

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6651768号
(P6651768)

(45) 発行日 令和2年2月19日 (2020.2.19)

(24) 登録日 令和2年1月27日 (2020.1.27)

(51) Int. Cl.

F I

G03F 7/24 (2006.01)
G02B 26/12 (2006.01)
G02F 1/33 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)

G O 3 F 7/24 Z
 G O 2 B 26/12
 G O 2 F 1/33
 G O 3 F 7/20 5 O 1

請求項の数 13 (全 93 頁)

(21) 出願番号 特願2015-189496 (P2015-189496)
 (22) 出願日 平成27年9月28日 (2015.9.28)
 (65) 公開番号 特開2017-67823 (P2017-67823A)
 (43) 公開日 平成29年4月6日 (2017.4.6)
 審査請求日 平成30年3月9日 (2018.3.9)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都港区港南二丁目15番3号
 (74) 代理人 100077665
 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 100149261
 弁理士 大内 秀治
 (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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン描画装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源装置からのビームを描画データに応じて強度変調しつつ、前記ビームを基板上に投射して主走査方向に走査すると共に、前記主走査方向と交差した副走査方向に前記基板を移動させることで、前記基板上にパターンを形成するパターン描画装置であって、

前記基板上に投射された前記ビームのスポット光が前記基板上で前記主走査方向に所定長さで直線的に走査されるように、前記光源装置からの前記ビームを偏向する偏向部材を含む複数の走査ユニットを有し、該複数の走査ユニットの各々によって前記基板上に投射される前記スポット光の走査軌跡の位置で描画されるパターン同士が前記主走査方向に継がれるように、前記複数の走査ユニットを前記主走査方向に配置した走査装置と、

前記光源装置からの前記ビームを直列に通すように前記複数の走査ユニットの各々に対応して設けられ、前記光源装置からの前記ビームを前記複数の走査ユニットの各々に時分割で供給するために、前記ビームを所定の偏向角で偏向させる偏向状態と非偏向状態とに切り換えるとともに、前記スポット光の走査軌跡を前記副走査方向に微少シフトさせるために、前記偏向状態のときの前記偏向角を調整可能とする電気光学偏向装置と、

を備える、パターン描画装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のパターン描画装置であって、

前記電気光学偏向装置は、前記複数の走査ユニットの各々に対応して設けられた音響光学変調素子を含み、前記光源装置からの前記ビームは細い平行光束となって、前記複数の

10

20

走査ユニットの各々に対応して設けられた前記音響光学変調素子の各々に直列に通される、パターン描画装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のパターン描画装置であって、
前記電気光学偏向装置は、

前記音響光学変調素子が、前記ビームを前記偏向状態と前記非偏向状態とに切り換えるように、前記音響光学変調素子に高周波の駆動信号が印加される状態と印加されない状態とにスイッチングすると共に、前記走査軌跡を微少シフトさせるように前記偏向角を調整する際は前記駆動信号の周波数を変更するドライブ回路を備える、パターン描画装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のパターン描画装置であって、

前記音響光学変調素子が、前記走査軌跡を微少シフトさせずに前記ビームを前記偏向状態にスイッチングするときの前記偏向角を規定角度としたとき、

前記ドライブ回路は、前記駆動信号の周波数を前記規定角度に対応した規定周波数に設定し、前記走査軌跡の微少シフトのために前記偏向角を調整するときは、前記駆動信号の周波数を前記規定周波数から増加又は減少した周波数に設定する、パターン描画装置。

【請求項 5】

請求項 3 又は 4 に記載のパターン描画装置であって、

前記電気光学偏向装置は、

前記音響光学変調素子で偏向された前記ビームを 1 次回折ビーム、前記音響光学変調素子で偏向されずに進む前記ビームを 0 次ビームとしたとき、前記 1 次回折ビームと前記 0 次ビームをともに入射するとともに、前記音響光学変調素子内に前側焦点の位置が設定されている第 1 のコリメータレンズと、

前記第 1 のコリメータレンズの後側焦点の面に集光される前記 1 次回折ビームの集光位置の近傍に配置され、前記 1 次回折ビームだけを前記走査ユニットに向けて反射する分岐反射鏡と、

前記分岐反射鏡の近傍に設定される前記集光位置から発散して進む前記 1 次回折ビームを細い平行光束に変換して前記走査ユニットに向かわせる第 2 のコリメータレンズと、

を更に含む、パターン描画装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のパターン描画装置であって、

前記偏向部材は、前記音響光学変調素子で偏向された前記ビームを反射する複数の反射面を有する回転多面鏡であり、

前記複数の走査ユニットの各々は、前記回転多面鏡で反射された前記ビームを入射して前記基板上に前記スポット光として集光して投射するテレセントリックな走査用レンズ系を含み、

前記回転多面鏡の前記反射面は、前記主走査方向に関して前記走査用レンズ系の瞳位置に設定されている、パターン描画装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載のパターン描画装置であって、

前記複数の走査ユニットの各々は、

前記第 2 のコリメータレンズからの前記ビームを入射して、径が拡大された平行光束のビームにするビームエキスパンダーと、

前記回転多面鏡の面倒れ補正のために、前記ビームエキスパンダーから前記回転多面鏡までの光路中に配置される第 1 のシリンドリカルレンズと、前記走査用レンズ系から前記基板までの光路中に配置される第 2 のシリンドリカルレンズと、

を含む、パターン描画装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のパターン描画装置であって、

前記第 2 のコリメータレンズ、前記ビームエキスパンダー、前記第 1 のシリンドリカル

10

20

30

40

50

レンズ、前記走査用レンズ系、及び前記第 2 のシリンドリカルレンズによって、前記分岐反射鏡の近傍に設定される前記 1 次回折ビームの集光位置と、前記基板上に集光される前記スポット光とが光学的に略共役に設定される、パターン描画装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載のパターン描画装置であって、

前記回転多面鏡の反射面と前記基板とは、前記副走査方向に関して光学的に共役関係に設定され、

前記ドライブ回路によって前記音響光学変調素子に印加される前記駆動信号の周波数が変更されると、前記回転多面鏡の反射面上に入射する前記ビームの位置が前記回転多面鏡の回転軸の方向にシフトするように設定される、パターン描画装置。

10

【請求項 10】

請求項 2 ～ 9 のいずれか 1 項に記載のパターン描画装置であって、

前記光源装置は、

発光タイミングが同期するように同じ発振周波数で発生する尖鋭なパルス状の第 1 種光と緩慢なパルス状の第 2 種光とを出力するパルス光源部と、

前記第 1 種光と前記第 2 種光のいずれか一方を、前記描画データに基づいて切り換えて出力する描画用光変調器と、

該描画用光変調器から出力される前記第 1 種光又は前記第 2 種光を入射するファイバー増幅器と、

該ファイバー増幅器で増幅された前記第 1 種光を紫外線の波長域に変換して前記ビームとして前記発振周波数でパルス出力する波長変換素子と、

を有するパルスレーザ光源である、パターン描画装置。

20

【請求項 11】

請求項 10 に記載のパターン描画装置であって、

前記パルスレーザ光源は、前記ファイバー増幅器の射出端と前記波長変換素子とを互いに共役な関係にする第 1 のレンズ素子と、前記波長変換素子からパルス出力される前記ビームを平行光束にして射出窓から射出する第 2 のレンズ素子とを有する、パターン描画装置。

【請求項 12】

請求項 11 に記載のパターン描画装置であって、

前記パルスレーザ光源の射出窓から射出した前記ビームを最初に入射する 1 段目の前記音響光学変調素子と前記パルスレーザ光源との間に設けられ、前記パルスレーザ光源からの前記ビームをビーム径が縮小された平行光束に変換するエクスパンダー系を備える、パターン描画装置。

30

【請求項 13】

請求項 10 ～ 12 のいずれか 1 項に記載のパターン描画装置であって、

前記パルスレーザ光源の前記発振周波数を、100MHz、400MHz、800MHz のいずれかに設定した、パターン描画装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、被照射体上に照射される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装置およびパターン描画方法に関する。

【背景技術】

【0002】

回転ポリゴンミラーを用いた描画装置として、例えば、下記特許文献 1 に開示されているように、レーザダイオード(LD)からのビームをポリゴンミラーで繰り返し偏向し、偏向されたビームを f レンズを介して感光体上で走査する電子写真方式の画像形成装置が知られている。特許文献 1 に開示された画像形成装置では、レーザダイオード(LD)、回転ポリゴンミラー、および、f レンズ等を含む書き込みユニット内の温度変化をレ

50

ーザダイオード（LD）の駆動電流の変化から予測する。そして、温度変化によって生じるf レンズの倍率誤差（ビームの主走査方向の倍率誤差）を補正するために、画像信号に応答してレーザダイオード（LD）を点灯制御する際の基準となる書き込み用のクロック信号の周波数を変更している。しかしながら、描画すべき画像のパターンが、電子デバイスのためのパターンである場合は、特許文献1のように、クロック信号の周波数変更だけで倍率誤差を補正しても、高精度な倍率補正にきめ細かく対応できない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-220489号公報

10

【発明の概要】

【0004】

本発明の一態様は、光源装置からのビームを描画データに応じて強度変調しつつ、前記ビームを基板上に投射して主走査方向に走査すると共に、前記主走査方向と交差した副走査方向に前記基板を移動させることで、前記基板上にパターンを形成するパターン描画装置であって、前記基板上に投射された前記ビームのスポット光が前記基板上で前記主走査方向に所定長さで直線的に走査されるように、前記光源装置からの前記ビームを偏向する偏向部材を含む複数の走査ユニットを有し、該複数の走査ユニットの各々によって前記基板上に投射される前記スポット光の走査軌跡の位置で描画されるパターン同士が前記主走査方向に継がれるように、前記複数の走査ユニットを前記主走査方向に配置した走査装置と、前記光源装置からの前記ビームを直列に通すように前記複数の走査ユニットの各々に対応して設けられ、前記光源装置からの前記ビームを前記複数の走査ユニットの各々に時分割で供給するために、前記ビームを所定の偏向角で偏向させる偏向状態と非偏向状態とに切り換えるとともに、前記スポット光の走査軌跡を前記副走査方向に微少シフトさせるために、前記偏向状態のときの前記偏向角を調整可能とする電気光学偏向装置と、を備える。

20

【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。

30

【図2】露光装置の構成を示す構成図である。

【図3】図2に示す回転ドラムに基板が巻き付けられた状態を示す詳細図である。

【図4】基板上で走査される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5】図2に示す走査ユニットの光学的な構成を示す図である。

【図6】図2に示すビーム切換部の構成図である。

【図7】図2に示す光源装置の構成を示す図である。

【図8】図7に示す信号発生部が発生するクロック信号と描画ビット列データと偏光ビームスプリッタから射出されるビームとの関係を示すタイムチャートである。

【図9】補正画素を伸縮させる機能を有する図7に示す信号発生部の構成を示す図である。

40

【図10】図9に示すプリセット部が出力するプリセット値の真理値表を示す図である。

【図11】図9に示すクロック発生部が発生するクロック信号の各クロックパルス、第2の分周カウンタ回路のカウント値、画素シフトパルスの出力タイミング、図7に示す駆動回路に入力されるシリアルデータの画素の論理情報の切換タイミングを示すタイムチャートである。

【図12】図2に示す露光装置の電氣的な構成を示すブロック図である。

【図13】各走査ユニットに設けられた図5の原点センサから出力される原点信号および原点信号に応じて図12に示す選択素子駆動制御部が生成する入射許可信号を示すタイムチャートである。

50

【図 1 4】図 1 2 に示す描画データ出力部の構成を示す図である。

【図 1 5】図 1 4 に示す描画許可信号生成部によって生成される描画許可信号および描画許可信号がハイの期間中に図 9 の送出タイミング切換部から出力される画素シフトパルスを示すタイムチャートである。

【図 1 6】最大走査長の範囲内で伸縮された描画ラインの位置と遅延時間との関係を示す図である。

【図 1 7】第 1 の実施の形態の変形例における光源装置の構成を示す図である。

【図 1 8】図 1 7 に示すクロック信号発生部の構成を示す図である。

【図 1 9】図 1 8 のクロック信号発生部の動作を説明するタイミングチャートである。

【図 2 0】第 2 の実施の形態における光源装置の内部に設けられる信号発生部の構成を示す図である。

10

【図 2 1】図 2 1 A は、図 2 0 に示す遅延回路の構成の第 1 例を示す図であり、図 2 1 B は、図 2 0 に示す遅延回路の構成の第 2 例を示す図である。

【図 2 2】図 2 0 に示す信号発生部の各部から出力される信号を示すタイムチャートである。

【図 2 3】図 2 3 A は、局所倍率補正が行われていない場合に描画されるパターンを説明する図であり、図 2 3 B は、図 2 2 に示すタイムチャートにしたがって局所倍率補正（縮小）が行われた場合に描画されるパターンを説明する図である。

【図 2 4】上記各実施の形態の変形例 1 の説明図であり、上記各実施の形態（変形例も含む）で説明したパターンデータに応じてスポット光の強度を変調する電気光学素子に代えて描画用光学素子を用いた場合の、描画用光学素子の配置例を示す図である。

20

【図 2 5】上記各実施の形態の変形例 4 の説明図であり、上記各実施の形態（変形例も含む）で説明したビーム切換部中の集光レンズ、選択用光学素子、コリメートレンズ、および、ユニット側入射ミラーの配置と、走査ユニット内の第 2 のシリンドリカルレンズの配置との関係を、模式的に示した図である。

【図 2 6】上記各実施の形態（変形例も含む）の変形例 5 の説明図であり、ポリゴンミラーの代わりにガルバノミラーを用いた走査ユニットの要部構成を示す図である。

【図 2 7】上記各実施の形態（変形例も含む）の変形例 6 の説明図であり、機械的な回転機構によってスポット光を円弧状に走査する方式の走査ユニットの斜視図である。

【図 2 8】第 3 の実施の形態における光源装置のパルス光発生部内の波長変換部の構成を詳細に示す図である。

30

【図 2 9】第 3 の実施の形態における光源装置から最初の選択用光学素子までのビームの光路を示す図である。

【図 3 0】第 3 の実施の形態における選択用光学素子から次段の選択用光学素子までの光路と選択用光学素子のドライバ回路の構成を示す図である。

【図 3 1】選択用光学素子の後の選択用のユニット側入射ミラーでのビーム選択とビームシフトの様子を説明する図である。

【図 3 2】ポリゴンミラーから基板までのビームの振る舞いを説明する図である。

【図 3 3】第 3 の実施の形態の変形例におけるタンデム方式の描画装置の概略構成の一部を表す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0007】

本発明の態様に係るパターン描画装置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】

50

〔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）Ｐに露光処理を施す露光装置ＥＸを含むデバイス製造システム１０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ＸＹＺ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１０は、基板Ｐに所定の処理（露光処理等）を施して、電子デバイスを製造するシステム（基板処理装置）である。デバイス製造システム１０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、フィルム状のタッチパネル、液晶表示パネル用のフィルム状のカラーフィルタ、フレキシブル配線、または、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ＥＬ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１０は、可撓性のシート状の基板（シート基板）Ｐをロール状に巻いた供給ロールＦＲ１から基板Ｐが送出され、送出された基板Ｐ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Ｐを回収ロールＦＲ２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Ｐは、基板Ｐの移動方向（搬送方向）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。第１の実施の形態においては、フィルム状の基板Ｐが、少なくとも処理装置（第１の処理装置）ＰＲ１、処理装置（第２の処理装置）ＰＲ２、露光装置（第３の処理装置）ＥＸ、処理装置（第４の処理装置）ＰＲ３、および、処理装置（第５の処理装置）ＰＲ４を経て、回収ロールＦＲ２に巻き取られるまでの例を示している。

【００１０】

なお、本第１の実施の形態では、Ｘ方向は、水平面内において、基板Ｐが供給ロールＦＲ１から回収ロールＦＲ２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Ｐ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。

【００１１】

基板Ｐ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Ｐの厚みや剛性（ヤング率）は、デバイス製造システム１０の搬送路を通る際に、基板Ｐ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Ｐの母材として、厚みが $25\mu\text{m}$ ～ $200\mu\text{m}$ 程度のＰＥＴ（ポリエチレンテレフタレート）やＰＥＮ（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。

【００１２】

基板Ｐは、処理装置ＰＲ１、処理装置ＰＲ２、露光装置ＥＸ、処理装置ＰＲ３、および、処理装置ＰＲ４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Ｐ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Ｐは、フLOAT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。

【００１３】

ところで、基板Ｐの可撓性（flexibility）とは、基板Ｐ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Ｐ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Ｐの材質、大き

10

20

30

40

50

さ、厚さ、基板 P 上に成膜される層構造、温度、または、湿度等の環境等に応じて、可撓性の程度は変わる。いずれにしても、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 P 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 P を滑らかに搬送できれば、可撓性の範囲といえる。

【0014】

処理装置 P R 1 は、供給ロール F R 1 から搬送されてきた基板 P を処理装置 P R 2 に向けて所定の速度で長尺方向に沿った搬送方向（+ X 方向）に搬送しつつ、基板 P に対して塗布処理を行う塗布装置である。処理装置 P R 1 は、基板 P の表面に感光性機能液を選択的または一様に塗布する。この感光性機能液が表面に塗布された基板 P は処理装置 P R 2

10

【0015】

処理装置 P R 2 は、処理装置 P R 1 から搬送されてきた基板 P を露光装置 E X に向けて所定の速度で搬送方向（+ X 方向）に搬送しつつ、基板 P に対して乾燥処理を行う乾燥装置である。処理装置 P R 2 は、熱風またはドライエアー等の乾燥用エアー（温風）を基板 P の表面に吹き付けるブロー、赤外線光源、セラミックヒーター等によって感光性機能液に含まれる溶剤または水を除去して、感光性機能液を乾燥させる。これにより、基板 P の表面に感光性機能層（光感応層）となる膜が選択的または一様に形成される。なお、ドライフィルムを基板 P の表面に貼り付けることで、基板 P の表面に感光性機能層を形成してもよい。この場合は、処理装置 P R 1 および処理装置 P R 2 に代えて、ドライフィルム

20

【0016】

ここで、この感光性機能液（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。感光性機能液（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 P 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）または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となるパターン層を形成することができる。感光性機能液（層）として、感光性還元剤を用いる場合は、基板 P 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 P 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してもよい。その場合は、露光装置 E X へ送られる基板 P 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。本第 1 の実施の形態では、感光性機能液（層）として感光性還元剤が用いられる。

30

40

【0017】

露光装置 E X は、処理装置 P R 2 から搬送されてきた基板 P を処理装置 P R 3 に向けて所定の速度で搬送方向（+ X 方向）に搬送しつつ、基板 P に対して露光処理を行う処理装置である。露光装置 E X は、基板 P の表面（感光性機能層の表面、すなわち、感光面）に、電子デバイス用のパターン（例えば、電子デバイスを構成する T F T の電極や配線等のパターン）に応じた光パターンを照射する。これにより、感光性機能層に前記パターンに対応した潜像（改質部）が形成される。

【0018】

本第 1 の実施の形態においては、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（パターン描画装置）である。後で詳細に

50

説明するが、露光装置 E X は、基板 P を + X 方向（副走査の方向）に搬送しながら、露光用のパルス状のビーム L B（パルスビーム）のスポット光 S P を、基板 P の被照射面（感光面）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、パターン情報）に応じて高速に変調（オン/オフ）する。これにより、基板 P 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 P 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 P の被照射面上で相対的に 2 次元走査されて、基板 P に所定のパターンが描画露光される。また、基板 P 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 P 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 4 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、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。

10

【 0 0 1 9 】

処理装置 P R 3 は、露光装置 E X から搬送されてきた基板 P を処理装置 P R 4 に向けて所定の速度で搬送方向（+ X 方向）に搬送しつつ、基板 P に対して湿式処理を行う湿式処理装置である。本第 1 の実施の形態では、処理装置 P R 3 は、基板 P に対して湿式処理の一種であるメッキ処理を行う。つまり、基板 P を処理槽に貯蔵されたメッキ液に所定時間浸漬する。これにより、感光性機能層の表面に潜像に応じたパターン層が析出（形成）される。つまり、基板 P の感光性機能層上のスポット光 S P の照射部分と非照射部分の違いに応じて、基板 P 上に所定の材料（例えば、パラジウム）が選択的に形成され、これがパターン層となる。

20

【 0 0 2 0 】

なお、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、湿式処理の一種である液体（例えば、導電性インク等を含有した液体）の塗布処理またはメッキ処理が処理装置 P R 3 によって行われる。この場合であっても、感光性機能層の表面に潜像に応じたパターン層が形成される。つまり、基板 P の感光性機能層のスポット光 S P の照射部分と被照射部分の違いに応じて、基板 P 上に所定の材料（例えば、導電性インクまたはパラジウム等）が選択的に形成され、これがパターン層となる。また、感光性機能層としてフォトレジストを採用する場合は、処理装置 P R 3 によって、湿式処理の一種である現像処理が行われる。この場合は、この現像処理によって、潜像に応じたパターンが感光性機能層（フォトレジスト）に形成される。

30

【 0 0 2 1 】

処理装置 P R 4 は、処理装置 P R 3 から搬送されてきた基板 P を回収ロール F R 2 に向けて所定の速度で搬送方向（+ X 方向）に搬送しつつ、基板 P に対して洗浄・乾燥処理を行う洗浄・乾燥装置である。処理装置 P R 4 は、湿式処理が施された基板 P に対して純水による洗浄を行い、その後ガラス転移温度以下で、基板 P の水分含有率が所定値以下になるまで乾燥させる。

【 0 0 2 2 】

40

なお、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た場合は、処理装置 P R 4 は、基板 P に対してアニール処理と乾燥処理を行うアニール・乾燥装置であってもよい。アニール処理は、塗布された導電性インクに含有されるナノ粒子同士の電気的な結合を強固にするために、例えば、ストロボランプからの高輝度のパルス光を基板 P に照射する。感光性機能層としてフォトレジストを採用した場合は、処理装置 P R 4 と回収ロール F R 2 との間に、エッチング処理を行う処理装置（湿式処理装置）P R 5 と、エッチング処理が施された基板 P に対して洗浄・乾燥処理を行う処理装置（洗浄・乾燥装置）P R 6 とを設けてもよい。これにより、感光性機能層としてフォトレジストを採用した場合は、エッチング処理が施されることで、基板 P にパターン層が形成される。つまり、基板 P の感光性機能層のスポット光 S P の照射部分と被照射部分の違いに応じて、基板 P 上に所定の

50

材料（例えば、アルミニウム（Ａｌ）または銅（Ｃｕ）等）が選択的に形成され、これがパターン層となる。処理装置ＰＲ５、ＰＲ６は、送られてきた基板Ｐを回収ロールＦＲ２に向けて所定の速度で基板Ｐを搬送方向（＋Ｘ方向）に搬送する機能を有する。複数の処理装置ＰＲ１～ＰＲ４（必要に応じて処理装置ＰＲ５、ＰＲ６も含む）が、基板Ｐを＋Ｘ方向に搬送する機能は基板搬送装置として構成される。

【００２３】

このようにして、各処理が施された基板Ｐは回収ロールＦＲ２によって回収される。デバイス製造システム１０の少なくとも各処理を経て、１つのパターン層が基板Ｐ上に形成される。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、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１０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Ｐが巻き取られた回収ロールＦＲ２を供給ロールＦＲ１として別のデバイス製造システム１０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。処理後の基板Ｐは、複数の電子デバイスが所定の間隔をあけて基板Ｐの長尺方向に沿って連なった状態となる。つまり、基板Ｐは、多面取り用の基板となっている。

10

【００２４】

電子デバイスが連なった状態で形成された基板Ｐを回収した回収ロールＦＲ２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ＦＲ２が装着されたダイシング装置は、処理後の基板Ｐを電子デバイス（デバイス形成領域である露光領域Ｗ）毎に分割（ダイシング）することで、複数の枚葉となった電子デバイスにする。基板Ｐの寸法は、例えば、幅方向（短尺となる方向）の寸法が１０ｃｍ～２ｍ程度であり、長さ方向（長尺となる方向）の寸法が１０ｍ以上である。なお、基板Ｐの寸法は、上記した寸法に限定されない。

20

【００２５】

図２は、露光装置ＥＸの構成を示す構成図である。露光装置ＥＸは、温調チャンバーＥＣＶ内に格納されている。この温調チャンバーＥＣＶは、内部を所定の温度、所定の湿度に保つことで、内部において搬送される基板Ｐの温度による形状変化を抑制するとともに、基板Ｐの吸湿性や搬送に伴って発生する静電気の帯電等を考慮した湿度に設定される。温調チャンバーＥＣＶは、パッシブまたはアクティブな防振ユニットＳＵ１、ＳＵ２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ＳＵ１、ＳＵ２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専用に設置される設置土台（ベDESTAL）上の面であってもよい。露光装置ＥＸは、基板搬送機構１２と、同一構成の２つの光源装置（光源）ＬＳ（ＬＳａ、ＬＳｂ）と、ビーム切換部（電気光学偏向装置を含む）ＢＤＵと、露光ヘッド（走査装置）１４と、制御装置１６と、複数のアライメント顕微鏡ＡＭ１ｍ、ＡＭ２ｍ（なお、ｍ＝１、２、３、４）と、複数のエンコーダＥＮｊａ、ＥＮｊｂ（なお、ｊ＝１、２、３、４）とを少なくとも備えている。制御装置（制御部）１６は、露光装置ＥＸの各部を制御するものである。この制御装置１６は、コンピュータとプログラムが記録された記録媒体等を含み、該コンピュータがプログラムを実行することで、本第１の実施の形態の制御装置１６として機能する。

