆動ローラ R 1 ~ R 3 を回転させる。

【0025】

光源装置 14 は、光源（パルス光源）を有し、パルス状のビーム（パルス光、レーザ）L B を射出するものである。このビーム L B は、370 nm 以下の波長帯域にピーク波長を有する紫外線光であり、ビーム L B の発光周波数（発振周波数）を F s とする。光源装置 14 が射出したビーム L B は、ビーム切換部材 16 を介して露光ヘッド 18 に入射する。光源装置 14 は、制御装置 20 の制御にしたがって、発光周波数 F s でビーム L B を発光して射出する。この光源装置 14 の構成は、後で詳細に説明するが、第 1 の実施の形態では、赤外波長域のパルス光を発生する半導体レーザ素子、ファイバー増幅器、増幅された赤外波長域のパルス光を紫外波長域のパルス光に変換する波長変換素子（高調波発生素子）等で構成され、発振周波数 F s が数百 MHz で、1 パルス光の発光時間がピコ秒程度の高輝度な紫外線のパルス光が得られるファイバーアンプレーザ光源を用いるものとする。

10

20

【0026】

ビーム切換部材 16 は、露光ヘッド 18 を構成する複数の走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）のうち、スポット光 S P の 1 次元走査を行う 1 つの走査ユニット U n に、光源装置 14 からのビーム L B が入射するように、ビーム L B の光路を切り換えるものである。このビーム切換部材 16 については後で詳細に説明する。

【0027】

露光ヘッド 18 は、ビーム L B がそれぞれ入射する複数の走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）を備えている。露光ヘッド 18 は、回転ドラム D R の円周面で支持されている基板 F S の一部分に、複数の走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）によってパターンを描画する。露光ヘッド 18 は、同一構成の複数の走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）を配列した、いわゆるマルチビーム型の露光ヘッドとなっている。露光ヘッド 18 は、基板 F S に対して電子デバイス用のパターン露光を繰り返し行うことから、パターンが露光される露光領域 W（電子デバイス形成領域）は、基板 F S の長尺方向に沿って所定の間隔をあけて複数設けられている（図 3 参照）。図 1 にも示すように、奇数番の走査ユニット U 1、U 3、U 5 は、中心面 P o c に対して基板 F S の搬送方向の上流側（- X 方向側）に配置され、且つ、Y 方向に沿って配置されている。偶数番の走査ユニット U 2、U 4、U 6 は、中心面 P o c に対して基板 F S の搬送方向の下流側（+ X 方向側）に配置され、且つ、Y 方向に沿って配置されている。奇数番の走査ユニット U 1、U 3、U 5 と、偶数番の走査ユニット U 2、U 4、U 6 とは、中心面 P o c に対して対称に設けられている。

30

【0028】

走査ユニット U n は、光源装置 14 からのビーム L B を基板 F S の被照射面上でスポット光 S P に収斂させるように投射しつつ、そのスポット光 S P を基板 F S の被照射面上で所定の直線的な描画ライン（走査線）S L n に沿って、回転するポリゴンミラー P M（図 7 参照）によって 1 次元に走査する。この走査ユニット U n の構成については、後で詳しく説明する。

40

【0029】

複数の走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）は、所定の配置関係で配置されている。複数の走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）は、複数の走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）の描画ライン S L n が、図 2、図 3 に示すように、Y 方向（基板 F S の幅方向、主走査方向）に関して、互いに分離することなく、継ぎ合わされるように配置されている。以下、走査ユニッ

50

トU 1の描画ラインS L nをS L 1、走査ユニットU 2～U 6の描画ラインS L nを、S L 2～S L 6と表す場合がある。なお、各走査ユニットU n (U 1～U 6)に入射するビームL Bを、各々L B 1～L B 6と表す場合がある。この走査ユニットU nに入射するビームL Bは、所定の方向に偏光した直線偏光(P偏光またはS偏光)のビームであり、本第1の実施の形態では、P偏光のビームとする。また、以下の説明では、6つの走査ユニットU 1～U 6の各々に入射するビームL B 1～L B 6をビームL B nと表すこともある。

【0030】

図3に示すように、複数の走査ユニットU n (U 1～U 6)全部で露光領域Wの幅方向の全てをカバーするように、各走査ユニットU n (U 1～U 6)は、走査領域を分担している。これにより、各走査ユニットU n (U 1～U 6)は、基板F Sの幅方向に分割された複数の領域毎にパターンを描画することができる。例えば、1つの走査ユニットU nによるY方向の走査長(描画ラインS L nの長さ)を30～60mm程度とすると、奇数番の走査ユニットU 1、U 3、U 5の3個と、偶数番の走査ユニットU 2、U 4、U 6の3個との計6個の走査ユニットU nをY方向に配置することによって、描画可能なY方向の幅を180～360mm程度に広げている。各描画ラインS L 1～S L 6の長さは、原則として同一とする。つまり、描画ラインS L 1～S L 6の各々に沿って走査されるビームL B nのスポット光S Pの走査距離は、原則として同一とする。なお、露光領域Wの幅を長くしたい場合は、描画ラインS L n自体の長さを長くするか、Y方向に配置する走査ユニットU nの数を増やすことで対応することができる。

【0031】

なお、実際の各描画ラインS L n (S L 1～S L 6)は、スポット光S Pが被照射面上を実際に走査可能な最大の長さよりも僅かに短く設定される。例えば、主走査方向(Y方向)の描画倍率が初期値(倍率補正無し)の場合にパターン描画可能な描画ラインS L nの最大長を30mmとすると、スポット光S Pの被照射面上での最大走査長は、描画ラインS L nの走査開始点側と走査終了点側の各々に0.5mm程度の余裕を持たせて、31mm程度に設定されている。このように設定することによって、スポット光S Pの最大走査長31mmの範囲内で、30mmの描画ラインS L nの位置を主走査方向に微調整したり、描画倍率を微調整したりすることが可能となる。スポット光S Pの最大走査長は31mmに限定されるものではなく、主に走査ユニットU n内のポリゴンミラー(回転ポリゴンミラー)P Mの後に設けられるfθレンズF T(図7参照)の口径によって決まり、31mm以上であってもよい。

【0032】

複数の描画ラインS L n (S L 1～S L 6)は、中心面P o cを挟んで、回転ドラムD Rの周方向に2列に配置される。奇数番の描画ラインS L 1、S L 3、S L 5は、中心面P o cに対して基板F Sの搬送方向の上流側(-X方向側)の基板F Sの被照射面上に位置する。偶数番の描画ラインS L 2、S L 4、S L 6は、中心面P o cに対して基板F Sの搬送方向の下流側(+X方向側)の基板F Sに被照射面上に位置する。描画ラインS L 1～S L 6は、基板F Sの幅方向、つまり、回転ドラムD Rの中心軸A X oと略並行となっている。

【0033】

描画ラインS L 1、S L 3、S L 5は、基板F Sの幅方向(走査方向)に沿って所定の間隔をあけて直線上に配置されている。描画ラインS L 2、S L 4、S L 6も同様に、基板F Sの幅方向(走査方向)に沿って所定の間隔をあけて直線上に配置されている。このとき、描画ラインS L 2は、基板F Sの幅方向に関して、描画ラインS L 1と描画ラインS L 3との間に配置される。同様に、描画ラインS L 3は、基板F Sの幅方向に関して、描画ラインS L 2と描画ラインS L 4との間に配置されている。描画ラインS L 4は、基板F Sの幅方向に関して、描画ラインS L 3と描画ラインS L 5との間に配置され、描画ラインS L 5は、基板F Sの幅方向に関して、描画ラインS L 4と描画ラインS L 6との間に配置されている。

【 0 0 3 4 】

奇数番の描画ライン S L 1、S L 3、S L 5 の各々に沿って走査されるビーム L B n のスポット光 S P の走査方向は、1 次元の方向となっており、同じ方向となっている。偶数番の描画ライン S L 2、S L 4、S L 6 の各々に沿って走査されるビーム L B n のスポット光 S P の走査方向は、1 次元の方向となっており、同じ方向となっている。この描画ライン S L 1、S L 3、S L 5 に沿って走査されるビーム L B n のスポット光 S P の走査方向と、描画ライン S L 2、S L 4、S L 6 に沿って走査されるビーム L B n のスポット光 S P の走査方向とは互いに逆方向となっている。詳しくは、描画ライン S L 1、S L 3、S L 5 に沿って走査されるビーム L B n のスポット光 S P の走査方向は - Y 方向であり、描画ライン S L 2、S L 4、S L 6 に沿って走査されるビーム L B n のスポット光 S P の走査方向は + Y 方向である。これにより、描画ライン S L 1、S L 3、S L 5 の描画開始位置（描画開始点（走査開始点）の位置）と、描画ライン S L 2、S L 4、S L 6 の描画開始位置とは Y 方向に関して隣接（または一部重複）する。また、描画ライン S L 3、S L 5 の描画終了位置（描画終了点（走査終了点）の位置）と、描画ライン S L 2、S L 4 の描画終了位置とは Y 方向に関して隣接（または一部重複）する。Y 方向に隣り合う描画ライン S L n の端部同士を一部重複させるように、各描画ライン S L n を配置する場合は、例えば、各描画ライン S L n の長さに対して、描画開始位置、または描画終了位置を含んで Y 方向に数 % 以下の範囲で重複させるとよい。

【 0 0 3 5 】

なお、描画ライン S L n の副走査方向の幅は、スポット光 S P のサイズ（直径） ϕ に応じた太さである。例えば、スポット光 S P のサイズ ϕ が $3 \mu\text{m}$ の場合は、描画ライン S L n の幅も $3 \mu\text{m}$ となる。スポット光 S P は、所定の長さ（例えば、スポット光 S P のサイズ ϕ の半分）だけオーバーラップするように、描画ライン S L n に沿って投射されてもよい。また、Y 方向に隣り合う描画ライン S L n（例えば、描画ライン S L 1 と描画ライン S L 2）同士を互いに隣接させる場合（継ぐ場合）も、所定の長さ（例えば、スポット光 S P のサイズ ϕ の半分）だけオーバーラップさせるのがよい。

【 0 0 3 6 】

本第 1 の実施の態様の場合、光源装置 1 4 からのビーム L B がパルス光であるため、主走査の間に描画ライン S L n 上に投射されるスポット光 S P は、ビーム L B の発振周波数 F_s に応じて離散的になる。そのため、ビーム L B の 1 パルス光によって投射されるスポット光 S P と次の 1 パルス光によって投射されるスポット光 S P とを、主走査方向にオーバーラップさせる必要がある。そのオーバーラップの量は、スポット光 S P のサイズ ϕ 、スポット光 S P の走査速度、ビーム L B の発振周波数 F_s によって設定されるが、スポット光 S P の強度分布がガウス分布で近似される場合、スポット光 S P のピーク強度の $1/e^2$ （または $1/2$ ）で決まる実効的な径サイズ ϕ に対して、 $\phi/2$ 程度オーバーラップさせるのがよい。したがって、副走査方向（描画ライン S L n と直交した方向）に関しても、描画ライン S L n に沿ったスポット光 S P の 1 回の走査と、次の走査との間で、基板 F S がスポット光 S P の実効的なサイズ ϕ のほぼ $1/2$ 以下の距離だけ移動するように設定することが望ましい。また、基板 F S 上の感光性機能層への露光量の設定は、ビーム L B（パルス光）のピーク値の調整で可能であるが、ビーム L B の強度を上げられない状況で露光量を増大させたい場合は、スポット光 S P の主走査方向の走査速度の低下、ビーム L B の発振周波数 F_s の増大、或いは基板 F S の副走査方向の搬送速度の低下等のいずれかによって、スポット光 S P の主走査方向または副走査方向に関するオーバーラップ量を実効的なサイズ ϕ の $1/2$ 以上に増加させればよい。

【 0 0 3 7 】

複数の走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）は、ビーム L B n のスポット光 S P の走査を、予め決められた順番（所定の順番）にしたがって繰り返し行う。例えば、スポット光 S P の走査を行う走査ユニット U n の順番が、U 1 → U 2 → U 3 → U 4 → U 5 → U 6、となっている場合は、まず、走査ユニット U 1 がスポット光 S P の走査を 1 回行う。そして、走査ユニット U 1 のスポット光 S P の走査が終了すると、走査ユニット U 2 がスポット光 S

Pの走査を1回行い、その走査が終了すると、走査ユニットU3がスポット光SPの走査を1回行うといった具合に、複数の走査ユニットUn(U1~U6)が所定の順番でスポット光SPの走査を1回ずつ行う。そして、走査ユニットU6のスポット光SPの走査が終了すると、走査ユニットU1のスポット光SPの走査に戻る。このように、複数の走査ユニットUn(U1~U6)は、スポット光SPの走査を所定の順番で繰り返す。

【0038】

各走査ユニットUn(U1~U6)は、少なくともXZ平面において、各ビームLBnが回転ドラムDRの中心軸AXoに向かって進むように、各ビームLBnを基板FSに向けて照射する。これにより、各走査ユニットUn(U1~U6)から基板FSに向かって進むビームLBnの光路(ビーム中心軸)は、XZ平面において、基板FSの被照射面の法線と同軸(平行)となる。また、各走査ユニットUn(U1~U6)は、描画ラインSLn(SL1~SL6)に照射するビームLBnが、YZ平面と平行な面内では基板FSの被照射面に対して垂直となるように、ビームLBnを基板FSに向けて照射する。すなわち、被照射面でのスポット光SPの主走査方向に関して、基板FSに投射されるビームLBn(LB1~LB6)はテレセントリックな状態で走査される。ここで、各走査ユニットUn(U1~U6)によって規定される描画ラインSLn(SL1~SL6)の各点を通して基板FSの被照射面と垂直な線(または光軸とも呼ぶ)を、照射中心軸Len(Le1~Le6)と呼ぶ。

【0039】

この各照射中心軸Len(Le1~Le6)は、XZ平面において、描画ラインSL1~SL6と中心軸AXoとを結ぶ線となっている。奇数番の走査ユニットU1、U3、U5の各々の照射中心軸Le1、Le3、Le5は、XZ平面において同じ方向となっており、偶数番の走査ユニットU2、U4、U6の各々の照射中心軸Le2、Le4、Le6は、XZ平面において同じ方向となっている。また、照射中心軸Le1、Le3、Le5と照射中心軸Le2、Le4、Le6とは、XZ平面において、中心面Pocに対して角度が±θとなるように設定されている(図1参照)。

【0040】

図1に示したアライメント顕微鏡AMm(AM1~AM4)は、図3に示すように、基板FSに形成されたアライメントマークMKm(MK1~MK4)を検出するためのものであり、Y方向に沿って複数(本第1の実施の形態では、4つ)設けられている。アライメントマークMKm(MK1~MK4)は、基板FSの被照射面上の露光領域Wに描画される所定のパターンと、基板FSとを相対的に位置合わせする(アライメントする)ための基準マークである。アライメント顕微鏡AMm(AM1~AM4)は、回転ドラムDRの円周面で支持されている基板FS上で、アライメントマークMKm(MK1~MK4)を検出する。アライメント顕微鏡AMm(AM1~AM4)は、露光ヘッド18からのビームLBn(LB1~LB6)のスポット光SPによる基板FS上の被照射領域(描画ラインSL1~SL6で囲まれた領域)よりも基板FSの搬送方向の上流側(-X方向側)に設けられている。

【0041】

アライメント顕微鏡AMm(AM1~AM4)は、アライメント用の照明光を基板FSに投射する光源と、基板FSの表面のアライメントマークMKm(MK1~MK4)を含む局所領域(観察領域)の拡大像を得る観察光学系(対物レンズを含む)と、その拡大像を基板FSが搬送方向に移動している間に高速シャッターで撮像するCCD、CMOS等の撮像素子とを有する。アライメント顕微鏡AMm(AM1~AM4)が撮像した撮像信号(画像データ)ig(ig1~ig4)は制御装置20に送られる。制御装置20は、撮像信号ig(ig1~ig4)の画像解析と、撮像した瞬間の回転ドラムDRの回転位置の情報(図2に示したスケール部SDを読み取るエンコーダEN1a、EN1bによる計測値)とに基づいて、アライメントマークMKm(MK1~MK4)の位置を検出して、基板FSの位置を高精度に計測する。なお、アライメント用の照明光は、基板FS上の感光性機能層に対してほとんど感度を持たない波長域の光、例えば、波長500~800

10

20

30

40

50

n m 程度の光である。

【 0 0 4 2 】

アライメントマーク M K 1 ~ M K 4 は、各露光領域 W の周りに設けられている。アライメントマーク M K 1、M K 4 は、露光領域 W の基板 F S の幅方向の両側に、基板 F S の長尺方向に沿って一定の間隔 D h で複数形成されている。アライメントマーク M K 1 は、基板 F S の幅方向の - Y 方向側に、アライメントマーク M K 4 は、基板 F S の幅方向の + Y 方向側にそれぞれ形成されている。このようなアライメントマーク M K 1、M K 4 は、基板 F S が大きなテンションを受けたり、熱プロセスを受けたりして変形していない状態では、基板 F S の長尺方向 (X 方向) に関して同一位置になるように配置される。さらに、アライメントマーク M K 2、M K 3 は、アライメントマーク M K 1 とアライメントマーク M K 4 の間であって、露光領域 W の + X 方向側と - X 方向側との余白部に基板 F S の幅方向 (短尺方向) に沿って形成されている。アライメントマーク M K 2、M K 3 は、露光領域 W と露光領域 W との間に形成されている。アライメントマーク M K 2 は、基板 F S の幅方向の - Y 方向側に、アライメントマーク M K 3 は、基板 F S の + Y 方向側に形成されている。

10

【 0 0 4 3 】

さらに、基板 F S の - Y 方向の側端部に配列されるアライメントマーク M K 1 と余白部のアライメントマーク M K 2 との Y 方向の間隔、余白部のアライメントマーク M K 2 とアライメントマーク M K 3 の Y 方向の間隔、および基板 F S の + Y 方向の側端部に配列されるアライメントマーク M K 4 と余白部のアライメントマーク M K 3 との Y 方向の間隔は、いずれも同じ距離に設定されている。これらのアライメントマーク M K m (M K 1 ~ M K 4) は、第 1 層のパターン層の形成の際と一緒に形成されてもよい。例えば、第 1 層のパターンを露光する際に、パターンが露光される露光領域 W の周りにアライメントマーク用のパターンも一緒に露光してもよい。なお、アライメントマーク M K m は、露光領域 W 内に形成されてもよい。例えば、露光領域 W 内であって、露光領域 W の輪郭に沿って形成されてもよい。また、露光領域 W 内にアライメントマーク M K m を形成する場合は、露光領域 W 内に形成される電子デバイスのパターン中の特定位置のパターン部分、或いは特定形状の部分のアライメントマーク M K m として利用してもよい。

20

【 0 0 4 4 】

アライメント顕微鏡 A M 1 は、対物レンズによる観察領域 (検出領域) V w 1 内に存在するアライメントマーク M K 1 を撮像するように配置される。同様に、アライメント顕微鏡 A M 2 ~ A M 4 は、対物レンズによる観察領域 V w 2 ~ V w 4 内に存在するアライメントマーク M K 2 ~ M K 4 を撮像するように配置される。したがって、複数のアライメント顕微鏡 A M 1 ~ A M 4 は、複数のアライメントマーク M K 1 ~ M K 4 の位置に対応して、基板 F S の - Y 方向側からアライメント顕微鏡 A M 1 ~ A M 4 の順で設けられている。アライメント顕微鏡 A M m (A M 1 ~ A M 4) は、X 方向に関して、露光位置 (描画ライン S L 1 ~ S L 6) とアライメント顕微鏡 A M m の観察領域 V w (V w 1 ~ V w 4) との距離が、露光領域 W の X 方向の長さよりも短くなるように設けられている。なお、Y 方向に設けられるアライメント顕微鏡 A M m の数は、基板 F S の幅方向に形成されるアライメントマーク M K m の数に応じて変更可能である。また、観察領域 V w 1 ~ V w 4 の基板 F S の被照射面上の大きさは、アライメントマーク M K 1 ~ M K 4 の大きさやアライメント精度 (位置計測精度) に応じて設定されるが、100 ~ 500 μ m 角程度の大きさである。

30

40

【 0 0 4 5 】

図 2 に示すように、回転ドラム D R の両端部には、回転ドラム D R の外周面の周方向の全体に亘って環状に形成された目盛を有するスケール部 S D (S D a、S D b) が設けられている。このスケール部 S D (S D a、S D b) は、回転ドラム D R の外周面の周方向に一定のピッチ (例えば、20 μ m) で凹状または凸状の格子線を刻設した回折格子であり、インクリメンタル型のスケールとして構成される。このスケール部 S D (S D a、S D b) は、中心軸 A X o 回りに回転ドラム D R と一体に回転する。また、このスケール部 S D (S D a、S D b) と対向するように、複数のエンコーダ (スケール読取ヘッド) E

50

N n が設けられている。このエンコーダ E N n は、回転ドラム D R の回転位置を光学的に検出するものである。回転ドラム D R の - Y 方向側の端部に設けられたスケール部 S D a に対向して、3つのエンコーダ E N n (E N 1 a、E N 2 a、E N 3 a) が設けられている。同様に、回転ドラム D R の + Y 方向側の端部に設けられたスケール部 S D b に対向して、3つのエンコーダ E N n (E N 1 b、E N 2 b、E N 3 b) が設けられている。

【0046】

エンコーダ E N n (E N 1 a ~ E N 3 a、E N 1 b ~ E N 3 b) は、スケール部 S D (S D a、S D b) に向けて計測用の光ビームを投射し、その反射光束 (回折光) を光电検出することにより、パルス信号である検出信号を制御装置 20 に出力する。制御装置 20 は、その検出信号 (パルス信号) をカウンタ回路 106 a (図 13 参照) でカウントすることにより、回転ドラム D R の回転角度位置および角度変化をサブミクロンの分解能で計測することができる。カウンタ回路 106 a は、各エンコーダ E N n (E N 1 a ~ E N 3 a、E N 1 b ~ E N 3 b) の検出信号をそれぞれ個別にカウントする。制御装置 20 は、回転ドラム D R の角度変化から、基板 F S の搬送速度も計測することもできる。各エンコーダ E N n (E N 1 a ~ E N 3 a、E N 1 b ~ E N 3 b) の各々の検出信号を個別にカウントするカウンタ回路 106 a は、各エンコーダ E N n (E N 1 a ~ E N 3 a、E N 1 b ~ E N 3 b) がスケール部 S D a、S D b の周方向の一部に形成された原点マーク (原点パターン) Z Z を検出すると、そのエンコーダ E N n に対応するカウント値を 0 にリセットする。

【0047】

エンコーダ E N 1 a、E N 1 b は、設置方位線 L x 1 上に配置されている。設置方位線 L x 1 は、X Z 平面において、エンコーダ E N 1 a、E N 1 b の計測用の光ビームのスケール部 S D (S D a、S D b) 上への投射位置 (読取位置) と、中心軸 A X o とを結ぶ線となっている。また、設置方位線 L x 1 は、X Z 平面において、各アライメント顕微鏡 A M m (A M 1 ~ A M 4) の観察領域 V w (V w 1 ~ V w 4) と中心軸 A X o とを結ぶ線となっている。

【0048】

エンコーダ E N 2 a、E N 2 b は、中心面 P o c に対して基板 F S の搬送方向の上流側 (- X 方向側) に設けられており、且つ、エンコーダ E N 1 a、E N 1 b より基板 F S の搬送方向の下流側 (+ X 方向側) に設けられている。エンコーダ E N 2 a、E N 2 b は、設置方位線 L x 2 上に配置されている。設置方位線 L x 2 は、X Z 平面において、エンコーダ E N 2 a、E N 2 b の計測用の光ビームのスケール部 S D (S D a、S D b) 上への投射位置と、中心軸 A X o とを結ぶ線となっている。この設置方位線 L x 2 は、X Z 平面において、照射中心軸 L e 1、L e 3、L e 5 と同角度位置となって重なっている。

【0049】

エンコーダ E N 3 a、E N 3 b は、中心面 P o c に対して基板 F S の搬送方向の下流側 (+ X 方向側) に設けられている。エンコーダ E N 3 a、E N 3 b は、設置方位線 L x 3 上に配置されている。設置方位線 L x 3 は、X Z 平面において、エンコーダ E N 3 a、E N 3 b の計測用の光ビームのスケール部 S D (S D a、S D b) 上への投射位置と、中心軸 A X o とを結ぶ線となっている。この設置方位線 L x 3 は、X Z 平面において、照射中心軸 L e 2、L e 4、L e 6 と同角度位置となって重なっている。

【0050】

このエンコーダ E N 1 a、E N 1 b からの検出信号のカウント値 (回転角度位置) と、エンコーダ E N 2 a、E N 2 b からの検出信号のカウント値 (回転角度位置) と、エンコーダ E N 3 a、E N 3 b からの検出信号のカウント値 (回転角度位置) とは、各エンコーダ E N n が回転ドラム D R の周回方向の 1 ケ所に付設された原点マーク Z Z を検出した瞬間にゼロにリセットされる。そのため、エンコーダ E N 1 a、E N 1 b に基づくカウント値が第 1 の値 (例えば、100) のときの、回転ドラム D R に巻き付けられている基板 F S の設置方位線 L x 1 上における位置 (アライメント顕微鏡 A M 1 ~ A M 4 の各観察領域 V w 1 ~ V w 4 の位置) を第 1 の位置とした場合に、基板 F S 上の第 1 の位置が設置方位

10

20

30

40

50

線 $L \times 2$ 上の位置（描画ライン $SL1$ 、 $SL3$ 、 $SL5$ の位置）まで搬送されると、エンコード $EN2a$ 、 $EN2b$ に基づくカウント値は第 1 の値（例えば、100）となる。同様に、基板 FS 上の第 1 の位置が設置方位線 $L \times 3$ 上の位置（描画ライン $SL2$ 、 $SL4$ 、 $SL6$ の位置）まで搬送されると、エンコード $EN3a$ 、 $EN3b$ に基づく検出信号のカウント値は第 1 の値（例えば、100）となる。

【0051】

ところで、基板 FS は、回転ドラム DR の両端のスケール部 SDa 、 SDb より内側に巻き付けられている。図 1 では、スケール部 SD （ SDa 、 SDb ）の外周面の中心軸 AXo からの半径を、回転ドラム DR の外周面の中心軸 AXo からの半径より小さく設定した。しかしながら、図 2 に示すように、スケール部 SD （ SDa 、 SDb ）の外周面を、回転ドラム DR に巻き付けられた基板 FS の外周面と同一面となるように設定してもよい。つまり、スケール部 SD （ SDa 、 SDb ）の外周面の中心軸 AXo からの半径（距離）と、回転ドラム DR に巻き付けられた基板 FS の外周面（被照射面）の中心軸 AXo からの半径（距離）とが同一となるように設定してもよい。これにより、エンコード ENn （ $EN1a$ 、 $EN1b$ 、 $EN2a$ 、 $EN2b$ 、 $EN3a$ 、 $EN3b$ ）は、回転ドラム DR に巻き付いた基板 FS の被照射面と同じ径方向の位置でスケール部 SD （ SDa 、 SDb ）を検出することができ、エンコード ENn による計測位置と処理位置（描画ライン $SL1 \sim SL6$ ）とが回転ドラム DR の径方向で異なることで生じるアップ誤差を小さくすることができる。

【0052】

以上のことから、アライメント顕微鏡 AMm （ $AM1 \sim AM4$ ）によって検出されたアライメントマーク MKm （ $MK1 \sim MK4$ ）の位置（エンコード $EN1a$ 、 $EN1b$ によるカウント値）に基づいて、制御装置 20 によって基板 FS の長尺方向（ X 方向）における露光領域 W の描画露光の開始位置が決定され、そのときにエンコード $EN1a$ 、 $EN1b$ に基づくカウント値を第 1 の値（例えば、100）とする。この場合は、エンコード $EN2a$ 、 $EN2b$ に基づくカウント値が第 1 の値（例えば、100）となると、基板 FS の長尺方向における露光領域 W の描画露光の開始位置が描画ライン $SL1$ 、 $SL3$ 、 $SL5$ 上に位置する。したがって、走査ユニット $U1$ 、 $U3$ 、 $U5$ は、エンコード $EN2a$ 、 $EN2b$ のカウント値に基づいて、スポット光 SP の走査を開始することができる。また、エンコード $EN3a$ 、 $EN3b$ に基づくカウント値が第 1 の値（例えば、100）となると、基板 FS の長尺方向における露光領域 W の描画露光の開始位置が描画ライン $SL2$ 、 $SL4$ 、 $SL6$ 上に位置する。したがって、走査ユニット $U2$ 、 $U4$ 、 $U6$ は、エンコード $EN3a$ 、 $EN3b$ のカウント値に基づいて、スポット光 SP の走査を開始することができる。

【0053】

図 4 は、光源装置（パルス光源装置、パルスレーザ装置）14 の構成を示す図である。ファイバーレーザ装置としての光源装置 14 は、 DFB 半導体レーザ素子 30、 DFB 半導体レーザ素子 32、偏光ビームスプリッタ 34、描画用光変調器としての電気光学素子 36、この電気光学素子 36 の駆動回路 36a、偏光ビームスプリッタ 38、吸収体 40、励起光源 42、コンバイナ 44、ファイバー光増幅器 46、波長変換光学素子 48、50、複数のレンズ素子 GL 、および、クロック発生器 52a を含む制御回路 52 を備える。

【0054】

DFB 半導体レーザ素子（第 1 固体レーザ素子）30 は、所定周波数 Fs で鋭鋭若しくは尖鋭のパルス状の種光（レーザ光） $S1$ を発生し、 DFB 半導体レーザ素子（第 2 固体レーザ素子）32 は、所定周波数 Fs で緩慢（時間的にブロード）なパルス状の種光（レーザ光） $S2$ を発生する。 DFB 半導体レーザ素子 30 が発生する種光 $S1$ と、 DFB 半導体レーザ素子 32 が発生する種光 $S2$ とは、1 パルス当たりのエネルギーは略同一であるが、偏光状態が互いに異なり、ピーク強度は種光 $S1$ の方が強い。本第 1 の実施の形態では、 DFB 半導体レーザ素子 30 が発生する種光 $S1$ の偏光状態を S 偏光とし、 DFB

半導体レーザ素子 3 2 が発生する種光 S 2 の偏光状態を P 偏光として説明する。この D F B 半導体レーザ素子 3 0、3 2 は、クロック発生器 5 2 a で生成されるクロック信号 L T C (所定周波数 F s) に応答して、制御回路 5 2 の電氣的な制御によって、所定周波数 (発振周波数) F s で種光 S 1、S 2 を発光するように制御される。この制御回路 5 2 は、制御装置 2 0 によって制御される。

【 0 0 5 5 】

なお、このクロック信号 L T C は、詳しくは後述するが、ビットマップ状の描画データのメモリ回路中のアドレスを指定するためのカウンタ部 C N 1 ~ C N 6 (図 1 5 参照) の各々に供給されるクロック信号 C L K のベースとなるもので、クロック信号 L T C を n 分周 (n は 2 以上の整数が好ましい) したものがクロック信号 C L K となる。また、クロック発生器 5 2 a は、クロック信号 L T C の所定周波数 (基本周波数) F s を $\pm \Delta F$ だけ調整する機能、すなわち、ビーム L B のパルス発振の時間間隔を微調する機能も有する。これによって、例えば、スポット光 S P の走査速度が僅かに変動しても、所定周波数 F s を微調整することで、描画ライン S L n (走査ライン) に渡って描画されるパターンの寸法 (描画倍率) を精密に保つことができる。

10

【 0 0 5 6 】

偏光ビームスプリッタ 3 4 は、S 偏光の光を透過し、P 偏光の光を反射するものであり、D F B 半導体レーザ素子 3 0 が発生した種光 S 1 と、D F B 半導体レーザ素子 3 2 が発生した種光 S 2 とを、電気光学素子 3 6 に導く。詳しくは、偏光ビームスプリッタ 3 4 は、D F B 半導体レーザ素子 3 0 が発生した S 偏光の種光 S 1 を透過することで種光 S 1 を電気光学素子 3 6 に導き、D F B 半導体レーザ素子 3 2 が発生した P 偏光の種光 S 2 を反射することで種光 S 2 を電気光学素子 3 6 に導く。D F B 半導体レーザ素子 3 0、3 2、および、偏光ビームスプリッタ 3 4 は、種光 S 1、S 2 を生成するレーザ光源部 3 5 を構成する。