30

40

【００２６】

基板搬送機構１２は、デバイス製造システム１０の前記基板搬送装置の一部を構成するものであり、処理装置ＰＲ２から搬送される基板Ｐを、露光装置ＥＸ内で所定の速度で搬送した後、処理装置ＰＲ３に所定の速度で送り出す。この基板搬送機構１２によって、露光装置ＥＸ内で搬送される基板Ｐの搬送路が規定される。基板搬送機構１２は、基板Ｐの搬送方向の上流側（－Ｘ方向側）から順に、エッジポジショントローラＥＰＣ、駆動ローラＲ１、テンション調整ローラＲＴ１、回転ドラム（円筒ドラム）ＤＲ、テンション調整ローラＲＴ２、駆動ローラＲ２、および、駆動ローラＲ３を有している。

【００２７】

50

エッジポジションコントローラ E P C は、処理装置 P R 2 から搬送される基板 P の幅方向（Y 方向であって基板 P 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かけられた状態で搬送されている基板 P 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 十数 μ m ~ 数十 μ m 程度の範囲（許容範囲）に収まるように、基板 P を幅方向に移動させて、基板 P 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、所定のテンションがかけられた状態で基板 P が掛け渡されるローラと、基板 P 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）とを有する。エッジポジションコントローラ E P C は、前記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 P の幅方向における位置を調整する。駆動ローラ（ニップローラ）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 P の表裏両面を保持しながら回転し、基板 P 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 P 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 P の幅方向における位置と適宜調整するとともに、基板 P 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。

【0028】

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する。回転ドラム D R は、この外周面（円周面）に倣って基板 P の一部を長尺方向に円筒面状に湾曲させて支持（保持）しつつ、中心軸 A X o を中心に回転して基板 P を + X 方向に搬送する。回転ドラム D R は、露光ヘッド 1 4 からのビーム L B（スポット光 S P）が投射される基板 P 上の領域（部分）をその外周面で支持する。回転ドラム D R は、電子デバイスが形成される面（感光面が形成された側の面）とは反対側の面（裏面）側から基板 P を支持（密着保持）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 1 6 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 回りに一定の回転速度で回転する。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。

【0029】

駆動ローラ（ニップローラ）R 2、R 3 は、基板 P 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 P 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 P の表裏両面を保持しながら回転し、基板 P を処理装置 P R 3 へ向けて搬送する。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 P 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 P 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。制御装置 1 6 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。なお、駆動ローラ R 1 ~ R 3 の回転軸、および、テンション調整ローラ R T 1、R T 2 の回転軸は、回転ドラム D R の中心軸 A X o と平行している。

【0030】

光源装置 L S（L S a、L S b）は、パルス状のビーム（パルスビーム、パルス光、レーザ）L B を発生して射出する。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、所定周波数）を F a とする。光源装置 L S（L S a、L S b）が射出したビーム L B は、ビーム切換部 B D U を介して露光ヘッド 1 4 に入射する。光源装置 L S（L S a、L S b）は、制御装置 1 6 の制御にしたがって、発光周波数 F a でビーム L B を発光して射出する。この光源装置 L S（L S a、L S b）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_a 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（高調波レーザ光源）を用いるものとする。なお、光源装置 LS_a からのビーム LB と、光源装置 LS_b からのビーム LB とを区別するために、光源装置 LS_a からのビーム LB を LB_a 、光源装置 LS_b からのビーム LB を LB_b で表す場合がある。

【0031】

ビーム切換部 BDU は、露光ヘッド 14 を構成する複数の走査ユニット U_n （なお、 $n = 1, 2, \dots, 6$ ）のうち 2 つの走査ユニット U_n に、2 つの光源装置 LS （ LS_a 、 LS_b ）からのビーム LB （ LB_a 、 LB_b ）を入射させるとともに、ビーム LB （ LB_a 、 LB_b ）が入射する走査ユニット U_n を切り換える。詳しくは、ビーム切換部 BDU は、3 つの走査ユニット $U_1 \sim U_3$ のうち 1 つの走査ユニット U_n に光源装置 LS_a からのビーム LB_a を入射させ、3 つの走査ユニット $U_4 \sim U_6$ のうち 1 つの走査ユニット U_n に、光源装置 LS_b からのビーム LB_b を入射させる。また、ビーム切換部 BDU は、ビーム LB_a が入射する走査ユニット U_n を走査ユニット $U_1 \sim U_3$ の中で切り換え、走査ビーム LB_b が入射する走査ユニット U_n を走査ユニット $U_4 \sim U_6$ の中で切り換える。

【0032】

ビーム切換部 BDU は、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット U_n にビーム LB_n が入射するように、ビーム LB_a 、 LB_b が入射する走査ユニット U_n を切り換える。つまり、ビーム切換部 BDU は、走査ユニット $U_1 \sim U_3$ のうち、スポット光 SP の走査を行う 1 つの走査ユニット U_n に、光源装置 LS_a からのビーム LB_a を入射させる。同様に、ビーム切換部 BDU は、走査ユニット $U_4 \sim U_6$ のうち、スポット光 SP の走査を行う 1 つの走査ユニット U_n に、光源装置 LS_b からのビーム LB_b を入射させる。このビーム切換部 BDU については後で詳細に説明する。なお、走査ユニット $U_1 \sim U_3$ に関しては、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット U_n が、 U_1 、 U_2 、 U_3 、の順番で切り換わり、走査ユニット $U_4 \sim U_6$ に関しては、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット U_n が、 U_4 、 U_5 、 U_6 、の順番で切り換わるものとする。

【0033】

露光ヘッド 14 は、同一構成の複数の走査ユニット U_n （ $U_1 \sim U_6$ ）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 14 は、回転ドラム DR の外周面（円周面）で支持されている基板 P の一部分に、複数の走査ユニット U_n （ $U_1 \sim U_6$ ）によってパターンを描画する。露光ヘッド 14 は、基板 P 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（電子デバイス形成領域） W は、基板 P 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 4 参照）。複数の走査ユニット U_n （ $U_1 \sim U_6$ ）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 （ $U_1 \sim U_6$ ）は、中心面 P_{oc} を挟んで基板 P の搬送方向に 2 列に千鳥配列で配置される。奇数番の走査ユニット U_1 、 U_3 、 U_5 は、中心面 P_{oc} に対して基板 P の搬送方向の上流側（ $-X$ 方向側）で、且つ、 Y 方向に沿って所定の間隔だけ離して 1 列に配置されている。偶数番の走査ユニット U_2 、 U_4 、 U_6 は、中心面 P_{oc} に対して基板 P の搬送方向の下流側（ $+X$ 方向側）で、 Y 方向に沿って所定の間隔だけ離して 1 列に配置されている。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_{oc} に対して対称に設けられている。

【0034】

各走査ユニット U_n （ $U_1 \sim U_6$ ）は、光源装置 LS （ LS_a 、 LS_b ）からのビーム LB を基板 P の被照射面上でスポット光 SP に収束するように投射しつつ、そのスポット光 SP を、回転するポリゴンミラー PM （図 5 参照）によって 1 次元に走査する。この各走査ユニット U_n （ $U_1 \sim U_6$ ）のポリゴンミラー（偏向部材） PM によって、基板 P の被照射面上でスポット光 SP が 1 次元に走査される。このスポット光 SP の走査によって

10

20

30

40

50

、基板 P 上（基板 P の被照射面上）に、1 ライン分のパターンが描画される直線的な描画ライン（走査線） SL_n （なお、 $n = 1, 2, \dots, 6$ ）が規定される。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。

【0035】

走査ユニット U_1 は、スポット光 SP を描画ライン SL_1 に沿って走査し、同様に、走査ユニット $U_2 \sim U_6$ は、スポット光 SP を描画ライン $SL_2 \sim SL_6$ に沿って走査する。複数の走査ユニット U_n （ $U_1 \sim U_6$ ）の描画ライン SL_n （ $SL_1 \sim SL_6$ ）は、図 3、図 4 に示すように、Y 方向（基板 P 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設定されている。なお、ビーム切換部 BDU を介して走査ユニット U_n に入射する光源装置 LS （ LS_a, LS_b ）からのビーム LB を、 LB_n と表す場合がある。そして、走査ユニット U_1 に入射するビーム LB_n を LB_1 で表し、同様に、走査ユニット $U_2 \sim U_6$ に入射するビーム LB_n を $LB_2 \sim LB_6$ で表す場合がある。この描画ライン SL_n （ $SL_1 \sim SL_6$ ）は、走査ユニット U_n （ $U_1 \sim U_6$ ）によって走査されるビーム LB_n （ $LB_1 \sim LB_6$ ）のスポット光 SP の走査軌跡を示すものである。走査ユニット U_n に入射するビーム LB_n は、所定の方法に偏光した直線偏光（P 偏光または S 偏光）のビームであってもよく、本第 1 の実施の形態では、P 偏光のビームとする。

【0036】

図 4 に示すように、複数の走査ユニット U_n （ $U_1 \sim U_6$ ）は全部で露光領域 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 （ $U_1 \sim U_6$ ）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 （ $U_1 \sim U_6$ ）は、基板 P の幅方向に分割された複数の領域（描画範囲）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 SL_n の長さ）を 20 ～ 60 mm 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 120 ～ 360 mm 程度まで広げている。各描画ライン SL_n （ $SL_1 \sim SL_6$ ）の長さ（描画範囲の長さ）は、原則として同一とする。つまり、描画ライン $SL_1 \sim SL_6$ の各々に沿って走査されるビーム LB_n のスポット光 SP の走査距離は、原則として同一とする。なお、露光領域 W の幅を広くしたい場合は、描画ライン SL_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。

【0037】

なお、実際の各描画ライン SL_n （ $SL_1 \sim SL_6$ ）は、スポット光 SP が被照射面上を実際に走査可能な最大の長さ（最大走査長）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 SL_n の走査長を 30 mm とすると、スポット光 SP の被照射面上での最大走査長は、描画ライン SL_n の描画開始点（走査開始点）側と描画終了点（走査終了点）側の各々に 0.5 mm 程度の余裕を持たせて、3.1 mm 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 SP の最大走査長 3.1 mm の範囲内で、30 mm の描画ライン SL_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 SP の最大走査長は 3.1 mm 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） PM の後に設けられる f レンズ FT （図 5 参照）の口径によって決まる。

【0038】

複数の描画ライン SL_n （ $SL_1 \sim SL_6$ ）は、中心面 Poc を挟んで、回転ドラム DR の周方向に 2 列に千鳥配列で配置される。奇数番の描画ライン SL_1, SL_3, SL_5 は、中心面 Poc に対して基板 P の搬送方向の上流側（- X 方向側）の基板 P の被照射面上に位置する。偶数番の描画ライン SL_2, SL_4, SL_6 は、中心面 Poc に対して基板 P の搬送方向の下流側（+ X 方向側）の基板 P の被照射面上に位置する。描画ライン $SL_1 \sim SL_6$ は、基板 P の幅方向、つまり、回転ドラム DR の中心軸 AXo と略並行とな

10

20

30

40

50

っている。

【0039】

描画ラインSL1、SL3、SL5は、基板Pの幅方向（主走査方向）に沿って所定の間隔をあけて直線上に1列に配置されている。描画ラインSL2、SL4、SL6も同様に、基板Pの幅方向（主走査方向）に沿って所定の間隔をあけて直線上に1列に配置されている。このとき、描画ラインSL2は、基板Pの幅方向に関して、描画ラインSL1と描画ラインSL3との間に配置される。同様に、描画ラインSL3は、基板Pの幅方向に関して、描画ラインSL2と描画ラインSL4との間に配置されている。描画ラインSL4は、基板Pの幅方向に関して、描画ラインSL3と描画ラインSL5との間に配置され、描画ラインSL5は、基板Pの幅方向に関して、描画ラインSL4と描画ラインSL6との間に配置されている。このように、複数の描画ラインSLn（SL1～SL6）は、Y方向（主走査方向）に関して、互いにずれるように配置されている。

10

【0040】

奇数番の描画ラインSL1、SL3、SL5の各々に沿って走査されるビームLB1、LB3、LB5のスポット光SPの主走査方向は、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SL2、SL4、SL6の各々に沿って走査されるビームLB2、LB4、LB6のスポット光SPの主走査方向は、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SL1、SL3、SL5に沿って走査されるビームLB1、LB3、LB5のスポット光SPの主走査方向と、描画ラインSL2、SL4、SL6に沿って走査されるビームLB2、LB4、LB6のスポット光SPの主走査方向とは互いに逆方向であってもよい。本第1の実施の形態では、描画ラインSL1、SL3、SL5に沿って走査されるビームLB1、LB3、LB5のスポット光SPの主走査方向は-Y方向である。また、描画ラインSL2、SL4、SL6に沿って走査されるビームLB2、LB4、LB6のスポット光SPの主走査方向は+Y方向である。これにより、描画ラインSL1、SL3、SL5の描画開始点側の端部と、描画ラインSL2、SL4、SL6の描画開始点側の端部とは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SL3、SL5の描画終了点側の端部と、描画ラインSL2、SL4の描画終了点側の端部とは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SLnの端部同士を一部重複させるように、各描画ラインSLnを配置する場合は、例えば、各描画ラインSLnの長さに対して、描画開始点、または描画終了点を含んでY方向に数%以下の範囲で重複させるとよい。なお、描画ラインSLnをY方向に継ぎ合わせるとは、描画ラインSLnの端部同士をY方向に関して隣接または一部重複させることを意味する。

20

30

【0041】

なお、描画ラインSLnの副走査方向の幅（X方向の寸法）は、スポット光SPのサイズ（直径）に応じた太さである。例えば、スポット光SPのサイズ（寸法）が $3\mu\text{m}$ の場合は、描画ラインSLnの幅も $3\mu\text{m}$ となる。スポット光SPは、所定の長さ（例えば、スポット光SPのサイズの $7/8$ とする）だけオーバーラップするように、描画ラインSLn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SLn（例えば、描画ラインSL1と描画ラインSL2）同士を互いに継ぐ場合も、所定の長さ（例えば、スポット光SPのサイズの $7/8$ ）だけオーバーラップさせるのがよい。

40

【0042】

本第1の実施の形態の場合、光源装置LS（LSa、LSb）からのビームLB（LBa、LBb）がパルス光であるため、主走査の間に描画ラインSLn上に投射されるスポット光SPは、ビームLB（LBa、LBb）の発振周波数Fa（例えば、 400MHz ）に応じて離散的になる。そのため、ビームLBの1パルス光によって投射されるスポット光SPと次の1パルス光によって投射されるスポット光SP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SPのサイズ、スポット光SPの走査速度（主走査の速度）Vs、および、ビームLBの発振周波数Faによって設定される。スポット光SPの実効的なサイズは、スポット光SPの強度分布が

50

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。本第 1 の実施の形態では、実効的なサイズ (寸法) に対して、 $\times 7/8$ 程度スポット光 S P がオーバーラップするように、スポット光 S P の走査速度 V_s および発振周波数 F_a が設定される。したがって、スポット光 S P の主走査方向に沿った投射間隔は、 $1/8$ となる。そのため、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 P がスポット光 S P の実効的なサイズ の略 $1/8$ 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 P 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 V_s の低下、ビーム L B の発振周波数 F_a の増大、或いは基板 P の副走査方向の搬送速度 V_t 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増加させればよい。スポット光 S P の主走査方向の走査速度 V_s は、ポリゴンミラー P M の回転数 (回転速度 V_p) に比例して速くなる。

【0043】

各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) は、少なくとも X Z 平面において、各ビーム L B n が回転ドラム D R の中心軸 A X o に向かって進むように、各ビーム L B n を基板 P に向けて照射する。これにより、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) から基板 P に向かって進むビーム L B n の光路 (ビーム中心軸) は、X Z 平面において、基板 P の被照射面の法線と平行となる。また、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) は、描画ライン S L n ($S L_1 \sim S L_6$) に照射するビーム L B n が、Y Z 平面と平行な面内では基板 P の被照射面に対して垂直となるように、ビーム L B n を基板 P に向けて照射する。すなわち、被照射面でのスポット光 S P の主走査方向に関して、基板 P に投射されるビーム L B n ($L B_1 \sim L B_6$) 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 U_n ($U_1 \sim U_6$) によって規定される所定の描画ライン S L n ($S L_1 \sim S L_6$) の各中点を通して基板 P 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 L e n ($L e_1 \sim L e_6$) と呼ぶ。

【0044】

この各照射中心軸 L e n ($L e_1 \sim L e_6$) は、X Z 平面において、描画ライン S L 1 \sim S L 6 と中心軸 A X o とを結ぶ線となっている。奇数番の走査ユニット U_1 、 U_3 、 U_5 の各々の照射中心軸 $L e_1$ 、 $L e_3$ 、 $L e_5$ は、X Z 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 U_2 、 U_4 、 U_6 の各々の照射中心軸 $L e_2$ 、 $L e_4$ 、 $L e_6$ は、X Z 平面において同じ方向となっている。また、照射中心軸 $L e_1$ 、 $L e_3$ 、 $L e_5$ と照射中心軸 $L e_2$ 、 $L e_4$ 、 $L e_6$ とは、X Z 平面において、中心面 P o c に対して角度が ± 1 となるように設定されている (図 2 参照)。

【0045】

図 2 に示した複数のアライメント顕微鏡 A M 1 m ($A M 1_1 \sim A M 1_4$)、A M 2 m ($A M 2_1 \sim A M 2_4$) は、図 4 に示す基板 P に形成された複数のアライメントマーク M K m ($M K_1 \sim M K_4$) 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。複数のアライメントマーク M K m ($M K_1 \sim M K_4$) は、基板 P 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 P 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。複数のアライメント顕微鏡 A M 1 m ($A M 1_1 \sim A M 1_4$)、A M 2 m ($A M 2_1 \sim A M 2_4$) は、回転ドラム D R の外周面 (円周面) で支持されている基板 P 上で、複数のアライメントマーク M K m ($M K_1 \sim M K_4$) を検出する。複数のアライメント顕微鏡 A M 1 m ($A M 1_1 \sim A M 1_4$) は、露光ヘッド 1 4 からのビーム L B n ($L B_1 \sim L B_6$) のスポット光 S P による基板 P 上の被照射領域 (描画ライン S L 1 \sim S L 6 で囲まれた領域) よりも基板 P の搬送方向の上流側 (- X 方向側) に設けられている。また、複数のアライメント顕微鏡 A M 2 m ($A M 2_1 \sim A M 2_4$) は、露光ヘッド 1 4 からビーム L B n ($L B_1 \sim L B_6$) のスポット光 S P による基板 P 上の被照射領域 (描画ライン S L 1 \sim S L 6 で囲まれた領域

よりも基板Pの搬送方向の下流側（+X方向側）に設けられている。

【0046】

アライメント顕微鏡AM1m（AM11～AM14）、AM2m（AM21～AM24）は、アライメント用の照明光を基板Pに投射する光源と、基板Pの表面のアライメントマークMKmを含む局所領域（観察領域）Vw1m（Vw11～Vw14）、Vw2m（Vw21～Vw24）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Pが搬送方向に移動している間に、基板Pの搬送速度Vtに応じた高速シャッタで撮像するCCD、CMOS等の撮像素子とを有する。複数のアライメント顕微鏡AM1m（AM11～AM14）、AM2m（AM21～AM24）の各々が撮像した撮像信号（画像データ）は制御装置16に送られる。制御装置16のマーク位置検出部106（図12参照）は、この送られてきた複数の撮像信号の画像解析を行うことで、基板P上のアライメントマークMKm（MK1～MK4）の位置（マーク位置情報）を検出する。なお、アライメント用の照明光は、基板P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500～800nm程度の光である。

【0047】

複数のアライメントマークMK1～MK4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MK1、MK4は、露光領域Wの基板Pの幅方向の両側に、基板Pの長尺方向に沿って一定の間隔Dhで複数形成されている。アライメントマークMK1は、基板Pの幅方向の-Y方向側に、アライメントマークMK4は、基板P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MK1、MK4は、基板P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P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MK2、MK3は、アライメントマークMK1とアライメントマークMK4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P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MK2、MK3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MK2は、基板Pの幅方向の-Y方向側に、アライメントマークMK3は、基板Pの+Y方向側に形成されている。

【0048】

さらに、基板Pの-Y方向側の端部に配列されるアライメントマークMK1と余白部のアライメントマークMK2とのY方向の間隔、余白部のアライメントマークMK2とアライメントマークMK3のY方向の間隔、および基板Pの+Y方向側の端部に配列されるアライメントマークMK4と余白部のアライメントマークMK3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MKm（MK1～MK4）は、第1層のパターン層の形成の際に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MKm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MKmとして利用してもよい。

【0049】

アライメント顕微鏡AM11、AM21は、図4に示すように、対物レンズによる観察領域（検出領域）Vw11、Vw21内に存在するアライメントマークMK1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AM12～AM14、AM22～AM24は、対物レンズによる観察領域Vw12～Vw14、Vw22～Vw24内に存在するアライメントマークMK2～MK4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AM11～AM14、AM21～AM24は、複数のアライメントマークMK1～MK4の位置に対応して、基板Pの-Y方向側からAM11～AM14、AM21～AM24、の順で基板Pの幅方向に沿って設けられている。なお、図3においては、アライメント顕微鏡AM2m（AM21～AM24）の観察領域Vw2m（Vw21～Vw24）の図示を省略している。

【 0 0 5 0 】

複数のアライメント顕微鏡 $AM\ 1\ m$ ($AM\ 1\ 1 \sim AM\ 1\ 4$) は、 X 方向に関して、露光位置 (描画ライン $SL\ 1 \sim SL\ 6$) と観察領域 $Vw\ 1\ m$ ($Vw\ 1\ 1 \sim Vw\ 1\ 4$) 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。複数のアライメント顕微鏡 $AM\ 2\ m$ ($AM\ 2\ 1 \sim AM\ 2\ 4$) も同様に、 X 方向に関して、露光位置 (描画ライン $SL\ 1 \sim SL\ 6$) と観察領域 $Vw\ 2\ m$ ($Vw\ 2\ 1 \sim Vw\ 2\ 4$) 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 $AM\ 1\ m$ 、 $AM\ 2\ m$ の数は、基板 P の幅方向に形成されるアライメントマーク $MK\ m$ の数に応じて変更可能である。また、各観察領域 $Vw\ 1\ m$ ($Vw\ 1\ 1 \sim Vw\ 1\ 4$)、 $Vw\ 2\ m$ ($Vw\ 2\ 1 \sim Vw\ 2\ 4$) の基板 P の被照射面上の大きさは、アライメントマーク $MK\ 1 \sim MK\ 4$ 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、 $100 \sim 500\ \mu m$ 角程度の大きさである。

10

【 0 0 5 1 】

図 3 に示すように、回転ドラム DR の両端部には、回転ドラム DR 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 $SD\ a$ 、 $SD\ b$ が設けられている。このスケール部 $SD\ a$ 、 $SD\ b$ は、回転ドラム DR の外周面の周方向に一定のピッチ (例えば、 $20\ \mu m$) 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 $SD\ a$ 、 $SD\ b$ は、中心軸 $AX\ o$ 回りに回転ドラム DR と一体に回転する。スケール部 $SD\ a$ 、 $SD\ b$ を読み取るスケール読取ヘッドとしての複数のエンコーダ $EN\ j\ a$ 、 $EN\ j\ b$ (なお、 $j = 1, 2, 3, 4$) は、このスケール部 $SD\ a$ 、 $SD\ b$ と対向するように設けられている (図 2、図 3 参照)。なお、図 3 においては、エンコーダ $EN\ 4\ a$ 、 $EN\ 4\ b$ の図示を省略している。

20

【 0 0 5 2 】

エンコーダ $EN\ j\ a$ 、 $EN\ j\ b$ は、回転ドラム DR の回転角度位置を光学的に検出するものである。回転ドラム DR の $-Y$ 方向側の端部に設けられたスケール部 $SD\ a$ に対向して、4 つのエンコーダ $EN\ j\ a$ ($EN\ 1\ a$ 、 $EN\ 2\ a$ 、 $EN\ 3\ a$ 、 $EN\ 4\ a$) が設けられている。同様に、回転ドラム DR の $+Y$ 方向側の端部に設けられたスケール部 $SD\ b$ に対向して、4 つのエンコーダ $EN\ j\ b$ ($EN\ 1\ b$ 、 $EN\ 2\ b$ 、 $EN\ 3\ b$ 、 $EN\ 4\ b$) が設けられている。

30

【 0 0 5 3 】

エンコーダ $EN\ 1\ a$ 、 $EN\ 1\ b$ は、中心面 $P\ o\ c$ に対して基板 P の搬送方向の上流側 ($-X$ 方向側) に設けられており、設置方位線 $L\ x\ 1$ 上に配置されている (図 2、図 3 参照)。設置方位線 $L\ x\ 1$ は、 XZ 平面において、エンコーダ $EN\ 1\ a$ 、 $EN\ 1\ b$ の計測用の光ビームのスケール部 $SD\ a$ 、 $SD\ b$ 上への投射位置 (読取位置) と、中心軸 $AX\ o$ とを結ぶ線となっている。また、設置方位線 $L\ x\ 1$ は、 XZ 平面において、各アライメント顕微鏡 $AM\ 1\ m$ ($AM\ 1\ 1 \sim AM\ 1\ 4$) の観察領域 $Vw\ 1\ m$ ($Vw\ 1\ 1 \sim Vw\ 1\ 4$) と中心軸 $AX\ o$ とを結ぶ線となっている。つまり、複数のアライメント顕微鏡 $AM\ 1\ m$ ($AM\ 1\ 1 \sim AM\ 1\ 4$) も設置方位線 $L\ x\ 1$ 上に配置されている。

【 0 0 5 4 】

エンコーダ $EN\ 2\ a$ 、 $EN\ 2\ b$ は、中心面 $P\ o\ c$ に対して基板 P 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 $EN\ 1\ a$ 、 $EN\ 1\ b$ より基板 P 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 $EN\ 2\ a$ 、 $EN\ 2\ b$ は、設置方位線 $L\ x\ 2$ 上に配置されている (図 2、図 3 参照)。設置方位線 $L\ x\ 2$ は、 XZ 平面において、エンコーダ $EN\ 2\ a$ 、 $EN\ 2\ b$ の計測用の光ビームのスケール部 $SD\ a$ 、 $SD\ b$ 上への投射位置 (読取位置) と、中心軸 $AX\ o$ とを結ぶ線となっている。この設置方位線 $L\ x\ 2$ は、 XZ 平面において、照射中心軸 $Le\ 1$ 、 $Le\ 3$ 、 $Le\ 5$ と同角度位置となって重なっている。

40

【 0 0 5 5 】

エンコーダ $EN\ 3\ a$ 、 $EN\ 3\ b$ は、中心面 $P\ o\ c$ に対して基板 P の搬送方向の下流側 ($+X$ 方向側) に設けられており、設置方位線 $L\ x\ 3$ 上に配置されている (図 2、図 3 参照)

50

）。設置方位線 $L \times 3$ は、 XZ 平面において、エンコーダ $EN3a$ 、 $EN3b$ の計測用の光ビームのスケール部 SDa 、 SDb 上への投射位置（読取位置）と、中心軸 AXo とを結ぶ線となっている。この設置方位線 $L \times 3$ は、 XZ 平面において、照射中心軸 $Le2$ 、 $Le4$ 、 $Le6$ と同角度位置となって重なっている。したがって、設置方位線 $L \times 2$ と設置方位線 $L \times 3$ とは、 XZ 平面において、中心面 Poc に対して角度が ± 1 となるように設定されている（図 2 参照）。

【0056】

エンコーダ $EN4a$ 、 $EN4b$ は、エンコーダ $EN3a$ 、 $EN3b$ より基板 P の搬送方向の下流側（ $+X$ 方向側）に設けられており、設置方位線 $L \times 4$ 上に配置されている（図 2 参照）。設置方位線 $L \times 4$ は、 XZ 平面において、エンコーダ $EN4a$ 、 $EN4b$ の計測用の光ビームのスケール部 SDa 、 SDb 上への投射位置（読取位置）と、中心軸 AXo とを結ぶ線となっている。また、設置方位線 $L \times 4$ は、 XZ 平面において、各アライメント顕微鏡 $AM2m$ （ $AM21 \sim AM24$ ）の観察領域 $Vw2m$ （ $Vw21 \sim Vw24$ ）と中心軸 AXo とを結ぶ線となっている。つまり、複数のアライメント顕微鏡 $AM2m$ （ $AM21 \sim AM24$ ）も設置方位線 $L \times 4$ 上に配置されている。この設置方位線 $L \times 1$ と設置方位線 $L \times 4$ とは、 XZ 平面において、中心面 Poc に対して角度が ± 2 となるように設定されている（図 2 参照）。

【0057】

各エンコーダ $ENja$ （ $EN1a \sim EN4a$ ）、 $ENjb$ （ $EN1b \sim EN4b$ ）は、スケール部 SDa 、 SDb 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）を光電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 16 に出力する。制御装置 16 の回転位置検出部 108（図 12 参照）は、その検出信号（パルス信号）をカウントすることで、回転ドラム DR 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。この回転ドラム DR の角度変化から、基板 P の搬送速度 Vt も計測することができる。回転位置検出部 108 は、各エンコーダ $ENja$ （ $EN1a \sim EN4a$ ）、 $ENjb$ （ $EN1b \sim EN4b$ ）からの検出信号をそれぞれ個別にカウントする。

【0058】

具体的には、回転位置検出部 108 は、複数のカウンタ回路 $CNja$ （ $CN1a \sim CN4a$ ）、 $CNjb$ （ $CN1b \sim CN4b$ ）を有する。カウンタ回路 $CN1a$ は、エンコーダ $EN1a$ からの検出信号をカウントし、カウンタ回路 $CN1b$ は、エンコーダ $EN1b$ からの検出信号をカウントする。同様にして、カウンタ回路 $CN2a \sim CN4a$ 、 $CN2b \sim CN4b$ は、エンコーダ $EN2a \sim EN4a$ 、 $EN2b \sim EN4b$ からの検出信号をカウントする。この各カウンタ回路 $CNja$ （ $CN1a \sim CN4a$ ）、 $CNjb$ （ $CN1b \sim CN4b$ ）は、各エンコーダ $ENja$ （ $EN1a \sim EN4a$ ）、 $ENjb$ （ $EN1b \sim EN4b$ ）がスケール部 SDa 、 SDb の周方向の一部に形成された図 3 に示す原点マーク（原点パターン） ZZ を検出すると、原点マーク ZZ を検出したエンコーダ $ENja$ 、 $ENjb$ に対応するカウント値を 0 にリセットする。

【0059】

このカウンタ回路 $CN1a$ 、 $CN1b$ のカウント値のいずれか一方若しくはその平均値は、設置方位線 $L \times 1$ 上における回転ドラム DR の回転角度位置として用いられ、カウンタ回路 $CN2a$ 、 $CN2b$ のカウント値のいずれか一方若しくは平均値は、設置方位線 $L \times 2$ 上における回転ドラム DR の回転角度位置として用いられる。同様に、カウンタ回路 $CN3a$ 、 $CN3b$ のカウント値のいずれか一方若しくは平均値は、設置方位線 $L \times 3$ 上における回転ドラム DR の回転角度位置として用いられ、カウンタ回路 $CN4a$ 、 $CN4b$ のカウント値のいずれか一方若しくはその平均値は、設置方位線 $L \times 4$ 上における回転ドラム DR の回転角度位置として用いられる。なお、回転ドラム DR の製造誤差等によって回転ドラム DR が中心軸 AXo に対して偏心して回転している場合を除き、原則として、カウンタ回路 $CN1a$ 、 $CN1b$ のカウント値は同一となる。同様にして、カウンタ回路 $CN2a$ 、 $CN2b$ のカウント値も同一となり、カウンタ回路 $CN3a$ 、 $CN3b$ のカウント値、カウンタ回路 $CN4a$ 、 $CN4b$ のカウント値もそれぞれ同一となる。

【0060】

上述したように、アライメント顕微鏡AM1m (AM11~AM14)とエンコーダEN1a、EN1bとは、設置方位線Lx1上に配置され、アライメント顕微鏡AM2m (AM21~AM24)とエンコーダEN4a、EN4bとは、設置方位線Lx4上に配置されている。したがって、複数のアライメント顕微鏡AM1m (AM11~AM14)が撮像した複数の撮像信号のマーク位置検出部106の画像解析によるアライメントマークMKm (MK1~MK4)の位置検出と、アライメント顕微鏡AM1mが撮像した瞬間の回転ドラムDRの回転角度位置の情報(エンコーダEN1a、EN1bに基づくカウント値)とに基づいて、設置方位線Lx1上における基板Pの位置を高精度に計測することができる。同様に、複数のアライメント顕微鏡AM2m (AM21~AM24)が撮像した
10 複数の撮像信号のマーク位置検出部106の画像解析によるアライメントマークMKm (MK1~MK4)の位置検出と、アライメント顕微鏡AM2mが撮像した瞬間の回転ドラムDRの回転角度位置の情報(エンコーダEN4a、EN4bに基づくカウント値)とに基づいて、設置方位線Lx4上における基板Pの位置を高精度に計測することができる。

【0061】

また、エンコーダEN1a、EN1bからの検出信号のカウント値と、エンコーダEN2a、EN2bからの検出信号のカウント値と、エンコーダEN3a、EN3bからの検出信号のカウント値と、エンコーダEN4a、EN4bからの検出信号のカウント値は、各エンコーダENja、ENjbが原点マークZZ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EN1a、EN1bに基づくカウント値が第1の値(例えば、
20 100)のときの、回転ドラムDRに巻き付けられている基板Pの設置方位線Lx1上における位置を第1の位置とした場合に、基板P上の第1の位置が設置方位線Lx2上の位置(描画ラインSL1、SL3、SL5の位置)まで搬送されると、エンコーダ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P上の第1の位置が設置方位線Lx3上の位置(描画ラインSL2、SL4、SL6の位置)まで搬送されると、エンコーダ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。同様に、基板P上の第1の位置が設置方位線Lx4上の位置まで搬送されると、エンコーダEN4a、EN4b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。

【0062】

ところで、基板P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2では、スケール部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3に示すように、スケール部SDa、SDbの外周面を、回転ドラムDRに巻き付けられた基板P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P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、各エンコーダENja (EN1a~EN4a)、ENjb (EN1b~EN4b)は、回転ドラムDRに巻き付いた基板Pの被照射面と同じ
40 径方向の位置でスケール部SDa、SDbを検出することができる。したがって、エンコーダENja、ENjbによる計測位置と処理位置(描画ラインSL1~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。

【0063】

ただし、被照射体としての基板Pの厚さは十数μm~数百μmと大きく異なるため、スケール部SDa、SDbの外周面の半径と、回転ドラムDRに巻き付けられた基板Pの外周面の半径とを常に同一にすることは難しい。そのため、図3に示したスケール部SDa、SDbの場合、その外周面(スケール面)の半径は、回転ドラムDRの外周面の半径と一致するように設定される。さらに、スケール部SDa、SDbを個別の円盤で構成し、その円盤(スケール円盤)を回転ドラムDRのシャフトSftに同軸に取り付けることも可能である。その場合も、アップ誤差が許容値内に収まる程度に、スケール円盤の外周面
50

(スケール面)の半径と回転ドラムDRの外周面の半径とを揃えておくのがよい。

【0064】

以上のことから、アライメント顕微鏡AM1m(AM11~AM14)によって検出されたアライメントマークMKm(MK1~MK4)の基板P上の位置と、エンコーダEN1a、EN1bに基づくカウント値(カウンタ回路CN1a、CN1bのカウント値のいずれか一方若しくは平均値)に基づいて、制御装置16によって基板P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る。なお、露光領域WのX方向の長さは予め既知なので、制御装置16は、アライメントマークMKm(MK1~MK4)を所定個数検出する度に、描画露光の開始位置として決定する。そして、露光開始位置が決定された際のエンコーダEN1a、EN1bに基づくカウント値を第1の値(例えば、100)とした場合は、エンコーダ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P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、エンコーダ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、エンコーダ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P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、エンコーダ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。

【0065】

通常は、テンション調整ローラRT1、RT2が基板Pに長尺方向に所定のテンションを与えることで、基板Pは、回転ドラムDRに密着しながら、回転ドラムDRの回転と一緒に搬送される。しかし、回転ドラムDRの回転速度Vpが速かったり、テンション調整ローラRT1、RT2が基板Pに与えるテンションが低くなり過ぎたり、高くなり過ぎたりする等の理由により、基板Pの回転ドラムDRに対する滑りが発生する可能性がある。基板Pの回転ドラムDRに対する滑りが発生しない状態時においては、エンコーダEN4a、4bに基づくカウント値が、アライメントマークMKmA(ある特定のアライメントマークMKm)をアライメント顕微鏡AM1mが撮像した瞬間のエンコーダEN1a、EN1bに基づくカウント値(例えば、150)と同じ値になった場合は、アライメント顕微鏡AM2mによって、このアライメントマークMKmAが検出される。

【0066】

しかしながら、基板Pの回転ドラムDRに対する滑りが発生している場合は、エンコーダEN4a、EN4bに基づくカウント値が、アライメントマークMKmAをアライメント顕微鏡AM1mが撮像した瞬間のエンコーダEN1a、EN1bに基づくカウント値(例えば、150)と同じ値となっても、アライメント顕微鏡AM2mによって、このアライメントマークMKmAが検出されない。この場合は、エンコーダEN4a、EN4bに基づくカウント値が、例えば、150を過ぎてから、アライメント顕微鏡AM2mによって、アライメントマークMKmAが検出されることになる。したがって、アライメントマークMKmAをアライメント顕微鏡AM1mが撮像した瞬間のエンコーダEN1a、EN1bに基づくカウント値と、アライメントマークMKmAをアライメント顕微鏡AM2mが撮像した瞬間のエンコーダEN4a、EN4bのカウント値とに基づいて、基板Pに対する滑り量を求めることができる。このように、このアライメント顕微鏡AM2mおよびエンコーダEN4a、EN4bを追加設置することで、基板Pの滑り量を測定することができる。

【0067】

次に、図5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5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Pが処理装置PR2から露光装置EXを経て処理

装置 P R 3 に向かう方向を X t 方向とし、Z t 方向と直交する平面上であって、X t 方向と直交する方向を Y t 方向とする。つまり、図 5 の X t、Y t、Z t の 3 次元座標は、図 2 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 L e n (L e 1) と平行となるように回転させた 3 次元座標である。

【 0 0 6 8 】

図 5 に示すように、走査ユニット U 1 内には、ビーム L B 1 の入射位置から被照射面 (基板 P) までのビーム L B 1 の進行方向に沿って、反射ミラー M 1 0、ビームエキスパンダー B E、反射ミラー M 1 1、偏光ビームスプリッタ B S 1、反射ミラー M 1 2、シフト光学部材 (平行平板) S R、偏向調整光学部材 (プリズム) D P、フィールドアパーチャ F A、反射ミラー M 1 3、 $\lambda/4$ 波長板 Q W、シリンドリカルレンズ C Y a、反射ミラー M 1 4、ポリゴンミラー P M、f レンズ F T、反射ミラー M 1 5、シリンドリカルレンズ C Y b が設けられる。さらに、走査ユニット U 1 内には、走査ユニット U 1 の描画開始可能タイミングを検出する原点センサ (原点検出器) O P 1 と、被照射面 (基板 P) からの反射光を偏光ビームスプリッタ B S 1 を介して検出するための光学レンズ系 G 1 0 および光検出器 D T とが設けられる。

【 0 0 6 9 】

走査ユニット U 1 に入射するビーム L B 1 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 M 1 0 に入射する。この走査ユニット U 1 に入射するビーム L B 1 の軸線は、照射中心軸 L e 1 と同軸になるように反射ミラー M 1 0 に入射する。反射ミラー M 1 0 は、ビーム L B 1 を走査ユニット U 1 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 L B 1 を、X t 軸と平行に設定される光軸 A X a に沿って、反射ミラー M 1 0 から - X t 方向に離れた反射ミラー M 1 1 に向けて - X t 方向に反射する。したがって、光軸 A X a は X t Z t 平面と平行な面で照射中心軸 L e 1 と直交する。反射ミラー M 1 0 で反射したビーム L B 1 は、光軸 A X a に沿って配置されるビームエキスパンダー B E を透過して反射ミラー M 1 1 に入射する。ビームエキスパンダー B E は、透過するビーム L B 1 の径を拡大させる。ビームエキスパンダー B E は、集光レンズ B e 1 と、集光レンズ B e 1 によって収斂された後に発散するビーム L B 1 を平行光にするコリメートレンズ B e 2 とを有する。

【 0 0 7 0 】

反射ミラー M 1 1 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 L B 1 (光軸 A X a) を偏光ビームスプリッタ B S 1 に向けて - Y t 方向に反射する。反射ミラー M 1 1 に対して - Y t 方向に離れて設置されている偏光ビームスプリッタ B S 1 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 U 1 に入射するビーム L B 1 は、P 偏光のビームなので、偏光ビームスプリッタ B S 1 は、反射ミラー M 1 1 からのビーム L B 1 を - X t 方向に反射して反射ミラー M 1 2 側に導く。

【 0 0 7 1 】

反射ミラー M 1 2 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 L B 1 を、反射ミラー M 1 2 から - Z t 方向に離れた反射ミラー M 1 3 に向けて - Z t 方向に反射する。反射ミラー M 1 2 で反射されたビーム L B 1 は、Z t 軸と平行な光軸 A X c に沿ってシフト光学部材 S R、偏向調整光学部材 D P、およびフィールドアパーチャ (視野絞り) F A を通過して、反射ミラー M 1 3 に入射する。シフト光学部材 S R は、ビーム L B 1 の進行方向 (光軸 A X c) と直交する平面 (X t Y t 平面) 内において、ビーム L B 1 の断面内の中心位置を 2 次元的に調整する。シフト光学部材 S R は、光軸 A X c に沿って配置される 2 枚の石英の平行平板 S r 1、S r 2 で構成され、平行平板 S r 1 は、X t 軸回りに傾斜可能であり、平行平板 S r 2 は、Y t 軸回りに傾斜可能である。この平行平板 S r 1、S r 2 がそれぞれ、X t 軸、Y t 軸回りに傾斜することで、ビーム L B 1 の進行方向と直交する X t Y t 平面において、ビーム L B 1 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 S r 1、S r 2 は、制御装置 1 6 の制御の下、図示しないアク

10

20

30

40

50

チュエータ（駆動部）によって駆動する。

【0072】

偏向調整光学部材DPは、反射ミラーM12で反射されてシフト光学部材SRを通ってきたビームLB1の光軸AXcに対する傾きを微調整するものである。偏向調整光学部材DPは、光軸AXcに沿って配置される2つの楔状のプリズムDp1、Dp2で構成され、プリズムDp1、Dp2の各々は独立して光軸AXcを中心に360°回転可能に設けられている。2つのプリズムDp1、Dp2の回転角度位置を調整することによって、反射ミラーM13に達するビームLB1の軸線と光軸AXcとの平行出し、または、基板Pの被照射面に達するビームLB1の軸線と照射中心軸Le1との平行出しが行われる。なお、2つのプリズムDp1、Dp2によって偏向調整された後のビームLB1は、ビームLB1の断面と平行な面内で横シフトしている場合があり、その横シフトは先のシフト光学部材SRによって元に戻すことができる。このプリズムDp1、Dp2は、制御装置16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。

10

【0073】

このように、シフト光学部材SRと偏向調整光学部材DPとを通ったビーム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M13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の円形開口を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。

20

【0074】

反射ミラーM13は、XtYt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M14に向けて+Xt方向に反射する。反射ミラーM13で反射したビームLB1は、1/4波長板QWおよびシリンドリカルレンズCYaを介して反射ミラーM14に入射する。反射ミラーM14は、入射したビームLB1をポリゴンミラー（回転多面鏡、走査用偏向部材）PMに向けて反射する。ポリゴンミラーPMは、入射したビームLB1を、Xt軸と平行な光軸AXfを有するf レンズFTに向けて+Xt方向側に反射する。ポリゴンミラーPMは、ビームLB1のスポット光SPを基板Pの被照射面上で走査するために、入射したビームLB1をXtYt平面と平行な面内で1次元に偏向（反射）する。具体的には、ポリゴンミラーPMは、Zt軸方向に延びる回転軸AXpと、回転軸AXpの周りに形成された複数の反射面RP（本実施の形態では反射面RPの数Npを8とする）とを有する。回転軸AXpを中心にこのポリゴンミラーPMを所定の回転方向に回転させることで反射面RPに照射されるパルス状のビームLB1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RPによってビームLB1の反射方向が偏向され、基板Pの被照射面上に照射されるビームLB1のスポット光SPを主走査方向（基板Pの幅方向、Yt方向）に沿って走査することができる。

30

【0075】

つまり、1つの反射面RPによって、ビームLB1のスポット光SPを主走査方向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PMの1回転で、基板Pの被照射面上にスポット光SPが走査される描画ラインSL1の数は、最大で反射面RPの数と同じ8本となる。ポリゴンミラーPMは、制御装置16の制御の下、回転駆動源（例えば、モータや減速機構等）RMによって一定の速度で回転する。先に説明したように、描画ラインSL1の実効的な長さ（例えば、30mm）は、このポリゴンミラーPMによってスポット光SPを走査することができる最大走査長（例えば、31mm）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SL1の中心点（照射中心軸Le1が通る点）が設定されている。

40

【0076】

シリンドリカルレンズCYaは、ポリゴンミラーPMによる主走査方向（回転方向）と直交する非走査方向（Zt方向）に関して、入射したビームLB1をポリゴンミラーPMの反射面RP上に収斂する。つまり、シリンドリカルレンズCYaは、ビームLB1を反

50

射面 R P 上で X t Y t 平面と平行な方向に延びたスリット状（長楕円状）に収斂する。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 と、後述のシリンドリカルレンズ C Y b とによって、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る。例えば、基板 P の被照射面上に照射されるビーム L B 1（描画ライン S L 1）の照射位置が、ポリゴンミラー P M の各反射面 R P 毎の僅かな傾き誤差によって X t 方向にずれることを抑制することができる。

【0077】

X t 軸方向に延びる光軸 A X f を有する f レンズ（走査用レンズ系）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 1 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 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 レンズ F T は、反射ミラー M 1 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 P 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 レンズ F T は、 $y = f_o \times \theta$ 、の関係（歪曲収差）を満たすように設計されている。したがって、この f レンズ F T によって、ビーム L B 1 を Y t 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 レンズ F T への入射角 θ が 0 度のときに、f レンズ F T に入射したビーム L B 1 は、光軸 A X f 上に沿って進む。

【0078】

反射ミラー M 1 5 は、f レンズ F T からのビーム L B 1 を、シリンドリカルレンズ C Y b を介して基板 P に向けて - Z t 方向に反射する。f レンズ F T および母線が 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 b によって、基板 P に投射されるビーム L B 1 が基板 P の被照射面上で直径数 μm 程度（例えば、 $3\mu\text{m}$ ）の微小なスポット光 S P に収斂される。また、基板 P の被照射面上に投射されるスポット光 S P は、ポリゴンミラー P M によって、Y t 方向に延びる描画ライン S L 1 によって 1 次元走査される。なお、f レンズ F T の光軸 A X f と照射中心軸 L e 1 とは、同一の平面上にあり、その平面は X t Z t 平面と平行である。したがって、光軸 A X f 上に進んだビーム L B 1 は、反射ミラー M 1 5 によって - Z t 方向に反射し、照射中心軸 L e 1 と同軸になって基板 P 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 レンズ F T は、ポリゴンミラー P M によって偏向されたビーム L B 1 を基板 P 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 M 1 1 ~ M 1 5）および偏光ビームスプリッタ B S 1 は、反射ミラー M 1 0 から基板 P までのビーム L B 1 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 M 1 0 に入射するビーム L B 1 の入射軸と照射中心軸 L e 1 とを略同軸にすることができる。X t Z t 平面に関して、走査ユニット U 1 内を通るビーム L B 1 は、略 U 字状またはコ字状の光路を通った後、- Z t 方向に進んで基板 P に投射される。

【0079】

このように、基板 P が X 方向に搬送されている状態で、各走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）によって、ビーム L B n（L B 1 ~ L B 6）のスポット光 S P を主走査方向（Y 方向）に一次元に走査することで、スポット光 S P を基板 P の被照射面に相対的に 2 次元走査することができる。

【0080】

なお、一例として、描画ライン S L n（S L 1 ~ S L 6）の実効的な長さを 30mm とし、実効的なサイズ ϕ が $3\mu\text{m}$ のスポット光 S P の $7/8$ ずつ、つまり、 $2.625 (= 3 \times 7/8)\mu\text{m}$ 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 n（S L 1 ~ S L 6）に沿って基板 P の被照射面上に照射する場合は、スポット光 S P は、 $0.375\mu\text{m}$ の間隔で照射される。したがって、1 回の走査で照射されるスポット光 S P の数は、 $80000 (= 30[\text{mm}] / 0.375[\mu\text{m}])$ となる。また、基板 P の副走査方向の送り速度（搬送速度）V t を 0.6048mm/sec とし、副走査方向につ

10

20

30

40

50

いてもスポット光 S P の走査が $0.375 \mu\text{m}$ の間隔で行われるものとする、描画ライン S L n に沿った 1 回の走査開始（描画開始）時点と次の走査開始時点との時間差 T_{px} は、約 $620 \mu\text{sec}$ ($= 0.375 [\mu\text{m}] / 0.6048 [\text{mm/sec}]$) となる。この時間差 T_{px} は、8 反射面 R P のポリゴンミラー P M が 1 面分 ($45 \text{度} = 360 \text{度} / 8$) だけ回転する時間である。この場合、ポリゴンミラー P M の 1 回転の時間が、約 4.96msec ($= 8 \times 620 [\mu\text{sec}]$) となるように設定される必要がある、ポリゴンミラー P M の回転速度 V_p は、毎秒約 201.613 回転 ($= 1 / 4.96 [\text{msec}]$)、すなわち、約 12096.8rpm に設定される。