20

【 0 0 5 7 】

電気光学素子 3 6 は、種光 S 1、S 2 に対して透過性を有するものであり、例えば、電気光学変調器 (E O M : Electro-Optic Modulator) が用いられる。電気光学素子 3 6 は、描画ビット列データ S d w (またはシリアルデータ D L n) のハイ / ロー状態に応答して、偏光ビームスプリッタ 3 4 を通ってきた種光 S 1、S 2 の偏光状態を駆動回路 3 6 a によって切り換えるものである。この描画ビット列データ S d w は、走査ユニット U 1 ~ U 6 の各々が露光すべきパターンに応じたパターンデータ (ビットパターン) に基づいて生成されるものである。D F B 半導体レーザ素子 3 0、D F B 半導体レーザ素子 3 2 の各々からの種光 S 1、S 2 は波長域が 8 0 0 n m 以上と長いため、電気光学素子 3 6 として、偏光状態の切り換え応答性が G H z 程度のものを使うことができる。

30

【 0 0 5 8 】

パターンデータは、走査ユニット U n 毎に設けられ、このパターンデータは、スポット光 S P の走査方向 (主走査方向、Y 方向) に沿った方向を行方向とし、基板 F S の搬送方向 (副走査方向、X 方向) に沿った方向を列方向とするように 2 次元に分解された複数の画素データで構成されているビットマップデータである。この画素データは、「 0 」または「 1 」の 1 ビットのデータである。「 0 」の画素データは、基板 F S に照射するスポット光 S P の強度を低レベルにすることを意味し、「 1 」の画素データは、基板 F S 上に照射するスポット光 S P の強度を高レベルにすることを意味する。パターンデータの 1 列分の画素データは、1 本分の描画ライン S L n (S L 1 ~ S L 6) に対応するものであり、1 本の描画ライン S L n (S L 1 ~ S L 6) に沿って基板 F S に投射されるスポット光 S P の強度が、1 列分の画素データに応じて変調される。この 1 列分の画素データをシリアルデータ D L n と呼ぶ。つまり、パターンデータは、シリアルデータ D L n が列方向に並んだビットマップデータである。走査ユニット U 1 のパターンデータのシリアルデータ D L n を D L 1 で表し、同様に、走査ユニット U 2 ~ U 6 のパターンデータのシリアルデータ D L n を D L 2 ~ D L 6 で表す。

40

【 0 0 5 9 】

50

また、複数の走査ユニット $U_1 \sim U_6$ は、所定の順番でスポット光 SP の走査を 1 回ずつ行う動作を繰り返すことから、それに対応して、各走査ユニット U_n のパターンデータのシリアルデータ DL_n が、所定の順番で駆動回路 36a に出力される。この駆動回路 36a に順次出力されるシリアルデータ DL_n を描画ビット列データ SDw と呼ぶ。例えば、所定の順番が、 $U_1 \rightarrow U_2 \rightarrow \dots \rightarrow U_6$ 、となっている場合は、まず、1 列分のシリアルデータ DL_1 が駆動回路 36a に出力され、続いて、1 列分のシリアルデータ DL_2 が駆動回路 36a に出力されるといった具合に、描画ビット列データ SDw を構成する 1 列分のシリアルデータ $DL_1 \sim DL_6$ が順次駆動回路 36a に出力される。その後、次の列のシリアルデータ $DL_1 \sim DL_6$ が描画ビット列データ SDw として順次駆動回路 36a に出力される。この駆動回路 36a に描画ビット列データ SDw を出力する具体的な構成については後で詳細に説明する。

10

【0060】

駆動回路 36a に入力される描画ビット列データ SDw (またはシリアルデータ DL_n) の 1 ビットの画素データがロー (「0」) 状態のとき、電気光学素子 36 は種光 S_1 、 S_2 の偏光状態を変えずにそのまま偏光ビームスプリッタ 38 に導く。一方で、駆動回路 36a に入力される描画ビット列データ SDw (または DL_n) の 1 ビットの画素データがハイ (「1」) 状態のとき、電気光学素子 36 は入射した種光 S_1 、 S_2 の偏光状態を変えて、つまり、偏光方向を 90 度変えて偏光ビームスプリッタ 38 に導く。このように電気光学素子 36 を駆動させることによって、電気光学素子 36 は、描画ビット列データ SDw (またはシリアルデータ DL_n) の画素データがハイ状態 (「1」) のときは、 S 偏光の種光 S_1 を P 偏光の種光 S_1 に変換し、 P 偏光の種光 S_2 を S 偏光の種光 S_2 に変換する。

20

【0061】

偏光ビームスプリッタ 38 は、 P 偏光の光を透過してレンズ素子 GL を介してコンバイナ 44 に導き、 S 偏光の光を反射させて吸収体 40 に導く。励起光源 42 は励起光を発生し、該発生した励起光は、光ファイバー 42a を通ってコンバイナ 44 に導かれる。コンバイナ 44 は、偏光ビームスプリッタ 38 から照射された種光と励起光とを合成して、ファイバー光増幅器 46 に出力する。ファイバー光増幅器 46 は、励起光によって励起されるレーザ媒質がドーブされている。したがって、合成された種光および励起光が伝送するファイバー光増幅器 46 内では、励起光によってレーザ媒質が励起されることにより種光が増幅される。ファイバー光増幅器 46 内にドーブされるレーザ媒質としては、エルビウム (Er)、イッテルビウム (Yb)、ツリウム (Tm) 等の希土類元素が用いられる。この増幅された種光は、ファイバー光増幅器 46 の射出端 46a から所定の発散角を伴って放射され、レンズ素子 GL によって収斂またはコリメートされて波長変換光学素子 48 に入射する。

30

【0062】

波長変換光学素子 (第 1 の波長変換光学素子) 48 は、第 2 高調波発生 (Second Harmonic Generation: SHG) によって、入射した種光 (波長 λ) を、波長が λ の $1/2$ の第 2 高調波に変換する。波長変換光学素子 48 として、疑似位相整合 (Quasi Phase Matching: QPM) 結晶である PPLN (Periodically Poled $LiNbO_3$) 結晶が好適に用いられる。なお、PPLT (Periodically Poled $LiTaO_3$) 結晶等を用いることも可能である。

40

【0063】

波長変換光学素子 (第 2 の波長変換光学素子) 50 は、波長変換光学素子 48 が変換した第 2 高調波 (波長 $\lambda/2$) と、波長変換光学素子 48 によって変換されずに残留した種光 (波長 λ) との和周波発生 (Sum Frequency Generation: SFG) により、波長が λ の $1/3$ の第 3 高調波を発生する。この第 3 高調波が、370 nm 以下の波長帯域にピーク波長を有する紫外線光 (ビーム LB) となる。

【0064】

以上のように、駆動回路 36a に印加する描画ビット列データ SDw (またはシリアルデータ DL_n) の 1 ビットの画素データがロー (「0」) の場合は、電気光学素子 36 は

50

、入射した種光 S_1 、 S_2 の偏光状態を変えずにそのまま偏光ビームスプリッタ 38 に導く。そのため、偏光ビームスプリッタ 38 を通過する種光は種光 S_2 となる。したがって、光源装置 14 から最終的に出力される P 偏光のビーム LB は、DFB 半導体レーザ素子 32 からの種光 S_2 と同じ発振プロファイル（時間特性）を有する。すなわち、この場合は、ビーム LB は、パルスのピーク強度が低く、時間的にブロードな鈍った特性となる。ファイバー光増幅器 46 は、そのようなピーク強度が低い種光 S_2 に対する増幅効率が低いいため、光源装置 14 から射出されるビーム LB は、露光に必要なエネルギーまで増幅されない光となる。したがって、露光という観点からみれば、実質的に光源装置 14 はビーム LB を射出していないのと同じ結果となる。つまり、基板 FS に照射されるスポット光 SP の強度は低レベルとなる。ただし、パターンの露光が行われない期間（非露光期間）では、種光 S_2 由来の紫外域のビーム LB が僅かな強度であっても照射され続けるので、描画ライン $SL_1 \sim SL_6$ が、長時間、基板 FS 上の同じ位置にある状態が続く場合（例えば、搬送系のトラブルによって基板 FS が停止している場合等）は、光源装置 14 のビーム LB の射出窓（図示略）に可動シャッタを設けて、射出窓を閉じるようにするとよい。

10

【0065】

一方、駆動回路 36a に印加する描画ビット列データ S_{dw} （またはシリアルデータ D_{Ln} ）の 1 ビットの画素データがハイ（「1」）の場合は、電気光学素子 36 は、入射した種光 S_1 、 S_2 の偏光状態を変えて偏光ビームスプリッタ 38 に導く。そのため、偏光ビームスプリッタ 38 を透過する種光は種光 S_1 となる。したがって、光源装置 14 から射出されるビーム LB は、DFB 半導体レーザ素子 30 からの種光 S_1 に由来して生成されたものとなる。DFB 半導体レーザ素子 30 からの種光 S_1 はピーク強度が強いため、ファイバー光増幅器 46 によって効率的に増幅され、光源装置 14 から出力される P 偏光のビーム LB は、基板 FS の露光に必要なエネルギーを持つ。つまり、基板 FS に照射されるスポット光 SP の強度は高レベルとなる。

20

【0066】

このように、光源装置 14 内に、描画用光変調器としての電気光学素子 36 を設けたので、1 つの電気光学素子 36 を制御することで、各走査ユニット U_n （ $U_1 \sim U_6$ ）によって走査されるスポット光 SP の強度を、描画すべきパターンに応じて変調させることができる。したがって、光源装置 14 から射出されるビーム LB は、強度変調された描画ビームとなる。

30

【0067】

なお、図 4 の構成において、DFB 半導体レーザ素子 32 および偏光ビームスプリッタ 34 を省略して、DFB 半導体レーザ素子 30 からの種光 S_1 のみを、描画データに基づく電気光学素子 36 の偏光状態の切り換えで、ファイバー光増幅器 46 にバースト波状に導光することも考えられる。しかしながら、この構成を採用すると、種光 S_1 のファイバー光増幅器 46 への入射周期性が描画すべきパターンに応じて大きく乱される。すなわち、ファイバー光増幅器 46 に DFB 半導体レーザ素子 30 からの種光 S_1 が入射しない状態が続いた後に、ファイバー光増幅器 46 に種光 S_1 が入射すると、入射直後の種光 S_1 は通常するときよりも大きな増幅率で増幅され、ファイバー光増幅器 46 からは、規定以上の大きな強度を持つビームが発生するという問題がある。そこで、本第 1 の実施の形態では、好ましい態様として、ファイバー光増幅器 46 に種光 S_1 が入射しない期間に、DFB 半導体レーザ素子 32 からの種光 S_2 （ピーク強度が低いブロードなパルス光）をファイバー光増幅器 46 に入射することで、このような問題を解決している。

40

【0068】

また、電気光学素子 36 をスイッチングするようにしたが、描画ビット列データ S_{dw} （またはシリアルデータ D_{Ln} ）に基づいて、DFB 半導体レーザ素子 30、32 を駆動するようにしてもよい。つまり、制御回路 52 は、描画ビット列データ S_{dw} （またはシリアルデータ D_{Ln} ）に基づいて、DFB 半導体レーザ素子 30、32 を制御して、所定周波数 F_s でパルス状に発振する種光 S_1 、 S_2 を選択的（択一的）に発生させる。この

50

場合は、偏光ビームスプリッタ 34、38、電気光学素子 36、および吸収体 40 は不要となり、DFB 半導体レーザ素子 30、32 のいずれか一方から選択的にパルス発振される種光 S1、S2 の一方が、直接コンバイナ 44 に入射する。このとき、制御回路 52 は、DFB 半導体レーザ素子 30 からの種光 S1 と、DFB 半導体レーザ素子 32 からの種光 S2 とが同時にファイバ光増幅器 46 に入射しないように、各 DFB 半導体レーザ素子 30、32 の駆動を制御する。すなわち、基板 FS に各ビーム LBn のスポット光 SP を照射する場合は、種光 S1 のみがファイバ光増幅器 46 に入射するように DFB 半導体レーザ素子 30 を制御する。また、基板 FS に各ビーム LBn のスポット光 SP を照射しない（スポット光 SP の強度を極めて低くする）場合には、種光 S2 のみがファイバ光増幅器 46 に入射するように DFB 半導体レーザ素子 32 を制御する。このように、基板 FS にビーム LBn を照射するか否かは、画素データ（H または L）に基づいて決定される。また、この場合の種光 S1、S2 の偏光状態はともに P 偏光でよい。

10

【0069】

図 5 は、ビーム切換部材 16 の構成図である。ビーム切換部材 16 は、複数の選択用光学素子 AOMn（AOM1～AOM6）と、複数の集光レンズ CD1～CD6 と、複数の反射ミラー M1～M12 と、複数のユニット側入射ミラー IM1～IM6 と、複数のコリメートレンズ CL1～CL6 と、吸収体 TR とを有する。選択用光学素子 AOMn（AOM1～AOM6）は、ビーム LB に対して透過性を有するものであり、超音波信号で駆動される音響光学変調素子（AOM：Acousto-Optic Modulator）である。これらの光学的な部材（選択用光学素子 AOM1～AOM6、集光レンズ CD1～CD6、反射ミラー M1～M12、ユニット側入射ミラー IM1～IM6、コリメートレンズ CL1～CL6、および、吸収体 TR）は、板状の支持部材 IUB によって支持されている。この支持部材 IUB は、複数の走査ユニット Un（U1～U6）の上方で、これらの光学的な部材を下方（-Z 方向側）から支持する。したがって、支持部材 IUB は、発熱源となる選択用光学素子 AOMn（AOM1～AOM6）と複数の走査ユニット Un（U1～U6）との間を断熱する機能も備えている。

20

【0070】

光源装置 14 からビーム LB は、反射ミラー M1～M12 によってその光路がつづらおり状に曲げられて、吸収体 TR まで導かれる。以下、選択用光学素子 AOMn（AOM1～AOM6）がいずれもオフ状態（超音波信号が印加されていない状態）の場合で、詳述する。光源装置 14 からビーム LB（平行光束）は、Y 軸と平行に +Y 方向に進んで集光レンズ CD1 を通って反射ミラー M1 に入射する。反射ミラー M1 で -X 方向側に反射したビーム LB は、集光レンズ CD1 の焦点位置（ビームウェスト位置）に配置された第 1 の選択用光学素子 AOM1 をストレートに透過し、コリメートレンズ CL1 によって再び平行光束にされて、反射ミラー M2 に至る。反射ミラー M2 で +Y 方向側に反射したビーム LB は、集光レンズ CD2 を通った後に反射ミラー M3 で +X 方向側に反射される。

30

【0071】

反射ミラー M3 で反射されたビーム LB は、集光レンズ CD2 の焦点位置（ビームウェスト位置）に配置された第 2 の選択用光学素子 AOM2 をストレートに透過し、コリメートレンズ CL2 によって再び平行光束にされて、反射ミラー M4 に至る。反射ミラー M4 で +Y 方向側に反射されたビーム LB は、集光レンズ CD3 を通った後に反射ミラー M5 で -X 方向側に反射される。反射ミラー M5 で -X 方向側に反射されたビーム LB は、集光レンズ CD3 の焦点位置（ビームウェスト位置）に配置された第 3 の選択用光学素子 AOM3 をストレートに透過し、コリメートレンズ CL3 によって再び平行光束にされて、反射ミラー M6 に至る。反射ミラー M6 で +Y 方向側に反射されたビーム LB は、集光レンズ CD4 を通った後に反射ミラー M7 で +X 方向側に反射される。

40

【0072】

反射ミラー M7 で反射されたビーム LB は、集光レンズ CD4 の焦点位置（ビームウェスト位置）に配置された第 4 の選択用光学素子 AOM4 をストレートに透過し、コリメートレンズ CL4 によって再び平行光束にされて、反射ミラー M8 に至る。反射ミラー M8

50

で + Y 方向側に反射されたビーム L B は、集光レンズ C D 5 を通った後に反射ミラー M 9 で - X 方向側に反射される。反射ミラー M 9 で - X 方向側に反射されたビーム L B は、集光レンズ C D 5 の焦点位置 (ビームウェスト位置) に配置された第 5 の選択用光学素子 A O M 5 をストレートに透過し、コリメートレンズ C L 5 によって再び平行光束にされて、反射ミラー M 10 に至る。反射ミラー M 10 で + Y 方向側に反射されたビーム L B は、集光レンズ C D 6 を通った後に反射ミラー M 11 で + X 方向側に反射される。反射ミラー M 11 で反射されたビーム L B は、集光レンズ C D 6 の焦点位置 (ビームウェスト位置) に配置された第 6 の選択用光学素子 A O M 6 をストレートに透過し、コリメートレンズ C L 6 によって再び平行光束にされ、反射ミラー M 12 で - Y 方向側に反射された後、吸収体 T R に至る。この吸収体 T R は、ビーム L B の外部への漏れを抑制するためにビーム L B を吸収する光トラップである。

10

【 0 0 7 3 】

以上のように、選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6 は、光源装置 1 4 からのビーム L B を順次透過するように配置されるとともに、集光レンズ C D 1 ~ C D 6 とコリメートレンズ C L 1 ~ C L 6 とによって、各選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6 の内部にビーム L B のビームウェストが形成されるように配置される。これにより、選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6 (音響光学変調素子) に入射するビーム L B の径を小さくして、回折効率を高くするとともに応答性を高めている。

【 0 0 7 4 】

各選択用光学素子 A O M n (A O M 1 ~ A O M 6) は、超音波信号 (高周波信号) が印加されると、入射したビーム L B (0 次光) を、高周波の周波数に応じた回折角で回折させた 1 次回折光を射出ビーム (ビーム L B n) として発生させるものである。本第 1 の実施の形態では、複数の選択用光学素子 A O M n (A O M 1 ~ A O M 6) の各々から 1 次回折光として射出されるビーム L B n をビーム L B 1 ~ L B 6 とし、各選択用光学素子 A O M n (A O M 1 ~ A O M 6) は、光源装置 1 4 からのビーム L B の光路を偏向する機能を奏するものとして扱う。ただし、実際の音響光学変調素子は、1 次回折光の発生効率が 0 次光の 8 0 % 程度であるため、選択用光学素子 A O M n (A O M 1 ~ A O M 6) の各々で偏向されたビーム L B 1 ~ L B 6 は、元のビーム L B の強度よりは低下している。また、選択用光学素子 A O M n (A O M 1 ~ A O M 6) のいずれか 1 つがオン状態のとき、回折されずに直進する 0 次光が 2 0 % 程度残存するが、それは最終的に吸収体 T R によって吸収される。

20

30

【 0 0 7 5 】

また、選択用光学素子 A O M n は、超音波によって透過部材中の所定方向に屈折率の周期的な粗密変化を生じさせる回折格子であるため、入射ビーム L B が直線偏光 (P 偏光か S 偏光) である場合、その偏光方向と回折格子の周期方向とは、1 次回折光の発生効率 (回折効率) が最も高くなるように設定される。図 5 のように、選択用光学素子 A O M n が入射したビーム L B を Z 方向に回折偏向するように設置される場合、選択用光学素子 A O M n 内に生成される回折格子の周期方向も Z 方向であるので、それと整合するように光源装置 1 4 からのビーム L B の偏光方向が設定 (調整) される。

【 0 0 7 6 】

さらに、図 5 に示すように、複数の選択用光学素子 A O M n (A O M 1 ~ A O M 6) の各々は、偏向されたビーム L B 1 ~ L B 6 (1 次回折光) を、入射するビーム L B に対して - Z 方向に偏向するように設置される。選択用光学素子 A O M n (A O M 1 ~ A O M 6) の各々から偏向して射出するビーム L B 1 ~ L B 6 は、選択用光学素子 A O M n (A O M 1 ~ A O M 6) の各々から所定距離だけ離れた位置に設けられたユニット側入射ミラー I M 1 ~ I M 6 に投射され、そこで - Z 方向に照射中心軸 L e 1 ~ L e 6 と平行 (同軸) になるように反射される。ユニット側入射ミラー I M 1 ~ I M 6 (以下、単にミラー I M 1 ~ I M 6 と呼ぶ) で反射されたビーム L B 1 ~ L B 6 は、支持部材 I U B に形成された開口部 T H 1 ~ T H 6 の各々を通して、照射中心軸 L e 1 ~ L e 6 に沿うように走査ユニット U n (U 1 ~ U 6) の各々に入射する。

40

50

【0077】

各選択用光学素子AOM_n (AOM₁ ~ AOM₆)の構成、機能、作用等は互いに同一のものを用いてもよい。複数の選択用光学素子AOM_n (AOM₁ ~ AOM₆)は、制御装置20からの駆動信号(高周波信号)のオン/オフにしたがって、入射したビームLBを回折させた回折光の発生をオン/オフする。例えば、選択用光学素子AOM₁は、制御装置20からの駆動信号(高周波信号)が印加されずにオフの状態のときは、入射したビームLBを回折させずに透過する。したがって、選択用光学素子AOM₁を透過したビームLBは、コリメートレンズCL₁を透過して反射ミラーM₂に入射する。一方、選択用光学素子AOM₁は、制御装置20からの駆動信号が印加されてオンの状態のときは、入射したビームLBを回折させてミラーIM₁に向かわせる。つまり、この駆動信号によって選択用光学素子AOM₁をスイッチングする。ミラーIM₁は、選択用光学素子AOM₁によって回折されたビームLB₁を走査ユニットU₁側に反射する。ミラーIM₁で反射したビームLB₁は、支持部材IUBの開口部TH₁を通して照射中心軸Le₁に沿って走査ユニットU₁に入射する。したがって、ミラーIM₁は、反射したビームLB₁の光軸が照射中心軸Le₁と同軸となるように、入射したビームLB₁を反射する。また、選択用光学素子AOM₁がオンの状態のとき、選択用光学素子AOM₁をストレートに透過するビームLBの0次光(入射ビームの20%程度の強度)は、その後のコリメートレンズCL₁ ~ CL₆、集光レンズCD₂ ~ CD₆、反射ミラーM₂ ~ M₁₂、および、選択用光学素子AOM₂ ~ AOM₆を透過して吸収体TRに達する。

10

【0078】

20

図6Aは、選択用光学素子AOM₁によるビームLBの光路の切り換えを+Z方向側からみた図であり、図6Bは、選択用光学素子AOM₁によるビームLBの光路の切り換えを-Y方向側からみた図である。駆動信号がオフの状態のときは、選択用光学素子AOM₁は、入射したビームLBを回折させずにそのまま反射ミラーM₂側に向けて透過する。一方で、駆動信号がオンの状態のときは、選択用光学素子AOM₁は、入射したビームLBを-Z方向側に回折させたビームLB₁を発生し、それをミラーIM₁に向かわせる。したがって、XY平面内においては、選択用光学素子AOM₁から射出するビームLB(0次光)および偏向されたビームLB₁(1次回折光)の進行方向を変えずに、Z方向に関して、ビームLB₁(1次回折光)の進行方向を変えている。このように、制御装置20は、選択用光学素子AOM₁に印加すべき駆動信号(高周波信号)をオン/オフ(ハイ/ロー)にすることによって、選択用光学素子AOM₁をスイッチングして、ビームLBが後続の選択用光学素子AOM₂に向かうか、偏向されたビームLB₁が走査ユニットU₁に向かうかを切り換える。

30

【0079】

同様に、選択用光学素子AOM₂は、制御装置20からの駆動信号(高周波信号)がオフの状態のときは、入射したビームLB(選択用光学素子AOM₁で回折されずに透過してきたビームLB)を回折させずにコリメートレンズCL₂側(反射ミラーM₄側)に透過し、制御装置20からの駆動信号がオンの状態のときは、入射したビームLBの回折光であるビームLB₂をミラーIM₂に向かわせる。このミラーIM₂は、選択用光学素子AOM₂によって回折されたビームLB₂を走査ユニットU₂側に反射する。ミラーIM₂で反射したビームLB₂は、支持部材IUBの開口部TH₂を通して照射中心軸Le₂と同軸となって走査ユニットU₂に入射する。さらに、選択用光学素子AOM₃ ~ AOM₆は、制御装置20からの駆動信号(高周波信号)がオフの状態のときは、入射したビームLBを回折させずにコリメートレンズCL₃ ~ CL₆側(反射ミラーM₆、M₈、M₁₀、M₁₂側)に透過し、制御装置20からの駆動信号がオンの状態ときは、入射したビームLBの1次回折光であるビームLB₃ ~ LB₆をミラーIM₃ ~ IM₆に向かわせる。このミラーIM₃ ~ IM₆は、選択用光学素子AOM₃ ~ AOM₆によって回折されたビームLB₃ ~ LB₆を走査ユニットU₃ ~ U₆側に反射する。ミラーIM₃ ~ IM₆で反射したビームLB₃ ~ LB₆は、照射中心軸Le₃ ~ Le₆と同軸となって、支持部材IUBの開口部TH₃ ~ TH₆の各々を通して走査ユニットU₃ ~ U₆に入射する。この

40

50

ように、制御装置 20 は、選択用光学素子 AOM2 ~ AOM6 の各々に印加すべき駆動信号（高周波信号）をオン／オフ（ハイ／ロー）にすることによって、選択用光学素子 AOM2 ~ AOM6 のいずれか 1 つをスイッチングして、ビーム LB が後続の選択用光学素子 AOM3 ~ AOM6 または吸収体 TR に向かうか、偏向されたビーム LB2 ~ LB6 の 1 つが、対応する走査ユニット U2 ~ U6 に向かうかを切り換える。

【0080】

以上のように、ビーム切換部材 16 は、光源装置 14 からのビーム LB の進行方向に沿って直列に配置された複数の選択用光学素子 AOMn（AOM1 ~ AOM6）を備えることで、ビーム LB の光路を切り換えてビーム LBn が入射する走査ユニット Un を 1 つ選択することができる。例えば、走査ユニット U1 にビーム LB1 を入射させたい場合は、選択用光学素子 AOM1 をオン状態にし、走査ユニット U3 にビーム LB3 を入射させたい場合は、選択用光学素子 AOM3 をオン状態にすればよい。この複数の選択用光学素子 AOMn（AOM1 ~ AOM6）は、複数の走査ユニット Un（U1 ~ U6）に対応して設けられ、対応する走査ユニット Un にビーム LBn を入射させるか否かを切り換えている。

10

【0081】

複数の走査ユニット Un（U1 ~ U6）は、所定の順番でスポット光 SP の走査を行うという動作を繰り返すので、ビーム切換部材 16 もこれに対応して、ビーム LB1 ~ LB6 のいずれか 1 つが入射する走査ユニット U1 ~ U6 を切り換える。例えば、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット Un の順番が、U1 → U2 → … → U6、となっている場合は、ビーム切換部材 16 も、これに対応して、ビーム LBn が入射する走査ユニット Un を、U1 → U2 → … → U6 の順番で切り換える。

20

【0082】

以上のことから、ビーム切換部材 16 の各選択用光学素子 AOMn（AOM1 ~ AOM6）は、走査ユニット Un（U1 ~ U6）の各々のポリゴンミラー PM によるスポット光 SP の 1 回の走査期間の間だけ、オン状態となっていればよい。詳しくは後述するが、ポリゴンミラー PM の反射面数を Np、ポリゴンミラー PM の回転速度を Vp（rpm）とすると、ポリゴンミラー PM の反射面 RP の 1 面分の回転角度に対応した時間 Tss は、 $Tss = 60 / (Np \cdot Vp)$ 〔秒〕となる。例えば、反射面数 Np が 8、回転速度 Vp が 3 万の場合、ポリゴンミラー PM の 1 回転は 2 ミリ秒であり、時間 Tss は、0.25 ミリ秒となる。これは周波数に換算すると 4 kHz であり、紫外域の波長のビーム LB を描画データに応答して数十 MHz 程度で高速に変調するための音響光学変調素子に比べると、相当に低い応答周波数の音響光学変調素子でよいことを意味する。そのため、入射するビーム LB（0 次光）に対して偏向されるビーム LB1 ~ LB6（1 次回折光）の回折角が大きいものを使うことができ、選択用光学素子 AOM1 ~ AOM6 をストレートに通過するビーム LB の進路に対して、偏向されたビーム LB1 ~ LB6 を分離するミラー IM1 ~ IM6（図 5、図 6A、図 6B）の配置が容易になる。

30

【0083】

次に、図 7 を参照して走査ユニット Un（U1 ~ U6）の光学的な構成について説明する。なお、各走査ユニット Un（U1 ~ U6）は、同一の構成を有することから、走査ユニット U1 についてのみ説明し、他の走査ユニット Un についてはその説明を省略する。また、図 7 においては、照射中心軸 Len（Le1）と平行する方向を Zt 方向とし、Zt 方向と直交する平面上にあって、基板 FS がプロセス装置 PR1 から露光装置 EX を経てプロセス装置 PR2 に向かう方向を Xt 方向とし、Zt 方向と直交する平面上であって、Xt 方向と直交する方向を Yt 方向とする。つまり、図 7 の Xt、Yt、Zt の 3 次元座標は、図 1 の X、Y、Z の 3 次元座標を、Y 軸を中心に Z 軸方向が照射中心軸 Len（Le1）と平行となるように回転させた 3 次元座標である。

40

【0084】

図 7 に示すように、走査ユニット U1 内には、ビーム LB1 の入射位置から基板 FS の被照射面までのビーム LB1 の進行方向に沿って、反射ミラー M20、ビームエキスパン

50

ダーBE、反射ミラーM21、偏光ビームスプリッタBS、反射ミラーM22、像シフト光学部材SR、フィールドアパーチャFA、反射ミラーM23、 $\lambda/4$ 波長板QW、シリンドリカルレンズCYa、反射ミラーM24、ポリゴンミラーPM、 $f\theta$ レンズFT、反射ミラーM25、シリンドリカルレンズCYbが設けられる。さらに、走査ユニットU1内には、基板FSの被照射面からの反射光を偏光ビームスプリッタBSを介して検出するための光学レンズ系G10および光検出器DT1が設けられる。

【0085】

走査ユニットU1に入射するビームLB1は、 $-Z_t$ 方向に向けて進み、 $X_t Y_t$ 平面に対して 45° 傾いた反射ミラーM20に入射する。この走査ユニットU1に入射するビームLB1の軸線は、照射中心軸Le1と同軸になるように反射ミラーM20に入射する。反射ミラーM20は、ビームLB1を走査ユニットU1に入射させる入射光学部材として機能し、入射したビームLB1を、 X_t 軸と平行に設定される光軸に沿って反射ミラーM21に向けて $-X_t$ 方向に反射する。したがって、 X_t 軸と平行に進むビームLB1の光軸は、 $X_t Z_t$ 平面と平行な面内で照射中心軸Le1と直交する。反射ミラーM20で反射したビームLB1は、 X_t 軸と平行に進むビームLB1の光軸に沿って配置されるビームエキスパンダーBEを透過して反射ミラーM21に入射する。ビームエキスパンダーBEは、透過するビームLB1の径を拡大させる。ビームエキスパンダーBEは、集光レンズBe1と、集光レンズBe1によって収斂された後に発散するビームLB1を平行光にするコリメートレンズBe2とを有する。

【0086】

反射ミラーM21は、 $Y_t Z_t$ 平面に対して 45° 傾いて配置され、入射したビームLB1を偏光ビームスプリッタBSに向けて $-Y_t$ 方向に反射する。偏光ビームスプリッタBSの偏光分離面は、 $Y_t Z_t$ 平面に対して 45° 傾いて配置され、P偏光のビームを反射し、P偏光と直交する方向に偏光した直線偏光(S偏光)のビームを透過するものである。走査ユニットU1に入射するビームLB1は、P偏光のビームなので、偏光ビームスプリッタBSは、反射ミラーM21からのビームLB1を $-X_t$ 方向に反射して反射ミラーM22側に導く。

【0087】

反射ミラーM22は、 $X_t Y_t$ 平面に対して 45° 傾いて配置され、入射したビームLB1を、反射ミラーM22から $-Z_t$ 方向に離れた反射ミラーM23に向けて $-Z_t$ 方向に反射する。反射ミラーM22で反射されたビームLB1は、 Z_t 軸と平行な光軸に沿って像シフト光学部材SRおよびフィールドアパーチャ(視野絞り)FAを通過して、反射ミラーM23に入射する。像シフト光学部材SRは、ビームLB1の進行方向と直交する平面($X_t Y_t$ 平面)内において、ビームLB1の断面内の中心位置を2次的に調整する。像シフト光学部材SRは、 Z_t 軸と平行に進むビームLB1の光軸に沿って配置される2枚の石英の平行平板Sr1、Sr2で構成され、平行平板Sr1は、 X_t 軸回りに傾斜可能であり、平行平板Sr2は、 Y_t 軸回りに傾斜可能である。この平行平板Sr1、Sr2がそれぞれ、 X_t 軸、 Y_t 軸回りに傾斜することで、ビームLB1の進行方向と直交する $X_t Y_t$ 平面において、ビームLB1の中心の位置を2次元に微小量シフトする。この平行平板Sr1、Sr2は、制御装置20の制御の下、図示しないアクチュエータ(駆動部)によって駆動する。

【0088】

像シフト光学部材SRを通ったビームLB1は、フィールドアパーチャFAの円形開口を透過して反射ミラーM23に達する。フィールドアパーチャFAの円形開口は、ビームエキスパンダーBEで拡大されたビームLB1の断面内の強度分布の裾野部分をカットする絞りである。フィールドアパーチャFAの円形開口の口径が調整可能な可変虹彩絞りにすると、スポット光SPの強度(輝度)を調整することができる。

【0089】

反射ミラーM23は、 $X_t Y_t$ 平面に対して 45° 傾いて配置され、入射したビームLB1を、反射ミラーM23から $+X_t$ 方向に離れた反射ミラーM24に向けて $+X_t$ 方向

10

20

30

40

50

に反射する。反射ミラー M 2 3 で反射したビーム L B 1 は、 $\lambda / 4$ 波長板 Q W およびシリンドリカルレンズ C Y a を透過して反射ミラー M 2 4 に入射する。反射ミラー M 2 4 は、入射したビーム L B 1 をポリゴンミラー（回転多面鏡、走査用偏向部材）P M に向けて反射する。ポリゴンミラー P M は、入射したビーム L B 1 を、X t 軸と平行な光軸 A X f を有する f θ レンズ F T に向けて + X t 方向に反射する。ポリゴンミラー P M は、ビーム L B 1 のスポット光 S P を基板 F S の被照射面上で走査するために、入射したビーム L B 1 を X t Y t 平面と平行な面内で偏向（反射）する。具体的には、ポリゴンミラー P M は、Z t 軸方向に延びる回転軸 A X p と、回転軸 A X p の周りに形成された複数の反射面 R P（本第 1 の実施の形態では 8 つの反射面 R P）とを有する。回転軸 A X p を中心にこのポリゴンミラー P M を所定の回転方向に回転させることで反射面 R P に照射されるパルス状のビーム L B 1 の反射角を連続的に変化させることができる。これにより、1 つの反射面 R P によってビーム L B 1 の反射方向が偏向され、基板 F S の被照射面上に照射されるビーム L B 1 のスポット光 S P を走査方向（基板 F S の幅方向、Y t 方向）に沿って走査することができる。

【0090】

1 つの反射面 R P によって、ビーム L B 1 のスポット光 S P を描画ライン S L 1 に沿って走査することができる。このため、ポリゴンミラー P M の 1 回転で、基板 F S の被照射面上にスポット光 S P が走査される描画ライン S L 1 の数は、最大で反射面 R P の数と同じ 8 本となる。ポリゴンミラー P M は、モータ等を含むポリゴン駆動部 R M によって一定の速度で回転する。ポリゴン駆動部 R M によるポリゴンミラー P M の回転は、制御装置 20 によって制御される。上述したように、描画ライン S L 1 の実効的な長さ（例えば 30 mm）は、このポリゴンミラー P M によってスポット光 S P を走査することができる最大走査長（例えば 31 mm）以下の長さに設定されており、初期設定（設計上）では、最大走査長の中央に描画ライン S L 1 の中心点（照射中心軸 L e 1 が通る）が設定されている。

【0091】

なお、一例として、描画ライン S L 1 の実効的な長さを 30 mm とし、実効的なサイズ ϕ が 3 μ m のスポット光 S P を 1.5 μ m ずつオーバーラップさせながらスポット光 S P を描画ライン S L 1 に沿って基板 F S の被照射面上に照射する場合は、1 回の走査で照射されるスポット光 S P の数（光源装置 14 からのビーム L B のパルス数）は、20000（30 mm / 1.5 μ m）となる。また、描画ライン S L 1 に沿ったスポット光 S P の走査時間を 200 μ s e c とすると、この間に、パルス状のスポット光 S P を 20000 回照射しなければならないので、光源装置 14 の発光周波数 F s は、 $F s = 20000 \text{ 回} / 200 \mu \text{ s e c} = 100 \text{ MHz}$ となる。

【0092】

シリンドリカルレンズ C Y a は、ポリゴンミラー P M による走査方向（回転方向）と直交する非走査方向（Z t 方向）に関して、入射したビーム L B 1 をポリゴンミラー P M の反射面 R P 上にスリット状に収斂する。この母線が Y t 方向と平行となっているシリンドリカルレンズ C Y a によって、反射面 R P が Z t 方向に対して傾いている場合（X t Y t 平面の法線に対する反射面 R P の傾き）があっても、その影響を抑制することができ、基板 F S の被照射面上に照射されるビーム L B 1 の照射位置が X t 方向にずれることを抑制する。

【0093】

X t 軸方向に延びる光軸 A X f を有する f θ レンズ F T は、ポリゴンミラー P M によって反射されたビーム L B 1 を、X t Y t 平面において、光軸 A X f と平行となるように反射ミラー M 2 5 に投射するテレセントリック系のスキャンレンズである。ビーム L B 1 の f θ レンズ F T への入射角 θ は、ポリゴンミラー P M の回転角（ $\theta / 2$ ）に応じて変わる。f θ レンズ F T は、反射ミラー M 2 5 およびシリンドリカルレンズ C Y b を介して、その入射角 θ に比例した基板 F S の被照射面上の像高位置にビーム L B 1 を投射する。焦点距離を f o とし、像高位置を y とすると、f θ レンズ F T は、 $y = f o \cdot \theta$ の関係を満

10

20

30

40

50

たすように設計されている。したがって、この $f\theta$ レンズ FT によって、ビーム $LB1$ (スポット光 SP) を Yt 方向 (Y 方向) に正確に等速で走査することが可能になる。 $f\theta$ レンズ FT への入射角 θ が 0 度のときに、 $f\theta$ レンズ FT に入射したビーム $LB1$ は、光軸 AXf 上に沿って進む。

【0094】

反射ミラー $M25$ は、入射したビーム $LB1$ を、シリンドリカルレンズ CYb を介して基板 FS に向けて $-Zt$ 方向に反射する。 $f\theta$ レンズ FT および母線が Yt 方向と平行となっているシリンドリカルレンズ CYb によって、基板 FS に投射されるビーム $LB1$ が基板 FS の被照射面上で直径数 μm 程度 (例えば、 $3\mu m$) の微小なスポット光 SP に収斂される。また、基板 FS の被照射面上に投射されるスポット光 SP は、ポリゴンミラー PM によって、 Yt 方向に延びる描画ライン $SL1$ によって 1 次元走査される。なお、 $f\theta$ レンズ FT の光軸 AXf と照射中心軸 $Le1$ とは、同一の平面上にあり、その平面は $XtZt$ 平面と平行である。したがって、光軸 AXf 上に進んだビーム $LB1$ は、反射ミラー $M25$ によって $-Zt$ 方向に反射し、照射中心軸 $Le1$ と同軸になって基板 FS に投射される。本第1の実施の形態において、少なくとも $f\theta$ レンズ FT は、ポリゴンミラー PM によって偏向されたビーム $LB1$ を基板 FS の被照射面に投射する投射光学系として機能する。また、少なくとも反射部材 (反射ミラー $M21 \sim M25$) および偏光ビームスプリッタ BS は、反射ミラー $M20$ から基板 FS までのビーム $LB1$ の光路を折り曲げる光路偏向部材として機能する。この光路偏向部材によって、反射ミラー $M20$ に入射するビーム $LB1$ の入射軸と照射中心軸 $Le1$ とを略同軸にすることができる。 $XtZt$ 平面に関して、走査ユニット $U1$ 内を通るビーム $LB1$ は、略 U 字状またはコ字状の光路を通った後、 $-Zt$ 方向に進んで基板 FS に投射される。

【0095】

このように、基板 FS が X 方向に搬送されている状態で、各走査ユニット Un ($U1 \sim U6$) によって、ビーム LBn のスポット光 SP を走査方向 (Y 方向) に 1 次元に走査することで、スポット光 SP を基板 FS の被照射面に相対的に 2 次元走査することができる。したがって、基板 FS の露光領域 W に所定のパターンを描画露光することができる。

【0096】

光検出器 $DT1$ は、入射した光を光電変換する光電変換素子を有する。回転ドラム DR の表面には、予め決められた基準パターンが形成されている。この基準パターンが形成された回転ドラム DR 上の部分は、ビーム $LB1$ の波長域に対して低めの反射率 ($10 \sim 50\%$) の素材で構成され、基準パターンが形成されていない回転ドラム DR 上の他の部分は、反射率が 10% 以下の材料または光を吸収する材料で構成される。そのため、基板 FS が巻き付けられていない状態 (または基板 FS の透明部を通じた状態) で、回転ドラム DR の基準パターンが形成された領域に走査ユニット $U1$ からビーム $LB1$ のスポット光 SP を照射すると、その反射光が、シリンドリカルレンズ CYb 、反射ミラー $M25$ 、 $f\theta$ レンズ FT 、ポリゴンミラー PM 、反射ミラー $M24$ 、シリンドリカルレンズ CYa 、 $\lambda/4$ 波長板 QW 、反射ミラー $M23$ 、フィールドアパーチャ FA 、像シフト光学部材 SR 、および、反射ミラー $M22$ を通過して偏光ビームスプリッタ BS に入射する。ここで、偏光ビームスプリッタ BS と基板 FS との間、具体的には、反射ミラー $M23$ とシリンドリカルレンズ CYa との間には、 $\lambda/4$ 波長板 QW が設けられている。これにより、基板 FS に照射されるビーム $LB1$ は、この $\lambda/4$ 波長板 QW によって P 偏光から円偏光に変換され、基板 FS から偏光ビームスプリッタ BS に入射する反射光は、この $\lambda/4$ 波長板 QW によって、円偏光から S 偏光に変換される。したがって、基板 FS からの反射光は偏光ビームスプリッタ BS を透過し、光学レンズ系 $G10$ を介して光検出器 $DT1$ に入射する。

【0097】

このとき、パルス状のビーム $LB1$ (好ましくは、種光 $S1$ に由来するビーム $LB1$) が連続して走査ユニット $U1$ に入射される状態で、回転ドラム DR を回転して走査ユニット $U1$ がスポット光 SP を走査することで、回転ドラム DR の外周面には、スポット光 S

Pが2次元的に照射される。したがって、回転ドラムDRに形成された基準パターンの画像を光検出器DT1によって取得することができる。具体的には、光検出器DT1から出力される光信号の強度変化を、スポット光SPのパルス発光のためのクロックパルス信号(光源装置14内で作られる)に应答して、各走査時間毎にデジタルサンプリングすることでYt方向の1次元の画像データとして取得し、さらに回転ドラムDRの回転角度位置を計測するエンコーダENNの計測値に应答して、副走査方向の一定距離(例えばスポット光SPのサイズφの1/2)毎にYt方向の1次元の画像データをXt方向に並べることにより、回転ドラムDRの表面の2次元の画像情報を所得する。制御装置20は、この取得した回転ドラムDRの基準パターンの2次元の画像情報に基づいて、走査ユニットU1の描画ラインSL1の傾きを計測する。この描画ラインSL1の傾きとは、各走査ユニットUn(U1~U6)間における相対的な傾きであってもよく、回転ドラムDRの中心軸AXoに対する傾き(絶対的な傾き)であってもよい。なお、同様にして、各描画ラインSL2~SL6の傾きも計測することができることはいうまでもない。

10

20

30

40

50

【0098】

走査ユニットU1のポリゴンミラーPMの周辺には、図8に示すように原点センサ(原点検出器)60が設けられている。原点センサ60は、各反射面RPによるスポット光SPの走査開始を示すパルス状の原点信号SZを出力する。原点センサ60は、ポリゴンミラーPMの回転位置が、反射面RPによるスポット光SPの走査が開始される直前の所定位置に来ると、原点信号SZを出力する。ポリゴンミラーPMは、走査角度範囲θsで、基板FSに投射されるビームLB1を偏向することができるので、ポリゴンミラーPMで反射したビームLB1の反射方向(偏向方向)が走査角度範囲θs内になると、反射したビームLB1がfθレンズFTに入射する。したがって、原点センサ60は、反射面RPで反射されるビームLB1の反射方向が走査角度範囲θs内に入る直前の所定位置にポリゴンミラーPMの回転位置が来ると原点信号SZを出力する。ポリゴンミラーPMは、反射面RPを8つ有するので、原点センサ60は、ポリゴンミラーPMが1回転する期間で8回原点信号SZを出力することになる。この原点センサ60が検出した原点信号SZは制御装置20に送られる。原点センサ60が原点信号SZを出力してから、スポット光SPの描画ラインSL1に沿った走査が開始される。

【0099】

原点センサ60は、これからスポット光SPの走査(ビームLB1の偏向)を行う反射面RPの隣の反射面RP(本第1の実施の形態では、ポリゴンミラーPMの回転方向の1つ手前の反射面RP)を用いて、原点信号SZを出力する。各反射面RPを区別するため、便宜上、図8において、現在ビームLB1の偏向を行っている反射面RPをRPaで表し、その他の反射面RPを、反時計方向回り(ポリゴンミラーPMの回転方向とは反対の方向回り)に、RPb~RP hで表す。

【0100】

原点センサ60は、半導体レーザ等の非感光性の波長域のレーザビームBg aを射出する光源部62と、光源部62からのレーザビームBg aを反射させてポリゴンミラーPMの反射面RPbに投射するミラー64、66とを備えるビーム送光系60aを有する。また、原点センサ60は、受光部68と、反射面RPbで反射したレーザビームBg aの反射光(反射ビームBg b)を受光部68に導くミラー70、72と、ミラー72で反射された反射ビームBg bを微小なスポット光に集光するレンズ系74とを備えるビーム受光系60bを有する。受光部68は、レンズ系74によって集光された反射ビームBg bのスポット光を電気信号に変換する光電変換素子を有する。ここで、レーザビームBg aがポリゴンミラーPMの各反射面RPに投射される位置は、レンズ系74の瞳面(焦点の位置)となるように設定されている。

【0101】

ビーム送光系60aとビーム受光系60bとは、ポリゴンミラーPMの回転位置が、反射面RPによるスポット光SPの走査が開始される直前の所定位置になったときに、ビーム送光系60aが射出したレーザビームBg aの反射ビームBg bをビーム受光系60b

が受光することができる位置に設けられている。つまり、ビーム送光系 60a とビーム受光系 60b とは、反射面 RP の角度が所定の角度位置になったときに、ビーム送光系 60a が射出したレーザビーム Bga の反射ビーム Bgb を受光することができる位置に設けられている。なお、図 8 の符号 Msf は、回転軸 Axp と同軸に配置されたポリゴン駆動部 RM (図 7 参照) の回転モータのシャフトである。

【0102】

受光部 68 内の前記光電変換素子の受光面の直前には、微小幅のスリット開口を備えた遮光体が設けられている (図示略)。反射面 RPb の角度位置が、所定の角度範囲内の間は、反射ビーム Bgb がレンズ系 74 に入射して、反射ビーム Bgb のスポット光が受光部 68 内の前記遮光体上を一定方向に走査する。その走査中に、遮光体のスリット開口を透過した反射ビーム Bgb のスポット光が受光部 68 の前記光電変換素子で受光され、その受光信号が増幅器で増幅されてパルス状の原点信号 SZ として出力される。

10

【0103】

原点センサ 60 は、上述したように、ビーム LB1 を偏向する (スポット光 SP を走査する) 反射面 RPa より、回転方向の 1 つ手前の反射面 RPb を用いて原点信号 SZ を検出する。そのため、隣り合う反射面 RP (例えば、反射面 RPa と反射面 RPb) 同士の各なす角 η_j が設計値 (反射面 RP が 8 つの場合は 135 度) に対して誤差を持っていると、その誤差のばらつきによって、図 9 に示すように、原点信号 SZ の発生タイミングが反射面 RP 毎に異なってしまう場合がある。

【0104】

20

図 9 においては、反射面 RPb を用いて発生した原点信号 SZ を SZb とする。同様に、反射面 RPe、RPd、RPC、・・・を用いて発生した原点信号 SZ を SZc、SZd、SZe、・・・とする。ポリゴンミラー PM の隣り合う反射面 RP 同士のなす角 η_j が設計値の場合は、各原点信号 SZ (SZb、SZc、SZd、・・・) の発生タイミングの間隔は、時間 T_{px} となる。この所定の時間 T_{px} は、ポリゴンミラー PM が反射面 RP の 1 面分回転するのに要する時間である。しかしながら、図 9 においては、ポリゴンミラー PM の反射面 RP のなす角 η_j の誤差によって、反射面 RPe、RPd を用いて発生した原点信号 SZc、SZd のタイミングが、正規の発生タイミングに対してずれている。また、原点信号 SZb、SZc、SZd、SZe、・・・が発生する時間間隔 T_{p1} 、 T_{p2} 、 T_{p3} 、・・・は、ポリゴンミラー PM の製造誤差により、 μ 秒オーダーでは一定ではない。図 9 に示すタイムチャートにおいては、 $T_{p1} < T_{px}$ 、 $T_{p2} > T_{px}$ 、 $T_{p3} < T_{px}$ 、となっている。なお、反射面 RP の数を N_p 、ポリゴンミラー PM の回転速度を V_p とすると、 T_{px} は、 $T_{px} = 60 / (N_p \times V_p)$ [秒]、で表される。例えば、 V_p が 3 万 rpm で、 N_p が 8 とすると、 T_{px} は、250 μ 秒となる。

30

【0105】

したがって、ポリゴンミラー PM の隣り合う反射面 RP 同士の各なす角 η_j の誤差によって、各反射面 RP (RPa ~ RPh) によって描画されるスポット光 SP の基板 FS の被照射面上の描画ライン SL1 の描画開始点 (走査開始点) の位置が主走査方向にばらつく。これにより、描画ライン SL1 の描画終了点の位置も主走査方向にばらつく。つまり、各反射面 RP によって描画されるスポット光 SP の描画ライン SL1 の位置が、走査方向 (Y 方向) に沿ってシフトするので、各描画ライン SLn の描画開始点および描画終了点の位置が X 方向に沿って直線的にならない。このスポット光 SP の描画ライン SL1 の描画開始点および描画終了点の位置が主走査方向にばらつく要因は、 T_{p1} 、 T_{p2} 、 T_{p3} 、・・・ = T_{px} 、とならないからである。

40

【0106】

そこで、本第 1 の実施の形態では、図 9 に示すタイムチャートのように、1 つのパルス状の原点信号 SZ が発生してから時間 T_{px} 後を描画開始点として、スポット光 SP の描画を開始する。つまり、制御装置 20 は、原点信号 SZ が発生してから時間 T_{px} 後に、ビーム LB1 が走査ユニット U1 に入射するようにビーム切換部材 16 を制御するとともに、図 4 に示した光源装置 14 の駆動回路 36a に、これから走査を行う走査ユニット U

50

1の描画ビット列データ Sdw 、つまり、シリアルデータ $DL1$ を出力する。これにより、原点信号 SZ の検出に用いた反射面 RPb と実際にスポット光 SP を走査する反射面 RP とを同一の反射面にすることができる。

【0107】

具体的に説明すると、制御装置20は、走査ユニットU1の原点センサ60が原点信号 SZb を出力してから時間 Tpx 後に、ビーム切換部材16の選択用光学素子 $AO M1$ に、一定時間(オン時間 Ton)オンの駆動信号を出力する。この選択用光学素子 $AO M1$ がオンになる一定時間(オン時間 Ton)は、予め決められた時間であり、ポリゴンミラー PM の1つの反射面 RP によってスポット光 SP が描画ライン $SL1$ に沿って1回走査される期間(走査期間)をカバーするように設定されている。そして、制御装置20は、ある特定の列、例えば、1列目のシリアルデータ $DL1$ を光源装置14の駆動回路36aに出力する。これにより、走査ユニットU1がスポット光 SP の走査を行う走査時間中はビーム $LB1$ が走査ユニットU1に入射するので、走査ユニットU1は、ある特定の列(例えば、1列目)のシリアルデータ $DL1$ に応じたパターンを描画することができる。このように、走査ユニットU1の原点センサ60が原点信号 SZb を出力してから時間 Tpx 後に走査ユニットU1がスポット光 SP の走査を行うので、原点信号 SZb の検出に用いた反射面 RPb で、その原点信号 SZb に起因したスポット光 SP の走査を行うことができる。

10

【0108】

次に、制御装置20は、走査ユニットU1の原点センサ60が原点信号 SZd を出力してから時間 Tpx 後に、ビーム切換部材16の選択用光学素子 $AO M1$ に、一定時間(オン時間 Ton)オンの駆動信号を出力する。そして、制御装置20は、次の列、例えば、2列目のシリアルデータ $DL1$ を光源装置14の駆動回路36aに出力する。これにより、走査ユニットU1がスポット光 SP の走査を行うのに必要な時間を含む時間中はビーム $LB1$ が走査ユニットU1に入射するので、走査ユニットU1は、次の列(例えば、2列目)のシリアルデータ $DL1$ に応じたパターンを描画することができる。このように、走査ユニットU1の原点センサ60が原点信号 SZd を出力してから、時間 Tpx 後に走査ユニットU1がスポット光 SP の走査を行うので、原点信号 SZd の検出に用いた反射面 RPb で、その原点信号 SZd に起因したスポット光 SP の走査を行うことができる。なお、スポット光 SP の走査を、ポリゴンミラー PM の連続した反射面 RP 毎に行うのではなく1面飛ばしで行う場合は、原点信号 SZ を1つ飛ばし(1つ置き)で使って描画処理を行う。そのような1つ飛ばしによる描画処理の理由については後で詳しく説明する。

20

30

【0109】

このようにして、走査ユニットU1の原点センサ60が原点信号 SZ を出力してから時間 Tpx 後に、走査ユニットU1がスポット光 SP を走査するように、制御装置20は、ビーム切換部材16を制御するとともに、光源装置14の駆動回路36aにシリアルデータ $DL1$ を出力する。また、制御装置20は、走査ユニットU1による走査が開始される度に、出力するシリアルデータ $DL1$ の列を、1列目、2列目、3列目、4列目、・・・、というように列方向にずらしていく。なお、走査ユニットU1によるスポット光 SP の1回の走査から次の走査までの間に、他の走査ユニット Un (走査ユニット $U2 \sim U6$)によるスポット光 SP の走査が順番に行われている。他の走査ユニット Un ($U2 \sim U6$)によるスポット光 SP の走査は、走査ユニットU1の走査と同様である。また、原点センサ60は、各走査ユニット Un ($U1 \sim U6$)毎に設けられている。

40

【0110】

以上のように、走査ユニットU1の原点信号 SZb の検出に用いた反射面 RP を用いてスポット光 SP の走査を行うことで、ポリゴンミラー PM の隣り合う反射面 RP 同士の各なす角 η_j に誤差があった場合であっても、各反射面 RP ($RPa \sim RP h$)によって描画されるスポット光 SP の基板 FS の被照射面上の描画開始点および描画終了点の位置が主走査方向にばらつくことを抑制することができる。

【0111】

50

そのためには、ポリゴンミラー P M が 45 度回転する時間 T_{px} が、 μ 秒オーダーで正確であること、つまり、ポリゴンミラー P M の速度がむらなく精密に等速度で回転させる必要がある。そのように精密に等速度でポリゴンミラー P M を回転させた場合は、原点信号 S Z の発生に用いられた反射面 R P は、常に、時間 T_{px} 後には正確に 45 度だけ回転してビーム L B 1 を $f\theta$ レンズ F T に向かって反射する角度になっている。したがって、ポリゴンミラー P M の回転等速性を高め、1 回転中の速度ムラも極力低減させることで、原点信号 S Z の発生に用いられる反射面 R P の位置とビーム L B 1 を偏向してスポット光 S P を走査するために用いられる反射面 R P の位置とを異ならせることができる。つまり、原点信号 S Z の発生タイミングを時間 T_{px} だけ遅らせるので、結果的にスポット光 S P の走査を行う反射面 R P を用いて原点信号 S Z を検出しているのと同等の作用を有する。これにより、原点センサ 60 の配置の自由度が向上し、剛性が高く安定な構成の原点センサを設けることができる。また、原点センサ 60 が検出対象とする反射面 R P は、ビーム L B 1 を偏向する反射面 R P の回転方向の 1 つ手前としたが、ポリゴンミラー P M の回転方向の手前であればよく、1 つ手前に限られない。この場合、原点センサ 60 が検出対象とする反射面 R P を、ビーム L B 1 を偏向する反射面 R P の回転方向の n (1 以上の整数) だけ手前にする場合は、原点信号 S Z が発生してから $n \times$ 時間 T_{px} 後に描画開始点を設定すればよい。

10

【0112】

さらに、原点センサ 60 から 1 つ置きに発生する原点信号 S Z b、S Z d、・・・、の各々に対して、描画開始点を $n \times$ 時間 T_{px} 後に描画開始点を設定することで、描画ライン S L 1 毎に対応した画素データ列の読み出し動作、データ転送 (通信) 動作、或いは補正計算等の処理時間に余裕が生じる。そのため、画素データ列の転送ミス、画素データ列の誤りや部分的な消失を確実に回避することができる。

20

【0113】

なお、以上の図 8 のように、これからスポット光 S P の走査 (ビーム L B 1 の偏向) を行う反射面 R P の隣の反射面 R P (本第 1 の実施の形態では、ポリゴンミラー P M の回転方向の 1 つ手前の反射面 R P) を検出する原点センサ 60 を設けずに、これからスポット光 S P の走査 (ビーム L B 1 の偏向) を行う反射面 R P と同じ反射面 R P を検出する原点センサを設けてもよい。その場合は、図 9 で説明したように、ポリゴンミラー P M の各反射面 R P a ~ R P h 毎に発生する原点信号 (パルス状) S Z の時間間隔がばらつくので、各反射面 R P a ~ R P h 毎に、そのばらつき分に応じた時間的なオフセットを加味する必要がある。

30

【0114】

図 10 は、走査ユニット U n のポリゴンミラー P M がスポット光 S P を基板 F S の被照射面上で走査することができるポリゴンミラー P M の最大走査回転角度範囲 α を説明する図である。このポリゴンミラー P M が最大走査回転角度範囲 α だけ回転する期間がスポット光 S P の有効走査期間 (最大走査時間) となる。この最大走査回転角度範囲 α は、上述した描画ライン S L n の最大走査長に対応し、最大走査回転角度範囲 α が大きくなる程、最大走査長は長くなる。走査ユニット U n のポリゴンミラー P M が、反射面 R P の 1 面分回転する回転角度 β は、ポリゴンミラー P M の反射面 R P の数 N_p によって規定され、 $\beta = 360 / N_p$ 、で表すことができる。本第 1 の実施の形態では、 $N_p = 8$ 、なので、 $\beta = 45$ 度、となる。したがって、走査ユニット U n のポリゴンミラー P M の反射面 R P が、スポット光 S P を基板 F S の被照射面上で走査することができない、つまり、反射面 R P で反射した反射光が $f\theta$ レンズ F T に入射することができないポリゴンミラー P M の非走査回転角度範囲 γ は、 $\gamma = \beta - \alpha = 45$ 度 - α 、で表すことができる。このポリゴンミラー P M が非走査回転角度範囲 γ だけ回転する期間はスポット光 S P の無効走査期間となる。この最大走査回転角度範囲 α は、ポリゴンミラー P M と $f\theta$ レンズ F T との距離等の条件によって変わる。例えば、本第 1 の実施の形態では、最大走査回転角度範囲 α を 15 度とすると、非走査回転角度範囲 γ は 30 度となり、ポリゴンミラー P M の走査効率は、図 10 において、 $\alpha / \beta = 1 / 3$ となる。つまり、走査ユニット U n のポリゴンミラー P

40

50

Mが非走査回転角度範囲 γ （30度）分だけ回転する間に、ポリゴンミラーPMに入射するビームLBnは無駄となる。なお、図8の走査角度範囲 θ_s と、最大走査回転角度範囲 α とは、 $\theta_s = 2 \times \alpha$ 、の関係性を有する。

【0115】

したがって、ある1つの走査ユニットUn（例えば、走査ユニットU1とする）のポリゴンミラーPMの回転角度が最大走査回転角度範囲 α 以外の間に、つまり、非走査回転角度範囲 γ の間に、走査ユニットU1以外の他の走査ユニットUnにビームLBnを入射し、他の走査ユニットUnのポリゴンミラーPMによってスポット光SPの走査を行わせる。ここで、ポリゴンミラーPMの走査効率は1/3なので、走査ユニットU1がスポット光SPを走査してから次の走査を行うまでの間に、走査ユニットU1以外の2つの走査ユニットUnにビームLBnを振り分けて、スポット光SPの走査を行うことができる。つまり、走査ユニットU1のポリゴンミラーPMが1面分回転する間に、走査ユニットU1を含む3つの走査ユニットUnの各々に、対応するビームLBnを振り分けて、スポット光SPの走査を行うことが可能である。

【0116】

しかしながら、ポリゴンミラーPMの走査効率は1/3なので、各走査ユニットUnが最大走査回転角度範囲 α （15度）でスポット光SPを走査する場合においては、走査ユニットU1のポリゴンミラーPMが反射面RPの1面分（ $\beta = 45$ 度）回転する間に、ビームLBnを走査ユニットU1以外の3つ以上の走査ユニットUn（U2～U6）に振り分けることはできない。つまり、走査ユニットU1のスポット光SPの走査の開始から次のスポット光SPの走査の開始までの期間に、ビームLBnを走査ユニットU1以外の3つ以上の走査ユニットUn（U2～U6）に振り分けることはできない。そこで、走査ユニットU1のスポット光SPによる走査の開始から次の走査の開始までの期間に、他の5つの走査ユニットUn（U2～U6）の各々にビームLBnを振り分けて、スポット光SPによる走査を行わせるには、以下の方法が考えられる。

【0117】

最大走査回転角度範囲 α が15度の場合であっても、実際にスポット光SPの走査が可能なポリゴンミラーPMの走査回転角度範囲 α' を、最大走査回転角度範囲 α （ $\alpha = 15$ 度）より小さく設定する。具体的には、走査ユニットUn（U1～U6）の各々のポリゴンミラーPMが反射面RPの1面分（ $\beta = 45$ 度）回転する間に、ビームLBnを振り分けた走査ユニットUnの数は6つなので、走査回転角度範囲 α' を、 $\alpha' = 45 / 6 = 7.5$ 度、にする。すなわち、図7中の $f\theta$ レンズFTに入射するビームLBnの光軸AXfを中心とした振り角を ± 7.5 度に制限する。これにより、各走査ユニットUnのポリゴンミラーPMが45度回転する間（反射面RPの1面分回転する間）に、ビームLBnを6つの走査ユニットUn（U1～U6）のいずれか1つに順番に振分けて入射させることができ、走査ユニットUn（U1～U6）は、スポット光SPによる走査を順番に行うことができる。しかし、この場合だと、実際にスポット光SPの走査が可能な走査回転角度範囲 α' が小さくなり過ぎてしまい、スポット光SPが走査される最大走査範囲長、つまり、描画ラインSLnの最大走査長が短くなりすぎるという問題がある。そのような問題を避けるには、スポット光SPが走査される最大走査長を変えないように、焦点距離の長い $f\theta$ レンズFTを用意し、ポリゴンミラーPMの反射面RPから $f\theta$ レンズFTまでの距離（作動距離）を長く設定することになる。その場合、 $f\theta$ レンズFTの大型化、走査ユニットUn（U1～U6）のXt方向の寸法の大型化を招くとともに、作動距離が長いことによりビーム走査の安定性が低下する懸念もある。