【0081】

一方、ポリゴンミラー P M の 1 反射面 R P で反射したビーム L B 1 が有効に f レンズ F T に入射する最大入射角度（スポット光 S P の最大走査長に対応）は、f レンズ F T の焦点距離と最大走査長によっておおよそ決まってしまう。一例として、8 反射面 R P のポリゴンミラー P M の場合は、1 反射面 R P 分の回転角度 45度 のうちで実走査に寄与する回転角度の比率（走査効率）は、 $1/3$ で表される。本第 1 の実施の形態では、実走査に寄与する回転角度を 15度 とするので、走査効率は $1/3$ ($= 15 \text{度} / 45 \text{度}$) となり、f レンズ F T の最大入射角は 30度 （光軸 A X f を中心として $\pm 15 \text{度}$ ）となる。そのため、描画ライン S L n の最大走査長（例えば、 31mm ）分だけスポット光 S P を走査するのに必要な時間 T_s は、 $T_s = T_{px} \times \text{走査効率}$ 、となり、先の数値例の場合は、時間 T_s 、約 $206.666 \dots \mu\text{sec}$ ($= 620 [\mu\text{sec}] / 3$)、となる。本第 1 の実施の形態における描画ライン S L n (S L 1 ~ S L 6) の実効的な走査長を 30mm とするので、この描画ライン S L n に沿ったスポット光 S P の 1 走査の走査時間 T_{sp} は、約 $200 \mu\text{sec}$ ($= 206.666 \dots [\mu\text{sec}] \times 30 [\text{mm}] / 31 [\text{mm}]$)、となる。したがって、この時間 T_{sp} の間に、 80000 のスポット光 S P（パルス光）を照射する必要がある、光源装置 L S (L S a、L S b) からのビーム L B の発光周波数（発振周波数） F_a は、 $F_a = 80000 \text{回} / 200 \mu\text{sec} = 400 \text{MHz}$ となる。

【0082】

図 5 に示す原点センサ O P 1 は、ポリゴンミラー P M の反射面 R P の回転位置が、反射面 R P によるスポット光 S P の走査が開始可能な所定位置にくると原点信号 S Z 1 を発生する。言い換えるならば、原点センサ O P 1 は、これからスポット光 S P の走査を行う反射面 R P の角度が所定の角度位置になったときに原点信号 S Z 1 を発生する。ポリゴンミラー P M は、8 つの反射面 R P を有するので、原点センサ O P 1 は、ポリゴンミラー P M が 1 回転する期間で、8 回原点信号 S Z 1 を出力することになる。この原点センサ O P 1 が発生した原点信号 S Z 1 は、制御装置 16 に送られる。原点センサ O P 1 が原点信号 S Z 1 を発生してから、遅延時間 T_{d1} 経過後にスポット光 S P の描画ライン S L 1 に沿った走査が開始される。つまり、この原点信号 S Z 1 は、走査ユニット U 1 によるスポット光 S P の描画開始タイミング（走査開始タイミング）を示す情報となっている。

【0083】

原点センサ O P 1 は、基板 P の感光性機能層に対して非感光性の波長域のレーザービーム B g a を反射面 R P に対して射出するビーム送光系 o p a と、反射面 R P で反射したレーザービーム B g a の反射ビーム B g b を受光して原点信号 S Z 1 を発生するビーム受光系 o p b とを有する。ビーム送光系 o p a は、図示しないが、レーザービーム B g a を射出する光源と、光源が発光したレーザービーム B g a を反射面 R P に投射する光学部材（反射ミラーやレンズ等）とを有する。ビーム受光系 o p b は、図示しないが、受光した反射ビーム B g b を受光して電気信号に変換する光電変換素子を含む受光部と、反射面 R P で反射した反射ビーム B g b を前記受光部に導く光学部材（反射ミラーやレンズ等）を有する。ビーム送光系 o p a とビーム受光系 o p b とは、ポリゴンミラー P M の回転位置が、反射面 R P によるスポット光 S P の走査が開始される直前の所定位置にきたときに、ビーム送光系 o p a が射出したレーザービーム B g a の反射ビーム B g b をビーム受光系 o p b が受光することができる位置に設けられている。なお、走査ユニット U 2 ~ U 6 に設けられてい

10

20

30

40

50

る原点センサ OP_n を $OP_2 \sim OP_6$ で表し、原点センサ $OP_2 \sim OP_6$ で発生する原点信号 SZ_n を $SZ_2 \sim SZ_6$ で表す。制御装置 16 は、この原点信号 SZ_n ($SZ_1 \sim SZ_6$) に基づいて、どの走査ユニット U_n がこれからスポット光 SP の走査を行うかを管理している。また、原点信号 $SZ_2 \sim SZ_6$ が発生してから、走査ユニット $U_2 \sim U_6$ による描画ライン $SL_2 \sim SL_6$ に沿ったスポット光 SP の走査を開始するまでの遅延時間 Tdn を $Td_2 \sim Td_6$ で表す場合がある。

【0084】

図5に示す光検出器 DT 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 LB_1 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 P が巻き付けられていない状態 (または基板 P の透明部を通した状態) 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 U_1 からビーム LB_1 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 $M15$ 、 f レンズ FT 、ポリゴンミラー PM 、反射ミラー $M14$ 、シリンドリカルレンズ CYa 、 $\lambda/4$ 波長板 QW 、反射ミラー $M13$ 、フィールドアパーチャ FA 、偏向調整光学部材 DP 、シフト光学部材 SR 、および、反射ミラー $M12$ を通過して偏光ビームスプリッタ $BS1$ に入射する。ここで、偏光ビームスプリッタ $BS1$ と基板 P との間、具体的には、反射ミラー $M13$ 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 P に照射されるビーム LB_1 は、この $\lambda/4$ 波長板 QW によって P 偏光から円偏光のビーム LB_1 に変換され、基板 P から偏光ビームスプリッタ $BS1$ 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 P からの反射光は偏光ビームスプリッタ $BS1$ を透過し、光学レンズ系 $G10$ を介して光検出器 DT に入射する。

【0085】

このとき、パルス状のビーム LB_1 が連続して走査ユニット U_1 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 U_1 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 SP が2次的に照射される。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 DT によって取得することができる。

【0086】

具体的には、光検出器 DT から出力される光電信号の強度変化を、ビーム LB_1 (スポット光 SP) のパルス発光のためのクロック信号 LTC (光源装置 LS で作られる) に応答して、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する。さらに、描画ライン SL_1 上における回転ドラム DR の回転角度位置を計測するエンコーダ $EN2a$ 、 $EN2b$ の計測値に応答して、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 $1/8$) ごとに 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 16 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 U_1 の描画ライン SL_1 の傾きを計測する。この描画ライン SL_1 の傾きとは、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) 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、各描画ライン $SL_2 \sim SL_6$ の傾きも計測することができることはいうまでもない。

【0087】

なお、複数の走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) は、複数の走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) の各々が照射中心軸 Len ($Le_1 \sim Le_6$) 回りに回動 (回転) することができるように、図示しない本体フレームに保持されている。この各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) が、照射中心軸 Len ($Le_1 \sim Le_6$) 回りに回動すると、各描画ライン SL_n ($SL_1 \sim SL_6$) も、基板 P の被照射面上で照射中心軸 Len ($Le_1 \sim Le_6$) 回りに回動する。したがって、各描画ライン SL_n ($SL_1 \sim SL_6$) は、 Y 方向に対して傾く

10

20

30

40

50

ことになる。各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) が照射中心軸 L_{en} ($L_{e1} \sim L_{e6}$) 回りに回動した場合であっても、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) 内を通過するビーム L_{Bn} ($L_{B1} \sim L_{B6}$) と各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) 内の光学的な部材との相対的な位置関係は変わらない。したがって、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) は、基板 P の被照射面上で回動した描画ライン S_{Ln} ($S_{L1} \sim S_{L6}$) に沿ってスポット光 S_P を走査することができる。この各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) の照射中心軸 L_{en} ($L_{e1} \sim L_{e6}$) 回りの回動は、制御装置16の制御の下、図示しないアクチュエータによって行われる。

【0088】

そのため、制御装置16は、計測した各描画ライン S_{Ln} の傾きにに応じて、走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) を照射中心軸 L_{en} ($L_{e1} \sim L_{e6}$) 回りに回動させることで、複数の描画ライン S_{Ln} ($S_{L1} \sim S_{L6}$) の平行状態を保つことができる。また、アライメント顕微鏡 $AM1m$ 、 $AM2m$ を用いて検出したアライメントマーク MKm の位置に基づいて、基板 P や露光領域 W が歪んでいる(変形している)場合は、それにに応じて描画するパターンも歪ませる必要性がある。そのため、制御装置16は、基板 P や露光領域 W が歪んでいる(変形している)と判断した場合は、走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) を照射中心軸 L_{en} ($L_{e1} \sim L_{e6}$) 回りに回動させることで、基板 P や露光領域 W の歪み(変形)に応じて各描画ライン S_{Ln} を Y 方向に対して微少に傾斜させる。その際、本実施の形態においては、後で説明するように、各描画ライン S_{Ln} に沿って描画されるパターンを、指定された倍率(例えば、 ppm オーダー)に応じて伸縮させるような制御、或いは、各描画ライン S_{Ln} を個別に副走査方向(図5中の X_t 方向)に微少にシフトさせる制御が可能となっている。

【0089】

なお、走査ユニット U_n の照射中心軸 L_{en} と、走査ユニット U_n が実際に回動する軸(回動中心軸)とが完全に一致していなくても、所定の許容範囲内で両者が同軸であればよい。この所定の許容範囲は、走査ユニット U_n を角度 θ だけ回動させたときの実際の描画ライン S_{Ln} の描画開始点(または描画終了点)と、照射中心軸 L_{en} と回動中心軸とが完全に一致すると仮定したときに走査ユニット U_n を所定の角度 θ だけ回動させたときの設計上の描画ライン S_{Ln} の描画開始点(または描画終了点)との差分量が、スポット光 S_P の主走査方向に関して、所定の距離(例えば、スポット光 S_P のサイズ)以内となるように設定されている。また、走査ユニット U_n に実際に入射するビーム L_{Bn} の光軸が、走査ユニット U_n の回動中心軸と完全に一致しなくても、前記した所定の許容範囲内で同軸であればよい。

【0090】

図6は、ビーム切換部 BDU の構成図である。ビーム切換部 BDU は、複数の選択用光学素子 AOM_n ($AOM1 \sim AOM6$) と、複数の集光レンズ $CD1 \sim CD6$ と、複数の反射ミラー $M1 \sim M14$ と、複数のユニット側入射ミラー $IM1 \sim IM6$ と、複数のコリメートレンズ $CL1 \sim CL6$ と、吸収体 $TR1$ 、 $TR2$ とを有する。選択用光学素子 AOM_n ($AOM1 \sim AOM6$) は、ビーム L_B (L_{Ba} 、 L_{Bb}) 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 $AOM1 \sim AOM6$ 、集光レンズ $CD1 \sim CD6$ 、反射ミラー $M1 \sim M14$ 、ユニット側入射ミラー $IM1 \sim IM6$ 、コリメートレンズ $CL1 \sim CL6$ 、および、吸収体 $TR1$ 、 $TR2$)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 U_n ($U_1 \sim U_6$) の上方(+ Z 方向側)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 AOM_n ($AOM1 \sim AOM6$) と複数の走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) との間を断熱する機能も備えている。

【0091】

光源装置 LSa からビーム L_{Ba} は、反射ミラー $M1 \sim M6$ によってその光路がつづらおり状に曲げられて、吸収体 $TR1$ まで導かれる。また、光源装置 LSb からのビーム L

10

20

30

40

50

B b も同様に、反射ミラー M 7 ~ M 1 4 によってその光路がつづらおり状に曲げられて、吸収体 T R 2 まで導かれる。以下、選択用光学素子 A O M n (A O M 1 ~ A O M 6) 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。

【 0 0 9 2 】

光源装置 L S a からのビーム L B a (平行光束) は、Y 軸と平行に + Y 方向に進んで集光レンズ C D 1 を通って反射ミラー M 1 に入射する。反射ミラー M 1 で - X 方向に反射したビーム L B a は、集光レンズ C D 1 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 A O M 1 をストレートに透過し、コリメートレンズ C L 1 によって再び平行光束にされて、反射ミラー M 2 に至る。反射ミラー M 2 で + Y 方向に反射したビーム L B a は、集光レンズ C D 2 を通った後に反射ミラー M 3 で + X 方向に反射される。

10

【 0 0 9 3 】

反射ミラー M 3 で + X 方向に反射されたビーム L B a は、集光レンズ C D 2 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 A O M 2 をストレートに透過し、コリメートレンズ C L 2 によって再び平行光束にされて、反射ミラー M 4 に至る。反射ミラー M 4 で + Y 方向に反射されたビーム L B a は、集光レンズ C D 3 を通った後に反射ミラー M 5 で - X 方向に反射される。反射ミラー M 5 で - X 方向に反射されたビーム L B a は、集光レンズ C D 3 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 A O M 3 をストレートに透過し、コリメートレンズ C L 3 によって再び平行光束にされて、反射ミラー M 6 に至る。反射ミラー M 6 で + Y 方向に反射したビーム L B a は、吸収体 T R 1 に入射する。この吸収体 T R 1 は、ビーム L B a の外部への漏れを抑制するためにビーム L B a を吸収する光トラップである。

20

【 0 0 9 4 】

光源装置 L S b からのビーム L B b (平行光束) は、Y 軸と平行に + Y 方向に進んで反射ミラー M 1 3 に入射し、反射ミラー M 1 3 で + X 方向に反射したビーム L B b は反射ミラー M 1 4 で + Y 方向に反射される。反射ミラー M 1 4 で + Y 方向に反射したビーム L B b は、集光レンズ C D 4 を通った後に反射ミラー M 7 で + X 方向に反射される。反射ミラー M 7 で + X 方向に反射されたビーム L B b は、集光レンズ C D 4 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 A O M 4 をストレートに透過し、コリメートレンズ C L 4 によって再び平行光束にされて、反射ミラー M 8 に至る。反射ミラー M 8 で + Y 方向に反射されたビーム L B 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 方向に反射される。

30

【 0 0 9 5 】

反射ミラー M 9 で - X 方向に反射されたビーム L B 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 1 0 に至る。反射ミラー M 1 0 で + Y 方向に反射されたビーム L B b は、集光レンズ C D 6 を通った後に反射ミラー M 1 1 で + X 方向に反射される。反射ミラー M 1 1 で + X 方向に反射されたビーム L B 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て、反射ミラー M 1 2 に至る。反射ミラー M 1 2 で - Y 方向に反射したビーム L B b は、吸収体 T R 2 に入射する。この吸収体 T R 2 は、ビーム L B b の外部への漏れを抑制するためにビーム L B b を吸収する光トラップである。

40

【 0 0 9 6 】

以上のように、選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 3 は、光源装置 L S a からのビーム L B a を順次透過するようにビーム L B a の進行方向に沿って直列に配置される。また、選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 3 は、集光レンズ C D 1 ~ C D 3 とコリメートレンズ C L 1 ~ C L 3 とによって、各選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 3 の内部にビーム L B a 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 (音響光学変調素子) A O M 1 ~ A O M 3 に入射するビーム L B a 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。同様に、選択用光学素子 A O M 4 ~ A O M 6 は、光源

50

装置LSbからのビームLBbを順次透過するようにビームLBbの進行方向に沿って直列に配置される。また、選択用光学素子AOM4～AOM6は、集光レンズCD4～CD6とコリメートレンズCL4～CL6とによって、各選択用光学素子AOM4～AOM6の内部にビームLBb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（音響光学変調素子）AOM4～AOM6に入射するビームLBb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。

【0097】

各選択用光学素子AOMn（AOM1～AOM6）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（0次光）LB（LBa、LBb）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LBn）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AOMn（AOM1～AOM6）の各々から1次回折光として射出されるビームLBnをビームLB1～LB6とし、各選択用光学素子AOMn（AOM1～AOM6）は、光源装置LSa、LSbからのビームLB（LBa、LBb）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80%程度であるため、各選択用光学素子AOMn（AOM1～AOM6）の各々で偏向されたビームLBn（LB1～LB6）は、元のビームLB（LBa、LBb）の強度よりは低下している。また、選択用光学素子AOMn（AOM1～AOM6）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20%程度残存するが、それは最終的に吸収体TR1、TR2によって吸収される。

【0098】

図6に示すように、複数の選択用光学素子AOMn（AOM1～AOM6）の各々は、偏向された1次回折光であるビームLBn（LB1～LB6）を、入射するビームLB（LBa、LBb）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AOMn（AOM1～AOM6）の各々から偏向して射出するビームLBn（LB1～LB6）は、選択用光学素子AOMn（AOM1～AOM6）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IM1～IM6に投射され、そこで-Z方向に照射中心軸Le1～Le6と同軸になるように反射される。ユニット側入射ミラーIM1～IM6（以下、単にミラーIM1～IM6とも呼ぶ）で反射されたビームLB1～LB6は、支持部材IUBに形成された開口部TH1～TH6の各々を通して、照射中心軸Le1～Le6に沿うように走査ユニットUn（U1～U6）の各々に入射する。

【0099】

なお、選択用光学素子AOMn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LB（LBa、LBb）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6のように、各選択用光学素子AOMnが入射したビームLB（LBa、LBs）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AOMn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LS（LSa、LSb）からのビームLBの偏光方向が設定（調整）される。

【0100】

各選択用光学素子AOMn（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AOMn（AOM1～AOM6）は、制御装置16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（LBa、LBb）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16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、入射した光源装置LSaからのビームLBa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LBa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16からの駆動信号（高周波信号）が印加されてオンの状態のときは、入射したビームLBa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がスイッチングする。ミラーIM1は、選択用光学素子AOM1によって回折された1次回折光であるビームLB1を選択して走査ユニットU1側に反射する。選択用のミラー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~CL3、集光レンズCD2~CD3、反射ミラーM2~M6、および、選択用光学素子AOM2~AOM3を透過して吸収体TR1に達する。

10

【0101】

同様に、選択用光学素子AOM2、AOM3は、制御装置16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LBa(0次光)を回折させずにコリメートレンズCL2、CL3側(反射ミラーM4、M6側)に透過する。一方、選択用光学素子AOM2、AOM3は、制御装置16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LBaの1次回折光であるビームLB2、LB3をミラーIM2、IM3に向かわせる。このミラーIM2、IM3は、選択用光学素子AOM2、AOM3によって回折されたビームLB2、LB3を走査ユニットU2、U3側に反射する。ミラーIM2、IM3で反射したビームLB2、LB3は、支持部材IUBの開口部TH2、TH3を通して照射中心軸Le2、Le3と同軸となって走査ユニットU2、U3に入射する。

20

【0102】

このように、制御装置16は、選択用光学素子AOM1~AOM3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AOM1~AOM3のいずれか1つをスイッチングして、ビームLBaが後続の選択用光学素子AOM2、AOM3または吸収体TR1に向かうか、偏向されたビームLB1~LB3の1つが、対応する走査ユニットU1~U3に向かうかを切り換える。

【0103】

また、選択用光学素子AOM4は、制御装置16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、入射した光源装置LSbからのビームLBbを回折させずにコリメートレンズCL4側(反射ミラーM8側)に透過する。一方、選択用光学素子AOM4は、制御装置16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LBbの1次回折光であるビームLB4をミラーIM4に向かわせる。このミラーIM4は、選択用光学素子AOM4によって回折されたビームLB4を走査ユニットU4側に反射する。ミラーIM4で反射したビームLB4は、照射中心軸Le4と同軸となって、支持部材IUBの開口部TH4を通して走査ユニットU4に入射する。

30

【0104】

同様に、選択用光学素子AOM5、AOM6は、制御装置16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LBbを回折させずにコリメートレンズCL5、CL6側(反射ミラーM10、M12側)に透過する。一方、選択用光学素子AOM5、AOM6は、制御装置16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LBbの1次回折光であるビームLB5、LB6をミラーIM5、IM6に向かわせる。このミラーIM5、IM6は、選択用光学素子AOM5、AOM6によって回折されたビームLB5、LB6を走査ユニットU5、U6側に反射する。ミラーIM5、IM6で反射したビームLB5、LB6は、照射中心軸Le5、Le6と同軸となって、支持部材IUBの開口部TH5、TH6の各々を通して走査ユニットU5、U6に入射する。

40

【0105】

このように、制御装置16は、選択用光学素子AOM4~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

50

子AOM4～AOM6のいずれか1つをスイッチングして、ビームLBbが後続の選択用光学素子AOM5、AOM6または吸収体TR2に向かうか、偏向されたビームLB4～LB6の1つが、対応する走査ユニットU4～U6に向かうかを切り換える。

【0106】

以上のように、ビーム切換部BDUは、光源装置LSaからのビームLBa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～AOM3)を備えることで、ビームLBaの光路を切り換えてビームLBn(LB1～LB3)が入射する走査ユニットUn(U1～U3)を1つ選択することができる。したがって、光源装置LSaからのビームLBaの1次回折光であるビームLBn(LB1～LB3)を、3つの走査ユニットUn(U1～U3)の各々に順番に入射させることができる。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、制御装置16が、複数の選択用光学素子AOM1～AOM3のうち、選択用光学素子AOM1のみをオン状態にし、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のみをオン状態にすればよい。

【0107】

同様に、ビーム切換部BDUは、光源装置LSbからのビームLBb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(AOM4～AOM6)を備えることで、ビームLBbの光路を切り換えてビームLBn(LB4～LB6)が入射する走査ユニットUn(U4～U6)を1つ選択することができる。したがって、光源装置LSbからのビームLBbの1次回折光であるビームLBn(LB4～LB6)を、3つの走査ユニットUn(U4～U6)の各々に順番に入射させることができる。例えば、走査ユニットU4にビームLB4を入射させたい場合は、制御装置16が、複数の選択用光学素子AOM4～AOM6のうち、選択用光学素子AOM4のみをオン状態にし、走査ユニットU6にビームLB6を入射させたい場合は、選択用光学素子AOM6のみをオン状態にすればよい。

【0108】

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。なお、本第1の実施の形態では、選択用光学素子AOM1～AOM3を、第1の光学素子モジュールと呼び、選択用光学素子AOM4～AOM6を、第2の光学素子モジュールと呼ぶ。また、第1の光学素子モジュールの選択用光学素子AOM1～AOM3に対応する走査ユニットU1～U3を第1の走査モジュールと呼び、第2の光学素子モジュールの選択用光学素子AOM4～AOM6に対応する走査ユニットU4～U6を第2の走査モジュールと呼ぶ。したがって、第1の走査モジュールのいずれか1つの走査ユニットUn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Unとで、スポット光SPの走査が並行して行われることになる。

【0109】

上述したように、本第1の実施の形態では、走査ユニットUnのポリゴンミラーPMの実走査に寄与する回転角度を15度とするので、走査効率は1/3となる。したがって、例えば、1つの走査ユニットUnが1反射面RP分の角度(45度)回転する間に、スポット光SPの走査を行うことができる角度は15度となり、それ以外の角度範囲(30度)では、スポット光SPの走査を行うことはできず、その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。したがって、ある1つの走査ユニットUnのポリゴンミラーPMの回転角度が実走査に寄与しない角度となっている間に、それ以外の他の走査ユニットUnにビームLBnを入射させることで、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。ポリゴンミラーPMの走査効率は1/3なので、ある1つの走査ユニットUn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、それ以外の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可能である。そのため、本第1の実施の形態は、複数の走査ユニットUn(U1～U6)を2つのグループ(走査モジュール)に分け、3つの走査ユニ

10

20

30

40

50

ットU1～U3を第1の走査モジュールとし、3つの走査ユニットU4～U6を第2の走査モジュールとした。

【0110】

これにより、例えば、走査ユニットU1のポリゴンミラーPMが45度（1反射面RP分）回転する間に、ビームLBn（LB1～LB3）を3つの走査ユニットU1～U3のいずれか1つに順番に入射させることができる。したがって、走査ユニットU1～U3の各々は、光源装置LSaからのビームLbaを無駄にすることなく、順番にスポット光SPの走査を行うことができる。同様に、走査ユニットU4のポリゴンミラーPMが45度（1反射面RP分）回転する間に、ビームLBn（LB4～LB6）を3つの走査ユニットU4～U6のいずれか1つに順番に入射させることができる。したがって、走査ユニットU4～U6は、光源装置LSbからのビームLBbを無駄にすることなく、順番にスポット光SPの走査を行うことができる。なお、各走査ユニットUnがスポット光SPの走査を開始してから次の走査を開始するまでの間に、ポリゴンミラーPMは、丁度1反射面RP分の角度（45度）回転していることになる。

【0111】

本第1の実施の形態では、各走査モジュールの3つの走査ユニットUn（U1～U3、U4～U6）の各々は、所定の順番でスポット光SPの走査を行うので、これに対応して、制御装置16は、各光学素子モジュールの3つの選択用光学素子AOMn（AOM1～AOM3、AOM4～AOM6）を所定の順番でオンにスイッチングして、ビームLBn（LB1～LB3、LB4～LB6）が入射する走査ユニットUn（U1～U3、U4～U6）を順番に切り換える。例えば、各走査モジュールの3つの走査ユニットU1～U3、U4～U6のスポット光SPの走査を行う順番が、U1 U2 U3、U4 U5 U6、となっている場合は、制御装置16は、各光学素子モジュールの3つの選択用光学素子AOMn（AOM1～AOM3、AOM4～AOM6）を、AOM1 AOM2 AOM3、AOM4 AOM5 AOM6、の順番でオンにスイッチングして、ビームLBnが入射する走査ユニットUnを、U1 U2 U3、U4 U5 U6、の順番で切り換える。

【0112】

なお、ポリゴンミラーPMが1反射面RP分の角度（45度）回転する間に、各走査モジュールの3つの走査ユニットUn（U1～U3、U4～U6）が順番にスポット光SPの走査を行うためには、各走査モジュールの3つの走査ユニットUn（U1～U3、U4～U6）の各ポリゴンミラーPMが、次のような条件を満たして回転する必要がある。その条件とは、各走査モジュールの3つの走査ユニットUn（U1～U3、U4～U6）の各ポリゴンミラーPMが、同一の回転速度Vpと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の回転角度位置（各反射面RPの角度位置）が所定の位相関係となるように同期制御される必要がある。各走査モジュールの3つの走査ユニットUnのポリゴンミラーPMの回転速度Vpが同一で回転することを同期回転と呼ぶ。