【0118】

一方で、ポリゴンミラーPMの反射面RPの数を少なくして、ポリゴンミラーPMが反射面RPの1面分回転する回転角度 β を大きくすることが考えられる。この場合は、描画ラインSLnが短くなったり、走査ユニットUn（U1～U6）を大型化したりすることを抑制しながら、走査ユニットUn（U1～U6）のポリゴンミラーPMが反射面RPの1面分（回転角度 β ）回転する間に、ビームLBnを振り分けて6つの走査ユニットUn

(U1 ~ U6) が順番にスポット光 SP を走査することができる。例えば、ポリゴンミラー PM の反射面 RP の数を 4 つにした場合、つまり、ポリゴンミラー PM の形状を正方形にした場合は、ポリゴンミラー PM の反射面 RP が 1 面分回転する回転角度 β は 90 度となる。したがって、走査ユニット U1 のポリゴンミラー PM が反射面 RP の 1 面分回転する間に、ビーム LB_n を振り分けて 6 つの走査ユニット U_n (U1 ~ U6) でスポット光 SP の走査を行う場合は、実際にスポット光 SP の走査が可能なポリゴンミラー PM の走査回転角度範囲 α' が、 $\alpha' = 90 / 6 = 15$ 度、となり、上記した最大走査回転角度範囲 α と等しくなる。

【0119】

しかしながら、三角形、正方形のような反射面数が少ない多角形のポリゴンミラー PM を高速回転させると空気抵抗 (風損) が大きくなり過ぎて、回転速度、回転数が低下 (律則) する。例えば、ポリゴンミラー PM を数万 rpm (rotation per minute) で高速回転させたい場合であっても、空気抵抗によって回転速度が 2 ~ 3 割程度減少し、所望の高速回転速度、高回転数を得ることはできない。また、ポリゴンミラー PM の外形の大きさを大きくする方法も考えられるが、ポリゴンミラー PM の重量が大きくなり過ぎ、所望の高速回転速度、高回転数を得ることはできない。なお、ポリゴンミラー PM の反射面数を少なくしても回転時の風損を低減する手法として、ポリゴンミラー PM の全体を真空環境内に設置したり、空気よりも分子量の小さい気体 (ヘリウム等) の環境内に設置したりすることも考えられる。その場合、ポリゴンミラー PM の周囲に、そのような環境を作るための気密構造体を設けることになり、それだけ走査ユニット U_n (U1 ~ U6) を大型化することにつながる。

【0120】

そこで、本第 1 の実施の形態においては、反射面数が比較的多い多角形、つまり、円形により近い 8 角形のポリゴンミラー PM を用いつつ、実際にスポット光 SP の走査が可能なポリゴンミラー PM の走査回転角度範囲 α' を最大走査回転角度範囲 α ($\alpha = 15$ 度) とし、スポット光 SP の走査 (ビーム LB_n の偏向) を行うポリゴンミラー PM の反射面 RP を 1 つ置きに設定する。つまり、各走査ユニット U_n (U1 ~ U6) によるスポット光 SP の走査が、ポリゴンミラー PM の反射面 RP の 1 面置き (1 面飛ばし) 毎に繰り返される。したがって、走査ユニット U1 がスポット光 SP を走査してから次の走査を行うまでの間に、走査ユニット U1 以外の 5 つの走査ユニット U2 ~ U6 の各々に順番にビーム LB2 ~ LB6 を振り分けて、スポット光 SP の走査を行うことができる。つまり、6 つの走査ユニット U_n (U1 ~ U6) のうちの着目する 1 つの走査ユニット U_n のポリゴンミラー PM が 2 面分回転する間に、6 つの走査ユニット U_n (U1 ~ U6) の各々にビーム LB1 ~ LB6 を振り分けることによって、6 つの走査ユニット U_n (U1 ~ U6) の全てがスポット光 SP の走査を行うことが可能となる。この場合、各走査ユニット U_n (U1 ~ U6) がスポット光 SP の走査を開始してから次のスポット光 SP の走査を開始するまでに、ポリゴンミラー PM は 2 面分 (90 度) 回転することになる。このような描画動作を行うために、6 つの走査ユニット U_n (U1 ~ U6) の各々のポリゴンミラー PM は、回転速度が同一になるように同期制御されるとともに、各ポリゴンミラー PM の反射面 RP の角度位置が相互に所定の位相関係となるように同期制御される。

【0121】

なお、スポット光 SP の走査 (ビーム LB_n の偏向) を行うポリゴンミラー PM の反射面 RP を 1 面置きにすることから、各走査ユニット U_n (U1 ~ U6) のポリゴンミラー PM が 1 回転する間に、描画ライン SL_n (SL1 ~ SL6) の各々に沿ったスポット光 SP の走査回数は 4 回となる。そのため、スポット光 SP の走査 (ビーム LB_n の偏向) が、ポリゴンミラー PM の連続した反射面 RP 毎に繰り返される場合、つまり、ポリゴンミラー PM の各反射面 RP で行われる場合に比べ、描画ライン SL_n の数が半分になるので、基板 FS の搬送速度も半分に減速することが好ましい。基板 FS の搬送速度を半分にしたくない場合は、各走査ユニット U_n (U1 ~ U6) のポリゴンミラー PM の回転速度および発振周波数 F_s を 2 倍に高めることになる。例えば、ポリゴンミラー PM の連続し

た反射面 R P 毎にスポット光 S P の走査（ビーム L B n の偏向）を繰り返す際のポリゴンミラー P M の回転速度が 2 万 r p m で、光源装置 1 4 からのビーム L B の発振周波数 F s が 2 0 0 M H z だった場合、ポリゴンミラー P M の 1 面置ききの反射面 R P 毎にスポット光 S P の走査（ビーム L B n の偏向）を繰り返す場合は、ポリゴンミラー P M の回転速度は 4 万 r p m に、光源装置 1 4 からのビーム L B の発振周波数 F s は 4 0 0 M H z に設定される。

【 0 1 2 2 】

ここで、制御装置 2 0 は、複数の走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）のうち、どの走査ユニット U n がスポット光 S P の走査を行うかを原点信号 S Z に基づいて管理している。しかしながら、各走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）の原点センサ 6 0 は、各反射面 R P が所定の角度位置になると原点信号 S Z を発生するので、この原点信号 S Z をそのまま用いてしまうと、制御装置 2 0 は、各走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）が連続した反射面 R P 毎にスポット光 S P を走査すると判断してしまう。したがって、1 つの走査ユニット U n がスポット光 S P の走査を行ってから次の走査を行うまでに、ビーム L B n をそれ以外の 5 つの走査ユニット U n に振り分けることができない。そのため、スポット光 S P の走査を行うポリゴンミラー P M の反射面 R P を 1 つ置きに設定するためには、原点信号 S Z を間引いた副原点信号（副原点パルス信号）Z P を生成する必要がある。また、上述したように、スポット光 S P の走査（偏向）を行う反射面 R P の回転方向の 1 つ手前の反射面 R P を用いて、原点信号 S Z の検出を行うことから、原点信号 S Z の発生タイミングを時間 T p x だけ遅延させた副原点信号 Z P を生成する必要がある。以下、この副原点信号 Z P を生成する副原点生成回路 C A の構成について説明する。

【 0 1 2 3 】

図 1 1 は、原点信号 S Z を間引いてその発生タイミングを時間 T p x だけ遅延させた副原点信号 Z P を生成するための副原点生成回路 C A の構成図、図 1 2 は、図 1 1 の副原点生成回路 C A によって生成される副原点信号 Z P のタイムチャートを示す図である。この副原点生成回路 C A は、分周器 8 0 と遅延回路 8 2 とを有する。分周器 8 0 は、原点信号 S Z の発生タイミングの周波数を 1 / 2 に分周して原点信号 S Z ' として遅延回路 8 2 に出力する。遅延回路 8 2 は、送られてきた原点信号 S Z ' を時間 T p x だけ遅延させて、副原点信号 Z P として出力する。この副原点生成回路 C A は、各走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）の原点センサ 6 0 に対応して複数に設けられている。

【 0 1 2 4 】

なお、走査ユニット U n の原点センサ 6 0 に対応する副原点生成回路 C A を C A n で表す場合がある。つまり、走査ユニット U 1 の原点センサ 6 0 に対応する副原点生成回路 C A を C A 1 で表し、走査ユニット U 2 ~ U 6 の原点センサ 6 0 に対応する副原点生成回路 C A を C A 2 ~ C A 6 で表す場合がある。また、走査ユニット U n の原点センサから出力される原点信号 S Z を S Z n で表す場合がある。つまり、走査ユニット U 1 の原点センサ 6 0 から出力される原点信号 S Z を S Z 1 で表し、走査ユニット U 2 ~ U 6 の原点センサ 6 0 から出力される原点信号 S Z を S Z 2 ~ S Z 6 で表す場合がある。そして、原点信号 S Z n に基づいて生成された原点信号 S Z '、副原点信号 Z P を S Z n '、Z P n で表す場合がある。つまり、原点信号 S Z 1 に基づいて生成された原点信号 S Z '、副原点信号 Z P を S Z 1 '、Z P 1 で表し、同様に、原点信号 S Z 2 ~ S Z 6 に基づいて生成された原点信号 S Z '、副原点信号 Z P を S Z 2 ' ~ S Z 6 '、Z P 2 ~ Z P 6 で表す場合がある。

【 0 1 2 5 】

図 1 3 は、露光装置 E X の電氣的な構成を示すブロック図、図 1 4 は、原点信号 S Z 1 ~ S Z 6、副原点信号 Z P 1 ~ Z P 6、および、シリアルデータ D L 1 ~ D L 6 が出力されるタイミングを示すタイムチャートである。露光装置 E X の制御装置 2 0 は、回転制御部 1 0 0、ビーム切換制御部 1 0 2、描画データ出力制御部 1 0 4、および、露光制御部 1 0 6 を備える。また、露光装置 E X は、各走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）のモータ等を含むポリゴン駆動部 R M を駆動させるモータ駆動回路 D r m 1 ~ D r m 6 を備える。

【 0 1 2 6 】

回転制御部 100 は、モータ駆動回路 $Drm1 \sim Drm6$ を制御することで、各走査ユニット $Un (U1 \sim U6)$ のポリゴンミラー PM の回転を制御する。回転制御部 100 は、モータ駆動回路 $Drm1 \sim Drm6$ を制御することで、複数の走査ユニット $Un (U1 \sim U6)$ のポリゴンミラー PM の回転角度位置が互いに所定の位相関係となるように、複数の走査ユニット $Un (U1 \sim U6)$ のポリゴンミラー PM を同期して回転させる。詳しくは、回転制御部 100 は、複数の走査ユニット $U1 \sim U6$ のポリゴンミラー PM の回転速度（回転数）が互いに同一で、且つ、一定の角度分ずつ回転角度位置の位相がずれるように、複数の走査ユニット $Un (U1 \sim U6)$ のポリゴンミラー PM の回転を制御する。なお、図 13 中の参照符号 $PD1 \sim PD6$ は、回転制御部 100 からモータ駆動回路 $Drm1 \sim Drm6$ に出力される制御信号を表している。

10

【 0 1 2 7 】

本第 1 の実施の形態では、ポリゴンミラー PM の回転速度 Vp を $3.9 \text{ 万 rpm} (650 \text{ rps})$ とする。また、反射面数 Np を 8、走査効率 (α / β) を $1 / 3$ 、スポット光 SP の走査を行う反射面 RP を 1 面置きに設定しているので、6 つのポリゴンミラー PM 間の回転角度位置の位相差を、最大走査回転角度範囲 α 、つまり、 15 度 とする。スポット光 SP の走査は、 $U1 \rightarrow U2 \rightarrow \dots \rightarrow U6$ の順番で行われるものとする。したがって、この順で 6 つの走査ユニット $U1 \sim U6$ の各々のポリゴンミラー PM の回転角度位置の位相が 15 度 ずつずれた状態で等速回転するように回転制御部 100 によって同期制御される。これにより、走査ユニット $U1$ と走査ユニット $U4$ の回転角度位置の位相のずれは、丁度 1 面分の回転角度に対応した 45 度 となる。そのため、走査ユニット $U1$ と走査ユニット $U4$ の回転角度位置の位相、すなわち原点信号 $SZ1$ 、 $SZ4$ の発生タイミングは揃っていてもよい。同様に、走査ユニット $U2$ と走査ユニット $U5$ の回転角度位置、および、走査ユニット $U3$ と走査ユニット $U6$ の回転角度位置の位相のずれはともに 45 度 になるので、走査ユニット $U2$ と走査ユニット $U5$ の各々からの原点信号 $SZ2$ 、 $SZ5$ の発生タイミング、および、走査ユニット $U3$ と走査ユニット $U6$ の各々からの原点信号 $SZ3$ 、 $SZ6$ の発生タイミングは時間軸上で揃っていてもよい。

20

【 0 1 2 8 】

具体的には、回転制御部 100 は、走査ユニット $U1$ と走査ユニット $U4$ のポリゴンミラー PM の回転、走査ユニット $U2$ と走査ユニット $U5$ のポリゴンミラー PM の回転、および、走査ユニット $U3$ と走査ユニット $U6$ のポリゴンミラー PM の回転のそれぞれが第 1 の制御状態となるように、各走査ユニット $U1 \sim U6$ のポリゴンミラー PM の回転を各モータ駆動回路 $Drm1 \sim Drm6$ を介して制御する。この第 1 の制御状態とは、ポリゴンミラー PM が 1 回転する度に出力される周回パルス信号の位相差が 0（零）となっている状態である。つまり、走査ユニット $U1$ と走査ユニット $U4$ のポリゴンミラー PM が 1 回転する度に出力される周回パルス信号の位相差が 0（零）となるように、走査ユニット $U1$ と走査ユニット $U4$ のポリゴンミラー PM の回転を制御する。同様に、走査ユニット $U2$ と走査ユニット $U5$ 、および、走査ユニット $U3$ と走査ユニット $U6$ のポリゴンミラー PM が 1 回転する度に出力される周回パルス信号の位相差が 0（零）となるように、走査ユニット $U2$ と走査ユニット $U5$ 、および、走査ユニット $U3$ と走査ユニット $U6$ のポリゴンミラー PM の回転を制御する。

30

40

【 0 1 2 9 】

この周回パルス信号は、図示しない分周器によって走査ユニット Un の原点信号 SZn が 8 回出力される度に 1 回出力される信号であってもよい。また、周回パルス信号は、各走査ユニット $Un (U1 \sim U6)$ のポリゴン駆動部 RM に設けられたエンコーダ（図示略）から出力される信号であってもよい。周回パルス信号を検出するセンサをポリゴンミラー PM に近傍に設けてもよい。図 14 に示す例では、走査ユニット Un の原点信号 SZn が 8 回出力される度に 1 回、周回パルス信号が発生されるものとし、その周回パルス信号の発生に対応した原点信号 SZn の一部を点線で表している。なお、各原点信号 $SZ1$ と各原点信号 $SZ4$ とは、隣り合う反射面 RP （例えば、反射面 RPa と反射面 $R Pb$ ）同

50

士の各なす角 η_j の誤差 (図 8 参照) を考慮しなければ、時間軸上では全て位相が一致している。同様に、各原点信号 SZ_2 と各原点信号 SZ_5 、および、各原点信号 SZ_3 と各原点信号 SZ_6 とは、隣り合う反射面 RP 同士の各なす角 η_j の誤差 (図 8 参照) を考慮しなければ、時間軸上では全て位相が一致している。なお、図 14 においては、説明をわかり易くするため、隣り合う反射面 RP 同士の各なす角 η_j の誤差はないものとして説明する。

【0130】

そして、回転制御部 100 は、第 1 の制御状態を保ったまま、走査ユニット U_1 、 U_4 のポリゴンミラー PM の回転角度位置に対して、走査ユニット U_2 、 U_5 のポリゴンミラー PM の回転角度位置の位相が 15 度ずれるように、走査ユニット U_2 、 U_5 のポリゴンミラー PM の回転を制御する。同様に、回転制御部 100 は、第 1 の制御状態を保ったまま、走査ユニット U_1 、 U_4 のポリゴンミラー PM の回転角度位置に対して走査ユニット U_3 、 U_6 のポリゴンミラー PM の回転角度位置の位相が 30 度ずれるように、走査ユニット U_3 、 U_6 の回転を制御する。このポリゴンミラー PM が 15 度回転する時間 (ビーム LB_n の最大走査時間) を T_s とする。

【0131】

具体的には、回転制御部 100 は、走査ユニット U_1 、 U_4 により得られた周回パルス信号に対して、走査ユニット U_2 、 U_5 により得られる周回パルス信号が時間 T_s だけ遅れて発生するように、走査ユニット U_2 、 U_5 のポリゴンミラー PM の回転を制御する (図 14 参照)。同様に、回転制御部 100 は、走査ユニット U_1 、 U_4 により得られた周回パルス信号に対して、走査ユニット U_3 、 U_6 により得られる周回パルス信号が時間 $2 \times T_s$ だけ遅れて発生するように、走査ユニット U_3 、 U_6 のポリゴンミラー PM の回転を制御する (図 14 参照)。ポリゴンミラー PM の回転速度 V_p を $3.9 \text{ 万 rpm (650 rps)}$ とすると、時間 T_s は、 $T_s = [1 / (V_p \times N_p)] \times (\alpha / \beta) = 1 / (650 \times 8 \times 3)$ 秒 [約 $64.1 \mu\text{秒}$] である。このようにして、各走査ユニット $U_1 \sim U_6$ のポリゴンミラー PM の回転を制御することで、 $U_1 \rightarrow U_2 \rightarrow \dots \rightarrow U_6$ の順番で、各走査ユニット $U_1 \sim U_6$ がスポット光 SP の走査を時分割して行うことが可能になる。

【0132】

ビーム切換制御部 102 は、ビーム切換部材 16 の選択用光学素子 AOM_n ($AOM_1 \sim AOM_6$) を制御して、1 つの走査ユニット U_n が走査を開始してから次の走査を開始するまでに、光源装置 14 からのビーム LB を 6 つの走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) に振り分ける。そのため、ビーム切換制御部 102 は、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) のポリゴンミラー PM のビーム LB_n の走査 (偏向) が、ポリゴンミラー PM の 1 つ置きに反射面 RP 毎に繰り返されるように、選択用光学素子 $AOM_1 \sim AOM_6$ によってビーム LB から生成されるビーム $LB_1 \sim LB_6$ のいずれか 1 つを時分割で各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) に入射させる。

【0133】

具体的に説明すると、ビーム切換制御部 102 は、原点信号 SZ_n ($SZ_1 \sim SZ_6$) に基づいて副原点信号 ZP_n ($ZP_1 \sim ZP_6$) を生成する図 11 に示したような副原点生成回路 CA_n ($CA_1 \sim CA_6$) を備える。この副原点生成回路 CA_n ($CA_1 \sim CA_6$) によって副原点信号 ZP_n ($ZP_1 \sim ZP_6$) が発生すると、副原点信号 ZP_n ($ZP_1 \sim ZP_6$) の発生に由来する走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) に対応する選択用光学素子 AOM_n ($AOM_1 \sim AOM_6$) を、一定時間 (オン時間 T_{on}) オンにする。例えば、副原点信号 ZP_1 が発生すると、副原点信号 ZP_1 の発生に由来する走査ユニット U_1 に対応する選択用光学素子 AOM_1 を一定時間 (オン時間 T_{on}) オンにする。この副原点信号 ZP_n は、原点センサ 60 から出力される原点信号 SZ_n に基づいて生成されたものであり、原点信号 SZ_n の周波数を $1/2$ に分周し、つまり、原点信号 SZ_n を半分に間引き、且つ、時間 $T_p \times$ だけ遅延させたものである。この一定時間 (オン時間 T_{on}) は、副原点信号 ZP_n が発生した時点から次に走査を行う走査ユニット U_n からの副原

10

20

30

40

50

点信号 $Z P n$ が発生する時点までの期間、すなわち、ポリゴンミラー $P M$ が 15 度だけ回転するのに要する時間 $T s$ に対応している。選択用光学素子 $A O M n$ のオン時間 $T o n$ が時間 $T s$ 以上に設定されると、選択用光学素子 $A O M n$ のうちの 2 つが同時にオン状態になる期間が生じ、スポット光 $S P$ による描画動作をさせるべき走査ユニット $U n$ に、ビーム $L B 1 \sim L B 6$ を正しく導入できないことになる。したがって、オン時間 $T o n$ は $T o n = T s$ に設定される。

【0134】

このとき、各原点信号 $S Z 1$ と各原点信号 $S Z 4$ とは、隣り合う反射面 $R P$ (例えば、反射面 $R P a$ と反射面 $R P b$) 同士の各なす角 ηj の誤差を考慮しなければ、時間軸上では全て同期しており、副原点信号 $Z P 1$ と副原点信号 $Z P 4$ との位相が約半周期ずれるように設定される (図 14 参照)。この副原点信号 $Z P 1$ と副原点信号 $Z P 4$ との位相の約半周期のずれは、副原点生成回路 $C A n$ ($C A 1 \sim C A 6$) の分周器 80 によって行われる。つまり、分周器 80 は、原点信号 $S Z 1$ を間引くタイミングと原点信号 $S Z 4$ を間引くタイミングを略半周期ずらす。

10

【0135】

副原点信号 $Z P 2$ と副原点信号 $Z P 5$ との関係も同様に、分周器 80 によって、副原点信号 $Z P 2$ と副原点信号 $Z P 5$ との位相が約半周期ずれるように設定される (図 14 参照)。また、副原点信号 $Z P 3$ と副原点信号 $Z P 6$ との関係も同様に、分周器 80 によって、副原点信号 $Z P 3$ と副原点信号 $Z P 6$ との位相が約半周期ずれるように設定される (図 14 参照)。

20

【0136】

したがって、図 14 に示すように、走査ユニット $U 1 \sim U 6$ 毎に生成される副原点信号 $Z P 1 \sim Z P 6$ の発生タイミングは、時間 $T s$ ずつずれたものになる。本第 1 の実施の形態においては、スポット光 $S P$ の走査を行う走査ユニット $U n$ の順番は、 $U 1 \rightarrow U 2 \rightarrow \dots \rightarrow U 6$ 、となっているので、副原点信号 $Z P n$ も、副原点信号 $Z P 1$ が発生してから時間 $T s$ 後に副原点信号 $Z P 2$ が発生するといった具合に、 $Z P 1 \rightarrow Z P 2 \rightarrow \dots \rightarrow Z P 6$ の順番で時間 $T s$ 間隔で発生する。したがって、ビーム切換制御部 102 は、発生した副原点信号 $Z P n$ ($Z P 1 \sim Z P 6$) に応じて、ビーム切換部材 16 の選択用光学素子 $A O M n$ ($A O M 1 \sim A O M 6$) を制御することで、 $U 1 \rightarrow U 2 \rightarrow \dots \rightarrow U 6$ の順番で走査ユニット $U n$ の各々に、対応するビーム $L B 1 \sim L B 6$ を入射させることができる。つまり、各走査ユニット $U n$ ($U 1 \sim U 6$) のポリゴンミラー $P M$ によるビーム $L B n$ の走査 (偏向) が、ポリゴンミラー $P M$ の 1 面置き of 反射面 $R P$ 毎に繰り返されるように各走査ユニット $U n$ ($U 1 \sim U 6$) に入射するビーム $L B n$ を時分割で切り替えることができる。

30

【0137】

描画データ出力制御部 104 は、走査ユニット $U n$ によってスポット光 $S P$ が走査される 1 描画ライン $S L n$ のパターンに対応する 1 列分のシリアルデータ $D L n$ を描画ビット列データ $S d w$ として光源装置 14 の駆動回路 $36a$ に出力する。スポット光 $S P$ の走査を行う走査ユニット $U n$ の順番は、 $U 1 \rightarrow U 2 \rightarrow \dots \rightarrow U 6$ 、となっているので、描画データ出力制御部 104 は、1 列分のシリアルデータ $D L n$ が、 $D L 1 \rightarrow D L 2 \rightarrow \dots \rightarrow D L 6$ 、の順番で繰り返される描画ビット列データ $S d w$ を出力する。

40

【0138】

図 15 を用いて、描画データ出力制御部 104 の構成について詳しく説明する。描画データ出力制御部 104 は、走査ユニット $U 1 \sim U 6$ の各々に対応した 6 つの生成回路 110 、 112 、 114 、 116 、 118 、 120 と、OR 回路 $G T 10$ とを有する。生成回路 110 は、メモリ部 $B M 1$ 、カウンタ部 $C N 1$ 、および、ゲート部 $G T 1$ を備え、生成回路 112 は、メモリ部 $B M 2$ 、カウンタ部 $C N 2$ 、および、ゲート部 $G T 2$ を備える。生成回路 114 は、メモリ部 $B M 3$ 、カウンタ部 $C N 3$ 、および、ゲート部 $G T 3$ を備え、生成回路 116 は、メモリ部 $B M 4$ 、カウンタ部 $C N 4$ 、および、ゲート部 $G T 4$ を備える。生成回路 118 は、メモリ部 $B M 5$ 、カウンタ部 $C N 5$ 、および、ゲート部 $G T 5$

50

を備え、生成回路 120 は、メモリ部 BM6、カウンタ部 CN6、および、ゲート部 GT6 を備える。

【0139】

メモリ部 BM1 ~ BM6 は、各走査ユニット Un (U1 ~ U6) が描画露光すべきパターンに応じたパターンデータ (ビットマップ) を記憶するメモリである。カウンタ部 CN1 ~ CN6 は、各メモリ部 BM1 ~ BM6 に記憶されたパターンデータのうち、次に描画すべき 1 描画ライン SLn 分のシリアルデータ DL1 ~ DL6 を、1 画素ずつクロック信号 CLK に同期して出力するためのカウンタである。このカウンタ部 CN1 ~ CN6 は、図 14 に示すように、ビーム切換制御部 102 の副原点生成回路 CA1 ~ CA6 から副原点信号 ZP1 ~ ZP6 が出力されてから、1 つのシリアルデータ DL1 ~ DL6 を出力させる。

10

【0140】

各メモリ部 BM1 ~ BM6 に記憶されたパターンデータは、不図示のアドレスカウンタ等によって、出力されるシリアルデータ DL1 ~ DL6 が列方向にシフトされる。つまり、不図示のアドレスカウンタによって読み出す列が、1 列目、2 列目、3 列目、・・・、というようにシフトされる。そのシフトは、例えば、走査ユニット U1 に対応するメモリ部 BM1 であればシリアルデータ DL1 を出力し終わった後で、次に走査を行う走査ユニット U2 に対応した副原点信号 ZP2 が発生したタイミングで行われる。同様に、メモリ部 BM2 に記憶されたパターンデータのシリアルデータ DL2 のシフトは、シリアルデータ DL2 が出力し終わった後で、次に走査を行う走査ユニット U3 に対応した副原点信号 ZP3 が発生したタイミングで行われる。同様に、メモリ部 BM3 ~ BM6 に記憶されたパターンデータのシリアルデータ DL3 ~ DL6 のシフトは、シリアルデータ DL3 ~ DL6 を出力し終わった後で、次に走査を行う走査ユニット U4 ~ U6、U1 に対応した副原点信号 ZP4 ~ ZP6、ZP1 が発生したタイミングで行われる。なお、スポット光 SP の走査は、U1 → U2 → U3 → ... → U6、という順番で行われる。

20

【0141】

このようにして、順次出力されるシリアルデータ DL1 ~ DL6 は、副原点信号 ZP1 ~ ZP6 が印加されてから一定時間 (オン時間 Ton) 中に開かれるゲート部 GT1 ~ GT6 を通って 6 入力の OR 回路 GT10 に印加される。OR 回路 GT10 は、シリアルデータ DL1 → DL2 → DL3 → DL4 → DL5 → DL6 → DL1 ... の順に繰り返し合成されたシリアルデータ DLn を描画ビット列データ Sdw として光源装置 14 の駆動回路 36a に出力する。このようにして、各走査ユニット Un (U1 ~ U6) は、スポット光 SP の走査を行うと同時に、パターンデータに応じたパターンを描画露光することができる。

30

【0142】

本第 1 の実施の形態では、走査ユニット Un (U1 ~ U6) 毎に、パターンデータを用意し、各走査ユニット Un (U1 ~ U6) のパターンデータの中から、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット Un の順番にしたがってシリアルデータ DL1 ~ DL6 を出力するようにした。しかしながら、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット Un の順番は予め決められているので、各走査ユニット Un (U1 ~ U6) のパターンデータの各シリアルデータ DL1 ~ DL6 を組み合わせた 1 つのパターンデータを用意してもよい。つまり、各走査ユニット Un (U1 ~ U6) のパターンデータの各列のシリアルデータ DLn (DL1 ~ DL6) を、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット Un の順番に応じて配列させた 1 つのパターンデータを構築するようにしてもよい。この場合は、各走査ユニット Un (U1 ~ U6) の原点センサ 60 に基づく副原点信号 ZPn (ZP1 ~ ZP6) に応じて、1 つのパターンデータのシリアルデータ DLn を 1 列目から順番に出力すればよい。

40

【0143】

ところで、図 13 に示した露光制御部 106 は、回転制御部 100、ビーム切換制御部 102、および、描画データ出力制御部 104 等を制御するものである。露光制御部 10

50

6 は、アライメント顕微鏡 A M m (A M 1 ~ A M 4) が撮像した撮像信号 i g (i g 1 ~ i g 4) を解析して、アライメントマーク M K m (M K 1 ~ M K 4) の基板 F S 上の位置を検出する。そして、露光制御部 1 0 6 は、検出したアライメントマーク M K m (M K 1 ~ M K 4) の位置に基づいて、基板 F S 上における露光領域 W の描画露光の開始位置を検出 (決定) する。露光制御部 1 0 6 は、カウンタ回路 1 0 6 a を備え、カウンタ回路 1 0 6 a は、図 2 に示したエンコーダ E N 1 a ~ E N 3 a、E N 1 b ~ E N 3 b によって検出された検出信号をカウントする。露光制御部 1 0 6 は、描画露光の開始位置が検出されたときのエンコーダ E N 1 a、E N 1 b に基づくカウント値 (マーク検出位置) と、エンコーダ E N 2 a、E N 2 b に基づくカウント値 (奇数番の描画ライン S L n の位置) とに基づいて、基板 F S の描画露光の開始位置が描画ライン S L 1、S L 3、S L 5 上に位置するか否かを判断する。露光制御部 1 0 6 は、描画露光の開始位置が描画ライン S L 1、S L 3、S L 5 上に位置すると判断すると、描画データ出力制御部 1 0 4 を制御して、走査ユニット U 1、U 3、U 5 にスポット光 S P の走査を開始させる。なお、回転制御部 1 0 0 およびビーム切替制御部 1 0 2 は、露光制御部 1 0 6 の制御の下、周回パルス信号および副原点信号 Z P n (Z P 1 ~ Z P 6) に基づいて、各走査ユニット U n (U 1 ~ U 6) のポリゴンミラー P M の回転およびビーム切替部材 1 6 によるビーム L B n の振り分けを制御しているものとする。

10

【 0 1 4 4 】

露光制御部 1 0 6 は、描画露光の開始位置が検出されたときのエンコーダ E N 1 a、E N 1 b に基づくカウント値 (マーク検出位置) と、エンコーダ E N 3 a、E N 3 b に基づくカウント値 (偶数番の描画ラインの位置) とに基づいて、基板 F S の描画露光の開始位置が描画ライン S L 2、S L 4、S L 6 上に位置するか否かを判断する。露光制御部 1 0 6 は、描画露光の開始位置が描画ライン S L 2、S L 4、S L 6 上に位置すると判断すると、描画データ出力制御部 1 0 4 を制御して、走査ユニット U 2、U 4、U 6 にスポット光 S P の走査を開始させる。

20

【 0 1 4 5 】

先の図 3 に示すように、基板 F S の搬送方向 (+ X 方向) に応じて、描画ライン S L 1、S L 3、S L 5 の各々における描画露光が先行し、基板 F S が所定距離だけ搬送されてから、描画ライン S L 2、S L 4、S L 6 の各々における描画露光が行われる。一方で、6 つの走査ユニット U 1 ~ U 6 の各ポリゴンミラー P M は相互に一定の角度位相を保って回転制御されているため、副原点信号 Z P 1 ~ Z P 6 は、図 1 4 のように順次時間 T s だけ位相差を持って発生し続ける。そのため、描画ライン S L 1、S L 3、S L 5 における描画露光の開始時点から描画ライン S L 2、S L 4、S L 6 における描画露光の開始直前までの間も、副原点信号 Z P 2、Z P 4、Z P 6 によって図 1 5 中のゲート部 G T 2、G T 4、G T 6 が開かれ、選択用光学素子 A O M 2、A O M 4、A O M 6 が一定時間 T o n だけオン状態になることを繰り返すことになる。そこで、図 1 3 の構成において、ビーム切替制御部 1 0 2 内には、露光制御部 1 0 6 において判断されるエンコーダ E N 1 a、E N 1 b のカウント値、或いはエンコーダ E N 2 a、E N 2 b のカウント値に基づいて、生成される副原点信号 Z P 1 ~ Z P 6 の各々を描画データ出力制御部 1 0 4 に送るか禁止するかを選択する選択ゲート回路を設けるのがよい。併せて、走査ユニット U 1 ~ U 6 の各々に対応した選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6 の各ドライバ回路 D R V n (D R V 1 ~ D R V 6) (図 1 9 参照) にも、その選択ゲート回路を介して副原点信号 Z P 1 ~ Z P 6 を与えるのがよい。

30

40

【 0 1 4 6 】

ここで、上述したように、描画ライン S L 1、S L 3、S L 5 は、描画ライン S L 2、S L 4、S L 6 より基板 F S の搬送方向の上流側に位置することから、基板 F S の露光領域 W の描画露光の開始位置は先に描画ライン S L 1、S L 3、S L 5 上まで到達し、その後一定の時間をおいて、描画ライン S L 2、S L 4、S L 6 上に到達する。そのため、描画露光の開始位置が描画ライン S L 2、S L 4、S L 6 に到達するまでは、走査ユニット U 1、U 3、U 5 のみでパターンの描画露光を行うことになる。したがって、先に説明し

50

たような副原点信号 $ZP1 \sim ZP6$ の選択ゲート回路をビーム切替制御部 102 内に設けない場合、露光制御部 106 は、光源装置 14 の駆動回路 36a に出力する描画ビット列データ Sdw のうち、シリアルデータ $DL2$ 、 $DL4$ 、 $DL6$ に対応する部分の画素データを全てロー「0」にすることで、実質的に走査ユニット $U2$ 、 $U4$ 、 $U6$ による描画露光をキャンセルする。キャンセル期間中は、メモリ部 $BM2$ 、 $BM4$ 、 $BM6$ から出力されるシリアルデータ $DL2$ 、 $DL4$ 、 $DL6$ の列は、シフトされず 1 列目のままである。そして、露光領域 W の描画露光の開始位置が描画ライン $SL2$ 、 $SL4$ 、 $SL6$ 上に到達してから、シリアルデータ $DL2$ 、 $DL4$ 、 $DL6$ の出力を開始し、シリアルデータ $DL2$ 、 $DL4$ 、 $DL6$ の列方向へのシフトが行われる。

【0147】

また、同様に、露光領域 W の描画露光の終了位置は、先に描画ライン $SL1$ 、 $SL3$ 、 $SL5$ 上に到達し、その後一定の時間をおいて、描画ライン $SL2$ 、 $SL4$ 、 $SL6$ 上に達する。そのため、描画露光の終了位置が描画ライン $SL1$ 、 $SL3$ 、 $SL5$ に到達した後、描画ライン $SL2$ 、 $SL4$ 、 $SL6$ に到達するまでは、走査ユニット $U2$ 、 $U4$ 、 $U6$ のみでパターン描画露光を行うことになる。そこで、先に説明したような副原点信号 $ZP1 \sim ZP6$ の選択ゲート回路をビーム切替制御部 102 内に設けない場合、露光制御部 106 は、光源装置 14 の駆動回路 36a に出力する描画ビット列データ Sdw のうち、シリアルデータ $DL1$ 、 $DL3$ 、 $DL5$ に対応する部分の画素データを全てロー「0」にすることで、実質的に走査ユニット $U1$ 、 $U3$ 、 $U5$ による描画露光をキャンセルする。なお、選択ゲート回路を設けない場合、描画露光のキャンセル中であっても、描画露光がキャンセルされている走査ユニット $U1$ 、 $U3$ 、 $U5$ には、ビーム $LB1$ 、 $LB3$ 、 $LB5$ が導入されるように、選択用光学素子 $AOM1$ 、 $AOM3$ 、 $AOM5$ は副原点信号 $ZP1$ 、 $ZP3$ 、 $ZP5$ に応答して選択的に一定時間 Ton だけオン状態になることを繰り返す。

【0148】

図 16 は、走査ユニット $U1$ による標準的なパターン描画の際の各部の信号状態とビーム LB の発振状態とのタイムチャートを示す図である。2 次元のマトリックス Gm は、描画すべきパターンデータのビットパターン PP を示し、基板 FS 上での 1 画素（ピクセル）は、例えば、 Y 方向の寸法 Py を $3\mu m$ 、 X 方向の寸法 Px を $3\mu m$ に設定されている。図 16 において、矢印で示す $SL1-1$ 、 $SL1-2$ 、 $SL1-3$ 、 $\dots$ 、 $SL1-6$ は、基板 FS の X 方向の移動（長尺方向の副走査）に伴って、描画ライン $SL1$ によって順次描画される描画ラインを示し、各描画ライン $SL1-1$ 、 $SL1-2$ 、 $SL1-3$ 、 $\dots$ 、 $SL1-6$ の X 方向の間隔は、例えば、1 画素単位の寸法 Px の $1/2$ となるように、基板 FS の搬送速度が設定される。

【0149】

さらに、基板 FS 上に投射されるスポット光 SP の XY 方向の寸法（スポットサイズ ϕ ）は、1 画素の大きさと同程度か、それよりも少し大きめとする。よって、スポット光 SP のサイズ ϕ は、実効的な直径（ガウス分布の $1/e^2$ の幅、または、ピーク強度の半値全幅）として、 $3 \sim 4\mu m$ 程度に設定され、描画ライン $SL1$ に沿ってスポット光 SP を連続的に投射する際は、例えば、スポット光 SP の実効的な直径の $1/2$ でオーバーラップするように、ビーム LB の発光周波数 Fs （パルス時間間隔）とポリゴンミラー PM によるスポット光 SP の走査速度とが設定されている。すなわち、図 4 に示す光源装置 14 内の偏光ビームスプリッタ 38 から射出される種光ビームを Lse とすると、この種光ビーム Lse は、制御回路 52（クロック発生器 52a）から出力されるクロック信号 LTC の各パルスに応答して図 16 のように射出される。

【0150】

そのクロック信号 LTC と、図 15 の生成回路 110 内のカウンタ部 $CN1$ に供給されるクロック信号 CLK とは、2 : 1 の周波数比に設定され、クロック信号 LTC が 100 MHz の場合は、クロック信号 CLK は 50 MHz に設定される。なお、クロック信号 LTC とクロック信号 CLK の周波数比は整数倍であればよく、例えば、クロック信号 CL

10

20

30

40

50

Kの設定周波数をクロック信号LTCの1/4倍の25MHzに落とすとともに、スポット光SPの走査速度も半分に落とすように設定してもよい。

【0151】

図16に示す描画ビット列データSdwは、生成回路110から出力されるシリアルデータDL1に相当し、ここでは、例えば、ビットパターンPPの描画ラインSL1-2上のパターンに対応している。光源装置14内の駆動回路36aは、描画ビット列データSdwに应答して電気光学素子36の偏光状態を切り換えるので(図4参照)、種光ビームLseは、描画ビット列データSdwがハイ(「1」)の間は、図4中のDFB半導体レーザ素子30からの種光S1によって生成され、描画ビット列データSdwがロー(「0」)の間は、図4中のDFB半導体レーザ素子32からの種光S2によって生成される。以上の図16に示した走査ユニットU1の描画露光の動作は、他の走査ユニットU2~U6でも同じある。

10

【0152】

以上のように本第1の実施の形態では、走査ユニットUn(U1~U6)のポリゴンミラーPMの1つ置きに反射面RP毎に、ポリゴンミラーPMの偏向(走査)が繰り返されるようにビーム切換制御部102がビーム切換部材16を制御して、複数の走査ユニットUn(U1~U6)の各々にスポット光SPの1次元走査を順番に行わせた。これにより、スポット光SPが走査される描画ラインSLn(SL1~SL6)の長さを短くせず、1つのビームLBを複数の走査ユニットUn(U1~U6)に振り分けることができ、有効にビームLBを活用することができる。また、ポリゴンミラーPMの形状(多角形の形状)を円形に近づけることができるので、ポリゴンミラーPMの回転速度が低下することを防止でき、ポリゴンミラーPMを高速に回転させることができる。

20

【0153】

ビーム切換部材16は、光源装置14からのビームLBの進行方向に沿って直列にn個配置され、ビームLBを回折させて偏向したn個のビームLBnのいずれか1つを選択して、対応する走査ユニットUnに導入させる選択用光学素子AOMn(AOM1~AOM6)を有する。したがって、ビームLBnが入射すべき走査ユニットUn(U1~U6)のいずれか1つを簡単に選択でき、描画露光すべき1つの走査ユニットUnに対して光源装置14からのビームLBを効率的に集中させることができ、高い露光量が得られる。例えば、光源装置14からの射出するビームLBを複数のビームスプリッタを使って6つに振幅分割し、分割した6つのビームLBn(LB1~LB6)の各々を、描画データのシリアルデータDL1~DL6によって変調させる描画用の音響光学変調素子を介して6つの走査ユニットU1~U6に導いた場合、描画用の音響光学変調素子でのビーム強度の減衰を20%、走査ユニットUn内でのビーム強度の減衰を30%とすると、1つの走査ユニットUnにおけるスポット光SPの強度は、元のビームLBの強度を100%としたとき、約9.3%となる。一方、第1の実施の形態のように、光源装置14からのビームLBを選択用光学素子AOMnによって偏向させて、6つの走査ユニットUnのいずれか1つに入射するようにした場合、選択用光学素子AOMnでのビーム強度の減衰を20%としたとき、1つの走査ユニットUnにおけるスポット光SPの強度は、元のビームLBの強度の約56%になる。

30

40

【0154】

回転制御部100は、回転速度が互いに同一で、且つ、一定の角度分ずつ回転角度位置の位相がずれるように、複数の走査ユニットUn(U1~U6)のポリゴンミラーPMの回転を制御する。これにより、1つの走査ユニットUnによるスポット光SPの1次元走査から次の1次元走査が行われるまでの間に、他の複数の走査ユニットUnによるスポット光SPの1次元走査を順番に行わせることが可能となる。

【0155】

なお、上記第1の実施の形態では、1つのビームLBを6つの走査ユニットUnに振り分ける態様で説明したが、光源装置14からの1つのビームLBを9つの走査ユニットUn(U1~U9)に振り分けるものであってもよい。この場合は、ポリゴンミラーPMの

50

走査効率 (α / β) を $1 / 3$ とすると、ポリゴンミラー P M が 3 つの反射面 R P 分回転する間に、9 つの走査ユニット U 1 ~ U 9 にビーム L B n を振り分けることができるので、スポット光 S P の走査は 2 つ置きの反射面 R P 毎に行われることになる。これにより、1 つの走査ユニット U n によるスポット光 S P の走査がされてから次のスポット光 S P の走査を行うまでに、その他の 8 つの走査ユニット U n にスポット光 S P の走査を順番に行わせることができる。また、ポリゴンミラー P M の走査効率を $1 / 3$ とすると、ポリゴンミラー P M が 3 つの反射面 R P 分回転して、1 つのビーム L B を 9 つの走査ユニット U n に振り分けることができるので、副原点生成回路 C A n の分周器 8 0 は、原点信号 S Z n の発生タイミングの周波数を $1 / 3$ に分周する。この場合、走査ユニット U 1、U 4、U 7 の周回パルス信号は同期している (時間軸上で同位相になっている)。同様に、走査ユニット U 2、U 5、U 8 の周回パルス信号は同期しており、走査ユニット U 3、U 6、U 9 の周回パルス信号は同期している。そして、走査ユニット U 2、U 5、U 8 の周回パルス信号は、走査ユニット U 1、U 4、U 7 の周回パルス信号に対して時間 T s だけ遅れて発生し、走査ユニット U 3、U 6、U 9 の周回パルス信号は、走査ユニット U 1、U 4、U 7 の周回パルス信号に対して $2 \times$ 時間 T s だけ遅れて発生する。また、走査ユニット U 1、U 4、U 7 の副原点信号 Z P 1、Z P 4、Z P 7 の発生タイミングは、1 周期の $1 / 3$ ずつ位相がずれており、同様に、走査ユニット U 2、U 5、U 8 の副原点信号 Z P 2、Z P 5、Z P 8 の発生タイミング、および、走査ユニット U 3、U 6、U 9 の副原点信号 Z P 3、Z P 6、Z P 9 の発生タイミングも、1 周期の $1 / 3$ ずつ位相がずれている。なお、時間 T s は、スポット光 S P の走査が可能なポリゴンミラー P M の走査回転角度範囲 α だけポリゴンミラー P M が回転する時間であり、ポリゴンミラー P M が 1 つの反射面 R P 分回転する角度 β に走査効率を乗算した値が走査回転角度範囲 α となる。

【0156】

ポリゴンミラー P M の走査効率を $1 / 3$ で、1 つのビーム L B を 12 個の走査ユニット U n (U 1 ~ U 12) に振り分ける場合は、ポリゴンミラー P M が 4 つの反射面 R P 分回転する間に、12 個の走査ユニット U 1 ~ U 12 にビーム L B n を振り分けることができるので、スポット光 S P の走査は 3 つ置きの反射面 R P 毎に行われることになる。また、ポリゴンミラー P M の走査効率を $1 / 3$ とすると、ポリゴンミラー P M が 4 つの反射面 R P 分回転して、光源装置 14 からのビーム L B を直列に配置された 12 個の選択用光学素子 A O M n (A O M 1 ~ A O M 12) で択一的に偏向されるビーム L B n (L B 1 ~ L B 12) を、対応する 1 つの走査ユニット U n (U 1 ~ U 12) に入射させることができるので、副原点生成回路 C A n の分周器 8 0 は、原点信号 S Z n の発生タイミングの周波数を $1 / 4$ に分周する。この場合、走査ユニット U 1、U 4、U 7、U 10 の周回パルス信号は同期している (時間軸上で同位相になっている)。同様に、走査ユニット U 2、U 5、U 8、U 11 の周回パルス信号は同期しており、走査ユニット U 3、U 6、U 9、U 12 の周回パルス信号は同期している。そして、走査ユニット U 2、U 5、U 8、U 11 の周回パルス信号は、走査ユニット U 1、U 4、U 7、U 10 の周回パルス信号に対して時間 T s だけ遅れて発生し、走査ユニット U 3、U 6、U 9、U 12 の周回パルス信号は、走査ユニット U 1、U 4、U 7、U 10 の周回パルス信号に対して $2 \times$ 時間 T s だけ遅れて発生する。また、走査ユニット U 1、U 4、U 7、U 10 の副原点信号 Z P 1、Z P 4、Z P 7、Z P 10 の発生タイミングは、1 周期の $1 / 4$ ずつ位相がずれており、同様に、走査ユニット U 2、U 5、U 8、U 11 の副原点信号 Z P 2、Z P 5、Z P 7、Z P 11 の発生タイミング、および、走査ユニット U 3、U 6、U 9、U 12 の副原点信号 Z P 3、Z P 6、Z P 9、Z P 12 の発生タイミングも、1 周期の $1 / 4$ ずつ位相がずれている。

【0157】

また、上記第 1 の実施の形態では、走査ユニット U n のポリゴンミラー P M の走査効率を $1 / 3$ として説明したが、走査効率は、 $1 / 2$ であってもよく、 $1 / 4$ であってもよい。走査効率が $1 / 2$ の場合は、ポリゴンミラー P M が 1 つの反射面 R P 分回転する間に、2 つの走査ユニット U n にビーム L B n を振り分けることができるので、1 つのビーム L

B_nを6つの走査ユニットU_nに振り分けたい場合は、スポット光S_Pの走査が、ポリゴンミラーP_Mの2つ置き of 反射面R_P毎に行われることになる。つまり、ポリゴンミラーP_Mの走査効率が1/2の場合は、ポリゴンミラーP_Mが3つの反射面R_P分回転する間に6つの走査ユニットU_nにビームL_{B_n}を振り分けることができる。これにより、1つの走査ユニットU_nによるスポット光S_Pの走査がされてから次のスポット光S_Pの走査を行うまでに、その他の5つの走査ユニットU_nにスポット光S_Pの走査を順番に行わせることができる。また、ポリゴンミラーP_Mの走査効率を1/2とすると、ポリゴンミラーP_Mが3つの反射面R_P分回転して、1つのビームL_Bを6つの走査ユニットU_nに振り分けることができるので、副原点生成回路C_{A_n}の分周器80は、原点信号S_{Z_n}の発生タイミングの周波数を1/3に分周する。この場合、走査ユニットU₁、U₃、U₅の周回パルス信号は同期している。同様に、走査ユニットU₂、U₄、U₆の周回パルス信号は同期している。そして、走査ユニットU₂、U₄、U₆の周回パルス信号は、走査ユニットU₁、U₃、U₅の周回パルス信号に対して時間T_sだけ遅れて発生する。また、走査ユニットU₁、U₃、U₅の副原点信号Z_{P₁}、Z_{P₃}、Z_{P₅}の発生タイミングは、1周期の1/3ずつ位相がずれており、走査ユニットU₂、U₄、U₆の副原点信号Z_{P₂}、Z_{P₄}、Z_{P₆}の発生タイミングも、1周期の1/3ずつ位相がずれている。

【0158】

ポリゴンミラーP_Mの走査効率が1/4の場合は、ポリゴンミラーP_Mが1つの反射面R_P分回転する間に、4つの走査ユニットU_nにビームL_{B_n}を振り分けることができるので、1つのビームL_Bを8つの走査ユニットU_nに振り分けたい場合は、スポット光S_Pの走査が、ポリゴンミラーP_Mの1つ置き of 反射面R_P毎に行われることになる。つまり、ポリゴンミラーP_Mの走査効率が1/4の場合は、ポリゴンミラーP_Mが2つの反射面R_P分回転する間に8つの走査ユニットU_nにビームL_{B_n}を振り分けることができる。これにより、1つの走査ユニットU_nによるスポット光S_Pの走査がされてから次のスポット光S_Pの走査を行うまでに、その他の7つの走査ユニットU_nにスポット光S_Pの走査を順番に行わせることができる。また、ポリゴンミラーP_Mの走査効率を1/4とすると、ポリゴンミラーP_Mが2つの反射面R_P分回転して、1つのビームL_Bを8つの走査ユニットU_nに振り分けることができるので、副原点生成回路C_{A_n}の分周器80は、原点信号S_{Z_n}の発生タイミングの周波数を1/2に分周する。この場合、走査ユニットU₁、U₅の周回パルス信号は同期しており、走査ユニットU₂、U₆の周回パルス信号は同期している。同様に、走査ユニットU₃、U₇の周回パルス信号は同期しており、走査ユニットU₄、U₈の周回パルス信号は同期している。そして、走査ユニットU₂、U₆の周回パルス信号は、走査ユニットU₁、U₅の周回パルス信号に対して時間T_sだけ遅れて発生する。走査ユニットU₃、U₇の周回パルス信号は、走査ユニットU₁、U₅の周回パルス信号に対して2×時間T_sだけ遅れて発生し、走査ユニットU₄、U₈の周回パルス信号は、走査ユニットU₁、U₅の周回パルス信号に対して3×時間T_sだけ遅れて発生する。また、走査ユニットU₁、U₅の副原点信号Z_{P₁}、Z_{P₅}の発生タイミングは、1周期の1/2ずつ位相がずれており、走査ユニットU₂、U₆の副原点信号Z_{P₂}、Z_{P₆}の発生タイミングも、1周期の1/2ずつ位相がずれている。同様に、走査ユニットU₃、U₇の副原点信号Z_{P₃}、Z_{P₇}の発生タイミング、および、走査ユニットU₄、U₈の副原点信号Z_{P₄}、Z_{P₈}も、それぞれ1周期の1/2ずつ位相がずれている。

【0159】

また、上記第1の実施の形態では、ポリゴンミラーP_Mの形状を、8角形としたが（反射面R_Pが8つ）としたが、6角形、7角形であってもよいし、9角形以上であってもよい。これにより、ポリゴンミラーP_Mの走査効率も変わる。一般的に、多角形の形状のポリゴンミラーP_Mの反射面数が多くなる程、ポリゴンミラーP_Mの1反射面R_Pにおける走査効率は大きくなり、反射面数が少なくなる程、ポリゴンミラーP_Mの走査効率は小さくなる。

【0160】

10

20

30

40

50

基板 F S 上にスポット光 S P が投射されて走査可能なポリゴンミラー P M の最大走査回転角度範囲 α は、 $f \theta$ レンズ F T の入射画角（図 10 中の角度 θ_s に相当）で決まるので、その入射画角に対応して、最適な反射面数のポリゴンミラー P M を選ぶことができる。先の例のように、入射画角（ θ_s ）が 30 度未満の $f \theta$ レンズ F T の場合、その半分の 15 度分の回転で反射面 R P が変わる 24 面のポリゴンミラー P M、或いは、30 度分の回転で反射面 R P が変わる 12 面のポリゴンミラー P M としてもよい。この場合、24 面のポリゴンミラー P M では走査効率（ α / β ）が $1 / 2$ よりは大きく、 1.0 よりも小さい状態となるので、6 つの走査ユニット U 1 ~ U 6 の各々の 24 面のポリゴンミラー P M は 5 面飛ばしでスポット光 S P の走査を行うように制御される。また、12 面のポリゴンミラー P M では走査効率が $1 / 3$ よりも大きく、 $1 / 2$ 未満の状態となるので、6 つの走査ユニット U 1 ~ U 6 の各々の 12 面のポリゴンミラー P M は 2 面飛ばしでスポット光 S P の走査を行うように制御される。

【0161】

[第 2 の実施の形態]

上記第 1 の実施の形態においては、常にスポット光 S P の走査（偏向）がポリゴンミラー P M の反射面 R P の 1 面置き毎に繰り返されるものとした。しかし、第 2 の実施の形態においては、スポット光 S P の走査（偏向）が、ポリゴンミラー P M の連続した反射面 R P 毎に繰り返される第 1 の状態にするか、ポリゴンミラー P M の反射面 R P の 1 面置き毎に繰り返される第 2 の状態にするかを任意に切り換えることができるようにした。つまり、走査ユニット U 1 がスポット光 S P の走査を開始してから次の走査を開始するまでに、

【0162】

ポリゴンミラー P M の走査効率は $1 / 3$ なので、スポット光 S P の走査をポリゴンミラー P M の連続した反射面 R P 毎に繰り返す場合は、例えば、走査ユニット U 1 がスポット光 S P を走査してから次の走査を行うまでの間に、走査ユニット U 1 以外の 2 つの走査ユニット U n にしかビーム L B を振り分けることができない。したがって、2 つのビーム L B を用意し、1 つ目のビーム L B を 3 つの走査ユニット U n に時分割で振り分け、2 つ目のビーム L B を残りの 3 つの走査ユニット U n に時分割で振り分ける。したがって、スポット光 S P の走査が並行して 2 つの走査ユニット U n によって行われる。光源装置 14 を 2 つ設けることで 2 つのビーム L B を生成してもよいし、1 つの光源装置 14 からビーム L B をビームスプリッタ等によって分割することで 2 つのビーム L B を生成してもよい。図 17 ~ 図 21 に示す本第 2 の実施の形態の露光装置 E X では、2 つの光源装置 14 を備えるものとする（図 19 参照）。なお、第 2 の実施の形態においては、上記第 1 の実施の形態と同様の構成については、同一の参照符号を付し、異なる部分だけを説明する。

【0163】

図 17 は、本第 2 の実施の形態のビーム切換部材（ビーム配送ユニット）16 A の構成図である。ビーム切換部材 16 A は、図 5 のビーム切換部材 16 と同様に複数の選択用光学素子 A O M n（A O M 1 ~ A O M 6）、複数の集光レンズ C D 1 ~ C D 6、複数の反射ミラー M 1 ~ M 12、複数のミラー I M 1 ~ I M 6、および、複数のコリメートレンズ C L 1 ~ C L 6 を有し、その他に、反射ミラー M 13、M 14 と吸収体 T R 1、T R 2 とを有する。なお、吸収体 T R 1 は、上記第 1 の実施の形態で示した図 5 の吸収体 T R に相当するものであり、反射ミラー M 12 で反射したビーム L B を吸収する。

【0164】

選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 3 は、光学素子モジュール（第 1 の光学素子モジュール）O M 1 を構成し、選択用光学素子 A O M 4 ~ A O M 6 は、光学素子モジュール（第 2 の光学素子モジュール）O M 2 を構成する。この第 1 の光学素子モジュール O M 1 の選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 3 は、上記第 1 の実施の形態で説明したように、ビーム L B の進行方向に沿って直列に配列された状態にある。同様に、第 2 の光学素子モジュール O M 2 の選択用光学素子 A O M 4 ~ A O M 6 も、ビーム L B の進行方向に沿って直列に配置

10

20

30

40

50

された状態にある。なお、第 1 の光学素子モジュール O M 1 の選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 3 に対応する走査ユニット U 1 ~ U 3 を第 1 の走査モジュールとする。また、第 2 の光学素子モジュール O M 2 の選択用光学素子 A O M 4 ~ A O M 6 に対応する走査ユニット U 4 ~ U 6 を第 2 の走査モジュールとする。この第 1 の走査モジュールの走査ユニット U 1 ~ U 3、および、第 2 の走査モジュールの走査ユニット U 4 ~ U 6 は、上記第 1 の実施の形態で説明したように所定の配置関係で配置されている。

【 0 1 6 5 】

第 2 の実施の形態では、反射ミラー M 6、M 1 3、M 1 4 は、ビーム L B の進行方向に関して、第 1 の光学素子モジュール O M 1 と第 2 の光学素子モジュール O M 2 とを並列に配置する第 1 の配置状態と、第 1 の光学素子モジュール O M 1 と第 2 の光学素子モジュール O M 2 とを直列に配置する第 2 の配置状態とに切り換える配置切換部材（可動部材）S W E を構成する。この配置切換部材 S W E は、反射ミラー M 6、M 1 3、M 1 4 を支持するスライド部材 S E を有し、スライド部材 S E は、支持部材 I U B に対して X 方向に移動可能である。このスライド部材 S E（配置切換部材 S W E）の X 方向への移動は、アクチュエータ A C（図 1 9 参照）によって行われる。このアクチュエータ A C は、ビーム切換制御部 1 0 2 の駆動制御部 1 0 2 a（図 1 9 参照）の制御によって駆動する。

【 0 1 6 6 】

第 1 の配置状態のときは、第 1 の光学素子モジュール O M 1 と第 2 の光学素子モジュール O M 2 との各々に 2 つの光源装置 1 4 からのビーム L B が並行して入射する状態となり、第 2 の配置状態のときは、1 つの光源装置 1 4 からのビーム L B が第 1 の光学素子モジュール O M 1 と第 2 の光学素子モジュール O M 2 とに入射する状態となる。つまり、第 2 の配置状態のときは、第 1 の光学素子モジュール O M 1 を透過したビーム L B が第 2 の光学素子モジュール O M 2 に入射する。図 1 7 は、配置切換部材 S W E によって第 1 の光学素子モジュール O M 1 と第 2 の光学素子モジュール O M 2 とが直列に配置された第 2 の配置状態となっているときの状態を示している。つまり、この第 2 の配置状態のときは、第 1 の光学素子モジュール O M 1 および第 2 の光学素子モジュール O M 2 の全ての選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6 がビーム L B の進行方向に沿って直列に配置された状態となり、上記第 1 の実施の形態で示した図 5 と同一である。したがって、上記第 1 の実施の形態と同様に、直列に配置された第 1 の光学素子モジュール O M 1 および第 2 の光学素子モジュール O M 2 の各選択用光学素子 A O M n（A O M 1 ~ A O M 6）によって、第 1 の走査モジュールおよび第 2 の走査モジュール（U 1 ~ U 6）の中から、いずれか 1 つの偏向されたビーム L B n が入射する走査ユニット U n を 1 つ選択することができる。なお、図 1 7 のときの配置切換部材 S W E の位置を第 2 の位置と呼ぶ。また、第 1 の配置状態のときに、第 1 の光学素子モジュール O M 1（A O M 1 ~ A O M 3）に入射するビーム L B を第 1 の光源装置 1 4 A からのビーム L B a と呼び、第 1 の配置状態のときに、第 2 の光学素子モジュール O M 2（A O M 4 ~ A O M 6）に入射するビームを第 2 の光源装置 1 4 B からのビーム L B b と呼ぶ。

【 0 1 6 7 】

配置切換部材 S W E が - X 方向側に移動して第 1 の位置に来ると、第 1 の光学素子モジュール O M 1 と第 2 の光学素子モジュール O M 2 とが、並列に配置された第 1 の配置状態になる。図 1 8 は、配置切換部材 S W E の位置が第 1 の位置となったときのビーム L B a、L B b の光路を示す図である。第 1 の配置状態のときは、第 1 の光学素子モジュール O M 1 にビーム L B a が入射し、第 2 の光学素子モジュール O M 2 にそれぞれビーム L B b が入射する。第 1 の光学素子モジュール O M 1 および第 2 の光学素子モジュール O M 2 の各々に入射するビーム L B を区別するため、第 1 の光学素子モジュール O M 1 に入射するビーム L B を L B a で表し、第 2 の光学素子モジュール O M 2 に直接入射するビーム L B を L B b で表す。

【 0 1 6 8 】

図 1 8 に示すように、配置切換部材 S W E が第 1 の位置に移動すると、反射ミラー M 6 の位置が - X 方向にシフトするため、反射ミラー M 6 で反射したビーム L B a は、反射ミ

ラー M 7 ではなく吸収体 T R 2 に入射する。したがって、第 1 の光学素子モジュール O M 1 に入射するビーム L B a は、第 1 の光学素子モジュール O M 1 (選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 3) のみに入射し、第 2 の光学素子モジュール O M 2 に入射しない。つまり、ビーム L B a は、選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 3 のみを透過することができる。また、配置切換部材 S W E の位置が第 1 の位置になると、第 2 の光源装置 1 4 B から射出して反射ミラー M 1 3 に向かって + Y 方向に進むビーム L B b が反射ミラー M 1 3、M 1 4 によって反射ミラー M 7 に導かれる。したがって、ビーム L B b は、第 2 の光学素子モジュール O M 2 (選択用光学素子 A O M 4 ~ A O M 6) のみを透過することができる。