【0113】

ビーム切換部BDU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。また、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Tp×は、 $Tp \times = 60 / (Np \times Vp)$ 〔秒〕となる。例えば、反射面数Npが8、回転速度Vp〔rpm〕が1.20968万の場合、時間Tp×は、約0.62ミリ秒となる。これは周波数に換算すると約1.6129kHz程度であり、紫外域の波長のビームLBをパターンデータ（描画データ）に应答して数十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、相対的に低い应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

10

20

30

40

50

の進路に対して、偏向されたビーム L B 1 ~ L B 6 を分離するミラー I M 1 ~ I M 6 の配置が容易になる。

【 0 1 1 4 】

図 7 は、光源装置（パルス光源装置、パルスレーザ装置）L S a（L S b）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 L S a（L S b）は、パルス光発生部 2 0 と、制御回路 2 2 とを備える。パルス光発生部 2 0 は、D F B 半導体レーザ素子 3 0、3 2、偏光ビームスプリッタ 3 4、描画用光変調器としての電気光学素子（強度変調部）3 6、この電気光学素子 3 6 の駆動回路 3 6 a、偏光ビームスプリッタ 3 8、吸収体 4 0、励起光源 4 2、コンパイナ 4 4、ファイバー光増幅器 4 6、波長変換光学素子 4 8、5 0、および、複数のレンズ素子 G L を有する。制御回路 2 2 は、クロック信号 L T C および画素シフトパルス B S C を発生する信号発生部 2 2 a を有する。なお、光源装置 L S a の信号発生部 2 2 a から出力される画素シフトパルス B S C と、光源装置 L S b の信号発生部 2 2 a から出力される画素シフトパルス B S C とを区別するため、光源装置 L S a からの画素シフトパルス B S C を B S C a で表し、光源装置 L S b からの画素シフトパルス B S C を B S C b で表す場合がある。

【 0 1 1 5 】

D F B 半導体レーザ素子（第 1 固体レーザ素子）3 0 は、所定周波数である発振周波数 F a（例えば、4 0 0 M H z）で鋭鋭若しくは尖鋭のパルス状の種光（パルスビーム、ビーム）S 1 を発生し、D F B 半導体レーザ素子（第 2 固体レーザ素子）3 2 は、所定周波数である発振周波数 F a（例えば、4 0 0 M H z）で緩慢（時間的にブロード）なパルス状の種光（パルスビーム、ビーム）S 2 を発生する。D F B 半導体レーザ素子 3 0 が発生する種光 S 1 と、D F B 半導体レーザ素子 3 2 が発生する種光 S 2 とは、発光タイミングが同期している。種光 S 1、S 2 は、ともに 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 S 1 の方が強い。この種光 S 1 と種光 S 2 とは、直線偏光の光であり、その偏光方向は互いに直交している。本第 1 の実施の形態では、D F B 半導体レーザ素子 3 0 が発生する種光 S 1 の偏光状態を S 偏光とし、D F B 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。この種光 S 1、S 2 は、赤外波長域の光である。

【 0 1 1 6 】

制御回路 2 2 は、信号発生部 2 2 a から送られてきたクロック信号 L T C のクロックパルスに応答して種光 S 1、S 2 が発光するように D F B 半導体レーザ素子 3 0、3 2 を制御する。これにより、この D F B 半導体レーザ素子 3 0、3 2 は、クロック信号 L T C の各クロックパルス（発振周波数 F a）に응答して、所定周波数（発振周波数）F a で種光 S 1、S 2 を発光する。この制御回路 2 2 は、制御装置 1 6 によって制御される。このクロック信号 L T C のクロックパルスの周期（= 1 / F a）を、基準周期 T a と呼ぶ。D F B 半導体レーザ素子 3 0、3 2 で発生した種光 S 1、S 2 は、偏光ビームスプリッタ 3 4 に導かれる。

【 0 1 1 7 】

なお、この基準クロック信号となるクロック信号 L T C は、詳しくは後述するが、ビットマップ状のパターンデータのメモリ回路中の行方向のアドレスを指定するためのカウンタ部 C O N n（C O N 1 ~ C O N 6）（図 1 4 参照）の各々に供給される画素シフトパルス B S C（B S C a、B S C b）のベースとなるものである。また、信号発生部 2 2 a には、基板 P の被照射面上における描画ライン S L n の全体倍率補正を行うための全体倍率補正情報 T M g と、描画ライン S L n の局所倍率補正を行うための局所倍率補正情報 C M g n（C M g 1 ~ C M g 6）とが制御装置 1 6 から入力される。後で詳しく説明するが、これにより、基板 P の被照射面上における描画ライン S L n の長さ（走査長）を微調整することができる。この描画ライン S L n の伸縮（走査長の微調整）は、描画ライン S L n の最大走査長（例えば、3 1 m m）の範囲内で行うことができる。なお、本第 1 の実施の形態での全体倍率補正とは、簡単に説明すると、描画データ上の 1 画素（1 ビット）に含まれるスポット光の数は一定にしたまま、主走査方向に沿って投射されるスポット光 S P

の投射間隔（つまり、スポット光の発振周波数）を一律に微調整することで、描画ライン SL_n 全体の走査方向の倍率を一様に補正するものである。また、本第1の実施の形態での局所倍率補正とは、簡単に説明すると、1描画ライン上に設定される離散的な複数の補正点の各々に位置する1画素（1ビット）を対象に、その補正点の画素に含まれるべきスポット光の数を、隣接する他の画素に含まれるべきスポット光の数に対して増減させることで、基板上に描画される各補正点での画素のサイズを主走査方向に僅かに伸縮させるものである。

【0118】

偏光ビームスプリッタ34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、DFB半導体レーザ素子30が発生した種光S1と、DFB半導体レーザ素子32が発生した種光S2とを、電気光学素子36に導く。詳しくは、偏光ビームスプリッタ34は、DFB半導体レーザ素子30が発生したS偏光の種光S1を透過することで種光S1を電気光学素子36に導く。また、偏光ビームスプリッタ34は、DFB半導体レーザ素子32が発生したP偏光の種光S2を反射することで種光S2を電気光学素子36に導く。DFB半導体レーザ素子30、32、および、偏光ビームスプリッタ34は、種光S1、S2を生成するパルス光源部35を構成する。

【0119】

電気光学素子（強度変調部）36は、種光S1、S2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（EOM: Electro-Optic Modulator）が用いられる。電気光学素子36は、描画ビット列データSba（Sbb）のハイ/ロー状態に応答して、種光S1、S2の偏光状態を駆動回路36aによって切り換えるものである。描画ビット列データSbaは、走査ユニットU1～U3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り、描画ビット列データSbbは、走査ユニットU4～U6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。したがって、描画ビット列データSbaは、光源装置LSaの駆動回路36aに入力され、描画ビット列データSbbは、光源装置LSbの駆動回路36aに入力される。DFB半導体レーザ素子30、DFB半導体レーザ素子32の各々からの種光S1、S2は波長域が800nm以上と長いため、電気光学素子36として、偏光状態の切り換え応答性がGHz程度のものを使うことができる。

【0120】

パターンデータ（描画データ）は、走査ユニットUn毎に設けられ、各走査ユニットUnによって描画されるパターンを、スポット光SPのサイズに応じて設定される寸法P×yの画素によって分割し、複数の画素の各々を前記パターンに応じた論理情報（画素データ）で表したものである。つまり、このパターンデータは、スポット光SPの主走査方向（Y方向）に沿った方向を行方向とし、基板Pの副搬送方向（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の論理情報で構成されているビットマップデータである。この画素の論理情報は、「0」または「1」の1ビットのデータである。「0」の論理情報は、基板Pに照射するスポット光SPの強度を低レベル（非描画）にすることを意味し、「1」の論理情報は、基板P上に照射するスポット光SPの強度を高レベル（描画）にすることを意味する。なお、画素の寸法P×yの主走査方向（Y方向）の寸法をPyとし、副走査方向（X方向）の寸法をPxとする。

【0121】

パターンデータの1列分の画素の論理情報は、1本分の描画ラインSLn（SL1～SL6）に対応するものである。したがって、1列分の画素の数は、基板Pの被照射面上での画素の寸法P×yと描画ラインSLnの長さとはに応じて決まる。この1画素の寸法P×yは、スポット光SPのサイズと同程度、或いは、それ以上に設定され、例えば、スポット光SPの実効的なサイズが3μmの場合は、1画素の寸法P×yは、3μm角程度以上に設定される。1列分の画素の論理情報に応じて、1本の描画ラインSLn（SL1～SL6）に沿って基板Pに投射されるスポット光SPの強度が変調される。この1列分の画素の論理情報をシリアルデータDLnと呼ぶ。つまり、パターンデータは、シリアル

データ DL_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 DL_n を DL_1 で表し、同様に、走査ユニット $U_2 \sim U_6$ のパターンデータのシリアルデータ DL_n を $DL_2 \sim DL_6$ で表す。

【0122】

また、走査モジュールの3つの走査ユニット $U_1 \sim U_3$ ($U_4 \sim U_6$) 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、走査モジュールの3つの走査ユニット $U_1 \sim U_3$ ($U_4 \sim U_6$) のパターンデータのシリアルデータ $DL_1 \sim DL_3$ ($DL_4 \sim DL_6$) も、所定の順番で、光源装置 LSa (LSb) の駆動回路 $36a$ に出力される。この光源装置 LSa の駆動回路 $36a$ に順次出力されるシリアルデータ $DL_1 \sim DL_3$ を描画ビット列データ SBa と呼び、この光源装置 LSb の駆動回路 $36a$ に順次出力されるシリアルデータ $DL_4 \sim DL_6$ を描画ビット列データ SBb と呼ぶ。

【0123】

例えば、第1の走査モジュールにおいて、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット U_n の順番が、 $U_1 \ U_2 \ U_3$ 、の場合は、まず、1列分のシリアルデータ DL_1 が光源装置 LSa の駆動回路 $36a$ に出力され、続いて、1列分のシリアルデータ DL_2 が光源装置 LSa の駆動回路 $36a$ に出力されるといった具合に、描画ビット列データ SBa を構成する1列分のシリアルデータ $DL_1 \sim DL_3$ が、 $DL_1 \ DL_2 \ DL_3$ 、の順番で光源装置 LSa の駆動回路 $36a$ に出力される。その後、次の列のシリアルデータ $DL_1 \sim DL_3$ が、 $DL_1 \ DL_2 \ DL_3$ 、の順番で描画ビット列データ SBa として光源装置 LSa の駆動回路 $36a$ に出力される。同様に、第2の走査モジュールにおいて、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット U_n の順番が、 $U_4 \ U_5 \ U_6$ 、の場合は、まず、1列分のシリアルデータ DL_4 が光源装置 LSb の駆動回路 $36a$ に出力され、続いて、1列分のシリアルデータ DL_5 が光源装置 LSb の駆動回路 $36a$ に出力されるといった具合に、描画ビット列データ SBb を構成する1列分のシリアルデータ $DL_4 \sim DL_6$ が、 $DL_4 \ DL_5 \ DL_6$ 、の順番で光源装置 LSb の駆動回路 $36a$ に出力される。その後、次の列のシリアルデータ $DL_4 \sim DL_6$ が、 $DL_4 \ DL_5 \ DL_6$ 、の順番で描画ビット列データ SBb として光源装置 LSb の駆動回路 $36a$ に出力される。この光源装置 LSa (LSb) の駆動回路 $36a$ に描画ビット列データ SBa (SBb) 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。

【0124】

駆動回路 $36a$ に入力される描画ビット列データ SBa (SBb) の1画素分の論理情報がロー(「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 SBa (SBb) の1画素分の論理情報がハイ(「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。このように駆動回路 $36a$ が描画ビット列データ SBa (SBb) に基づいて電気光学素子 36 を駆動することによって、電気光学素子 36 は、描画ビット列データ SBa (SBb) の画素の論理情報がハイ状態(「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。

【0125】

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 に導くものである。この偏光ビームスプリッタ 38 を透過する光(種光)をビーム Lse で表す。このパルス状のビーム Lse の発振周波数は Fa となる。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 から照射されたビーム Lse 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プされている。したがって、合成されたビーム Lse および励起光が伝送するファイバー光

10

20

30

40

50

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、種光としてのビーム Lse が増幅される。ファイバー光増幅器 46 内にドープ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。この増幅されたビーム Lse 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。

【0126】

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、入射したビーム Lse (波長 λ) を、波長が $\lambda/2$ 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 LiNbO₃) 結晶が好適に用いられる。なお、PPLT (Periodically Poled LiTaO₃) 結晶等を用いることも可能である。

10

【0127】

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 $\lambda/3$ の第3高調波を発生する。この第3高調波が、370nm以下の波長帯域 (例えば、355nm) にピーク波長を有する紫外線光 (ビーム LB) となる。

【0128】

20

図8に示すように、駆動回路 36a に印加する描画ビット列データ SBa (Sb) の1画素分の論理情報がロー (「0」) の場合は、電気光学素子 (強度変調部) 36 は、入射した種光 $S1$ 、 $S2$ 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 を透過するビーム Lse は種光 $S2$ となる。したがって、光源装置 LSa (LSb) から最終的に出力される P 偏光の LBa (LBb) は、DFB 半導体レーザ素子 32 からの種光 $S2$ 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 LBa (LBb) 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 $S2$ に対する増幅効率が低いため、光源装置 LSa (LSb) から射出されるビーム LBa (LBb) 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 LSa (LSb) はビーム LBa (LBb) を射出していないのと同じ結果となる。つまり、基板 P 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 $S2$ 由来の紫外域のビーム LBa (LBb) が僅かな強度であっても照射され続ける。そのため、描画ライン $SL1 \sim SL6$ が、長時間、基板 P 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 P が停止している場合等) は、光源装置 LSa (LSb) のビーム LBa (LBb) 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。

30

【0129】

一方、図8に示すように、駆動回路 36a に印加する描画ビット列データ SBa (Sb) の1画素分の論理情報がハイ (「1」) の場合は、電気光学素子 (強度変調部) 36 は、入射した種光 $S1$ 、 $S2$ 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 を透過するビーム Lse は種光 $S1$ となる。したがって、光源装置 LSa (LSb) から射出されるビーム LBa (LBb) は、DFB 半導体レーザ素子 30 からの種光 $S1$ 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 $S1$ 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 LSa (LSb) から出力される P 偏光のビーム LBa (LBb) は、基板 P の露光に必要なエネルギーを持つ。つまり、基板 P に照射されるスポット光 SP の強度は高レベルとなる。

40

【0130】

50

このように、光源装置LSa(LSb)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(強度変調部)36を制御することで、走査モジュールの3つの走査ユニットU1~U3(U4~U6)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LSa(LSb)から射出されるビームLBa(LBb)は、強度変調された描画ビームとなる。

【0131】

ここで、本第1の実施の形態では、駆動回路36aに描画ビット列データSBa(DL1~DL3)、SBb(DL4~DL6)が印加されていない期間においても、光源装置LSa、LSbから種光S2に由来するビームLBa、LBbが射出されることになる。そのため、スポット光SPの走査が可能な最大走査長(例えば、31mm)以下の範囲内で描画ラインSLnの実効的な走査長(例えば、30mm)が設定されていたとしても、実際には、スポット光SPは、最大走査長の全範囲に亘って主走査方向に沿って走査される。ただし、描画ラインSLn以外の位置に投射されるスポット光SPの強度は低レベルである。したがって、本第1の実施の形態でいうところの描画ラインSLnとは、各シリアルデータDL1~DL6によってスポット光SPの強度が変調されて走査される、つまり、描画される走査線のことをいう。したがって、描画ラインSLnに沿ったスポット光SPの走査期間と、シリアルデータDLnの各画素の論理情報が出力される期間とは略同一である。

【0132】

なお、図7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S1のみを、パターンデータ(描画ビット列データSBa、SBb、または、シリアルデータDLn)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S1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S1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S1が入射すると、入射直後の種光S1は通常のと看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S1が入射しない期間に、DFB半導体レーザ素子32からの種光S2(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。

【0133】

また、電気光学素子36をスイッチングするようにしたが、パターンデータ(描画ビット列データSBa、SBb、または、シリアルデータDLn)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。この場合は、このDFB半導体レーザ素子30、32が、描画用光変調器(強度変調部)として機能する。つまり、制御回路22は、描画ビット列データSBa(DL1~DL3)、SBb(DL4~DL6)、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Faでパルス状に発振する種光S1、S2を選択的(択一的)に発生させる。この場合は、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22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ー光増幅器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Pに各ビームLBnのスポット光SPを照射する場合は、種光S1のみがファイバー光増幅器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P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のみがファイバー光増幅器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 P にビーム L B n を照射するか否かは、画素の論理情報（ハイ/ロー）に基づいて決定される。また、この場合の種光 S 1、S 2 の偏光状態はともに P 偏光でよい。

【0134】

ここで、光源装置 L S a (L S b) は、スポット光 S P の走査中に、基板 P の被照射面上の寸法 $P \times y$ の 1 画素に対して、スポット光 S P が主走査方向に沿って N 個（本第 1 の実施の形態では、 $N = 8$ とする）投射されるように、ビーム L B a (L B b) を射出する。この光源装置 L S a (L S b) から射出されるビーム L B a (L B b) は、信号発生部 22 a が発生するクロック信号 L T C のクロックパルスに応答して発生する。したがって、寸法 $P \times y$ の 1 画素に対してスポット光 S P を N 個（N は 2 以上の整数）投射するためには、主走査方向におけるスポット光 S P の基板 P に対する相対的な走査速度を V_s としたとき、信号発生部 22 a は、 $P \times y / (N \times V_s)$ または $P_y / (N \times V_s)$ で決まる基準周期 $T_a (= 1 / F_a)$ でクロック信号 L T C のクロックパルスを発生する必要がある。例えば、実効的な描画ライン S L n の長さを 30 mm とし、1 回の走査時間 T_{sp} を 200 μs とすると、スポット光 S P の走査速度 V_s は、150 m / s となる。そして、画素の寸法 $P \times y$ (P_x および P_y) がスポット光 S P の実効的なサイズと同じ 3 μm であって、N が 8 個の場合は、基準周期 $T_a = 3 \mu m / (8 \times 150 m / s) = 0.0025 \mu s$ となり、その周波数 $F_a (= 1 / T_a)$ は、400 MHz となる。

【0135】

原則として、1 画素に対して N (= 8) 個のスポット光 S P が対応するので、クロック信号 L T C のクロックパルスが N 個（8 個）出力される度に、駆動回路 36 a に出力するシリアルデータ D L 1 ~ D L 3 (D L 4 ~ D L 6) で構成される描画ビット列データ S B a (S B b) の画素の論理情報が行方向に 1 つシフトすることになる。図 8 に示すように、ある画素の画素データとして論理情報（「1」）が出力され始めてから 8 個のクロックパルスが出力されると、次の画素の論理情報である「0」が出力される。そして、各描画ライン S L 1 ~ S L 3 (S L 4 ~ S L 6) の長さを局所的に倍率補正するために、各描画ライン S L 1 ~ S L 3 (S L 4 ~ S L 6) 上に離散的に等間隔に配置された補正対象となる画素（以下、補正画素）に対しては、 $N \pm m$ 個（m は、 $m < N$ の関係を有する 1 以上の整数）のスポット光 S P が対応する。そのため、補正画素に対しては、 $N \pm m$ 個のクロック信号 L T C のクロックパルスが出力されると、駆動回路 36 a に出力する描画ビット列データ S B a (S B b) の画素の論理情報が行方向に 1 つシフトする。例えば、N が 8、m が 1 の場合は、補正画素に対しては 7 個または 9 個のスポット光 S P が投射される。したがって、補正画素が主走査方向に伸縮することになり、結果として描画ライン S L 1 ~ S L 3 (S L 4 ~ S L 6) の各々が全体的に伸縮することになる。補正画素以外の非補正画素に対しては 8 個のスポット光 S P が投射される。この補正画素の指定および補正画素の主走査方向における伸縮率（倍率）は、補正画素を指定するための補正位置情報 N v および補正画素の主走査方向における伸縮率（倍率）を示す倍率情報 S C A を含む局所倍率補正情報（補正情報）C M g n に基づいて決定される。なお、倍率情報 S C A は、「 $\pm m$ 」の値を示す情報である。この局所倍率補正情報 C M g n (C M g 1 ~ C M g 6) は、走査ユニット U n (U 1 ~ U 6) 毎に設けられている。

【0136】

本第 1 の実施の形態では、局所倍率補正を行わない場合は、1 描画ライン S L n 当り 80000 のスポット光 S P が主走査方向に沿って走査され、1 画素当りのスポット光 S P は 8 個なので、1 描画ライン S L n 当りの画素の数（シリアルデータ D L n の論理情報の数）は、10000 ($= 80000 / 8$)、となる。また、「N」を 8、「m」を 1 とするので、局所倍率補正を行う場合は、補正画素に 7 個または 9 個（ $N \pm m$ 個）のスポット光 S P を照射することになるが、1 描画ライン S L n 当りの画素の数は 10000 のままなので、1 描画ライン S L n で照射されるスポット光 S P の数が 80000 より多くまたは少なくなる。例えば、伸長の場合は、補正画素に対して 9 つのスポット光 S P を投射す

るので、1描画ライン SL_n 当り40個の補正画素が存在する場合は、1描画ライン SL_n で照射されるスポット光 SP の数は80040となる。また、縮小の場合は、補正画素に対して7つのスポット光 SP を投射するので、1描画ライン SL_n 当り40個の補正画素が存在する場合は、1描画ライン SL_n で照射されるスポット光 SP の数は79960となる。

【0137】

図9は、光源装置 LSa (LSb)の補正画素を伸縮させる機能を有する信号発生部22aの構成を示す図である。信号発生部22aは、クロック発生部(発振器)60と、補正画素指定部62と、送出タイミング切換部64とを有する。このクロック発生部60、補正画素指定部62、および、送出タイミング切換部64等は、FPGA(Field Programmable Gate Array)により集約して構成することができる。

【0138】

クロック発生部60は、全体倍率補正情報 TM_g に応じた発振周波数 F_a のクロック信号(基準クロック信号) LTC を発振する。本第1の実施の形態では、全体倍率補正情報 TM_g が0の場合に、クロック発生部60が400MHzの発振周波数 F_a でクロックパルス(クロック信号 LTC)を発生(生成)する。したがって、この場合は、光源装置 LS (LSa 、 LSb)は、パルス状のビーム LB (LBa 、 LBb)を400MHzで射出する。また、本第1の実施の形態では、発振周波数 F_a が400MHzのときに、80000個のスポット光 SP が主走査方向に沿って0.375 μm 間隔で照射されるようにポリゴンミラー PM の回転速度 V_p が設定されているので、描画ライン SL_n の走査長は30mmとなる。全体倍率補正情報 TM_g によって発振周波数 F_a が400MHzより高くなると、基板 P の被照射面上でのスポット光 SP の主走査方向の投射間隔は短くなり、その結果描画ライン SL_n が30mmより短くなる。逆に、全体倍率補正情報 TM_g によって発振周波数 F_a が400MHzより低くなると、基板 P の被照射面上でのスポット光 SP の走査方向の投射間隔は長くなり、その結果描画ライン SL_n が30mmより長くなる。このように、全体倍率補正情報 TM_g によって、描画ライン SL_n の全体倍率を調整することができる。この全体倍率補正情報 TM_g に応じて基板 P の被照射面上における画素の主走査方向における寸法 $P \times y$ の長さは伸縮されるが、本第1の実施の形態では、全体倍率補正情報 TM_g は0(発振周波数 $F_a = 400MHz$)とするので、画素の寸法 $P \times y$ は、スポット光 SP のサイズと同程度となる。クロック発生部60が発生したクロック信号 LTC は、制御回路22に送られるとともに、補正画素指定部62および送出タイミング切換部64にも送られる。

【0139】

補正画素指定部62は、各描画ライン SL_n ($SL_1 \sim SL_6$)に沿って並ぶ複数の画素のうち、特定の位置に配置される少なくとも1つの画素を補正画素として指定するものである。補正画素指定部62は、局所倍率補正情報(補正情報) CM_gn ($CM_g1 \sim CM_g6$)の一部である補正位置情報(設定値) N_v に基づいて補正画素を指定する。局所倍率補正情報(補正情報) CM_gn の補正位置情報 N_v は、描画ライン SL_n に沿って描画されるパターンの描画倍率(または描画ライン SL_n の主走査方向における倍率)に応じて、描画ライン SL_n 上の等間隔に離散的な複数の位置の各々に補正画素を指定するための情報であり、補正画素と補正画素との距離間隔(等間隔)を示す情報である。これにより、補正画素指定部62は、描画ライン SL_n ($SL_1 \sim SL_6$)上の等間隔に離散的な位置に配置される複数の画素を補正画素として指定することができる。各描画ライン SL_n ($SL_1 \sim SL_6$)に沿って並ぶ複数の画素のうち、補正画素として指定されなかった画素は、非補正画素となるので、補正画素指定部62は、補正画素を指定することで、非補正画素も指定しているといえる。なお、「 $N \pm m$ 」の「 m 」の値が一定の場合は、補正すべき描画ライン SL_n ($SL_1 \sim SL_6$)の伸縮率が大きくなる程、指定される補正画素の数は多くなる。