【 0 1 6 9 】

したがって、第 1 の光学素子モジュール O M 1 は、直列に配置された 3 つの選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 3 によって、第 1 の走査モジュールを構成する 3 つの走査ユニット U 1 ~ U 3 のうちの 1 つに、ビーム L B a から偏向されたビーム L B 1 ~ L B 3 のいずれか 1 つを入射させることができる。また、第 2 の光学素子モジュール O M 2 は、直列に配置された 3 つの選択用光学素子 A O M 4 ~ A O M 6 によって、第 2 の走査モジュールを構成する 3 つの走査ユニット U 4 ~ U 6 のうちの 1 つに、ビーム L B b から偏向されたビーム L B 4 ~ L B 6 のいずれか 1 つを入射させることができる。したがって、並列に配置された第 1 の光学素子モジュール O M 1 (A O M 1 ~ A O M 3) と第 2 の光学素子モジュール O M 2 (A O M 4 ~ A O M 6) とによって、第 1 の走査モジュール (U 1 ~ U 3) と第 2 の走査モジュール (U 4 ~ U 6) との中から、ビーム L B が入射する走査ユニット U n をそれぞれ 1 つ選択することができる。この場合は、第 1 の走査モジュールのいずれか 1 つの走査ユニット U n と、第 2 の走査モジュールのいずれか 1 つの走査ユニット U n とによってスポット光 S P の描画ライン S L n に沿った走査による露光動作が並行して行われる。

【 0 1 7 0 】

ビーム切換制御部 1 0 2 は、スポット光 S P の走査 (偏向) が、ポリゴンミラー P M の連続した反射面 R P 毎に繰り返される第 1 の状態 (第 1 の描画モード) の場合には、アクチュエータ A C を制御して、配置切換部材 S W E を第 1 の位置に配置させる。また、ビーム切換制御部 1 0 2 は、ポリゴンミラー P M の反射面 R P の 1 面置き毎に繰り返される第 2 の状態 (第 2 の描画モード) の場合には、アクチュエータ A C を制御して、配置切換部材 S W E を第 2 の位置に配置させる。

【 0 1 7 1 】

図 1 9 は、第 2 の実施の形態におけるビーム切換制御部 1 0 2 の構成を示す図である。図 1 9 においては、ビーム切換制御部 1 0 2 の制御対象となる選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6、および、光源装置 1 4 も図示している。本第 2 の実施の形態では、第 1 の光学素子モジュール O M 1 からビーム L B a を入射する光源装置 1 4 を 1 4 A で表し、第 2 の光学素子モジュール O M 2 のみに直接ビーム L B b を入射する光源装置 1 4 を 1 4 B で表している。

【 0 1 7 2 】

配置切換部材 S W E が第 2 の位置にある場合は、図 1 9 に示すように、光源装置 1 4 A からのビーム L B a (L B) が、A O M 1 → A O M 2 → A O M 3 → . . . → A O M 6、の順で選択用光学素子 A O M n を通過 (透過) 可能であり、選択用光学素子 A O M 6 を通過したビーム L B a は吸収体 T R 1 に入射する。また、配置切換部材 S W E が第 1 の位置に移動すると、光源装置 1 4 A からビーム L B a が、A O M 1 → A O M 2 → A O M 3、の順で選択用光学素子 A O M n を通過可能であり、選択用光学素子 A O M 3 を通過したビーム L B a は吸収体 T R 2 に入射する。さらに、配置切換部材 S W E が第 1 の位置に移動した状態では、光源装置 1 4 B からのビーム L B b が、A O M 4 → A O M 5 → A O M 6、の順で選択用光学素子 A O M n を通過可能であり、選択用光学素子 A O M 6 を通過したビーム L B は吸収体 T R 1 に入射する。なお、図 1 9 の配置切換部材 S W E は、概念図であり、図 1 7、図 1 8 に示す配置切換部材 S W E の実際の構成とは異なっている。図 1 9 に示す例では、配置切換部材 S W E が第 2 の位置にあり、つまり、第 1 の光学素子モジュール

OM1と第2の光学素子モジュールOM2とが直列に配置された第2の配置状態にあり、選択用光学素子AOM5がオン状態の場合を示している。これにより、光源装置14AからのビームLBaから回折によって偏向されたビームLB5が走査ユニットU5に入射することになる。

【0173】

ビーム切換制御部102は、選択用光学素子AOM1～AOM6の各々を超音波（高周波）信号で駆動するドライバ回路DRVn（DRV1～DRV6）と、各走査ユニットUn（U1～U6）の原点センサ60からの原点信号SZn（SZ1～SZ6）に応じて副原点信号ZPn（ZP1～ZP6）を生成する副原点生成回路CAan（CAa1～CAa6）とを有する。ドライバ回路DRVn（DRV1～DRV6）には、副原点信号ZPn（ZP1～ZP6）を受けてから一定時間だけ選択用光学素子AOM1～AOM6をオン状態にするオン時間Tonの情報が露光制御部106から送られる。ドライバ回路DRV1は、副原点生成回路CAa1から副原点信号ZP1が送られてくると、選択用光学素子AOM1をオン時間Tonだけオン状態にする。同様に、ドライバ回路DRV2～DRV6は、副原点生成回路CAa2～CAa6から副原点信号ZP2～ZP6が送られてくると、選択用光学素子AOM2～AOM6をオン時間Tonだけオン状態にする。露光制御部106は、ポリゴンミラーPMの回転速度を変える場合は、それに応じてオン時間Tonの長さを変更する。なお、ドライバ回路DRVn（DRV1～DRV6）は、先の第1の実施の形態における図13のビーム切換制御部102中にも同様に設けられている。

【0174】

副原点生成回路CAan（CAa1～CAa6）は、論理回路LCCと遅延回路82とを有する。副原点生成回路CAan（CAa1～CAa6）の論理回路LCCには、各走査ユニットUn（U1～U6）の原点センサ60からの原点信号SZn（SZ1～SZ6）が入力される。つまり、副原点生成回路CAa1の論理回路LCCには原点信号SZ1が入力され、同様に、副原点生成回路CAa2～CAa6の論理回路LCCには原点信号SZ2～SZ6が入力される。また、各副原点生成回路CAan（CAa1～CAa6）の論理回路LCCには、ステータス信号STSが入力される。このステータス信号（論理値）STSは、ポリゴンミラーPMの連続した反射面RP毎に繰り返される第1の状態の場合は「1」に設定され、ポリゴンミラーPMの反射面RPの1面置き毎に繰り返される第2の状態の場合は「0」に設定されている。このステータス信号STSは、露光制御部106から送られる。

【0175】

各論理回路LCCは、入力された原点信号SZn（SZ1～SZ6）に基づいて、原点信号SZn'（SZ1'～SZ6'）を生成し、各遅延回路82に出力する。各遅延回路82は、入力された原点信号SZn'（SZ1'～SZ6'）を時間Tpxだけ遅延させて、副原点信号ZPn（ZP1～ZP6）を出力する。

【0176】

図20は、原点信号SZn（SZ1～SZ6）とステータス信号STSを入力する論理回路LCCの構成を示す図である。論理回路LCCは、2入力のORゲートLC1、2入力のANDゲートLC2、および、ワンショットパルス発生器LC3で構成される。ステータス信号STSは、ORゲートLC1の一方の入力信号として印加される。ORゲートLC1の出力信号（論理値）は、ANDゲートLC2の一方の入力信号として印加され、原点信号SZnは、ANDゲートLC2の他方の入力信号として印加される。ANDゲートLC2の出力信号（論理値）は、原点信号SZn'として遅延回路82に入力される。ワンショットパルス発生器LC3は、通常は論理値「1」の信号SDoを出力するが、原点信号SZn'（SZ1'～SZ6'）が発生すると、一定時間Tdpだけ論理値「0」の信号SDoを出力する。つまり、ワンショットパルス発生器LC3は、原点信号SZn'（SZ1'～SZ6'）が発生すると、一定時間Tdpだけ信号SDoの論理値を反転させる。時間Tdpは、 $2 \times Tpx > Tdp > Tpx$ 、の関係に設定され、好ましくは、 $Tdp = 1.5 \times Tpx$ 、に設定される。

【 0 1 7 7 】

図 2 1 は、図 2 0 の論理回路 L C C の動作を説明するタイミングチャートを示す図である。図 2 1 の左半分は、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) によるスポット光 S P の走査が面飛ばしをせずに連続した反射面 R P 毎に行われる第 1 の状態の場合を示し、右半分は、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) によるスポット光 S P の走査が反射面 R P を 1 面飛ばして行われる第 2 の状態の場合を示している。なお、図 2 1 においては、説明をわかり易くするため、ポリゴンミラー P M の隣り合う反射面 R P (例えば、反射面 R P a と反射面 R P b) 同士の各なす角 η_j に誤差が無く、原点信号 S Z n が時間 $T_{p \times}$ 間隔で正確に発生しているものとする。

【 0 1 7 8 】

スポット光 S P の走査が面飛ばしをせずに反射面 R P 毎に行われる第 1 の状態のときは、ステータス信号 S T S は「1」なので、OR ゲート L C 1 の出力信号は、信号 S D o の状態にかかわらず、常に「1」となっている。したがって、AND ゲート L C 2 から出力される出力信号 (原点信号 S Z n') は、原点信号 S Z n と同じタイミングで出力される。つまり、第 1 の状態のときは、原点信号 S Z n と原点信号 S Z n' とは同じと見做すことができる。第 1 の状態のときは、ワンショットパルス発生器 L C 3 に印加される原点信号 S Z n' の時間間隔 $T_{p \times}$ は時間 $T_{p d}$ より小さい。そのため、ワンショットパルス発生器 L C 3 からの信号 S D o は「0」のままとなる。なお、ポリゴンミラー P M の反射面 R P 同士の各なす角 η_j に誤差がある場合であっても、原点信号 S Z n' の時間間隔は時間 $T_{p d}$ より小さいことに変わりはない。

【 0 1 7 9 】

スポット光 S P の走査が反射面 R P の 1 面飛ばしで行われる第 2 の状態になると、ステータス信号 S T S が「0」に切り換えられる。そのため、OR ゲート L C 1 の出力信号は、信号 S D o が「1」のときだけ、「1」となる。信号 S D o が「1」の状態 (この場合は、OR ゲート L C 1 の出力信号も「1」の状態) で、原点信号 S Z n (便宜上、この原点信号 S Z n を 1 番目の原点信号 S Z n と呼ぶ) が印加されると、それに応答して AND ゲート L C 2 も原点信号 S Z n' を出力する。しかしながら、原点信号 S Z n' が発生すると、ワンショットパルス発生器 L C 3 からの信号 S D o は、時間 $T_{p d}$ だけ「0」に変化する。そのため、時間 $T_{p d}$ の間は、OR ゲート L C 1 の 2 入力はいずれも「0」の信号となるため、OR ゲート L C 1 の出力信号は「0」のままとなる。これにより、時間 $T_{p d}$ の間は、AND ゲート L C 2 の出力信号も「0」のままとなる。したがって、時間 $T_{p d}$ が経過する前に AND ゲート L C 2 に 2 番目の原点信号 S Z n が印加されても、AND ゲート L C 2 は、原点信号 S Z n' を出力しない。

【 0 1 8 0 】

そして、時間 $T_{p d}$ が経過すると、ワンショットパルス発生器 L C 3 からの信号 S D o が「1」に反転するので、先の 1 番目の原点信号 S Z n の場合と同様に、時間 $T_{p d}$ 経過後に印加される 3 番目の原点信号 S Z n に応じた原点信号 S Z n' が AND ゲート L C 2 から出力される。このような動作の繰り返しにより、論理回路 L C C は、時間 $T_{p \times}$ 毎に繰り返し発生する原点信号 S Z n を、 $2 \times$ 時間 $T_{p \times}$ 毎に繰り返し発生する原点信号 S Z n' に変換している。別の見方をすれば、論理回路 L C C は、時間 $T_{p \times}$ 毎に繰り返し発生する原点信号 S Z n のパルスを 1 つ置きに間引いた原点信号 S Z n' を生成している、つまり、原点信号 S Z n の発生タイミングの周波数を $1/2$ に分周している。なお、副原点生成回路 C A a n の論理回路 L C C を、上記第 1 の実施の形態で説明した副原点生成回路 C A n の分周器 8 0 (図 1 1) に置き換えてもよい。分周器 8 0 に置き換える場合は、分周器 8 0 は、第 2 の状態のときは原点信号 S Z n を $1/2$ に分周し、また、第 1 の状態のときは原点信号 S Z n を分周しないようにすればよい。また、上記第 1 の実施の形態の副原点生成回路 C A n を、本第 2 の実施の形態の副原点生成回路 C A a n に置き換えてもよい。なお、第 2 の状態の場合は、副原点生成回路 C A a 1 の論理回路 L C C から出力される原点信号 S Z 1' と、副原点生成回路 C A a 4 の論理回路 L C C から出力される原点信号 S Z 4' とは半周期位相がずれている。同様に、副原点生成回路 C A a 2、C A a 3

10

20

30

40

50

の論理回路 L C C から出力される原点信号 $S Z 2'$ 、 $S Z 3'$ と、副原点生成回路 C A a 5、C A a 6 の論理回路 L C C から出力される原点信号 $S Z 5'$ 、 $S Z 6'$ とは半周期位相がずれている。

【0181】

このように、ビーム切換制御部 102 の各副原点生成回路 C A a 1 ~ C A a 6 の論理回路 L C C に入力するステータス信号 S T S の値を反転させるだけで、ポリゴンミラー P M の連続した反射面 R P 毎にスポット光 S P の走査による描画露光を繰り返す第 1 の状態にするか、ポリゴンミラー P M の反射面 R P の 1 面置き毎にスポット光 S P の走査による描画露光を繰り返す第 2 の状態にするかを任意に切り換えることができる。

【0182】

なお、本第 2 の実施の形態においても、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) のポリゴンミラー P M の回転制御は、上記第 1 の実施の形態と同様である。つまり、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) の原点センサ 60 から出力される原点信号 $S Z_n$ ($S Z 1 \sim S Z 6$) が、図 14 に示すような関係を有するように、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) のポリゴンミラー P M の回転が制御されている。したがって、スポット光 S P の走査が面飛ばしをせずに反射面 R P 毎に行われる第 1 の状態のときは、走査ユニット $U_1 \sim U_3$ は、 $U_1 \rightarrow U_2 \rightarrow U_3$ 、の順番でスポット光 S P の走査を繰り返し行うことができ、走査ユニット $U_4 \sim U_6$ は、 $U_4 \rightarrow U_5 \rightarrow U_6$ 、の順番でスポット光 S P の走査を繰り返し行うことができる。

【0183】

このワンショットパルス発生器 L C 3 に設定される時間 T_{pd} は、露光制御部 106 からのポリゴンミラー P M の回転速度の情報に応じて変更できることが好ましい。また、1 面飛ばしに限らず、2 面飛ばしにしてスポット光 S P を走査する場合でも、図 20 のような構成であれば、時間 T_{pd} を、 $(n+1) \times T_{px} > T_{dp} > n \times T_{px}$ 、の関係に設定するだけで対応することができる。なお、 n は、飛ばす反射面 R P の数を表している。例えば、 n が 2 の場合は、スポット光 S P の走査が反射面 R P の 2 面置きに行われることを意味し、 n が 3 の場合は、スポット光 S P の走査が反射面 R P の 3 面置きに行われることを意味する。

【0184】

次に、スポット光 S P の走査が面飛ばしをせずに反射面 R P 毎に行われる第 1 の状態のときに、描画データ出力制御部 104 による、光源装置 14 A、14 B の駆動回路 36 a への描画ビット列データ S_{dw} の出力制御について簡単に説明する。第 1 の状態のときは、第 1 の走査モジュール（走査ユニット $U_1 \sim U_3$ ）と、第 2 の走査モジュール（走査ユニット $U_4 \sim U_6$ ）とでスポット光 S P の走査が並行して行われる。そのため、描画データ出力制御部 104 は、第 1 の走査モジュールに入射するビーム L B a を射出する光源装置 14 A の駆動回路 36 a には、走査ユニット $U_1 \sim U_3$ の各々に対応したシリアルデータ $D L 1 \sim D L 3$ を時系列的に合成した描画ビット列データ S_{dw} を出力し、第 2 の走査モジュールに入射するビーム L B b を射出する光源装置 14 B の駆動回路 36 a には、走査ユニット $U_4 \sim U_6$ の各々に対応したシリアルデータ $D L 4 \sim D L 6$ を時系列的に合成した描画ビット列データ S_{dw} を出力する。

【0185】

また、図 15 に示した描画データ出力制御部 104 は、ステータス信号 S T S が「1」、「0」のいずれの場合も、おおよそそのまま使うことができる。スポット光 S P の走査が面飛ばしをせずに反射面 R P 毎に行われる第 1 の状態のときは、副原点信号 $Z P 1$ の発生後、時間 T_s 後に副原点信号 $Z P 2$ が発生し、さらに時間 T_s 後に副原点信号 $Z P 3$ が発生する。したがって、カウンタ部 C N 1 ~ C N 3 によって、 $D L 1 \rightarrow D L 2 \rightarrow D L 3$ の順でシリアルデータ $D L 1 \sim D L 3$ が繰り返し出力される。副原点信号 $Z P 1 \sim Z P 3$ が印加されてから一定時間（オン時間 T_{on} ）中に開かれるゲート部 G T 1 ~ G T 3 を通って、この順次出力されるシリアルデータ $D L 1 \sim D L 3$ は、描画ビット列データ S_{dw} として第 1 の光源装置 14 A の駆動回路 36 a に入力される。同様に、スポット光 S P の走

10

20

30

40

50

査が面飛ばしをせずに反射面 R P 毎に行われる第 1 の状態のときは、副原点信号 Z P 4 の発生後、時間 T s 後に副原点信号 Z P 5 が発生し、さらに時間 T s 後に副原点信号 Z P 6 が発生する。したがって、カウンタ部 C N 4 ~ C N 6 によって、D L 4 → D L 5 → D L 6 の順でシリアルデータ D L 4 ~ D L 6 が繰り返し出力される。副原点信号 Z P 4 ~ Z P 6 が印加されてから一定時間（オン時間 T o n）中に開かれるゲート部 G T 4 ~ G T 6 を通って、この順次出力されるシリアルデータ D L 4 ~ D L 6 は、描画ビット列データ S d w として第 2 の光源装置 1 4 B の駆動回路 3 6 a に入力される。

【 0 1 8 6 】

次に、第 1 の状態のときのシリアルデータ D L 1 ~ D L 6 のシフトについて簡単に説明する。シリアルデータ D L 1 の列方向のシフトは、シリアルデータ D L 1 を出し終わった後で、次に走査を行う走査ユニット U 2 に対応した副原点信号 Z P 2 が発生したタイミングで行われる。シリアルデータ D L 2 の列方向のシフトは、シリアルデータ D L 2 を出し終わった後で、次に走査を行う走査ユニット U 3 に対応した副原点信号 Z P 3 が発生したタイミングで行われる。シリアルデータ D L 3 の列方向のシフトは、シリアルデータ D L 3 を出し終わった後で、次に走査を行う走査ユニット U 1 に対応した副原点信号 Z P 1 が発生したタイミングで行われる。また、シリアルデータ D L 4 の列方向のシフトは、シリアルデータ D L 4 を出し終わった後で、次に走査を行う走査ユニット U 5 に対応した副原点信号 Z P 5 が発生したタイミングで行われる。シリアルデータ D L 5 の列方向のシフトは、シリアルデータ D L 5 を出し終わった後で、次に走査を行う走査ユニット U 6 に対応した副原点信号 Z P 6 が発生したタイミングで行われる。シリアルデータ D L 6 の列方向のシフトは、シリアルデータ D L 6 を出し終わった後で、次に走査を行う走査ユニット U 4 に対応した副原点信号 Z P 4 が発生したタイミングで行われる。なお、第 2 の状態のときの、描画ビット列データ S d w の出力制御は、第 1 の実施の形態と同様なので説明を省略する。

【 0 1 8 7 】

また、スポット光 S P の走査が反射面 R P の 1 面飛ばしで行われる第 2 の状態の場合は、面飛ばしをせずに反射面 R P 毎に行われる第 1 の状態に比べ、各走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）のスポット光 S P の走査開始間隔が長い。例えば、反射面 R P の 1 面飛ばしでスポット光 S P の走査を行う場合は、面飛ばしを行わない場合に比べ、各走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）のスポット光 S P の走査開始間隔が 2 倍になる。また、反射面 R P を 2 面飛ばしで行う場合は、面飛ばしを行わない場合に比べ、スポット光 S P の走査開始間隔が 3 倍になる。したがって、第 1 の状態と第 2 の状態とで、ポリゴンミラー P M の回転速度および基板 F S の搬送速度を同じにしまうと、第 1 の状態と第 2 の状態とでは、露光結果が異なるものになってしまう。

【 0 1 8 8 】

そこで、第 1 の状態と第 2 の状態とでポリゴンミラー P M の回転速度および基板 F S の搬送速度の少なくとも一方を変更（補正）して、第 1 の状態と第 2 の状態とにおける露光結果を同じ状態にする制御モードを、露光制御部 1 0 6 に持たせてもよい。例えば、第 1 の状態のときのスポット光 S P の走査開始間隔と第 2 の状態のときのスポット光 S P の走査開始間隔とが 1 : 2 の場合は、露光制御部 1 0 6 は、第 1 の状態のときのポリゴンミラー P M の回転速度と第 2 の状態のときのポリゴンミラー P M の回転速度の比が 1 : 2 となるように、回転制御部 1 0 0 を制御する。具体的には、第 1 の状態のときのポリゴンミラー P M の回転速度を 2 万 r p m にし、第 2 の状態のときのポリゴンミラー P M の回転速度を 4 万 r p m にする。併せて、光源装置 1 4（1 4 A、1 4 B）のビーム L B（L B a、L B b）の発光周波数 F s を、例えば第 1 の状態のときに 2 0 0 M H z であれば、第 2 の状態のときは 4 0 0 M H z に設定する。これにより、第 1 の状態のときの副原点信号 Z P n の発生タイミングの間隔と、第 2 の状態のときの副原点信号 Z P n の発生タイミングの間隔とを略同一にすることができる。

【 0 1 8 9 】

また、例えば、第 1 の状態のときのスポット光 S P の走査開始間隔と第 2 の状態のとき

のスポット光 S P の走査開始間隔とが 1 : 2 の場合は、第 1 の状態のときの基板 F S の搬送速度と第 2 の状態のときの基板 F S の搬送速度との比が、2 : 1 となるように駆動ローラ R 1 ~ R 3 、回転ドラム D R の回転速度を制御する制御モードを露光制御部 1 0 6 に持たせてもよい。以上のような、ポリゴンミラー P M の回転速度や発光周波数 F s (クロック信号 L T C の周波数) を補正する制御モード (走査補正モード) 、または基板 F S の搬送速度を補正する制御モード (搬送補正モード) のいずれか一方によって、第 1 の状態のときの基板 F S 上における描画ライン S L n (S L 1 ~ S L 6) の X 方向の間隔と、第 2 の状態のときの基板 F S 上における描画ライン S L n (S L 1 ~ S L 6) の X 方向の間隔とを、同じ間隔 (例えば、1 . 5 μ m) にすることができる。さらに、第 1 の状態と第 2 の状態とで、描画データ出力制御部 1 0 4 内のメモリ部 B M 1 ~ B M 6 の各々に記憶されるパターンデータ (ビットマップ) は、何ら補正する必要も無く、そのまま使うことができる。

10

【 0 1 9 0 】

また、上記の走査補正モードと搬送補正モードとの両方を使って、第 1 の状態で基板 F S 上に描画されるパターンと、第 2 の状態で基板 F S 上に描画されるパターンとを同等にするように補正してもよい。例えば、第 1 の状態 (ポリゴンミラー P M の各反射面 R P 毎のビーム走査の場合) において、ポリゴンミラー P M の回転速度が 2 万 r p m 、光源装置 1 4 (1 4 A 、 1 4 B) のビーム L B の発光周波数 F s が 2 0 0 M H z 、基板 F S の搬送速度が 5 m m / 秒であった場合、第 2 の状態 (ポリゴンミラー P M の 1 反射面 R P 飛ばしによるビーム走査の場合) では、基板 F S の搬送速度を半分ではなく、2 5 % 減速させた 3 . 7 5 m m / 秒に設定し、ポリゴンミラー P M の回転速度は 1 . 5 倍の 3 万 r p m 、ビーム L B の発光周波数 F s も 1 . 5 倍の 3 0 0 M H z に設定するようにしてもよい。このように、走査補正モードと搬送補正モードとの両方を組み合わせると、第 2 の状態の場合に、基板 F S の搬送速度を半分まで低下させる必要がないので、生産性の極端な低下が抑えられる。

20

【 0 1 9 1 】

なお、第 2 の実施の形態においても、上記第 1 の実施の形態で説明したように、ビーム L B a 、 L B b を振り分ける走査ユニット U n の数は、任意に変更してもよい。また、ポリゴンミラー P M の走査効率も任意に変更してもよい。また、第 2 の実施の形態においては、ポリゴンミラー P M の走査効率が 1 / 3 、走査ユニット U n の数が 6 つとしたので、6 つの選択用光学素子 A O M n (A O M 1 ~ A O M 6) を 2 つの光学素子モジュール O M 1 、 O M 2 に分け、それに対応して 6 つの走査ユニット U n (U 1 ~ U 6) を 2 つの走査モジュールに分けた。しかしながら、ポリゴンミラー P M の走査効率が 1 / M 、走査ユニット U n および選択用光学素子 A O M n の数が Q の場合は、Q 個の選択用光学素子 A O M n を Q / M 個の光学素子モジュール O M 1 、 O M 2 、 . . . に分け、Q 個の走査ユニット U n を Q / M 個の走査モジュールに分ければよい。この場合、各光学素子モジュール O M 1 、 O M 2 、 . . . の各々に含まれる選択用光学素子 A O M n の数は等しく、また、Q / M 個の走査モジュールの各々に含まれる走査ユニット U n の数も等しくするのが好ましい。なお、この Q / M は、正数であることが好ましい。つまり、Q は、M の倍数であることが好ましい。

30

40

【 0 1 9 2 】

例えば、ポリゴンミラー P M の走査効率が 1 / 2 、走査ユニット U n および選択用光学素子 A O M n の数が 6 つの場合は、6 つの選択用光学素子 A O M n を 3 つの光学素子モジュール O M 1 、 O M 2 、 O M 3 に等しく分け、6 つの走査ユニット U n を 3 つの走査モジュールに等しく分ければよい。そして、第 1 の状態の場合は、3 つの光学素子モジュール O M 1 、 O M 2 、 O M 3 を並列に配置して、3 つの光学素子モジュール O M 1 、 O M 2 、 O M 3 の各々に 3 つの光源装置 1 4 からのビーム L B (この場合、L B a 、 L B b 、 L B c) が並行して入射するようにし、第 2 の状態の場合は、3 つの光学素子モジュール O M 1 、 O M 2 、 O M 3 を直列に配置して、1 つの光源装置 1 4 からのビーム L B が 3 つの光学素子モジュール O M 1 、 O M 2 、 O M 3 をシリアルに通るように入射させればよい。

50

【0193】

以上のように本第2の実施の形態では、走査ユニット U_n のポリゴンミラーPMによるビームLB n （スポット光SP）の偏向（走査）が、ポリゴンミラーPMの連続した反射面RP毎に繰り返される第1の状態（第1の描画モード）と、ポリゴンミラーPMの少なくとも1つ置きに反射面RP毎に繰り返される第2の状態（第2の描画モード）とのいずれか一方に切り換わるように、ビーム切換制御部102がビーム切換部材16Aを制御して、複数の走査ユニット U_n の各々によるスポット光SPの1次元走査を順番に行わせた。これにより、上記第1の実施の形態と同様の効果を得ることができるとともに、面飛ばしでスポット光SPの走査を行うか、面飛ばしをしないでスポット光SPの走査を行うかを切り換えることができる。

10

【0194】

第1の状態の場合は、ポリゴンミラーPMの走査効率（ α/β ）が1/2未満となる場合に、走査効率の逆数に応じた数の走査ユニット U_n を1つの走査モジュールとしてグループ化し、そのグループ化された走査モジュールの複数を用いて、各走査モジュール毎に、その内の1つの走査ユニット U_n がスポット光SPの1次元走査を行う。これにより、複数の描画ラインSL n のうち、走査モジュールの数と同じ数の描画ラインSL n を同時にスポット光SPで走査させることができる。また、第2の状態の場合は、ポリゴンミラーPMの少なくとも1つ置きに反射面RP毎にビーム走査を行うように制御されるので、ポリゴンミラーPMの走査効率（ α/β ）の逆数に応じた数よりも多い複数の走査ユニット U_n があっても、ビームLBを有効に活用しつつ、その複数の走査ユニット U_n の全てが、描画ラインSL n に沿ってスポット光SPを走査させることができる。

20

【0195】

上記の第1の状態の場合、グループ化された2つの走査モジュールには、光源装置14A、14Bの各々からのビームLB a 、LB b が並行して入射されるので、ビーム切換部材16A内の選択用光学素子AOM1～AOM6の各々は、ビーム切換制御部102によって、グループ化された走査モジュール単位で、ビームLB1～LB6が対応する走査ユニットU1～U6に時分割で入射するように、オン/オフ状態をスイッチングされる。

【0196】

ビーム切換部材16Aに設けられた配置切換部材SWEは、第1の光源装置14AからのビームLB a を、6つの走査ユニットU1～U6のうちの3つの走査ユニットU1～U3の各々にビームLB1～LB3として振り分け、且つ、第2の光源装置14BからのビームLB b を、残りの3つの走査ユニットU4～U6の各々にビームLB4～LB6として振り分けるように、ビームLB a の光路に沿って3つの選択用光学素子AOM1～AOM3が直列に連なり、且つ、ビームLB b の光路に沿って選択用光学素子AOM4～AOM6が直列に連なる第1の配置状態と、1つの光源装置14AからのビームLB a を、6つの走査ユニットU1～U6の各々にビームLB1～LB6として振り分けるように、ビームLB a の光路に沿って6つの選択用光学素子AOM1～AOM6が直列に連なる第2の配置状態とを切り替えるものである。

30

【0197】

これにより、第1の状態の場合は、配置切換部材SWEによって第1の配置状態に設定することで、各走査ユニットU1～U6の各々が、ポリゴンミラーPMの連続した反射面RP毎にスポット光SPによる走査を繰り返すことができるとともに、6つの走査ユニットU1～U6のうちの2つの走査ユニットがほぼ同時にスポット光SPによる走査を行うことができる。また、第2の状態の場合は、配置切換部材SWEによって第2の配置状態に設定することで、ポリゴンミラーPMの少なくとも1つ置きに反射面RP毎のビーム走査ではあるが、6つの走査ユニットU1～U6の全てでスポット光SPによる走査を繰り返すことができる。

40

【0198】

したがって、本第2の実施態様によれば、描画装置の初期設置時のセットアップでは、1つの光源装置14Aを使って、第2の配置状態になるように配置切換部材SWEを設定

50

し、その後に基板 F S の搬送速度を上げたい場合は、第 2 の光源装置 1 4 B を増設して、第 1 の配置状態になるように配置切換部材 S W E を設定すればよく、ハードウェア上では、光源装置の増設、配置切換部材 S W E の切替え、と言った簡単な操作で描画装置をグレードアップできる。

【 0 1 9 9 】

なお、上記各実施の形態では、ポリゴンミラー P M のビーム L B n の偏向を行う反射面 R P に対して、ポリゴンミラー P M の回転方向の 1 つ手前の反射面 R P を用いて、原点信号 S Z n の検出を行ったが、ビーム L B n の偏向を行う反射面 R P 自体を用いて原点信号 S Z n の検出を行うようにしてもよい。この場合は、原点信号 S Z n、または原点信号 S Z n から求められる原点信号 S Z n' を時間 T p x だけ遅延させる必要はないので、原点信号 S Z n、または原点信号 S Z n' を副原点信号 Z P n とすればよい。

10

【 0 2 0 0 】

また、上記各実施の形態では、光源装置 1 4 (1 4 A、1 4 B) の描画用光変調器としての電気光学素子 3 6 を、描画ビット列データ S d w を用いてスイッチングするようにしたが、描画用光変調器として描画用光学素子 A O M を用いてもよい。この描画用光学素子 A O M は、音響光学変調素子 (A O M : Acousto-Optic Modulator) である。つまり、上記第 1 の実施の形態においては、光源装置 1 4 と初段の選択用光学素子 A O M 1 との間に描画用光学素子 A O M を配置し、描画用光学素子 A O M を透過した光源装置 1 4 からのビーム L B が選択用光学素子 A O M 1 に入射するようにしてもよい。この場合は、描画用光学素子 A O M は、描画ビット列データ S d w に応じてスイッチングされる。この場合であ

20

【 0 2 0 1 】

また、上記第 2 の実施の形態においては、第 1 の光源装置 1 4 A と第 1 の光学素子モジュール O M 1 の初段の選択用光学素子 A O M 1 との間と、第 2 の光源装置 1 4 B と第 2 の光学素子モジュール O M 2 の初段の選択用光学素子 A O M 4 との間に、それぞれ描画用光学素子 A O M (A O M a、A O M b) が配置される。つまり、描画用光学素子 A O M a を透過した光源装置 1 4 A からのビーム L B a が選択用光学素子 A O M 1 に入射し、描画用光学素子 A O M b を透過した光源装置 1 4 B からのビーム L B b が選択用光学素子 A O M 4 に入射する。この場合は、第 1 の状態の場合は、描画用光学素子 A O M a は、シリアルデータ D L 1 ~ D L 3 で構成される描画ビット列データ S d w に応じてスイッチングされ、描画用光学素子 A O M b は、シリアルデータ D L 4 ~ D L 6 で構成される描画ビット列データ S d w に応じてスイッチングされる。また、第 2 の状態の場合は、描画用光学素子 A O M a のみが、シリアルデータ D L 1 ~ D L 6 で構成される描画ビット列データ S d w に応じてスイッチングされる。

30

【 0 2 0 2 】

また、この描画用光学素子 A O M を走査ユニット U n 毎に設けてもよい。この場合は、描画用光学素子 A O M は、各走査ユニット U n の反射ミラー M 2 0 (図 7 参照) の手前に設けてもよい。この各走査ユニット U n (U 1 ~ U 6) の描画用光学素子 A O M は、各シリアルデータ D L n (D L 1 ~ D L 6) に応じてスイッチングされる。例えば、走査ユニット U 3 の描画用光学素子 A O M は、シリアルデータ D L 3 に応じてスイッチングされる。

40

【 0 2 0 3 】

[第 3 の実施の形態]

図 2 2 は、第 3 の実施の形態によるビーム切換部材 (ビーム配送ユニット) 1 6 B の構成を示し、ここでは、1 つの光源装置 1 4 から射出してビーム切換部材 1 6 B に入射するビーム L B w が円偏光の平行光束になっているものとする。ビーム切換部材 1 6 B には、6 つの選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6、2 つの吸収体 T R 1、T R 2、6 つのレンズ系 C G 1 ~ C G 6、ミラー M 3 0、M 3 1、M 3 2、集光レンズ C G 0、そして、偏光ビームスプリッタ B S 1 と 2 つの描画用光学素子 (音響光学変調素子) A O M a、A O M b が設けられる。なお、上記第 1 の実施の形態または上記第 2 の実施の形態と同様の構成に

50

ついては、同一の参照符号を付している。

【0204】

ビーム切換部材16Bに入射するビームLBwは、集光レンズCG0を通して偏光ビームスプリッタBS1によって、直線P偏光のビームLBpと直線S偏光のビームLBsに分離される。偏光ビームスプリッタBS1で反射されたS偏光のビームLBsは、描画用光学素子AOMaに入射する。描画用光学素子AOMaに入射したビームLBsは、集光レンズCG0の集光作用によって、描画用光学素子AOMa内でビームウエストとなるように収斂される。描画用光学素子AOMaには、ドライバ回路DRVnを介して、図16で示したような描画ビット列データSdw(DLn)が印加される。その描画ビット列データSdwは、ここでは奇数番の走査ユニットU1、U3、U5の各々に対応したシリアルデータDL1、DL3、DL5を合成したものとなっている。したがって、描画用光学素子AOMaは、描画ビット列データSdw(DLn)が「1」のときに、オン状態となって、入射したビームLBsの1次回折光を、偏向された描画ビーム(強度変調されたビーム)としてミラーM31に向けて射出する。ミラーM31で反射した描画ビームは、レンズ系CG1を通して選択用光学素子AOM1に入射する。また、描画ビット列データSdw(DLn)が「0」のときに描画用光学素子AOMaから射出される0次光(LBs)は、ミラーM31で反射されるが、後続のレンズ系CG1に入射しないような角度で進む。なお、レンズ系CG1は、描画用光学素子AOMaから発散して射出する描画ビームを選択用光学素子AOM1の回折部分で集光してビームウエストにする。

10

【0205】

選択用光学素子AOM1を透過した描画ビームは、レンズ系CG1と同様のレンズ系CG3を介して選択用光学素子AOM3に入射し、選択用光学素子AOM3を透過した描画ビームは、レンズ系CG1と同様のレンズ系CG5を介して選択用光学素子AOM5に入射する。図22では、3つの選択用光学素子AOM1、AOM3、AOM5がビーム光路に沿って直列に配置され、そのうちの選択用光学素子AOM3のみがオン状態となって、描画用光学素子AOMaで強度変調された描画ビームが、対応する走査ユニットU3にビームLB3として入射される。なお、レンズ系CG1、CG3、CG5は、図5や図17中の1枚のコリメートレンズCLと1枚の集光レンズCDとを組み合わせたものに相当する。

20

【0206】

一方、偏光ビームスプリッタBS1を透過したP偏光のビームLBpは、ミラーM30で反射されて描画用光学素子AOMbに入射する。描画用光学素子AOMbに入射したビームLBpは、集光レンズCG0の集光作用によって、描画用光学素子AOMb内でビームウエストとなるように収斂される。描画用光学素子AOMbには、ドライバ回路DRVnを介して、図16で示したような描画ビット列データSdw(DLn)が印加される。描画ビット列データSdwは、偶数番の走査ユニットU2、U4、U6の各々に対応したシリアルデータDL2、DL4、DL6を合成したものとなっている。したがって、描画用光学素子AOMbは、描画ビット列データSdw(DLn)が「1」のときに、オン状態となって、入射したビームLBpの1次回折光を、偏向された描画ビーム(強度変調されたビーム)としてミラーM32に向けて射出する。ミラーM32で反射した描画ビームは、レンズ系CG1と同様のレンズ系CG2を通して選択用光学素子AOM2に入射する。また、描画ビット列データSdw(DLn)が「0」のときに描画用光学素子AOMbから射出される0次光(LBp)は、ミラーM32で反射されるが、後続のレンズ系CG2に入射しないような角度で進む。なお、レンズ系CG2は、描画用光学素子AOMbから発散して射出する描画ビームを選択用光学素子AOM2の回折部分で集光してビームウエストにする。

30

40

【0207】

選択用光学素子AOM2を透過した描画ビームは、レンズ系CG1と同様のレンズ系CG4を介して選択用光学素子AOM4に入射し、選択用光学素子AOM4を透過した描画ビームは、レンズ系CG1と同様のレンズ系CG6を介して選択用光学素子AOM6に入

50

射する。図 2 2 では、3 つの選択用光学素子 A O M 2、A O M 4、A O M 6 がビーム光路に沿って直列に配置され、そのうちの選択用光学素子 A O M 2 のみがオン状態となって、描画用光学素子 A O M b で強度変調された描画ビームが、対応する走査ユニット U 2 にビーム L B 2 として入射される。なお、レンズ系 C G 2、C G 4、C G 6 は、図 5 や図 1 7 中の 1 枚のコリメートレンズ C L と 1 枚の集光レンズ C D とを組み合わせたものに相当する。

【 0 2 0 8 】

以上の図 2 2 のようなビーム切換部材（ビーム配送ユニット）1 6 B を用いると、1 つの光源装置 1 4 からのビーム L B w を偏光ビームスプリッタ B S 1 で 2 つに分割し、その一方のビーム L B s から描画用光学素子 A O M a によって生成される描画ビーム（L B 1、L B 3、L B 5）を、奇数番の走査ユニット U 1、U 3、U 5 のいずれか 1 つに順番に入射させ、偏光ビームスプリッタ B S 1 で分割された他方のビーム L B p から描画用光学素子 A O M b によって生成される描画ビーム（L B 2、L B 4、L B 6）を、偶数番の走査ユニット U 2、U 4、U 6 のいずれか 1 つに順番に入射させることができる。

10

【 0 2 0 9 】

この第 3 の実施の形態では、光源装置 1 4 からのビーム L B w を偏光ビームスプリッタ B S 1 で 2 つに分割した後に、描画用光学素子 A O M a、A O M b でパターンデータに基づいたビーム L B の強度変調が行われるため、6 つの走査ユニット U 1 ~ U 6 の各々によるスポット光 S P の強度は、偏光ビームスプリッタ B S 1 での減衰を - 5 0 %、描画用光学素子 A O M a、A O M b と各選択用光学素子 A O M n での減衰を - 2 0 %、各走査ユニット U 1 ~ U 6 内での減衰を - 3 0 % とすると、元のビーム L B w の強度（1 0 0 %）の約 2 2 . 4 % になる。しかしながら、6 つの走査ユニット U 1 ~ U 6 の各々のポリゴンミラー P M の走査効率が 1 / 3 以下であり、1 つの光源装置 1 4 からのビーム L B w を使う場合は、ポリゴンミラー P M の反射面 R P を 1 面飛ばしでビーム走査することなく、6 つの描画ライン S L n の各々でスポット光 S P の走査によるパターン描画ができる。

20

【 0 2 1 0 】

〔変形例 1〕

第 3 の実施の形態のように、奇数番の選択用光学素子 A O M 1、A O M 3、A O M 5 に入射するビーム L B s と、偶数番の選択用光学素子 A O M 2、A O M 4、A O M 6 に入射するビーム L B p との偏光方向が直交している場合、奇数番の選択用光学素子 A O M n と偶数番の選択用光学素子 A O M n とは、ビーム入射軸の回りに相対的に 9 0 度回転して配置する必要がある。図 2 3 は、例えば、奇数番の選択用光学素子 A O M 1、A O M 3、A O M 5 のうちの選択用光学素子 A O M 3 を偶数番の選択用光学素子 A O M n に対して 9 0 度回転させて配置する場合の構成を示す。選択用光学素子 A O M 3 は、レンズ系 C G 3 を通った S 偏光の描画ビームを入射するので、回折効率が高い方向は X Y 平面と平行な Y 方向になる。すなわち、選択用光学素子 A O M 3 内に生成される回折格子の周期方向が Y 方向になるように、選択用光学素子 A O M 3 を 9 0 度回転して配置する。

30

【 0 2 1 1 】

このような選択用光学素子 A O M 3 の配置により、選択用光学素子 A O M 3 がオン状態のときに偏向されて射出するビーム L B 3 は、0 次光の進行方向に対して、Y 方向に傾いて進む。そのため、0 次光の光路からビーム L B 3 を分離して、ビーム L B 3 が支持部材 I U B の開口部 T H 3 を Z 方向に通過させるように、選択用光学素子 A O M 3 からのビーム L B 3 を X Y 平面内で反射させるミラー I M 3 a と、ミラー I M 3 a で反射されたビーム L B 3 を開口部 T H 3 に通すように - Z 方向に反射するミラー I M 3 b が設けられる。他の奇数番の選択用光学素子 A O M 1、A O M 5 の各々についても、同様に、ミラー I M 1 a と I M 1 b の組、ミラー I M 5 a と I M 5 b の組が設けられる。さらに、図 2 2 の構成では、描画用光学素子 A O M a、A O M b に入射するビーム L B s、L B p の偏光方向が直交していることから、描画用光学素子 A O M a、A O M b はビーム入射軸の回りに相対的に 9 0 度回転させた関係で配置することになる。

40

【 0 2 1 2 】

50

ただし、図 2 2 中の偏光ビームスプリッタ B S 1 を振幅分割のビームスプリッタやハーフミラーにする場合は、ビーム L B w の偏光方向を一方向のみ（例えば P 偏光）にすれば、描画用光学素子 A O M a、A O M b の一方、奇数番の選択用光学素子 A O M n と偶数番の選択用光学素子 A O M n の一方を、図 2 3 のように相対的に 90 度回転させて配置する必要はない。

【 0 2 1 3 】

〔変形例 2〕

第 3 の実施の形態では、6 つの選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6 の各々に対応した走査ユニット U 1 ~ U 6 の全てが、ポリゴンミラー P M の全ての反射面 R P 毎に描画ライン S L 1 ~ S L 6 の各々に沿ったスポット光 S P の走査を行える構成となっている。そこで、奇数番の選択用光学素子 A O M 1、A O M 3、A O M 5 を順番に通ってきた描画ビーム（描画用光学素子 A O M a で変調されたビーム）を入射するように、図 2 2 の選択用光学素子 A O M 5 と吸収体 T R 2 の間に、さらに 3 つの選択用光学素子 A O M 7、A O M 9、A O M 11 を直列に設け、偶数番の選択用光学素子 A O M 2、A O M 4、A O M 6 を順番に通ってきた描画ビーム（描画用光学素子 A O M b で変調されたビーム）を入射するように、選択用光学素子 A O M 6 と吸収体 T R 1 の間に、さらに 3 つの選択用光学素子 A O M 8、A O M 10、A O M 12 を直列に設ける。そして、選択用光学素子 A O M 7 ~ A O M 12 の各々で偏向（スイッチング）されたビーム L B 7 ~ L B 12 が導入される 6 つの走査ユニット U 7 ~ U 12 を増設し、合計 12 個の走査ユニット U 1 ~ U 12 を基板 F S の幅方向（Y 方向）に配置する。これによって、12 本の描画ライン S L 1 ~ S L 12 の継ぎ描画露光が可能となり、Y 方向の最大露光幅を 2 倍に拡大できる。

【 0 2 1 4 】

この場合、走査ユニット U 1 ~ U 12 の各々のポリゴンミラー P M の走査効率が 1 / 3 以下である場合、第 1 の描画モジュールとしてグループ化される奇数番の走査ユニット U 1、U 3、U 5、U 7、U 9、U 11、および第 2 の描画モジュールとしてグループ化される偶数番の走査ユニット U 2、U 4、U 6、U 8、U 10、U 12 は、いずれも、ポリゴンミラー P M の反射面 R P の 1 面置きにビーム L B n を走査する。このようにすると、基板 F S の Y 方向の幅が大きくなった場合でも、走査ユニット U 7 ~ U 12、選択用光学素子 A O M 7 ~ A O M 12 等を追加するだけで、大きな露光領域 W（図 3）に対するパターン描画が可能となる。このように、6 つの走査ユニット U 7 ~ U 12 と選択用光学素子 A O M 7 ~ A O M 12 を増設して、12 個の走査ユニット U 1 ~ U 12 にする構成は、先の第 2 の実施の形態（図 1 7 ~ 図 1 9）で説明した 2 つの光源装置 1 4 A、1 4 B を用いる場合にも同様に適用できる。

【 0 2 1 5 】

〔変形例 3〕

図 2 4 は、変形例 3 による基板 F S の搬送形態と走査ユニット U n（描画ライン S L n）との配置関係を示し、ここでは、変形例 2 のように 12 個の走査ユニット U 1 ~ U 12 を設け、各走査ユニット U n の描画ライン S L 1 ~ S L 12 を Y 方向に継ぎ描画露光できるように、回転ドラム D R 上に配置する。また、図 1 に示した基板搬送機構 12 における回転ドラム D R や各種のローラ R 1 ~ R 3、R T 1、R T 2 等の回転軸方向（Y 方向）の長さを H d、12 個の走査ユニット U n による継ぎ描画によって露光可能な Y 方向の最大描画幅を S h（ $S h < H d$ ）、露光可能な基板 F S 0 の最大支持幅を T d とする。変形例 3 における 12 の描画ライン S L 1 ~ S L 12 の各々に対応する 12 の走査ユニット U 1 ~ U 12 の各々は、図 2 2（第 3 の実施の形態）のように、1 つの光源装置 1 4 からのビーム L B w をビームスプリッタやハーフミラーで 2 分割する方式のビーム切換部材（ビーム配送ユニット）16 B、或いは、図 1 9（第 2 の実施の形態）のように、2 つの光源装置 1 4 A、1 4 B の各々からのビーム L B a、L B b を用いる方式のビーム切換部材（ビーム配送ユニット）16 A から、対応する 12 のビーム L B 1 ~ L B 12 を時分割で入射するように構成される。したがって、例えば各描画ライン S L 1 ~ S L 12 の Y 方向の長さが 50 mm の場合、最大描画幅 S h は 600 mm となり、一例として最大支持幅 T d と

なる基板 F S 0 の幅を 6 5 0 m m、回転ドラム D R の長さ H d を 7 0 0 m m 程度にすることができる。

【 0 2 1 6 】

図 2 4 のような描画装置によって、最大支持幅 T d と同じ幅の基板 F S 0 の露光を行う場合、先の図 2、図 3 で示した 4 つのアライメント顕微鏡 A M 1 ~ A M 4 (観察領域 V w 1 ~ V w 4) の他に、3 つのアライメント顕微鏡 A M 5 ~ A M 7 (観察領域 V w 5 ~ V w 7) を Y 方向に増設する。その場合、基板 F S 0 の幅方向の両側に位置するアライメント顕微鏡 A M 1 (観察領域 V w 1) とアライメント顕微鏡 A M 7 (観察領域 V w 7) は、基板 F S 0 の両側に、X 方向に一定ピッチで形成されるアライメントマークを検出する。また、アライメント顕微鏡 A M 4 (観察領域 V w 4) は、最大支持幅 T d のほぼ中央に位置するように配置される。

10

【 0 2 1 7 】

また、先の各実施の形態で説明したような 6 つの走査ユニット U 1 ~ U 6 の各々による描画ライン S L 1 ~ S L 6 によって露光領域 W にパターン描画が可能な基板 F S 1 の場合、その幅 T d 1 は、回転ドラム D R の最大支持幅 T d の半分程度であるので、基板 F S 1 は、例えば、回転ドラム D R の外周面の - Y 方向側に寄せて搬送される。その際、基板 F S 1 上のアライメントマーク M K 1 ~ M K 4 (図 3) の各々は、4 つのアライメント顕微鏡 A M 1 ~ A M 4 の各観察領域 V w 1 ~ V w 4 によって検出可能である。そして、基板 F S 1 の露光の場合は、6 つの走査ユニット U 1 ~ U 6 だけを使用すればよいので、走査ユニット U 1 ~ U 6 の各々は、ポリゴンミラー P M の連続した反射面 R P ごとのビーム走査、またはポリゴンミラー P M の 1 反射面 R P 置ききのビーム走査のどちらのモードでも、各描画ライン S L 1 ~ S L 6 に沿ったスポット走査が可能である。

20

【 0 2 1 8 】

例えば、第 2 の実施の形態のように、2 つの光源装置 1 4 A、1 4 B の各々からのビーム L B a、L B b をともに使うように設定されている場合、光源装置 1 4 A からのビーム L B a は、奇数番の走査ユニット U 1、U 3、U 5、U 7、U 9、U 1 1 の各々に対応した選択用光学素子 A O M 1、A O M 3、A O M 5、A O M 7、A O M 9、A O M 1 1 を直列に透過するように、ビーム切換部材 1 6 A 内でグループ化され、光源装置 1 4 A からのビーム L B a は、偶数番の走査ユニット U 2、U 4、U 6、U 8、U 1 0、U 1 2 の各々に対応した選択用光学素子 A O M 2、A O M 4、A O M 6、A O M 8、A O M 1 0、A O M 1 2 を直列に透過するように、ビーム切換部材 1 6 A 内でグループ化される。そして、基板 F S 1 の露光の際には、ポリゴンミラー P M の連続した反射面 R P 毎に出力される 3 つの原点信号 S Z 1、S Z 3、S Z 5 のみに基づいて、奇数番の走査ユニット U 1、U 3、U 5 の順番で、ポリゴンミラー P M の連続した反射面 R P 毎のビーム走査が繰り返されるように制御され、ポリゴンミラー P M の連続した反射面 R P 毎に出力される 3 つの原点信号 S Z 2、S Z 4、S Z 6 のみに基づいて、偶数番の走査ユニット U 2、U 4、U 6 の順番で、ポリゴンミラー P M の連続した反射面 R P 毎のビーム走査が繰り返されるように制御される。

30

【 0 2 1 9 】

さらに、最大支持幅 T d よりも小さく、基板 F S 1 の幅 T d 1 よりも大きい幅 T d 2 の基板 F S 2 に対して露光を行う場合は、基板 F S 2 を回転ドラム D R の最大支持幅 T d の中央部分に合せるようにして搬送する。その際、基板 F S 2 上の露光領域 W は、Y 方向に接続した 8 個の走査ユニット U 3 ~ U 1 0 の各々による描画ライン S L 3 ~ S L 1 0 によって描画されるものとする。このような場合、光源装置 1 4 A からのビーム L B a (強度変調された描画ビーム) を入射する奇数番の 4 つの選択用光学素子 A O M 3、A O M 5、A O M 7、A O M 9 が、時分割でビーム L B 3、L B 5、L B 7、L B 9 のいずれか 1 つを順番に生成し、光源装置 1 4 B からのビーム L B b (強度変調された描画ビーム) を入射する偶数番の 4 つの選択用光学素子 A O M 4、A O M 6、A O M 8、A O M 1 0 が、時分割でビーム L B 4、L B 6、L B 8、L B 1 0 のいずれか 1 つを順番に生成するように制御される。したがって、少なくとも 8 個の走査ユニット U 3 ~ U 1 0 の各々は、ポリゴ

40

50

ンミラー P M の 1 反射面 R P 置き の ビーム 走査 の モード に 設定 される。

【 0 2 2 0 】

そして、基板 F S 2 の露光の際には、奇数番の走査ユニット U 3、U 5、U 7、U 9 の各々のポリゴンミラー P M の 1 反射面 R P 置きに出力される 4 つの副原点信号 Z P 3、Z P 5、Z P 7、Z P 9 のみに基づいて、奇数番の走査ユニット U 3、U 5、U 7、U 9 の順番で、ポリゴンミラー P M の 1 反射面 R P 置き毎にビーム走査が繰り返されるように制御され、偶数番の走査ユニット U 4、U 6、U 8、U 10 の各々のポリゴンミラー P M の 1 反射面 R P 置きに出力される 4 つの副原点信号 Z P 4、Z P 6、Z P 8、Z P 10 のみに基づいて、偶数番の走査ユニット U 4、U 6、U 8、U 10 の順番で、ポリゴンミラー P M の 1 反射面 R P 置き の ビーム 走査 が 繰り返 される よう に 制御 される。なお、図 2 4 では、基板 F S 2 上の幅方向の両側に形成されるアライメントマーク（図 3 中のマーク M K 1、M K 4 に相当）が、アライメント顕微鏡 A M 2、A M 6 の各観察領域 V w 2、V w 6 で検出されるような関係で配置されているが、露光領域 W の Y 方向のサイズによっては、必ずしもそのような関係で配置できないこともある。その場合は、7 つのアライメント顕微鏡 A M 1 ~ A M 7 のうちの幾つかを Y 方向に移動可能な構成を設け、観察領域 V w 1 ~ V w 7 の Y 方向の位置間隔を調整可能としておくといよい。

10

【 0 2 2 1 】

以上の変形例 3 によれば、露光すべき基板 F S の幅や露光領域 W の Y 方向の寸法に応じて、必要な走査ユニット U n のみを使った効率的な露光が可能となる。また、図 2 4 のように 1 2 個の走査ユニット U 1 ~ U 12 の各々のポリゴンミラー P M の走査効率が 1 / 3 以下である場合は、例えば、各ポリゴンミラー P M の 3 反射面 R P 置きにビーム走査を行うようにすれば、1 つの光源装置 1 4 からのビームであっても、最大描画幅 S h に渡って良好にパターン描画が可能となる。

20

【 0 2 2 2 】

また、9 個の走査ユニット U 1 ~ U 9 で描画装置を構成する場合は、奇数番の 5 個の走査ユニット U 1、U 3、U 5、U 7、U 9 と、偶数番の 4 個の走査ユニット U 2、U 4、U 6、U 8 とが使われる。そのため、9 個の走査ユニット U 1 ~ U 9 の全てによる描画ライン S L 1 ~ S L 9 によって露光領域 W にパターン描画する際は、ポリゴンミラー P M の走査効率が 1 / 3 以下である場合、例えば、各ポリゴンミラー P M の 1 反射面 R P 置きにビーム走査を行うようにすればよい。ただし、この場合は、奇数番の走査ユニット U 1、U 3、U 5、U 7、U 9 の各々の原点信号 S Z n から生成される副原点信号 Z P 1、Z P 3、Z P 5、Z P 7、Z P 9 のみを、その順番で参照することを繰り返して、奇数番の描画ライン S L 1、S L 3、S L 5、S L 7、S L 9 の各々でのスポット走査を行い、偶数番の走査ユニット U 2、U 4、U 6、U 8 の各々の原点信号 S Z n から生成される副原点信号 Z P 2、Z P 4、Z P 6、Z P 8 のみを、その順番で参照することを繰り返して、偶数番の描画ライン S L 2、S L 4、S L 6、S L 8 の各々でのスポット走査を行えばよい。

30

【 0 2 2 3 】

以上、変形例 3 では、描画ライン S L n に沿って光源装置 1 4 からのビームのスポット光 S P を走査する複数の走査ユニット U n を、各描画ライン S L n によって描画されるパターンが基板 F S 上で描画ライン S L n の方向（主走査方向）に継がれるように配置し、複数の走査ユニットと基板 F S とを主走査方向と交差する副走査方向に相対移動させる描画装置を用いたパターン描画方法であって、複数の走査ユニット U n のうちで、基板 F S の主走査方向の幅、または基板 F S 上のパターン描画される露光領域の主走査方向の幅、或いはその露光領域の位置に対応した特定の走査ユニットを選定することと、光源装置 1 4 からのビームを配送するビーム配送ユニットを介して、特定の走査ユニットの各々で描画すべきパターンデータに基づいて強度変調された描画ビームを特定の走査ユニットの各々に択一的に順次供給することと、を含むパターン描画方法が提供される。これにより、変形例 3 では、基板 F S の幅が変わったり、基板 F S 上の露光領域 W の幅や位置が変わったりしても、基板 F S の Y 方向の搬送位置を適切に定めることで、高い継ぎ精度を維持し

40

50

た精密なパターン描画が可能となる。なお、その際、複数の走査ユニットの全てのポリゴンミラーPMの間で、回転速度や回転角度位相を同期させるのではなく、パターン描画に寄与する特定の走査ユニットのポリゴンミラーPMの間でだけ、回転速度や回転角度位相を同期させてもよい。

【0224】

〔変形例4〕

さらに、9個の走査ユニットU1～U9を使う描画装置の別の構成として、奇数番と偶数番とでグループ分けするのではなく、単純に、走査ユニットUnが並んだ順に2つのグループに分けることもできる。すなわち、6個の走査ユニットU1～U6による第1の走査モジュールと、3個の走査ユニットU7～U9による第2の走査モジュールとに分け、第1の走査モジュールに対しては、第1の光源装置14AからのビームLBaを供給し、第2の走査モジュールに対しては、第2の光源装置14BからのビームLBbを供給するようにしてもよい。その場合、ポリゴンミラーPMの走査効率(α/β)が、 $1/4 < (\alpha/\beta) < 1/3$ であると、第1の走査モジュール内の6個の走査ユニットU1～U6の各々は、先の第1の実施の形態(図13)と同様に、ポリゴンミラーPMの1反射面RP置き of ビーム走査によって、各描画ラインSL1～SL6に沿ったスポット光SPの走査を行うことになる。

10

【0225】

これに対して、第2の走査モジュール内の3個の走査ユニットU7～U9の各々は、ポリゴンミラーPMの全ての反射面RP毎にビーム走査することができる。したがって、3個の走査ユニットU7～U9の各々が、そのままポリゴンミラーPMの全ての反射面RP毎にビーム走査を行ってしまうと、6個の走査ユニットU1～U6の各々による各描画ラインSL1～SL6におけるスポット光SPの走査の繰り返し時間間隔 ΔT_{c1} と、3個の走査ユニットU7～U9の各々による各描画ラインSL7～SL9におけるスポット光SPの走査繰り返し時間間隔 ΔT_{c2} とが、 $\Delta T_{c1} = 2\Delta T_{c2}$ の関係になり、描画ラインSL1～SL6によって基板FS上に描画されるパターンと、描画ラインSL7～SL9によって基板FS上に描画されるパターンとは異なったものになってしまい、良好な継ぎ露光ができない。

20

【0226】

そこで、ポリゴンミラーPMの全ての反射面RP毎のビーム走査が可能な3個の走査ユニットU7～U9の各々においても、ポリゴンミラーPMの1反射面RP置き of ビーム走査を行わせるように制御する。このような制御は、走査ユニットU7～U9の各々から発生する原点信号SZ7～SZ9を、図11の回路、または図19中の副原点生成回路Can等に入力して副原点信号ZP7～ZP9を生成すること、その副原点信号ZP7～ZP9に应答して、対応する選択用光学素子AOM7～AOM9の各々を一定時間Tonだけ順次オン状態にするとともに、描画ラインSL7～SL9の各々で描画すべきパターンに対応した描画用のシリアルデータDL7～DL9の各々を第2の光源装置14B内の電気光学素子36の駆動回路36aに順次送出することで実現できる。

30

【0227】

〔変形例5〕

図25は、変形例5による選択用光学素子AOMnのドライバ回路DRVnの構成を示す。先の各実施の形態や変形例で説明したように、複数の走査ユニットUnの各々が、ポリゴンミラーPMの1反射面RP以上置きにビーム走査するような場合、光源装置14(14A、14B)から射出されるビームLB(LBa、LBb)や、描画用光学素子AOMa、AOMbから射出されるビームLBs、LBpは、その光路に沿って配置された複数の選択用光学素子AOMnを透過する。図25では、ビームLBが、選択用光学素子AOM1、AOM2を透過した後、選択用光学素子AOM3でスイッチングされて、走査ユニットU3に向かうビームLB3が発生している。一般に、選択用光学素子AOMn内の光学材料は、紫外波長域のビームLB(例えば波長355nm)に対して比較的高い透過率を有しているが、数パーセント程度の減衰率を持っている。

40

50

【 0 2 2 8 】

個々の選択用光学素子 A O M n の透過率を 9 5 % とした場合、図 2 5 のように選択用光学素子 A O M 3 がオン状態となるとき、選択用光学素子 A O M 3 に入射するビーム L B の強度は、2 つの選択用光学素子 A O M 1、A O M 2 による減衰を受けるので、選択用光学素子 A O M 1 に入射する元のビーム強度 (1 0 0 %) に対して、約 9 0 % (0.95^2) になる。さらに、6 個の選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6 が連なっている場合、最後の選択用光学素子 A O M 6 に入射するビーム L B の強度は、5 つの選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 5 による減衰を受けるので、元のビーム強度 (1 0 0 %) に対して、約 7 7 % (0.95^5) になる。

【 0 2 2 9 】

このことから、6 個の選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6 の各々に入射するビーム L B の強度は、順番に、1 0 0 %、9 5 %、9 0 %、8 5 %、8 1 %、7 7 % となる。このことは、選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6 の各々で偏向されて射出するビーム L B 1 ~ L B 6 の強度も、その比率で変わってくることを意味する。そこで、本変形例 5 では、図 1 9 で示した複数の選択用光学素子 A O M n の各々のドライバ回路 D R V n において、選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6 の駆動条件を調整して、ビーム L B 1 ~ L B 6 の強度の変動を少なくするように制御する。