【0140】

送出タイミング切換部(送出タイミング制御部)64は、局所倍率補正情報 CM_gn (

CMg1 ~ CMg6)の補正位置情報Nvに基づいて補正画素指定部62が指定した補正画素と、局所倍率補正情報CMgn(CMg1 ~ CMg6)の倍率情報SCAとに基づいて、シリアルデータDLn(DL1 ~ DL6)の各画素の論理情報の送出タイミングを制御する(切り換える)。つまり、描画ラインSLn(SL1 ~ SL6)に沿ってスポット光SPが走査される画素が補正画素の場合は、局所倍率補正情報CMgn(CMg1 ~ CMg6)の倍率情報SCAに基づいて補正画素が伸縮するように、駆動回路36aに送出(供給)されるシリアルデータDLnの画素の論理情報(つまり、パターンデータの行方向の画素毎の論理情報)の送出タイミングを切り換える。

【0141】

詳しくは、送出タイミング切換部64は、描画ラインSLn(SL1 ~ SL6)上の補正画素でない画素(通常画素、非補正画素)をスポット光SPが走査するタイミングでは、クロック信号LTCのクロックパルス(スポット光SP)のN個が1画素に対応し、描画ラインSLn(SL1 ~ SL6)上の補正画素をスポット光SPが走査するタイミングでは、クロック信号LTCのクロックパルス(スポット光SP)のN±m個が1画素に対応するように、駆動回路36aに送出されるシリアルデータDLn(DL1 ~ DL6)の各画素の論理情報の送出タイミングを切り換える。つまり、送出タイミング切換部64は、描画ラインSLn(SL1 ~ SL6)上の通常画素をスポット光SPが走査するタイミングでは、クロック信号LTCのクロックパルスがN個発生すると次の画素の論理情報が駆動回路36aに出力され、描画ラインSLn(SL1 ~ SL6)上の補正画素をスポット光SPが走査するタイミングでは、クロック信号LTCのクロックパルスがN±m個発生すると次の画素の論理情報が駆動回路36aに出力されるように、駆動回路36aに送出されるシリアルデータDLn(DL1 ~ DL6)の各画素の論理情報の送出タイミングを切り換える(制御する)。この「±m」の値は、局所倍率補正情報CMgn(CMg1 ~ CMg6)の一部である倍率情報SCAに基づいて決定される。

【0142】

補正画素指定部62は、ビーム切換部BDUによってビームLBnが入射する走査ユニットUnに対応した局所倍率補正情報CMgnの補正位置情報Nvを用いて、ビームLBnが入射する走査ユニットUnの描画ラインSLn上に配置される複数の補正画素を指定する。送出タイミング切換部64は、補正画素指定部62が指定したビームLBnが入射する走査ユニットUnの描画ラインSLn上の補正画素と、ビームLBnが入射する走査ユニットUnに対応する局所倍率補正情報CMgnの倍率情報SCAとに基づいて、ビームLBnが入射する走査ユニットUnに対応するシリアルデータDLnの各画素の論理情報の送出タイミングを切り換える。

【0143】

光源装置LSaの場合は、ビーム切換部BDUの第1の光学素子モジュール(AOM1 ~ AOM3)によって光源装置LSaからのビームLBa(LB1 ~ LB3)が、第1の走査モジュール(U1 ~ U3)のいずれか1つの走査ユニットUnに導かれる。したがって、光源装置LSaの信号発生部22aの補正画素指定部62は、走査ユニットU1 ~ U3のうち、ビームLBnが入射する1つの走査ユニットUnに対応する局所倍率補正情報CMgnの補正位置情報Nvに基づいて補正画素を指定する。また、光源装置LSaの信号発生部22aの送出タイミング切換部64は、走査ユニットU1 ~ U3のうち、ビームLBnが入射する1つの走査ユニットUnの局所倍率補正情報CMgnの倍率情報SCAと、補正画素指定部62が指定した補正画素とに基づいて、ビームLBnが入射する1つの走査ユニットUnに対応するシリアルデータDLnの画素毎の論理情報の送出タイミングを切り換える。例えば、走査ユニットU2にビームLB2が入射する場合は、光源装置LSaの補正画素指定部62は、走査ユニットU2に対応した局所倍率補正情報CMg2の補正位置情報Nvに基づいて、描画ラインSL2上の等間隔に離散的な位置に配置される複数の画素を補正画素として指定する。そして、光源装置LSaの信号発生部22aの送出タイミング切換部64は、補正画素指定部62が指定した描画ラインSL2上の補正画素と、局所倍率補正情報CMg2の倍率情報SCAとに基づいて、走査ユニットU2に

10

20

30

40

50

対応したシリアルデータDL2の各画素の論理情報の送出タイミングを切り換える。

【0144】

また、光源装置LSbの場合は、ビーム切換部BDUの第2の光学素子モジュール(AOM4~AOM6)によって光源装置LSbからのビームLBb(LB4~LB6)が、第2の走査モジュール(U4~U6)のいずれか1つの走査ユニットUnに導かれる。したがって、光源装置LSbの信号発生部22aの補正画素指定部62は、走査ユニットU4~U6のうち、ビームLBnが入射する1つの走査ユニットUnに対応する局所倍率補正情報CMgnの補正位置情報Nvに基づいて補正画素を指定する。また、光源装置LSbの信号発生部22aの送出タイミング切換部64は、走査ユニットU4~U6のうち、ビームLBnが入射する1つの走査ユニットUnの局所倍率補正情報CMgnの倍率情報SCAと、補正画素指定部62が指定した補正画素とに基づいて、ビームLBnが入射する1つの走査ユニットUnに対応するシリアルデータDLnの画素毎の論理情報の送出タイミングを切り換える。例えば、走査ユニットU6にビームLB6が入射する場合は、光源装置LSbの補正画素指定部62は、走査ユニットU6に対応した局所倍率補正情報CMg6の補正位置情報Nvに基づいて、描画ラインSL6上の等間隔に離散的な位置に配置される複数の画素を補正画素として指定する。そして、光源装置LSbの送出タイミング切換部64は、補正画素指定部62が指定した描画ラインSL6上の補正画素と、局所倍率補正情報CMg6の倍率情報SCAとに基づいて、走査ユニットU6に対応したシリアルデータDL6の各画素の論理情報の送出タイミングを切り換える。

【0145】

補正画素指定部62について具体的に説明すると、補正画素指定部62は、第1の分周カウンタ回路70と遅延素子72、74とを有する。第1の分周カウンタ回路70は、減算カウンタであり、クロック信号LTCのクロックパルス(基準クロックパルス)が入力される。第1の分周カウンタ回路70は、カウント値C1が補正位置情報(設定値)Nvにプリセットされ、クロック信号LTCのクロックパルスが入力される度にカウント値C1をデクリメントする。第1の分周カウンタ回路70は、カウント値C1が0になると1パルスの一致信号Idaを出力する。つまり、第1の分周カウンタ回路70は、クロック信号LTCのクロックパルスを補正位置情報Nv分だけカウントすると一致信号Idaを出力する。この一致信号Idaは、次の1画素が補正画素であることを意味しており、第1の分周カウンタ回路70は、一致信号Idaを出力することで補正画素を指定している。一致信号Idaが出力されると、次に発生するクロックパルスに応じて発光したビームLBnのスポット光SPは、補正画素に投射される。第1の分周カウンタ回路70が出力した一致信号Idaは、遅延素子72を介して第1の分周カウンタ回路70に入力される。第1の分周カウンタ回路70は、一致信号Idaが入力されると、プリセット可能な状態になり、新たにクロック信号LTCのクロックパルスが入力されると、カウント値C1を補正位置情報(設定値)Nvにプリセットする。これにより、描画ラインSLnに沿って等間隔に補正画素を複数指定することができる。なお、補正位置情報Nvの具体的な値は、後で例示する。

【0146】

この一致信号Idaは、遅延素子74を介して1パルスの設定信号Sppとして、送出タイミング切換部64に出力される。遅延素子72、74は、入力された一致信号Idaを一定時間遅延させて出力するものである。遅延素子72、74の遅延時間(一定時間)は、クロック信号LTCの基準周期Taよりも短い時間である。そうすることで、クロック信号LTCのクロックパルスが入力されてカウント値C1が0になった後、次のクロックパルスの入力と同時に第1の分周カウンタ回路70のカウント値C1を補正位置情報Nvにプリセットすることができる。また、クロック信号LTCのクロックパルスが入力されてカウント値C1が0になった後、次のクロックパルスが入力される前に設定信号Sppを送出タイミング切換部64に出力することができる。

【0147】

送出タイミング切換部64について具体的に説明すると、送出タイミング切換部64は

、プリセット部 76、第 2 の分周カウンタ回路 78、および、遅延素子 80、82 を有する。プリセット部 76 には、連続して発生するクロック信号 L T C のクロックパルス（スポット光 S P）を画素毎に区切るために、次の画素がクロック信号 L T C のクロックパルス（スポット光 S P）の何個分に相当するのかが示すプリセット値を出力する。このプリセット部 76 には、局所倍率補正情報 C M g n の一部である倍率情報 S C A（伸縮情報 P O L と伸縮率情報 R E C とからなる）が入力される。この伸縮情報 P O L は、補正画素を伸長させるか縮小させるかを示す情報であり、伸縮率情報 R E C は、補正画素を通常画素に対してどのくらいの割合で伸長または伸縮させるかを示す情報である。補正画素に対しては $N \pm m$ 個のスポット光 S P（クロック信号 L T C のクロックパルス）が対応することはすでに述べた通りであり、倍率情報 S C A は、この「 $\pm m$ 」を示す情報である。そして、
 「 $\pm m$ 」の極性「 \pm 」が伸縮情報（極性情報）P O L に対応し、「 m 」が伸縮率情報 R E C に対応する。1 ビットの伸縮情報 P O L の値がハイ（論理値が「1」）の場合は、極性「+」（補正画素を伸長すること）を意味し、ロー（論理値が「0」）の場合は、極性「-」（補正画素を縮小すること）を意味している。スポット光 S P の 1 回の走査期間中は、同一の倍率情報 S C A が入力される。したがって、1 描画ライン S L n 上の指定された補正画素は全て同一の倍率で伸長または縮小される。なお、本第 1 の実施の形態では、伸縮率情報 R E C によって $m = 1$ に設定されるものとする。

【0148】

1 パルスの設定信号 S p p が発生していない期間（つまり、設定信号 S p p の論理値が「0」の期間）は、主走査方向に走査されているスポット光 S P が通過（走査）する画素は、補正画素以外の通常の画素（通常画素）となる。したがって、通常画素に対しては、1 画素に対して $N (= 8)$ 個のスポット光 S P（クロック信号 L T C のクロックパルス）が対応するため、プリセット部 76 は、1 パルスの設定信号 S p p が入力されていない期間は、「7」のプリセット値を第 2 の分周カウンタ回路 78 に出力する。一方、1 パルスの設定信号 S p p（論理値が「1」）が発生すると、スポット光 S P がこれから通過（走査）する画素は補正画素ということになる。したがって、補正画素に対しては、1 画素に対して $N \pm m (= 8 \pm 1)$ 個のスポット光 S P（クロック信号 L T C のクロックパルス）が対応するため、プリセット部 76 は、1 パルスの設定信号 S p p が入力されると、 7 ± 1 のプリセット値を第 2 の分周カウンタ回路 78 に出力する。例えば、伸縮情報 P O L が「+」（伸長）の場合は、プリセット部 76 は、「8」のプリセット値を出力し、伸縮情報 P O L が「-」（縮小）の場合は、プリセット部 76 は、「6」のプリセット値を出力する。したがって、本第 1 の実施の形態におけるプリセット部 76 が出力するプリセット値の真理値表は、図 10 のように示される。

【0149】

つまり、図 10 の真理値表に示すように、プリセット部 76 は、1 パルスの設定信号 S p p が入力されていない期間（つまり、設定信号 S p p の論理値が「0」の期間）は、伸縮情報 P O L にかかわらず「7」のプリセット値を第 2 の分周カウンタ回路 78 に出力する。また、プリセット部 76 は、1 パルスの設定信号 S p p（論理値は「1」）が入力されると、伸縮情報 P O L に応じたプリセット値（「6」または「8」）を第 2 の分周カウンタ回路 78 に出力する。プリセット部 76 は、伸縮情報 P O L が「1」（伸長）の場合は、「8」のプリセット値を第 2 の分周カウンタ回路 78 に出力し、伸縮情報 P O L が「0」（縮小）の場合は、「6」のプリセット値を第 2 の分周カウンタ回路 78 に出力する。

【0150】

第 2 の分周カウンタ回路 78 は、減算カウンタであり、クロック信号 L T C のクロックパルスが入力される。第 2 の分周カウンタ回路 78 は、カウント値 C 2 がプリセット部 76 から出力されたプリセット値にプリセットされ、クロック信号 L T C のクロックパルスが入力される度にカウント値 C 2 をデクリメントする。第 2 の分周カウンタ回路 78 は、カウント値 C 2 が 0 になると 1 パルスの一致信号 I d b を出力する。つまり、第 2 の分周カウンタ回路 78 は、クロック信号 L T C のクロックパルスをプリセット値分だけカウン

10

20

30

40

50

トすると一致信号 I d b を出力する。この一致信号 I d b は、1 画素の区切を示す情報であり、遅延素子 8 2 を介して画素シフトパルス B S C (B S C a、B S C b) として出力される。この画素シフトパルス B S C (B S C a、B S C b) が発生すると、駆動回路 3 6 a に出力されるシリアルデータ D L n の画素の論理情報が行方向に 1 つシフトされる。つまり、画素シフトパルス B S C (B S C a、B S C b) が発生すると、行方向の次の画素の論理情報が駆動回路 3 6 a に入力される。画素シフトパルス B S C a が発生すると、光源装置 L S a の駆動回路 3 6 a に入力されるシリアルデータ D L 1 ~ D L 3 の画素の論理情報が行方向に 1 つシフトされ、同様に、画素シフトパルス B S C b が発生すると、光源装置 L S b の駆動回路 3 6 a に入力されるシリアルデータ D L 4 ~ D L 6 の画素の論理情報が行方向に 1 つシフトされる。

10

【 0 1 5 1 】

第 2 の分周カウンタ回路 7 8 が出力した一致信号 I d b は、遅延素子 8 0 を介して第 2 の分周カウンタ回路 7 8 に入力される。第 2 の分周カウンタ回路 7 8 は、一致信号 I d b が入力されると、プリセット可能な状態になり、新たにクロック信号 L T C のクロックパルスが入力されると、カウント値 C 2 をプリセット部 7 6 から出力されたプリセット値にプリセットする。これにより、スポット光 S P が通常画素を走査するタイミングでは、クロック信号 L T C のクロックパルスが 8 個発生すると、次の画素の論理情報が出力され、スポット光 S P が補正画素を走査するタイミングでは、クロック信号 L T C のクロックパルスが 7 個または 9 個発生すると、次の画素の論理情報が出力されるように、シリアルデータ D L n の各画素の論理情報の送出タイミングを切り換えることができる。

20

【 0 1 5 2 】

なお、遅延素子 8 0、8 2 は、入力された一致信号 I d b を一定時間遅延させて出力するものであり、その遅延時間（一定時間）は、クロック信号 L T C の基準周期 T a よりも短い時間である。そうすることで、クロック信号 L T C のクロックパルスが入力されてカウント値 C 2 が 0 になった後、次のクロックパルスの入力と同時に第 2 の分周カウンタ回路 7 8 のカウント値 C 2 をプリセット部 7 6 から出力されたプリセット値にプリセットすることができる。また、クロック信号 L T C のクロックパルスが入力されてカウント値 C 2 が 0 になった後、次のクロックパルスが出力される前に画素シフトパルス B S C (B S C a、B S C b) を信号発生部 2 2 a から出力することができる。

【 0 1 5 3 】

このように、クロック信号 L T C のクロックパルスが補正位置情報 N v 分の数だけ出力されるまでは、つまり、スポット光 S P が補正画素を通過するまでは、1 パルスの設定信号 S p p が発生しないので、第 2 の分周カウンタ回路 7 8 は、カウント値 C 2 が 0 になると、プリセット部 7 6 から出力されたプリセット値「7」にプリセットする。したがって、クロック信号 L T C のクロックパルスが 8 個出力される度に、信号発生部 2 2 a から画素シフトパルス B S C (B S C a、B S C b) が出力されて、駆動回路 3 6 a に入力されるシリアルデータ D L n の画素の論理情報が行方向に 1 つシフトされる。したがって、主走査方向に走査されているスポット光 S P が補正対象でない画素（通常画素）を通過するタイミングでは、1 画素に対して 8 つスポット光 S P が投射されることになる。

30

【 0 1 5 4 】

そして、クロック信号 L T C のクロックパルスが補正位置情報 N v 分の数だけ出力される度に、つまり、スポット光 S P が補正画素を通過する度に、第 1 の分周カウンタ回路 7 0 からの一致信号 I d a に応じた 1 パルスの設定信号 S p p がプリセット部 7 6 に入力される。そのため、第 2 の分周カウンタ回路 7 8 のカウント値 C 2 は、クロック信号 L T C のクロックパルスが補正位置情報 N v 分の数だけ出力される度に、プリセット部 7 6 から出力される伸縮情報 P O L に応じたプリセット値（「6」または「8」）にプリセットされる。したがって、伸縮情報 P O L が「0」の場合には、第 2 の分周カウンタ回路 7 8 のカウント値 C 2 は「6」のプリセット値にプリセットされるので、クロック信号 L T C のクロックパルスが 7 個出力されると、信号発生部 2 2 a から画素シフトパルス B S C (B S C a、B S C b) が出力される。また、伸縮情報 P O L が「1」の場合は、第 2 の分周

40

50

カウンタ回路 78 のカウント値 C2 は「8」のプリセット値にプリセットされるので、クロック信号 L T C のクロックパルスが 9 個出力されると、信号発生部 22 a から画素シフトパルス B S C (B S C a、B S C b) が出力される。この画素シフトパルス B S C (B S C a、B S C b) が出力されると、駆動回路 36 a に入力されるシリアルデータ D L n の画素の論理情報が行方向に 1 つシフトされる。したがって、主走査方向に走査されているスポット光 S P が補正画素を通過するタイミングでは、1 画素に対して 7 つまたは 9 つのスポット光 S P が投射されることになる。その結果、描画ライン S L n 上に離散的に等間隔 (クロック信号 L T C のクロックパルスの N v 間隔) に配置された補正画素を伸縮することができる。

【0155】

1 描画ライン S L n の画素の数を 10000 とし、描画ライン S L n 上に補正画素の数を等間隔に 40 個配置すると、250 画素間隔で補正画素が配置されることになる。この場合は、補正対象以外の画素 (通常画素) は、9960 個となる。補正画素のスポット光 S P (クロック信号 L T C のクロックパルス) の数が 7 個の場合 (伸縮情報 P O L が「0」の場合)、1 描画ライン S L n で投射されるスポット光 S P の数は、79960 (= 80000 - 40、若しくは、= 9960 × 8 + 40 × 7) となり、補正位置情報 N v は、1999 (= 79960 / 40)、となる。したがって、1 描画ライン S L n で見ると、局所倍率補正がない場合の走査長 (描画ライン S L n の長さ) の初期値を 30 mm とすると、局所倍率補正によって縮小された走査長は、40 個分だけスポット光 S P が照射されていないので、15 μm (= 3 μm × 1 / 8 × 40) だけ縮小されており、その倍率は、0.9995 (= 29.985 / 30)、すなわち - 500 ppm となる。また、補正画素のスポット光 S P (クロック信号 L T C のクロックパルス) の数が 9 個の場合 (伸縮情報 P O L が「1」の場合)、1 描画ライン S L n で投射されるスポット光 S P の数は、80040 (= 80000 + 40、若しくは、= 9960 × 8 + 40 × 9) となり、補正位置情報 N v は、2001 (= 80040 / 40)、となる。したがって、1 描画ライン S L n で見ると、局所倍率補正がない場合の走査長 (描画ライン S L n の長さ) の初期値を 30 mm とすると、局所倍率補正によって伸長された走査長は、40 個分だけ余分にスポット光 S P が照射されているので、15 μm (= 3 μm × 1 / 8 × 40) だけ伸長されており、その倍率は、1.0005 (= 30.015 / 30)、すなわち + 500 ppm となる。なお、上述したように、クロック信号 L T C のクロックパルスは、局所倍率補正の有無にかかわらず、所定周波数 (発振周波数) F a で発生しているので、描画ライン S L n に沿ったスポット光 S P の投射間隔は一定であり、本第 1 の実施の形態では、スポット光 S P のサイズ を 3 μm とし、スポット光 S P は主走査方向に沿って 7 / 8 ずつオーバーラップしながら投射されているものとする。つまり、スポット光 S P の投射間隔は、スポット光 S P のサイズ の 1 / 8 である、0.375 μm、となり、補正画素での 1 画素当りの伸縮量も、± 0.375 μm となる。

【0156】

この局所倍率補正情報 C M g n (C M g 1 ~ C M g 6) の補正位置情報 (設定値) N v は、任意に変更することができ、描画ライン S L n の倍率に応じて適宜設定される。例えば、描画ライン S L n 上に位置する補正画素が 1 つとなるように、補正位置情報 N v を設定してもよい。全体倍率補正情報 T M g によっても、描画ライン S L を伸縮させることはできるが、局所倍率補正の方がきめ細やかな微小な倍率補正を行うことができる。例えば、発振周波数 F a が 400 MHz で描画ライン S L n の走査長 (描画範囲) の初期値を 30 mm とした場合に、全体倍率補正情報 T M g によって描画ライン S L n の走査長を 15 μm (比率 500 ppm) だけ伸縮または伸長させる場合には、発振周波数 F a を、約 0.2 MHz (比率 500 ppm) だけ大きくまたは小さくしなければならず、その調整が難しい。また、調整することができたとしても、一定の遅れ (時定数) を持って調整後の発振周波数 F a に切り換わるため、その間は、所望する倍率を得ることができない。さらに、描画倍率の補正比が 500 ppm 以下、例えば数 ppm ~ 数十 ppm 程度に設定される場合は、光源装置 L S a (L S b) の発振周波数 F a を変える全体倍率補正方式よりも

10

20

30

40

50

、離散的な補正画素でのスポット光の数を増減する局所倍率補正方式の方が、分解能が高い補正を簡単に行える。もちろん、全体倍率補正方式と局所倍率補正方式の両方を併用すれば、大きな描画倍率の補正比に対応しつつ高分解能な補正ができるといった利点が得られる。

【0157】

また、伸縮率情報RECによってmを1に設定したが、mは、 $m < N$ の関係を有する1以上の整数であればよい。さらに、1描画ラインSLnでは補正位置情報Nvの値を一定としたが、1描画ラインSLnで、補正位置情報Nvを変更させてもよい。この場合であっても、描画ラインSLn上の離散的な位置に複数の補正画素が指定されることには変わりはないが、補正位置情報Nvを変更することで、補正画素間の間隔を不均一にすることができる。さらに、描画ラインSLnに沿ったビームの1走査毎、或いはポリゴンミラーPMの1回転毎に、描画ラインSLn上の補正画素の数は変えずに、補正画素の位置を異ならせるようにしてもよい。

【0158】

なお、クロック発生部60が発生したクロック信号LTCのクロックパルスは、ゲート回路GTAを介して補正画素指定部62の第1の分周カウンタ回路70および送出タイミング切換部64の第2の分周カウンタ回路78に入力される。このゲート回路GTAは、後述する描画許可信号SQnがハイ(論理値は1)の期間に開くゲートである。つまり、第1の分周カウンタ回路70および第2の分周カウンタ回路78は、描画許可信号SQnがハイの期間中だけ、クロック信号LTCのクロックパルスをカウントすることになる。この描画許可信号SQn(SQ1~SQ6)は、対応する走査ユニットUn(U1~U6)のスポット光SPの走査による描画を許可するか否かを示す信号であり、ハイの期間中だけ描画が許可される。つまり、この描画許可信号SQn(SQ1~SQ6)がハイの期間中だけ、対応する走査ユニットUn(U1~U6)のスポット光SPが描画ラインSLn(SL1~SL6)に沿って走査されつつ、シリアルデータDLn(DL1~DL6)に基づいてその強度が変調される。

【0159】

そのため、光源装置LSaのゲート回路GTAには、走査ユニットU1~U3に対応する3つの描画許可信号SQ1~SQ3が印加される。光源装置LSaのゲート回路GTAは、描画許可信号SQ1~SQ3のいずれかがハイ(H)の期間に入力されたクロック信号LTCのクロックパルスを出力する。同様に、光源装置LSbのゲート回路GTAには、走査ユニットU4~U6に対応する3つの描画許可信号SQ4~SQ6が印加される。光源装置LSbのゲート回路GTAは、描画許可信号SQ4~SQ6のいずれかがハイ(H)の期間に入力されたクロック信号LTCのクロックパルスを出力する。上述したように、描画ラインSLnとは、スポット光SPが主走査方向に沿って走査される最大走査長の範囲内で、シリアルデータDLnによって強度変調される範囲のことを意味している。このように、描画許可信号SQnがハイの期間中だけ、クロック信号LTCのクロックパルスをカウントすることで、第1の分周カウンタ回路70は、描画ラインSLn上に位置する補正画素を正確に指定することができ、第2の分周カウンタ回路78は、描画ラインSL上に位置する画素を正確に区切ることができる。

【0160】

図11は、クロック信号LTCの各クロックパルス、第2の分周カウンタ回路78のカウント値C2、画素シフトパルスBSC(BSCa、BSCb)の出力タイミング、駆動回路36aに入力されるシリアルデータDLnの画素の論理情報の切換タイミングを示すタイムチャートである。なお、図11では、便宜上、クロック信号LTCのクロックパルスに応答して発生するビームLBのスポット光SPのサイズを、画素の寸法Pxyに対して極めて小さく表示している。図11に示すように、第2の分周カウンタ回路78は、クロック信号LTCのクロックパルスが入力される度にカウント値C2をデクリメントし、そのカウント値C2が0になると一致信号Idb(図示略)を出力する。この一致信号Idbに応じて画素シフトパルスBSC(BSCa、BSCb)が出力される。この画素

シフトパルス $BSC(BSCa, BSCb)$ は、カウント値 $C2$ が 0 になったクロックパルスから次のクロックパルスが入力されるまでの間に出力される。この画素シフトパルス $BSC(BSCa, BSCb)$ に応じて、駆動回路 36a に入力されるシリアルデータ DLn の画素の論理情報が行方向に 1 つシフトされる。つまり、画素シフトパルス $BSC(BSCa, BSCb)$ が出力されると、次の行の画素の論理情報が駆動回路 36a に出力されることになる。図 11 では、画素シフトパルス $BSC(BSCa, BSCb)$ の出力に応じて、「0」「1」「1」「0」の順で画素の論理情報が切り換えられた例を示している。

【0161】

図示しないが、第 1 の分周カウンタ回路 70 は、クロック信号 LTC のクロックパルスが入力される度にカウント値 $C1$ をデクリメントし、そのカウント値 $C1$ が 0 になると一致信号 Ida を出力する。この一致信号 Ida に応じて設定信号 Spp (値は「1」) が発生し、プリセット部 76 に入力される。第 1 の分周カウンタ回路 70 は、一致信号 Ida を出力した後、新たにクロック信号 LTC のクロックパルスが入力されると、カウント値 $C1$ を補正位置情報 Nv にプリセットする。

【0162】

第 2 の分周カウンタ回路 78 は、カウント値 $C2$ が 0 になると、次のクロック信号 LTC のクロックパルスの入力と同時に、カウント値 $C2$ をプリセット部 76 から出力されたプリセット値にプリセットする。このプリセット部 76 は、設定信号 Spp (値が「1」) が発生していない場合は、「7」のプリセット値を出力する。そのため、1 パルスの設定信号 Spp が発生していない期間 (設定信号 Spp の論理値が「0」の期間) では、クロック信号 LTC のクロックパルスが 8 個発生する度に信号発生部 22a から画素シフトパルス $BSC(BSCa, BSCb)$ が出力される。したがって、1 パルスの設定信号 Spp が発生されていない期間では、1 画素 (通常画素) に対して 8 つのスポット光 SP が主走査方向に沿って投射されることになる。

【0163】

一方で、設定信号 Spp (値が「1」) がプリセット部 76 に入力されると (第 1 の分周カウンタ回路 70 のカウント値 $C1$ が「0」になると)、プリセット部 76 からのプリセット値は、伸縮情報 POL に応じた値 (「6」または「8」) となる。そのため、1 パルスの設定信号 Spp (論理値が「1」) が発生すると、クロック信号 LTC のクロックパルスが 7 個または 9 個発生したあと信号発生部 22a から画素シフトパルス $BSC(BSCa, BSCb)$ が出力される。したがって、1 パルスの設定信号 Spp が発生すると、1 画素 (補正画素) に対して 7 つまたは 9 つのスポット光 SP が主走査方向に沿って投射されることになる。図 11 に示す例では、設定信号 Spp が発生すると、プリセット値は「6」に設定されているので、クロックパルスが 7 個発生すると、画素シフトパルス $BSC(BSCa, BSCb)$ が出力されている。その後は、第 1 の分周カウンタ回路 70 のカウント値 $C1$ が再び 0 になるまでは、設定信号 Spp の論理値は「0」のままなので、第 2 の分周カウンタ回路 78 のカウント値 $C2$ のプリセット値は「7」に戻される。

【0164】

なお、補正画素指定部 62 および送出タイミング切換部 64 を信号発生部 22a の内部に設けるようにしたが、補正画素指定部 62 および送出タイミング切換部 64 を、制御回路 22 の内部であって、信号発生部 22a の外に設けるようにしてもよいし、補正画素指定部 62 および送出タイミング切換部 64 を制御回路 22 の外に設けるようにしてもよい。この場合は、補正画素指定部 62 および送出タイミング切換部 64 を、後述するビーム制御装置 104 の内部 (例えば、描画データ出力部 114 の内部) に設けるようにしてもよい。

【0165】

図 12 は、露光装置 EX の電氣的な構成を示すブロック図である。露光装置 EX の制御装置 16 は、ポリゴン駆動制御部 100、選択素子駆動制御部 102、ビーム制御装置 104、マーク位置検出部 106、および、回転位置検出部 108 を有する。なお、各走査

10

20

30

40

50

ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$)の原点センサ OP_n ($OP_1 \sim OP_6$)が出力した原点信号 SZ_n ($SZ_1 \sim SZ_6$)は、ポリゴン駆動制御部100および選択素子駆動制御部102に入力される。なお、図12に示す例では、光源装置 LS_a (LS_b)からのビーム LB_a (LB_b)が選択用光学素子 AOM_2 (AOM_5)によって回折され、その1次回折光であるビーム LB_2 (LB_5)が走査ユニット U_2 (U_5)に入射している状態を示している。

【0166】

ポリゴン駆動制御部100は、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$)のポリゴンミラーPMの回転を駆動制御する。ポリゴン駆動制御部100は、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$)のポリゴンミラーPMを駆動させる回転駆動源(モータや減速機等)RMを有し、このモータの回転を駆動制御することで、ポリゴンミラーPMの回転を駆動制御する。ポリゴン駆動制御部100は、各走査モジュールの3つの走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_3$ 、 $U_4 \sim U_6$)のポリゴンミラーPMの回転角度位置が所定の位相関係となるように、各走査モジュールの3つの走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_3$ 、 $U_4 \sim U_6$)のポリゴンミラーPMの各々を同期回転させる。詳しくは、ポリゴン駆動制御部100は、各走査モジュールの3つの走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_3$ 、 $U_4 \sim U_6$)のポリゴンミラーPMの回転速度(回転数) V_p 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 U_n ($U_1 \sim U_6$)のポリゴンミラーPMの回転を制御する。なお、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$)のポリゴンミラーPMの回転速度 V_p は、全て同一とする。

【0167】

本第1の実施の形態では、上述したように、実走査に寄与するポリゴンミラーPMの回転角度を15度とするので、反射面RPが8つの八角形のポリゴンミラーPMの走査効率は1/3となる。第1の走査モジュールでは、3つの走査ユニット U_n によるスポット光SPの走査が、 U_1 U_2 U_3 、の順番で行われる。したがって、この順番で、この3つの走査ユニット $U_1 \sim U_3$ 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、走査ユニット $U_1 \sim U_3$ の各々のポリゴンミラーPMがポリゴン駆動制御部100によって同期制御される。また、第2の走査モジュールでは、3つの走査ユニット U_n によるスポット光SPの走査が、 U_4 U_5 U_6 、の順番で行われる。したがって、この順番で、3つの走査ユニット $U_4 \sim U_6$ 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、走査ユニット $U_4 \sim U_6$ の各々のポリゴンミラーPMがポリゴン駆動制御部100によって同期制御される。

【0168】

具体的には、図13に示すように、ポリゴン駆動制御部100は、例えば、第1の走査モジュールに関しては、走査ユニット U_1 の原点センサ OP_1 からの原点信号 SZ_1 を基準にして、走査ユニット U_2 の原点センサ OP_2 からの原点信号 SZ_2 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 のポリゴンミラーPMの回転位相を制御する。ポリゴン駆動制御部100は、原点信号 SZ_1 を基準にして、走査ユニット U_3 の原点センサ OP_3 からの原点信号 SZ_3 が $2 \times$ 時間 T_s だけ遅れて発生するように、走査ユニット U_3 のポリゴンミラーPMの回転位相を制御する。この時間 T_s は、ポリゴンミラーPMが15度回転する時間(スポット光SPの最大走査時間)であり、本第1の実施の形態では、約 $206.666 \dots \mu\text{sec}$ ($= T_p \times 1/3 = 620 [\mu\text{sec}] / 3$)である。これにより、各走査ユニット $U_1 \sim U_3$ の各々のポリゴンミラーPMの回転角度位置の位相差が、 U_1 、 U_2 、 U_3 の順番で15度ずつずれた状態となる。したがって、第1の走査モジュールの3つの走査ユニット $U_1 \sim U_3$ は、 U_1 U_2 U_3 の順番で、スポット光SPの走査を行うことができる。

【0169】

第2の走査モジュールに関しても同様に、ポリゴン駆動制御部100は、例えば、走査ユニット U_4 の原点センサ OP_4 からの原点信号 SZ_4 を基準にして、走査ユニット U_5

の原点センサOP5からの原点信号SZ5が時間Tsだけ遅れて発生するように、走査ユニットU5のポリゴンミラーPMの回転位相を制御する。ポリゴン駆動制御部100は、原点信号SZ4を基準にして、走査ユニットU6の原点センサOP6からの原点信号SZ6が2×時間Tsだけ遅れて発生するように、走査ユニットU6のポリゴンミラーPMの回転位相を制御する。これにより、各走査ユニットU4～U6の各々のポリゴンミラーPMの回転角度位置の位相が、U4、U5、U6の順番で15度ずつずれた状態となる。したがって、第2の走査モジュールの3つの走査ユニットUn(U4～U6)は、U4 U5 U6の順番で、スポット光SPの走査を行うことができる。

【0170】

選択素子駆動制御部(ビーム切換駆動制御部)102は、ビーム切換部BDUの各光学素子モジュールの選択用光学素子AOMn(AOM1～AOM3、AOM4～AOM6)を制御して、各走査モジュールの1つの走査ユニットUnがスポット光SPの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LS(LSa、LSb)からのビームLB(LBa、LBb)を、各走査モジュールの3つの走査ユニットUn(U1～U3、U4～U6)に順番に振り分ける。なお、1つの走査ユニットUnがスポット光SPの走査を開始してから次の走査を開始するまでに、ポリゴンミラーPMは45度回転しており、その時間間隔は、時間Tpx(=3×Ts)となる。

【0171】

具体的には、選択素子駆動制御部102は、原点信号SZn(SZ1～SZ6)が発生すると、原点信号SZnが発生してから一定時間(オン時間Ton)だけ、原点信号SZn(SZ1～SZ6)が発生した走査ユニットUn(U1～U6)に対応する選択用光学素子AOMn(AOM1～AOM6)に駆動信号(高周波信号)HF n(HF1～HF6)を印加する。これにより、駆動信号(高周波信号)HF nが印加された選択用光学素子AOMnは、オン時間Tonだけオン状態となり、対応する走査ユニットUnにビームLBnを入射させることができる。また、原点信号SZnが発生した走査ユニットUnにビームLBnを入射させるので、スポット光SPの走査を行うことができる走査ユニットUnにビームLBnを入射させることができる。なお、このオン時間Tonは、時間Ts以下の時間である。

【0172】

第1の走査モジュールの3つの走査ユニットU1～U3で発生する原点信号SZ1～SZ3は、時間Ts間隔で、SZ1 SZ2 SZ3、の順で発生する。そのため、第1の光学素子モジュールの各選択用光学素子AOM1～AOM3には、時間Ts間隔で、AOM1 AOM2 AOM3、の順番で駆動信号(高周波信号)HF1～HF3がオン時間Tonだけ印加される。したがって、第1の光学素子モジュール(AOM1～AOM3)は、光源装置LSaからのビームLBn(LB1～LB3)が入射する1つの走査ユニットUnを時間Ts間隔で、U1 U2 U3、の順番で切り換えることができる。これにより、スポット光SPの走査を行う走査ユニットUnが時間Ts間隔で、U1 U2 U3、の順番で切り換わることになる。また、走査ユニットU1がスポット光SPの走査を開始してから次の走査を開始するまでの時間(Tpx=3×Ts)に、光源装置LSaからのビームLBn(LB1～LB3)を3つの走査ユニットUn(U1～U3)のいずれか1つに順番に入射させることができる。

【0173】

同様に、第2の走査モジュールの3つの走査ユニットU4～U6で発生する原点信号SZ4～SZ6は、時間Ts間隔で、SZ4 SZ5 SZ6、の順で発生する。そのため第2の光学素子モジュールの各選択用光学素子AOM4～AOM6には、時間Ts間隔で、AOM4 AOM5 AOM6、の順番で駆動信号(高周波信号)HF4～HF6がオン時間Tonだけ印加される。したがって、第2の光学素子モジュール(AOM4～AOM6)は、光源装置LSbからのビームLBn(LB4～LB6)が入射する1つの走査ユニットUnを時間Ts間隔で、U4 U5 U6、の順番で切り換えることができる。これにより、スポット光SPの走査を行う走査ユニットUnが時間Ts間隔で、U4 U

10

20

30

40

50

5 U 6、の順番で切り換わることになる。また、走査ユニットU 4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の時間($T_{px} = 3 \times T_s$)に、光源装置L S bからのビームL B n(L B 4 ~ L B 6)を3つの走査ユニットU n(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。

【0174】

選択素子駆動制御部102についてさらに詳しく説明すると、選択素子駆動制御部102は、原点信号S Z n(S Z 1 ~ S Z 6)が発生すると、図13に示すように、原点信号S Z n(S Z 1 ~ S Z 6)が発生してから一定時間(オン時間 T_{on})だけH(ハイ)になる複数の入射許可信号L P n(L P 1 ~ L P 6)を生成する。この複数の入射許可信号L P n(L P 1 ~ L P 6)は、対応する選択用光学素子A O M n(A O M 1 ~ A O M 6)をオン状態にすることを許可する信号である。つまり、入射許可信号L P n(L P 1 ~ L P 6)は、対応する走査ユニットU n(U 1 ~ U 6)へのビームL B n(L B 1 ~ L B 6)の入射を許可する信号である。そして、選択素子駆動制御部102は、入射許可信号L P n(L P 1 ~ L P 6)がH(ハイ)になっているオン時間 T_{on} だけ、対応する選択用光学素子A O M n(A O M 1 ~ A O M 6)に駆動信号(高周波信号)H F n(H F 1 ~ H F 6)を印加して、対応する選択用光学素子A O M nをオン状態(1次回折光を発生する状態)にする。例えば、選択素子駆動制御部102は、入射許可信号L P 1 ~ L P 3がH(ハイ)になっている一定時間 T_{on} だけ、対応する選択用光学素子A O M 1 ~ A O M 3に駆動信号H F 1 ~ H F 3を印加する。これにより、光源装置L S aからのビームL B 1 ~ L B 3が、対応する走査ユニットU 1 ~ U 3に入射する。また、選択素子駆動制御部102は、入射許可信号L P 4 ~ L P 6がH(ハイ)になっている一定時間 T_{on} だけ、対応する選択用光学素子A O M 4 ~ A O M 6に駆動信号(高周波信号)H F 4 ~ H F 6を印加する。これにより、光源装置L S bからのビームL B 4 ~ L B 6が、対応する走査ユニットU 4 ~ U 6に入射する。

【0175】

図13に示すように、第1の光学素子モジュールの3つの選択用光学素子A O M 1 ~ A O M 3に対応する入射許可信号L P 1 ~ L P 3は、H(ハイ)になる立ち上がりタイミングが、L P 1 L P 2 L P 3、の順で時間 T_s ずつずれており、且つ、H(ハイ)になるオン時間 T_{on} が互いに重複することはない。したがって、ビームL B n(L B 1 ~ L B 3)が入射する走査ユニットU nは、時間 T_s 間隔で、U 1 U 2 U 3、の順で切り換わる。同様に、第2の光学素子モジュールの3つの選択用光学素子A O M 4 ~ A O M 6に対応する入射許可信号L P 4 ~ L P 6は、H(ハイ)になる立ち上がりタイミングが、L P 4 L P 5 L P 6、の順で時間 T_s ずつずれており、且つ、H(ハイ)になるオン時間 T_{on} が互いに重複することはない。したがって、ビームL B n(L B 4 ~ L B 6)が入射する走査ユニットU nは、時間 T_s 間隔で、U 4 U 5 U 6、の順で切り換わる。選択素子駆動制御部102は、生成した複数の入射許可信号L P n(L P 1 ~ L P 6)を、ビーム制御装置104に出力する。

【0176】

ビーム制御装置(ビーム制御部)104は、ビームL B(L B a、L B b、L B n)の発光周波数F a、ビームL Bのスポット光S Pが描画される描画ラインS L nの倍率、および、ビームL Bの強度変調を制御するものである。ビーム制御装置104は、全体倍率設定部110、局所倍率設定部112、描画データ出力部114、および、露光制御部116を備える。全体倍率設定部(全体倍率補正情報記憶部)110は、露光制御部116から送られてきた全体倍率補正情報T M gを記憶するとともに、全体倍率補正情報T M gを光源装置L S(L S a、L S b)の制御回路22の信号発生部22aに出力する。信号発生部22aのクロック発生部60は、この全体倍率補正情報T M gに応じた発振周波数F aのクロック信号L T Cを生成する。

【0177】

局所倍率設定部(局所倍率補正情報記憶部、補正情報記憶部)112は、露光制御部116から送られてきた局所倍率補正情報(補正情報)C M g nを記憶するとともに、局所

10

20

30

40

50

倍率補正情報 $CMgn$ を光源装置 $LS(LSa, LSb)$ の制御回路 22 の信号発生部 22a に出力する。この局所倍率補正情報 $CMgn$ に基づいて、描画ライン SLn 上の補正画素の位置が指定(特定)され、その倍率が決定される。制御回路 22 の信号発生部 22a は、この局所倍率補正情報 CMg に基づいて決定した補正画素、および、その倍率に応じて、画素シフトパルス $BSC(BSCa, BSCb)$ を出力する。なお、局所倍率設定部 112 は、露光制御部 116 から送られてきた走査ユニット $Un(U1 \sim U6)$ 毎の局所倍率補正情報 $CMgn(CMg1 \sim CMg6)$ を記憶する。そして、局所倍率設定部 112 は、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット Un に対応する局所倍率補正情報 $CMgn$ を光源装置 $LS(LSa, LSb)$ の信号発生部 22a に出力する。つまり、局所倍率設定部 112 は、原点信号 $SZn(SZ1 \sim SZ6)$ を発生した走査ユニット Un に対応する局所倍率補正情報 $CMgn$ を、該走査ユニット Un に入射するビーム LBn の発生源となる光源装置 $LSa(LSa, LSb)$ の信号発生部 22a に出力する。

【0178】

例えば、原点信号 SZn を発生した走査ユニット Un (つまり、これからスポット光 SP の走査を行う走査ユニット Un) が、走査ユニット $U1 \sim U3$ のいずれかである場合は、局所倍率設定部 112 は、原点信号 SZn を発生した走査ユニット Un に対応する局所倍率補正情報 $CMgn$ を、光源装置 LSa の信号発生部 22a に出力する。同様に、原点信号 SZn を発生した走査ユニット Un が、走査ユニット $U4 \sim U6$ のいずれかである場合は、局所倍率設定部 112 は、原点信号 SZn を発生した走査ユニット Un に対応する局所倍率補正情報 $CMgn$ を、光源装置 LSb の信号発生部 22a に出力する。これにより、走査モジュール毎に、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット $Un(U1 \sim U3, U4 \sim U6)$ に対応する画素シフトパルス $BSC(BSCa, BSCb)$ が、光源装置 $LS(LSa, LSb)$ の送出タイミング切換部 64 から出力される。これにより、描画ライン SLn 毎に個別に走査長を調整することができる。

【0179】

描画データ出力部 114 は、第1の走査モジュールの3つの走査ユニット $Un(U1 \sim U3)$ のうち、原点信号 SZn を発生した走査ユニット Un (これからスポット光 SP の走査を行う走査ユニット Un) に対応する1列分のシリアルデータ DLn を描画ビット列データ SBa として光源装置 LSa の駆動回路 36a に出力する。また、描画データ出力部 114 は、第2の走査モジュールの3つの走査ユニット $Un(U4 \sim U6)$ のうち、原点信号 SZn を発生した走査ユニット Un (これからスポット光 SP の走査を行う走査ユニット Un) に対応する1列分のシリアルデータ $DLn(DL4 \sim DL6)$ を描画ビット列データ SBb として光源装置 LSb の駆動回路 36a に出力する。第1の走査モジュールに関しては、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット $U1 \sim U3$ の順番は、 $U1 \ U2 \ U3$ 、となっているので、描画データ出力部 114 は、 $DL1 \ DL2 \ DL3$ 、の順番で繰り返されるシリアルデータ $DL1 \sim DL3$ を描画ビット列データ SBa として出力する。第2の走査モジュールに関しては、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット $U4 \sim U6$ の順番は、 $U4 \ U5 \ U6$ 、となっているので、描画データ出力部 114 は、 $DL4 \ DL5 \ DL6$ 、の順番で繰り返されるシリアルデータ $DL4 \sim DL6$ を描画ビット列データ SBb として出力する。

【0180】

図14を用いて、描画データ出力部 114 の構成について詳しく説明する。描画データ出力部 114 は、描画ビット列データ SBa を出力する第1データ出力部 114a と、描画ビット列データ SBb を出力する第2データ出力部 114b とを有する。第1データ出力部 114a は、走査ユニット $U1 \sim U3$ (選択用光学素子 $AOM1 \sim AOM3$) の各々に対応した3つの生成回路 $GE1, GE2, GE3$ と、3入力のORゲート部 $GT1m$ とを有する。生成回路 $GE1$ は、メモリ部 $BM1$ 、カウンタ部 $CON1$ 、2入力のANDゲート部 $GT1a, GT1b$ 、および、描画許可信号生成部 $OSM1$ を有する。生成回路 $GE2$ は、メモリ部 $BM2$ 、カウンタ部 $CON2$ 、2入力のANDゲート部 $GT2a, GT2b$ 、および、描画許可信号生成部 $OSM2$ を有する。生成回路 $GE3$ は、メモリ部 BM

3、カウンタ部CON3、2入力のANDゲート部GT3a、GT3b、および、描画許可信号生成部OSM3を有する。第2データ出力部114bは、走査ユニットU1~U3（選択用光学素子AOM1~AOM3）の各々に対応した3つの生成回路GE4、GE5、GE6と、3入力のORゲート部GT2mとを有する。生成回路GE4は、メモリ部BM4、カウンタ部CON4、2入力のANDゲート部GT4a、GT4b、および、描画許可信号生成部OSM4を有する。生成回路GE5は、メモリ部BM5、カウンタ部CON5、2入力のANDゲート部GT5a、GT5b、および、描画許可信号生成部OSM5を有する。生成回路GE6は、メモリ部BM6、カウンタ部CON6、2入力のANDゲート部GT6a、GT6b、および、描画許可信号生成部OSM6を有する。

【0181】

各描画許可信号生成部OSMn（OSM1~OSM6）は、ワンショットマルチバイブレータ等によって構成されている。各描画許可信号生成部OSMn（OSM1~OSM6）は、対応する走査ユニットUn（U1~U6）によるスポット光SPの描画開始タイミングを調整する描画許可信号SQn（SQ1~SQ6）を生成する。各描画許可信号生成部OSMn（OSM1~OSM6）には、対応する走査ユニットUn（U1~U6）の入射許可信号LPn（LP1~LP6）が入力され、この入力された入射許可信号LPn（LP1~LP6）に基づいて、描画許可信号SQn（SQ1~SQ6）を生成する。例えば、描画許可信号生成部OSM1には入射許可信号LP1が入力され、描画許可信号生成部OSM1は、この入力された入射許可信号LP1に基づいて描画許可信号SQ1を生成する。同様に、描画許可信号生成部OSM2~OSM6には入射許可信号LP2~LP6が入力され、描画許可信号生成部OSM2~OSM6は、この入力された入射許可信号LP2~LP6に基づいて描画許可信号SQ2~SQ6を生成する。この描画許可信号SQn（SQ1~SQ6）がハイ（H）になっている期間中に、対応する走査ユニットUn（U1~U6）のシリアルデータDLn（DL1~DL6）が、駆動回路36aに出力される。

【0182】

図15は、描画許可信号生成部OSMnによって生成される描画許可信号SQnおよび描画許可信号SQnがハイ（論理値は1）の期間中に出力される画素シフトパルスBSCを示すタイムチャートである。上述したように原点信号SZn（SZ1~SZ6）が発生すると、原点信号SZn（SZ1~SZ6）が発生してから一定時間（オン時間Ton）ハイ（H）になる入射許可信号LPn（LP1~LP6）が生成される。なお、このオン時間Tonは、走査ユニットUnのスポット光SPの最大走査時間である時間Ts以下の時間であることはいうまでもない。描画許可信号生成部OSMn（OSM1~OSM6）は、入射許可信号LPn（LP1~LP6）がハイ「1」になってから、つまり、原点信号SZn（SZ1~SZ6）が発生してから遅延時間Tdn（Td1~Td6）経過した後に立ち上がり、且つ、入射許可信号LPn（LP1~LP6）がロー「0」になると同時にまたはその前に、立ち下がる描画許可信号SQn（SQ1~SQ6）を生成する。例えば、描画許可信号生成部OSM3は、入射許可信号LP3がハイになってから遅延時間Td3経過した後に立ち上がり、且つ、入射許可信号LP3がローになると同時にまたはその前に立ち下がる描画許可信号SQ3を生成する。この描画許可信号SQ1~SQ3は、SQ1 SQ2 SQ3、の順でハイ（H）になり、ハイ（H）になる時間が互いに重複することはない。同様に、描画許可信号SQ4~SQ6が、SQ4 SQ5 SQ6、の順でハイ（H）になり、ハイ（H）になる時間が互いに重複することはない。この描画許可信号SQn（SQ1~SQ6）が実際にハイ（H）になっている期間で、基板Pの被照射面上にスポット光SPの描画が許可される。