【 0 2 3 0 】

図 2 5 において、ドライバ回路 D R V 1 ~ D R V 6 (D R V 5、D R V 6 は図示を省略) はいずれも同じ構成であるので、詳細な説明はドライバ回路 D R V 1 のみについて行う。先の図 1 9 に示したように、ドライバ回路 D R V 1 ~ D R V 6 の各々には、選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6 (図 2 5 では、A O M 5、A O M 6 の図示を省略) の各々のオン状態の時間 T o n を設定する情報と副原点信号 Z P 1 ~ Z P 6 とが入力される。また、図 2 5 の構成では、選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6 の各々に超音波を印加するための高周波発信源 2 0 0 が共通に設けられる。ドライバ回路 D R V 1 は、高周波発信源 2 0 0 からの高周波信号を受けて、それを高電圧の振幅に増幅するアンプ 2 0 2 に伝達するか否かを高速に切替えるスイッチング素子 2 0 1 と、時間 T o n を設定する情報と副原点信号 Z P 1 とに基づいてスイッチング素子 2 0 1 の開閉を制御するロジック回路 2 0 3 と、アンプ 2 0 2 の増幅率 (ゲイン) を調整して選択用光学素子 A O M 1 に印加する高圧の高周波信号の振幅を調整するゲイン調整器 2 0 4 とを備える。

【 0 2 3 1 】

選択用光学素子 A O M 1 に印加する高圧の高周波信号の振幅を許容範囲内で変えると、選択用光学素子 A O M 1 の回折効率が微調でき、偏向されて射出するビーム L B 1 (1 次回折光) の強度を変えることが可能である。そこで、本変形例 5 では、光源装置 1 4 に近い側の選択用光学素子 A O M 1 のドライバ回路 D R V 1 から、光源装置 1 4 から離れた側の選択用光学素子 A O M 6 のドライバ回路 D R V 6 の順に、各選択用光学素子 A O M n に印加される高圧の高周波信号の振幅が高くなるように、ゲイン調整器 2 0 4 を調整する。例えば、ビーム L B の光路の終端の選択用光学素子 A O M 6 に印加される高圧の高周波信号の振幅を最も回折効率が高くなるような値 V a 6 に設定し、ビーム L B の光路の最初の選択用光学素子 A O M 1 に印加される高圧の高周波信号の振幅を、許容範囲内で回折効率が低下した状態となるような値 V a 1 に設定する。その間の選択用光学素子 A O M 2 ~ A O M 5 に印加される高圧の高周波信号の振幅 V a 2 ~ V a 5 は、 $V a 1 < V a 2 < V a 3 < V a 4 < V a 5 < V a 6$ になるように設定される。

【 0 2 3 2 】

以上の設定により、6 個の選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 6 の各々から射出されるビーム L B 1 ~ L B 6 の強度バラツキを緩和、若しくは抑えることが可能である。これによって、各描画ライン S L 1 ~ S L 6 の各々によって描画されるパターンの露光量のバラツキを抑えることができ、高精度なパターン描画が可能となる。なお、各ドライバ回路 D R V 1 ~ D R V 6 によって設定される高圧の高周波信号の振幅 V a 1 ~ V a 6 は、その順番で漸次大きくする必要はなく、例えば、 $V a 1 = V a 2 < V a 3 = V a 4 < V a 5 = V a$

10

20

30

40

50

6 の関係であってもよい。また、各走査ユニット U 1 ~ U 6 毎に、スポット光 S P となる描画用のビーム L B 1 ~ L B 6 の強度を調整する方式は、変形例 5 のような方法以外に、各走査ユニット U 1 ~ U 6 内の光路中に、所定の透過率を有する減光フィルタ (N D フィルタ) を設ける方法であってもよい。

【 0 2 3 3 】

なお、図 2 5 のドライバ回路 D R V n では、高周波発信源 2 0 0 からの高周波信号をスイッチング素子 2 0 1 によってアンプ 2 0 2 に伝達するか否かを切替えるものとした。しかしながら、選択用光学素子 A O M n のオン / オフの切替え時の応答性 (立上り特性) を高めるために、回折効率が実質的にゼロとみなせる状態、例えば、1 次回折光の強度がオン時の強度に対して $1 / 1000$ 以下になるような低レベルの高周波信号を、選択用光学素子 A O M n に常に印加し続け、オン状態のときだけ適正な高レベルの高周波信号を選択用光学素子 A O M n に印加するようにしてもよい。図 2 6 は、そのようなドライバ回路 D R V n の構成を示し、ここでは代表してドライバ回路 D R V 1 の構成を示し、図 2 5 中の部材と同じものには同じ符号を付してある。

【 0 2 3 4 】

図 2 6 の構成では、直列接続された 2 つの抵抗 R E 1、R E 2 を追加する。抵抗 R E 1、R E 2 の直列回路は、スイッチング素子 2 0 1 の手前で高周波発信源 2 0 0 に並列に挿入され、抵抗比 $R E 2 / (R E 1 + R E 2)$ で分圧された高周波発信源 2 0 0 からの高周波信号が、常時アンプ 2 0 2 に印加されている。抵抗 R E 2 を可変抵抗器にし、スイッチング素子 2 0 1 がオフ (非導通) 状態のときに、選択用光学素子 A O M 1 から射出する 1 次回折光、すなわち、ビーム L B 1 の強度が十分に小さな値 (例えば本来の強度の $1 / 1000$ 以下) となるように、選択用光学素子 A O M 1 に印加される高周波信号のレベルを調整する。このように、抵抗 R E 1、R E 2 によって、選択用光学素子 A O M 1 に高周波信号のバイアス (嵩上げ) を印加することで、応答性を高められる。なお、この場合、スイッチング素子 2 0 1 がオフ (非導通) 状態の間も、極めて弱い強度ではあるが、ビーム L B 1 が対応する走査ユニット U 1 に入射するので、何らかのトラブルによって、描画動作中に基板 F S の搬送速度が低減したり、停止したりするような場合は、光源装置 1 4 (1 4 A、1 4 B) の出口に設けたシャッタを閉じたり、減光フィルターを挿入したりする。

【 0 2 3 5 】

〔 変形例 6 〕

以上の各実施の態様、各変形例では、シート状の基板 F S を回転ドラム D R の外周面に密接させた状態で、円筒面状に湾曲した基板 F S の表面に、複数の走査ユニット U n の各々による描画ライン S L n に沿ってパターン描画を行うようにした。しかしながら、例えば、国際公開第 2 0 1 3 / 1 5 0 6 7 7 号公報に開示されているように、基板 F S を平面状に支持しつつ長尺方向に送りながら露光処理するような構成であってもよい。この場合、基板 F S の表面が X Y 平面と平行に設定されるものとする、例えば、図 1、図 2 に示した奇数番の走査ユニット U 1、U 3、U 5 の各照射中心軸 L e 1、L e 3、L e 5 と、偶数番の走査ユニット U 2、U 4、U 6 の各照射中心軸 L e 2、L e 4、L e 6 とが、X Z 平面と平行な面内でみると互いに Z 軸と平行で、且つ、X 方向に一定の間隔で位置するように複数の走査ユニット U 1 ~ U 6 を配置すればよい。

【 符号の説明 】

【 0 2 3 6 】

1 0 ... デバイス製造システム	1 2 ... 基板搬送機構
1 4、1 4 A、1 4 B ... 光源装置	1 6、1 6 A、1 6 B ... ビーム切換部材
1 8 ... 露光ヘッド	2 0 ... 制御装置
3 0、3 2 ... D F B 半導体レーザ素子	3 4、3 8 ... 偏向ビームスプリッタ
3 5 ... レーザ光源部	3 6 ... 電気光学素子
3 6 a ... 駆動回路	4 2 ... 励起光源
4 4 ... コンバイナ	4 6 ... ファ이버光増幅器

10

20

30

40

50

4 8、5 0 ... 波長変換光学素子	5 2 ... 制御回路
5 2 a ... クロック発生器	6 0 ... 原点センサ
6 0 a ... ビーム送光系	6 0 b ... ビーム受光系
8 0 ... 分周器	8 2 ... 遅延回路
1 0 0 ... 回転制御部	1 0 2 ... ビーム切換制御部
1 0 2 a ... 駆動制御部	1 0 4 ... 描画データ出力制御部
1 0 6 ... 露光制御部	1 0 6 a ... カウンタ回路
1 1 0、1 1 2、1 1 4、1 1 6、1 1 8、	1 2 0 ... 生成回路
2 0 0 ... 高周波発信源	2 0 1 ... スイッチング素子
2 0 2 ... アンプ	2 0 3 ... ロジック回路
2 0 4 ... ゲイン調整器	
A M m ... アライメント顕微鏡	A O M n ... 選択用光学素子
A O M、A O M a、A O M b ... 描画用光学素子	
B M 1 ~ B M 6 ... メモリ部	C A n、C A a n ... 副原点生成回路
C N 1 ~ C N 6 ... カウンタ部	D L n ... シリアルデータ
D R ... 回転ドラム	E N n ... エンコーダ
E X ... 露光装置	F s ... 発光周波数（発振周波数）
F S、F S 0 ~ F S 2 ... 基板	F T ... f θ レンズ
I U B ... 支持部材	L C C ... 論理回路
L B、L B n、L B p、L B s、L B w ... ビーム	
O M 1、O M 2、O M 3 ... 光学素子モジュール	
P M ... ポリゴンミラー	R P ... 反射面
S D、S D a、S D b ... スケール部	S d w ... 描画ビット列データ
S L n ... 描画ライン	S P ... スポット光
S W E ... 配置切換部材	S Z n、S Z n' ... 原点信号
U n ... 走査ユニット	Z P n ... 副原点信号

10

20

【図 1】

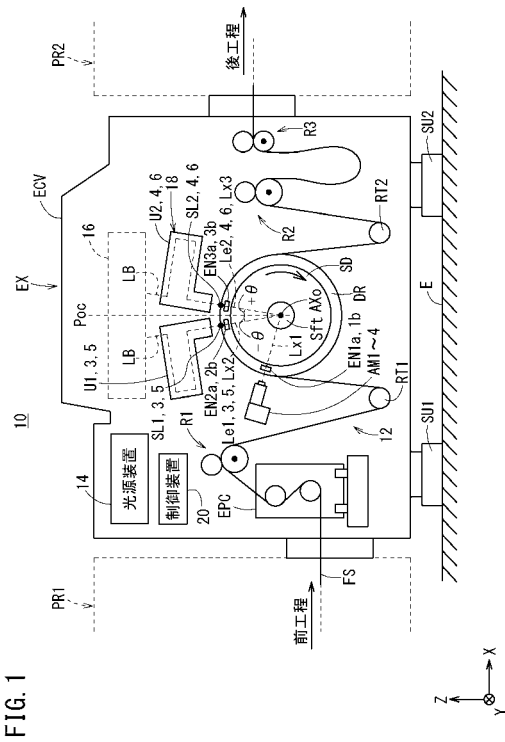
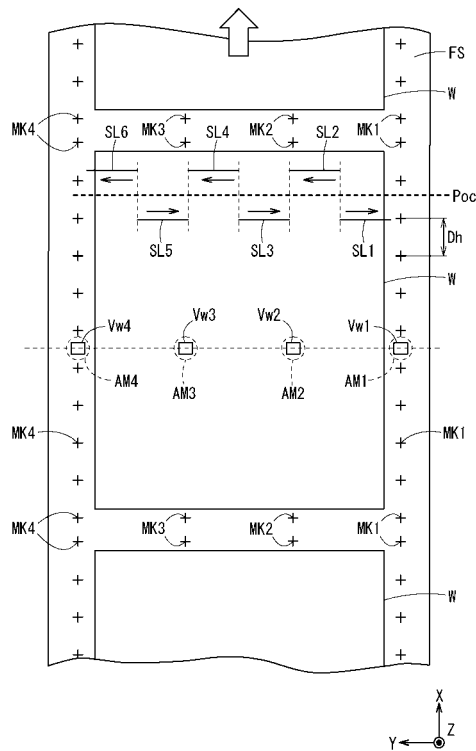


FIG. 1

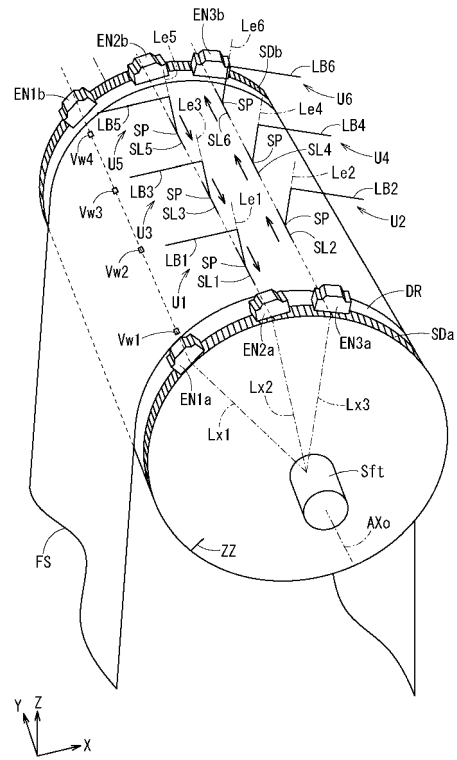
【図 3】

FIG. 3



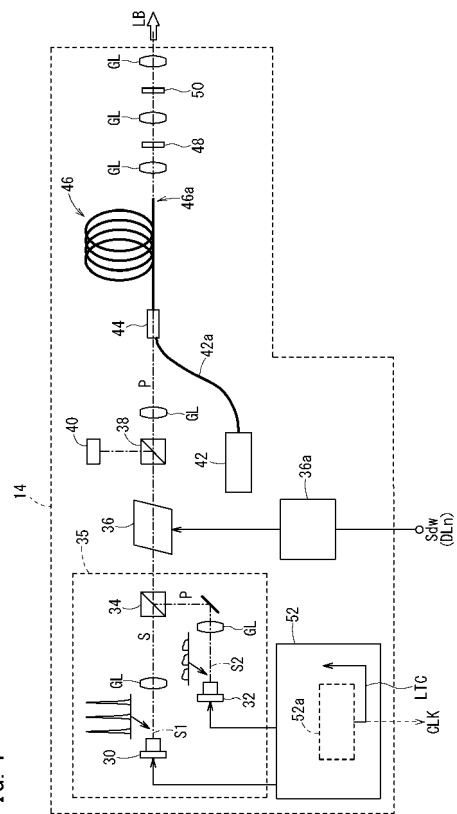
【図 2】

FIG. 2

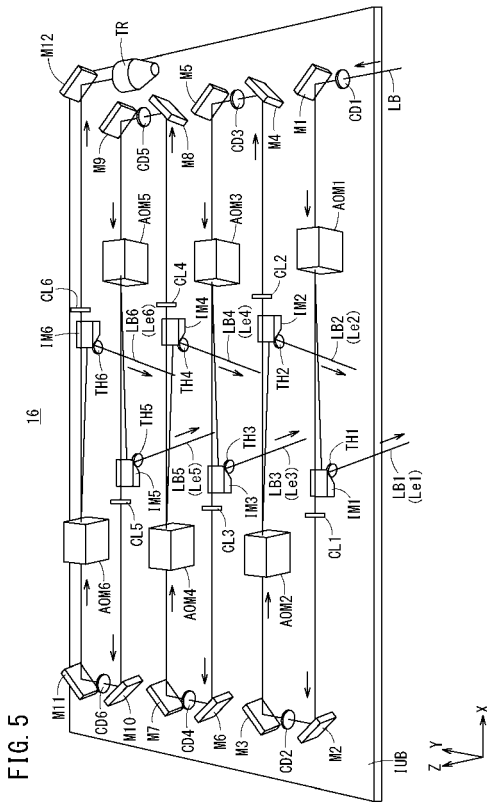


【図 4】

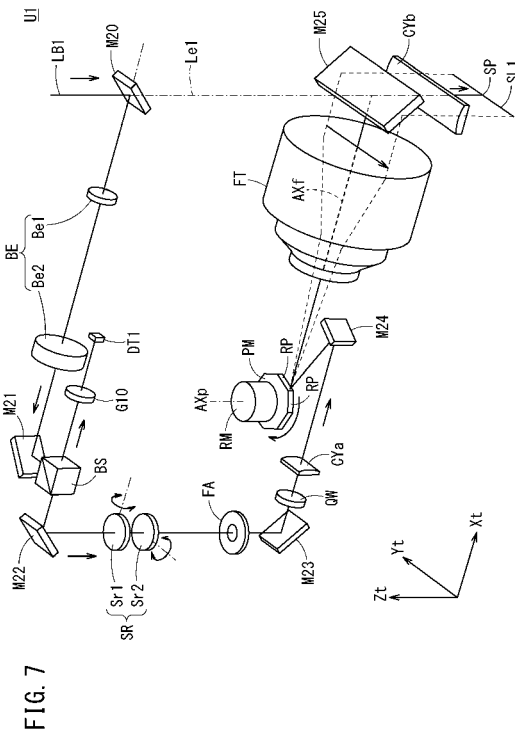
FIG. 4



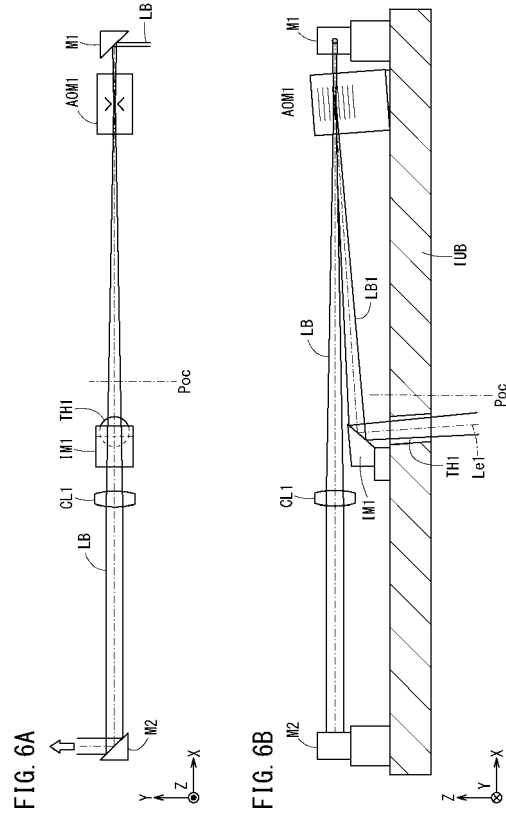
【図 5】



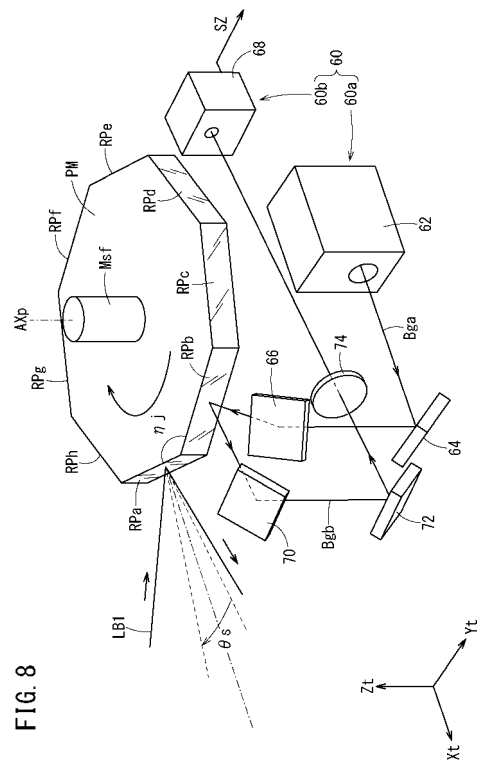
【図 7】



【図 6】

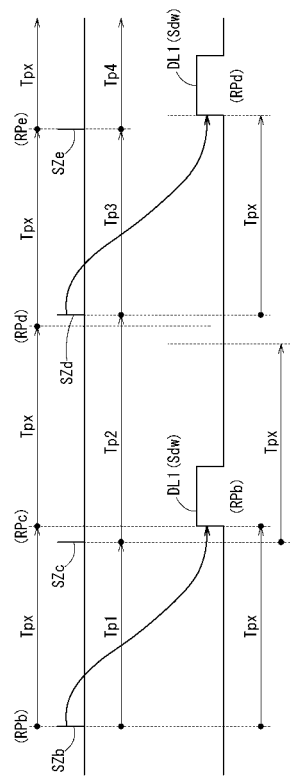


【図 8】



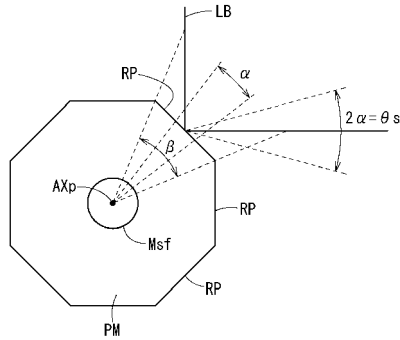
【 図 9 】

FIG. 9



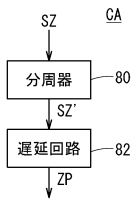
【 図 1 0 】

FIG. 10



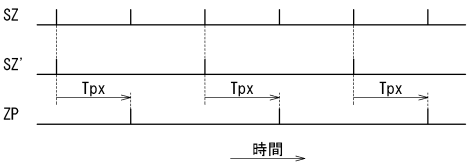
【 図 1 1 】

FIG. 11

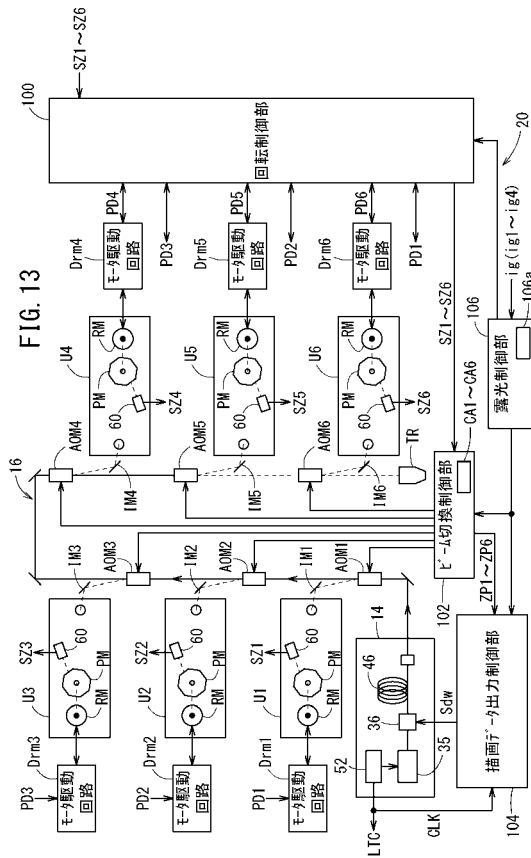


【 図 1 2 】

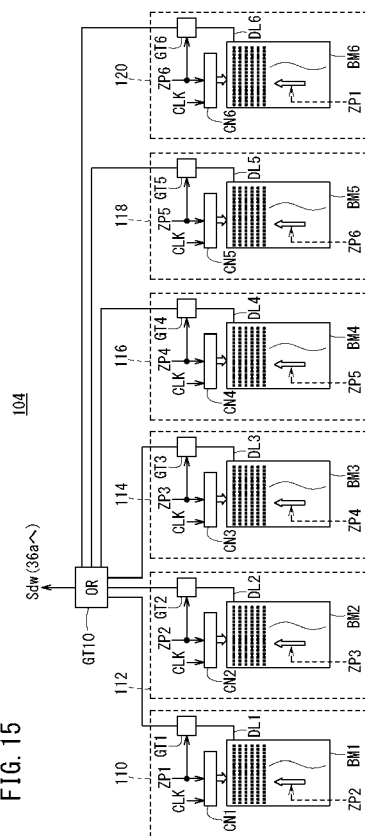
FIG. 12



【 図 1 3 】



【 図 1 5 】



【 図 1 4 】

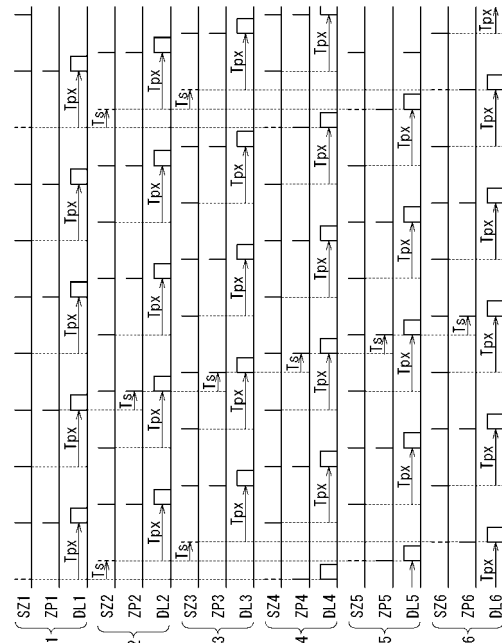
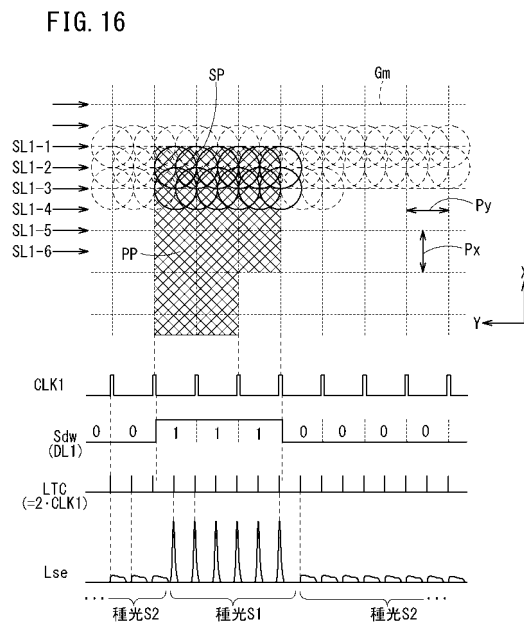
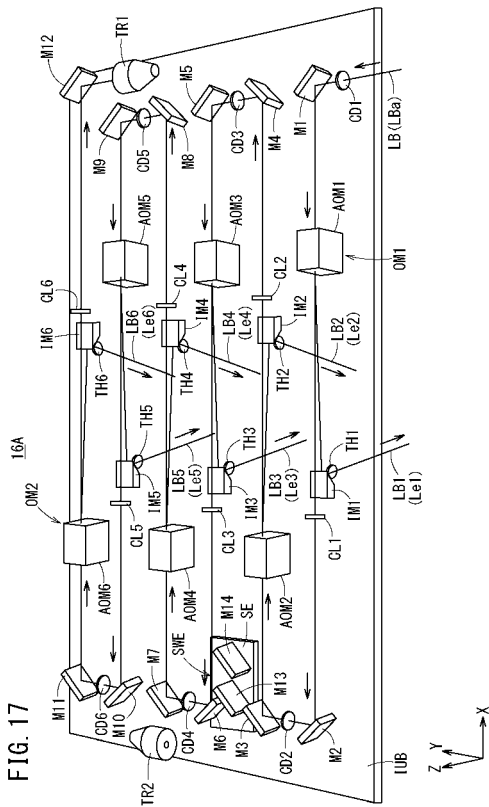


FIG. 14

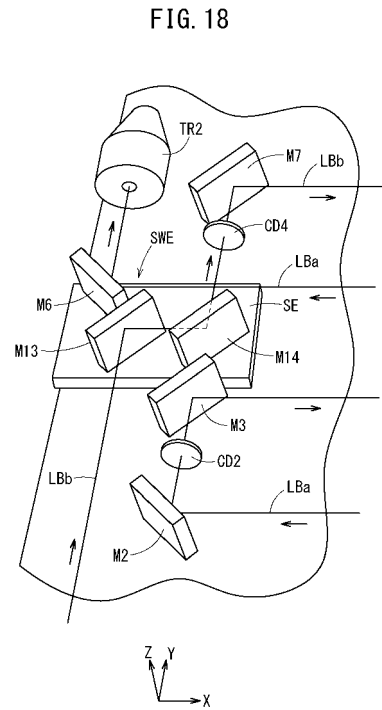
【 図 1 6 】



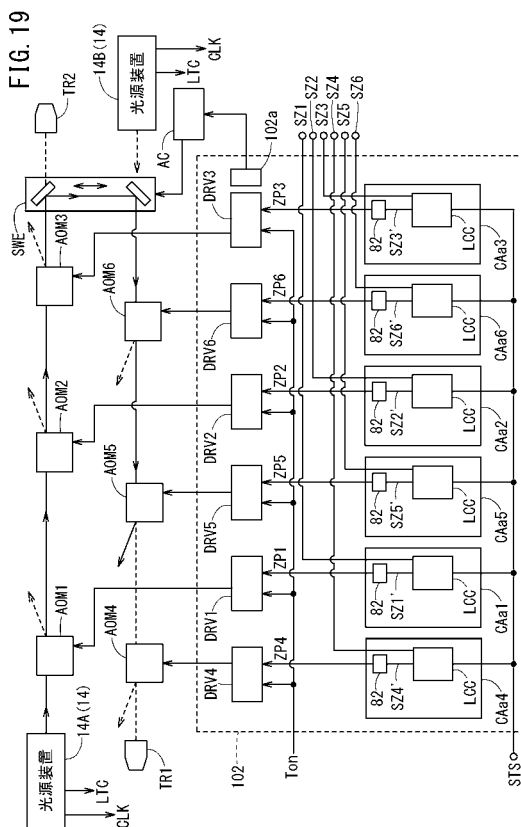
【 図 1 7 】



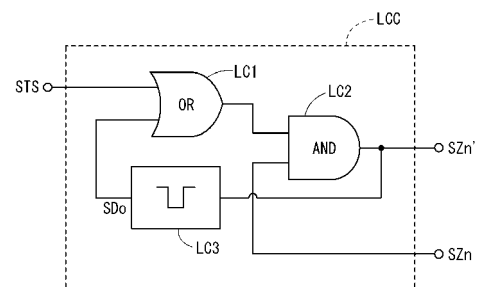
【 図 1 8 】



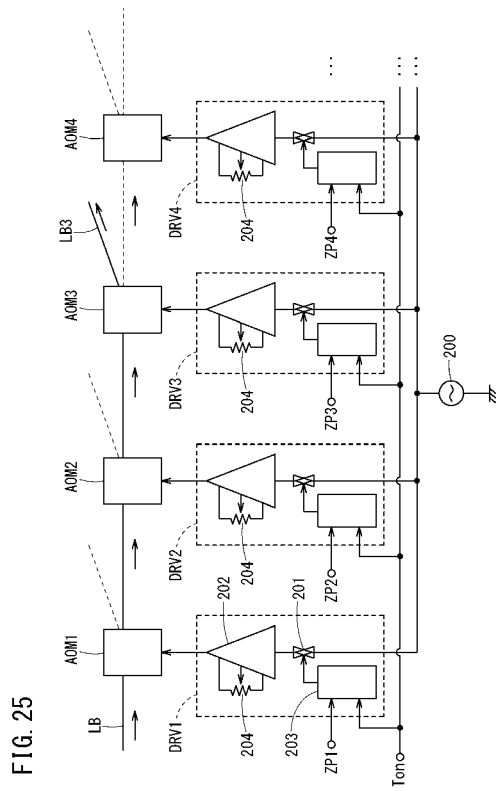
【 図 1 9 】



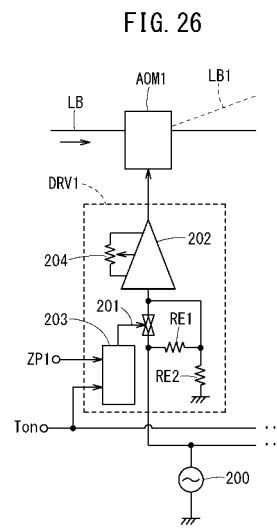
【 図 2 0 】



【図 25】



【図 26】



フロントページの続き

(72)発明者 加藤 正紀

東京都港区港南二丁目 1 5 番 3 号 株式会社ニコン内

F ターム(参考) 2H045 AA01 AA54 BA26 BA32 BA36 DA12

2H197 AA22 AA29 AA37 AA41 AB02 BA02 BA05 BA09 CA03 CA07

CA12 CA18 EB23 HA02 HA04 HA05 JA07 JA09

5C072 AA03 HA02 HA10 HA13 HB01 HB08 HB11 XA01 XA05