【0183】

この遅延時間Tdnを変動させることで、基板P上における描画ラインSLnの位置を主走査方向（Y方向）に沿ってシフトさせることができる。つまり、遅延時間Tdを短くすることによって、描画ラインSLnの主走査方向における位置が、描画開始位置側（主走査方向とは反対側）にシフトされ、遅延時間Tdを長くすることによって、描画ライン

10

20

30

40

50

S L nの主走査方向における位置が、描画終了位置側（主走査方向側）にシフトされる。この遅延時間T d nは、原則として、描画ラインS L nの中心点が最大走査長（例えば、31mm）の中央（中点）にくるように設定される。したがって、遅延時間T d nが一定のままで、描画ラインS L nの走査長が全体倍率補正情報T M gおよび局所倍率補正情報C M g nの少なくとも一方によって伸縮されると、描画ラインS L nの中心点が最大走査長の中央に位置しなくなる。したがって、全体倍率補正情報T M gおよび局所倍率補正情報C M g nによってこの遅延時間T d nを決定してもよい。この遅延時間T d n（T d 1～T d 6）によって、各描画ラインS L n（S L 1～S L 6）を主走査方向に沿って個別にシフトさせることができる。露光制御部116は、全体倍率補正情報T M gおよび局所倍率補正情報C M g nに基づいて遅延時間T d n（T d 1～T d 6）を示す遅延情報を生成し、生成した遅延情報を描画許可信号生成部O S M n（O S M 1～O S M 6）に出力する。描画許可信号生成部O S M n（O S M 1～O S M 6）は、入力された遅延情報に基づいて、生成する描画許可信号S Q n（S Q 1～S Q 6）の遅延時間T d n（T d 1～T d 6）を決定する。

【0184】

図16は、最大走査長の範囲内で伸縮された描画ラインS L nの位置と遅延時間T dとの関係を示す図である。符号M S L nは、最大走査長の描画ラインS L nを示している。また、符号S L n aは、伸縮されていない初期値の描画ラインS L nを示し、この場合の遅延時間T d nをT d aで表している。つまり、描画ラインS L n aの中心点p aが最大走査長の中点p mにくるように、この遅延時間T d aが初期値として設定されている。また、符号S L n bは、初期値の描画ラインS L n aを全体倍率補正または局所倍率補正によって縮小したときの描画ラインS L nを示すものであり、符号S L n cは、初期値の描画ラインS L n aを全体倍率補正または局所倍率補正によって伸長したときの描画ラインS L nを示すものである。

【0185】

描画ラインS L n bの遅延時間を描画ラインS L n aのときと同じ遅延時間T d aとした場合は、描画開始タイミングは、描画ラインS L n aのときと同一となる。したがって、描画ラインS L n bの描画開始点が、描画ラインS L n aの描画開始点に対して主走査方向に沿ってシフトすることはない。しかしながら、この場合だと、描画ラインS L n bは描画ラインS L n aに対して縮小されているため、描画ラインS L n bの描画終了点は、描画ラインS L n aの描画終了点より描画開始点側にずれてしまう。そのため、描画ラインS L n bの中心点p bの位置は、最大走査長の描画ラインM S L nの中点p mの位置より描画開始点側にずれてしまう。したがって、描画ラインS L n bの場合は、描画ラインS L n bの縮小率に基づいて、描画ラインS L n bの中心点p bが描画ラインM S L nの中点p mと一致するように遅延時間T d bを決定してもよい。この場合の遅延時間T d bは、遅延時間T d aより長くなり、描画ラインS L n bの描画開始点は、描画ラインS L n aの描画開始点より描画終了点側（主走査方向側）にシフトされた状態となる。

【0186】

また、描画ラインS L n cの遅延時間を描画ラインS L n aのときと同じ遅延時間T d aとした場合は、描画開始タイミングは、描画ラインS L n aのときと同一となる。したがって、描画ラインS L n cの描画開始点が、描画ラインS L n aの描画開始点に対して主走査方向に沿ってシフトすることはない。しかしながら、この場合だと、描画ラインS L n bは描画ラインS L n aに対して伸長されているため、描画ラインS L n cの描画終了点は、描画ラインS L n aの描画終了点より描画終了点側（主走査方向側）にずれてしまう。そのため、描画ラインS L n cの中心点p cの位置は、最大走査長の描画ラインM S L nの中点p mの位置より描画終了点側にずれてしまう。したがって、描画ラインS L n cの場合は、描画ラインS L n cの伸長率に基づいて、描画ラインS L n cの中心点p cが描画ラインM S L nの中点p mと一致するように遅延時間T d cを決定してもよい。この場合の遅延時間T d cは、遅延時間T d aより短くなり、描画ラインS L n cの描画開始点は、描画ラインS L n aの描画開始点より描画開始点側（主走査方向とは反対側）

にシフトされた状態となる。

【0187】

図14の説明に戻り、各描画許可信号生成部OSM_n (OSM1~OSM6)が生成した描画許可信号SQ_n (SQ1~SQ6)は、ANDゲート部GT_nb (GT1b~GT6b)の一方の入力端子に入力される。詳しくは、ANDゲート部GT1bの一方の入力端子には、描画許可信号SQ1が入力され、同様に、ANDゲート部GT2b~GT6bの一方の入力端子には描画許可信号SQ2~SQ6が入力される。ANDゲート部GT_nb (GT1b~GT6b)の他方の入力端子には、画素シフトパルスBSC (BSCa、BSCb)が入力される。ANDゲート部GT1b~GT3bには、光源装置LSaの信号発生部22aからの画素シフトパルスBSCaが同時に入力され、ANDゲート部GT4b~GT6bには、光源装置LSbの信号発生部22aからの画素シフトパルスBSCbが同時に入力される。ANDゲート部GT_nb (GT1b~GT6b)は、図15に示すように、描画許可信号生成部OSM_n (OSM1~OSM6)から入力される描画許可信号SQ_n (SQ1~SQ6)がハイの時間だけ、入力された画素シフトパルスBSC (BSCa、BSCb)を出力する。なお、図9のゲート回路GTaによって、画素シフトパルスBSCa (BSCb)は、描画許可信号SQ1~SQ3 (SQ4~SQ6)がハイの期間中に生成される。

【0188】

3つのANDゲート部GT1b~GT3b (GT4b~GT6b)には、3つの描画許可信号SQ1~SQ3 (SQ4~SQ6)のうち、ハイになっている描画許可信号SQ_nに対応する走査ユニットU_nのシリアルデータDL_nの画素をシフトさせる画素シフトパルスBSCa (BSCb)が入力される。詳しく説明すると、描画許可信号SQ1がハイの期間中に、描画許可信号SQ1に対応する走査ユニットU1のシリアルデータDL1の画素をシフトさせる画素シフトパルスBSCaが3つのANDゲート部GT1b~GT3bに入力される。また、描画許可信号SQ2、SQ3がハイの期間中に、描画許可信号SQ2、SQ3に対応する走査ユニットU2、U3のシリアルデータDL2、DL3の画素をシフトさせる画素シフトパルスBSCaが3つのANDゲート部GT1b~GT3bに入力される。同様にして、描画許可信号SQ4~SQ6がハイの期間中に、描画許可信号SQ4~SQ6に対応する走査ユニットU4~U6のシリアルデータDL4~DL6の画素をシフトさせる画素シフトパルスBSCbが3つのANDゲート部GT4b~GT6bに入力される。

【0189】

各メモリ部(描画データ記憶部)BM_n (BM1~BM6)は、対応する走査ユニットU_n (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CON_n (CON1~CON6)は、メモリ部BM_n (BM1~BM6)に記憶されたパターンデータのうち、シリアルデータDL_n (DL1~DL6)の各画素の論理情報を、行方向に1画素ずつ画素シフトパルスBSC (BSCa、BSCb)に同期して出力するためのカウンタである。これにより、描画許可信号SQ_n (SQ1~SQ6)がハイ(H)の時間中に、それに対応する走査ユニットU_n (U1~U6)のシリアルデータDL_n (DL1~DL6)の各画素の論理情報が、行方向に1画素ずつ画素シフトパルスBSC (BSCa、BSCb)に同期して出力されることになる。例えば、描画許可信号SQ1 (SQ2、SQ3)がハイ(H)の期間中には、シリアルデータDL1 (DL2、DL3)の論理情報が、1画素ずつ画素シフトパルスBSCaに同期して出力される。また、描画許可信号SQ4 (SQ5、SQ6)がハイ(H)の期間中には、シリアルデータDL4 (DL5、DL6)の論理情報が、1画素ずつ画素シフトパルスBSCbに同期して出力される。

【0190】

また、メモリ部BM_n (BM1~BM6)に記憶されたパターンデータのシリアルデータDL_n (DL1~DL6)は、不図示のアドレスカウンタ等によって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

10

20

30

40

50

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U 1に対応するメモリ部B M 1であればシリアルデータD L 1を出力し終わった後で、次に走査を行う走査ユニットU 2に対応した入射許可信号L P 2がハイ(H)になったタイミング(原点信号S Z 2が発生したタイミング)で行われる。メモリ部B M 2に記憶されたパターンデータのシリアルデータD L 2のシフトは、シリアルデータD L 2を出力し終わった後で、次に走査を行う走査ユニットU 3に対応した入射許可信号L P 3がハイ(H)になったタイミング(原点信号S Z 3が発生したタイミング)で行われる。また、メモリ部B M 3に記憶されたパターンデータのシリアルデータD L 3のシフトは、シリアルデータD L 3を出力し終わった後で、次に走査を行う走査ユニットU 1に対応した入射許可信号L P 1がハイ(H)になったタイミング(原点信号S Z 1が発生したタイミング)で行われる。なお、第1の走査モジュールの3つの走査ユニットU 1~U 3は、U 1 U 2 U 3、の順でスポット光S Pの走査を行うものとする。

10

【0191】

同様にして、メモリ部B M 4~B M 6に記憶されたパターンデータのシリアルデータD L 4~D L 6のシフトは、シリアルデータD L 4~D L 6を出力し終わった後で、次に走査を行う走査ユニットU 5、U 6、U 4に対応した入射許可信号L P 5、L P 6、L P 4がハイ(H)になったタイミング(原点信号S Z 5、S Z 6、S Z 4が発生したタイミング)で行われる。なお、第2の走査モジュールの3つの走査ユニットU 4~U 6は、U 4 U 5 U 6、の順でスポット光S Pの走査を行うものとする。

20

【0192】

メモリ部B M n (B M 1~B M 6)から出力されるシリアルデータD L n (D L 1~D L 6)は、ANDゲート部G T n a (G T 1 a~G T 6 a)の一方の入力端子に入力される。ANDゲート部G T n a (G T 1 a~G T 6 a)の他方の入力端子には、入射許可信号L P n (L P 1~L P 6)が入力される。したがって、ANDゲート部G T n a (G T 1 a~G T 6 a)は、入射許可信号L P n (L P 1~L P 6)がハイ(H)の期間中(時間T o n中)、シリアルデータD L n (D L 1~D L 6)を出力する。これにより、スポット光S Pの走査を行う走査ユニットU nのシリアルデータD L nが出力されることになる。これにより、第1データ出力部114 aの生成回路G E 1~G E 3から、シリアルデータD L n (D L 1~D L 3)が、D L 1 D L 2 D L 3、の順で出力され、3入力のORゲート部G T 1 mに入力される。同様にして、第2データ出力部114 bの生成回路G E 4~G E 6から、シリアルデータD L n (D L 4~D L 6)が、D L 4 D L 5 D L 6、の順で出力され、3入力のORゲート部G T 2 mに入力される。

30

【0193】

ORゲート部G T 1 mは、D L 1 D L 2 D L 3、の順に繰り返し入力されたシリアルデータD L n (D L 1 D L 2 D L 3)を描画ビット列データS B aとして光源装置L S aの駆動回路36 aに出力する。これにより、第1の走査モジュールの3つの走査ユニットU 1~U 3は、U 1 U 2 U 3、の順番で、スポット光S P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。同様にして、ORゲート部G T 2 mは、D L 4 D L 5 D L 6、の順に繰り返し入力されたシリアルデータD L nを描画ビット列データS B bとして光源装置L S bの駆動回路36 aに出力する。これにより、第2の走査モジュールの3つの走査ユニットU 4~U 6は、U 4 U 5 U 6、の順番で、スポット光S P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。

40

【0194】

なお、本第1の実施の形態では、走査ユニットU n (U 1~U 6)毎に、パターンデータを用意し、走査モジュール毎に、3つの走査ユニットU n (U 1~U 3、U 4~U 6)のパターンデータの中から、スポット光S Pの走査を行う走査ユニットU nの順番(U 1 U 2 U 3、U 4 U 5 U 6)にしたがって、シリアルデータD L 1~D L 3、D L 4~D L 6を出力するようにした。しかしながら、スポット光S Pの走査を行う走査ユニットU nの順番は予め決められているので、走査モジュール毎に、3つの走査ユニットU

50

n ($U1 \sim U3$ 、 $U4 \sim U6$) のパターンデータの各シリアルデータ DLn ($DL1 \sim DL3$ 、 $DL4 \sim DL6$) 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、走査モジュール毎に、3 つの走査ユニット Un ($U1 \sim U3$ 、 $U4 \sim U6$) のパターンデータの各列のシリアルデータ DLn ($DL1 \sim DL3$ 、 $DL4 \sim DL6$) 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、走査モジュール毎に構築された 1 つのパターンデータのシリアルデータ DLn を描画許可信号 SQn ($SQ1 \sim SQ3$ 、 $SQ4 \sim SQ6$) に応じて、1 列目から順番に出力すればよい。

【0195】

さて、図 12 に示した露光制御部 116 は、全体倍率設定部 110、局所倍率設定部 112、および、描画データ出力部 114 を制御するものである。露光制御部 116 には、マーク位置検出部 106 が検出した設置方位線 $Lx1$ 、 $Lx4$ 上におけるアライメントマーク MKm ($MK1 \sim MK4$) の位置情報と、回転位置検出部 108 が検出した設置方位線 $Lx1 \sim Lx4$ 上における回転ドラム DR の回転角度位置情報 (カウンタ回路 $CN1a \sim CN4a$ 、 $CN1b \sim CN4b$ に基づくカウント値) とが入力される。露光制御部 116 は、設置方位線 $Lx1$ 上におけるアライメントマーク MKm ($MK1 \sim MK4$) の位置情報と、設置方位線 $Lx1$ 上における回転ドラム DR の回転角度位置 (カウンタ回路 $CN1a$ 、 $CN1b$ のカウント値) とに基づいて、基板 P の副走査方向 (X 方向) 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。

【0196】

そして、露光制御部 116 は、描画露光の開始位置が検出されたときの設置方位線 $Lx1$ 上における回転ドラム DR の回転角度位置と、設置方位線 $Lx2$ 上における回転角度位置 (カウンタ回路 $CN2a$ 、 $CN2b$ に基づくカウント値) とに基づいて、基板 P の描画露光の開始位置が設置方位線 $Lx2$ 上にある描画ライン $SL1$ 、 $SL3$ 、 $SL5$ 上まで搬送されたか否かを判断する。露光制御部 116 は、描画露光の開始位置が描画ライン $SL1$ 、 $SL3$ 、 $SL5$ 上まで搬送されたと判断すると、局所倍率設定部 112 および描画データ出力部 114 等を制御して、走査ユニット $U1$ 、 $U3$ 、 $U5$ にスポット光 SP の走査による描画を開始させる。

【0197】

この場合は、露光制御部 116 は、走査ユニット $U1$ 、 $U3$ が描画露光を行うタイミングで、局所倍率設定部 112 にスポット光 SP の走査を行う走査ユニット $U1$ 、 $U3$ に対応する局所倍率補正情報 $CMg1$ 、 $CMg3$ を光源装置 LSa の信号発生部 22a に出力させる。これにより、光源装置 LSa の信号発生部 22a は、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット $U1$ 、 $U3$ のシリアルデータ $DL1$ 、 $DL3$ の画素をシフトさせる画素シフトパルス $BSCa$ を、局所倍率補正情報 $CMg1$ 、 $CMg3$ に応じて発生する。この画素シフトパルス $BSCa$ に応じて、描画データ出力部 114 は、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット $U1$ 、 $U3$ に対応するシリアルデータ $DL1$ 、 $DL3$ の各画素の論理情報を 1 画素ずつシフトさせていく。同様に、露光制御部 116 は、走査ユニット $U5$ が描画露光を行うタイミングで、局所倍率設定部 112 に、走査ユニット $U5$ に対応する局所倍率補正情報 $CMg5$ を光源装置 LSb の信号発生部 22a に出力させる。これにより、光源装置 LSb の信号発生部 22a は、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット $U5$ に対応するシリアルデータ $DL5$ の画素をシフトさせる画素シフトパルス $BSCb$ を、局所倍率補正情報 $CMg5$ に応じて発生する。この画素シフトパルス $BSCb$ に応じて、描画データ出力部 114 は、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット $U5$ のシリアルデータ $DL5$ の各画素の論理情報を 1 画素ずつシフトさせていく。

【0198】

その後、露光制御部 116 は、描画露光の開始位置が検出されたときの設置方位線 $Lx1$ 上における回転ドラム DR の回転角度位置と、設置方位線 $Lx3$ 上における回転角度位置 (カウンタ回路 $CN3a$ 、 $CN3b$ のカウント値) とに基づいて、基板 P の描画露光の開始位置が設置方位線 $Lx3$ 上にある描画ライン $SL2$ 、 $SL4$ 、 $SL6$ 上まで搬送され

10

20

30

40

50

たか否かを判断する。露光制御部 116 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 上まで搬送されたと判断すると、局所倍率設定部 112 および描画データ出力部 114 を制御して、さらに、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。

【0199】

この場合は、露光制御部 116 は、走査ユニット U 2 が描画露光を行うタイミングで、局所倍率設定部 112 に、スポット光 S P の走査を行う走査ユニット U 2 に対応する局所倍率補正情報 C M g 2 を光源装置 L S a の信号発生部 22a に出力させる。これにより、光源装置 L S a の信号発生部 22a は、スポット光 S P の走査を行う走査ユニット U 2 のシリアルデータ D L 2 の画素をシフトさせる画素シフトパルス B S C a を、局所倍率補正情報 C M g 2 に応じて発生する。この画素シフトパルス B S C a に応じて、描画データ出力部 114 は、スポット光 S P の走査を行う走査ユニット U 2 のシリアルデータ D L 2 の各画素の論理情報を 1 画素ずつシフトさせていく。同様に、露光制御部 116 は、走査ユニット U 4、U 6 が描画露光を行うタイミングで、局所倍率設定部 112 に、走査ユニット U 4、U 6 に対応する局所倍率補正情報 C M g 4、C M g 6 を光源装置 L S b の信号発生部 22a に出力させる。これにより、光源装置 L S b の信号発生部 22a は、スポット光 S P の走査を行う走査ユニット U 4、U 6 のシリアルデータ D L 4、D L 6 の画素をシフトさせる画素シフトパルス B S C b を、局所倍率補正情報 C M g 4、C M g 6 に応じて発生する。この画素シフトパルス B S C b に応じて、描画データ出力部 114 は、スポット光 S P の走査を行う走査ユニット U 4、U 6 のシリアルデータ D L 4、D L 6 の各画素の論理情報を 1 画素ずつシフトさせていく。

【0200】

先の図 4 から分かるように、基板 P は + X 方向に搬送されるので、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 P が所定距離だけさらに搬送されてから、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、第 1 の走査モジュールの 3 つの走査ユニット U 1 ~ U 3 の各ポリゴンミラー P M、第 2 の走査モジュールの 3 つの走査ユニット U 4 ~ U 6 の各ポリゴンミラー P M は、所定の位相差を持って回転制御されているため、原点信号 S Z 1 ~ S Z 3、S Z 4 ~ S Z 6 は、図 13 に示すように、時間 T s だけ位相差を持って発生し続ける。そのため、図 13 に示すような入射許可信号 L P n (L P 1 ~ L P 6) が発生し、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、図 14 中の AND ゲート部 G T 2 a、G T 4 a、G T 6 a が開かれ、シリアルデータ D L 2、D L 4、D L 6 が出力される。したがって、露光領域 W 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 上に達する前に、走査ユニット U 2、U 4、U 6 によるスポット光 S P の走査によってパターンが描画されてしまう。

【0201】

そこで、図 14 の構成において、露光制御部 116 の制御によって、入射許可信号 L P n (L P 1 ~ L P 6) を、AND ゲート部 G T n a (G T 1 a ~ G T 6 a) および描画許可信号生成部 O S M n (O S M 1 ~ O S M 6) に送るか禁止するかを選択する選択ゲート回路を、生成回路 G E n (G E 1 ~ G E 6) 毎に設けるのがよい。これにより、各生成回路 G E n (G E 1 ~ G E 6) の選択ゲート回路が開かれている期間中だけ、AND ゲート部 G T n a (G T 1 a ~ G T 6 a) および描画許可信号生成部 O S M n (O S M 1 ~ O S M 6) に入射許可信号 L P n (L P 1 ~ L P 6) が入力される。したがって、露光制御部 116 は、生成回路 G E 2、G E 4、G E 6 の選択ゲート回路を閉じ、生成回路 G E 1、G E 3、G E 5 の選択ゲート回路を開くことで、シリアルデータ D L 2、D L 4、D L 6 の出力を禁止することができる。また、この生成回路 G E 2、G E 4、G E 6 の選択ゲート回路を閉じることで、描画許可信号 S Q 2、S Q 4、S Q 6 が生成されることもない。したがって、生成回路 G E 2、G E 4、G E 6 の選択ゲート回路を閉じている間は、ゲート回路 G T a (図 9 参照) によって、シリアルデータ D L 2、D L 4、D L 6 の画素をシフトする画素シフトパルス B S C (B S C a、B S C b) の生成も禁止される。

【 0 2 0 2 】

なお、各生成回路 GE_n ($GE_1 \sim GE_6$) に選択ゲート回路を設けない場合は、露光制御部 116 は、光源装置 LS_a 、 LS_b の駆動回路 36a に出力する描画ビット列データ SB_a 、 SB_b のうち、シリアルデータ DL_2 、 DL_4 、 DL_6 に対応する部分の画素の論理情報を全て「0」にキャンセルすることで、実質的に走査ユニット U_2 、 U_4 、 U_6 による描画露光をキャンセルすることができる。キャンセル期間中は、メモリ部 BM_2 、 BM_4 、 BM_6 から出力されるシリアルデータ DL_2 、 DL_4 、 DL_6 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 SL_2 、 SL_4 、 SL_6 上に到達してから、シリアルデータ DL_2 、 DL_4 、 DL_6 の出力を開始し、シリアルデータ DL_2 、 DL_4 、 DL_6 の列方向へのシフトが行われる。

10

【 0 2 0 3 】

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 SL_1 、 SL_3 、 SL_5 上に到達し、その後一定の時間をおいて、描画ライン SL_2 、 SL_4 、 SL_6 上に達する。そのため、描画露光の終了位置が描画ライン SL_1 、 SL_3 、 SL_5 に到達した後、描画ライン SL_2 、 SL_4 、 SL_6 に到達するまでは、走査ユニット U_2 、 U_4 、 U_6 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、露光制御部 116 は、生成回路 GE_1 、 GE_3 、 GE_5 の選択ゲート回路を閉じ、生成回路 GE_2 、 GE_4 、 GE_6 の選択ゲート回路を開くことで、シリアルデータ DL_1 、 DL_3 、 DL_5 の出力を禁止することができる。また、この生成回路 GE_1 、 GE_3 、 GE_5 の選択ゲート回路を閉じることで、図 9 に示すゲート回路 GT_a によって、シリアルデータ DL_1 、 DL_3 、 DL_5 の画素をシフトする画素シフトパルス BSC (BSC_a 、 BSC_b) の生成も禁止される。なお、各生成回路 GE_n ($GE_1 \sim GE_6$) に選択ゲート回路を設けない場合は、露光制御部 116 は、光源装置 LS_a 、 LS_b の駆動回路 36a に出力する描画ビット列データ SB_a 、 SB_b のうち、シリアルデータ DL_1 、 DL_3 、 DL_5 に対応する部分の画素の論理情報を全て「0」にキャンセルすることで、実質的に走査ユニット U_1 、 U_3 、 U_5 による描画露光をキャンセルすることができる。

20

【 0 2 0 4 】

また、露光制御部 116 は、マーク位置検出部 106 が検出した設置方位線 $L \times 1$ 、 $L \times 4$ 上におけるアライメントマーク MK_m ($MK_1 \sim MK_4$) の位置情報と、回転位置検出部 108 が検出した設置方位線 $L \times 1$ 、 $L \times 4$ 上における回転ドラム DR の回転角度位置情報とに基づいて、基板 P または露光領域 W の歪み (変形) を逐次演算する。例えば、基板 P が長尺方向に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る場合は、露光領域 W の形状も歪み (変形し)、アライメントマーク MK_m ($MK_1 \sim MK_4$) の配列も、図 4 に示すような矩形状にならず、歪んだ (変形した) 状態になる。基板 P または露光領域 W が歪んだ場合は、それに応じて各描画ライン SL_n の倍率を変更する必要があるため、露光制御部 116 は、演算した基板 P または露光領域 W の歪みに基づいて、全体倍率補正情報 TM_g および局所倍率補正情報 CM_gn の少なくとも一方を生成する。そして、この生成された全体倍率補正情報 TM_g および局所倍率補正情報 CM_gn の少なくとも一方は、全体倍率設定部 110 または局所倍率設定部 112 に出力される。これにより、重ね合わせ露光の精度を向上させることができる。また、露光制御部 116 は、基板 P または露光領域 W の歪みに応じて、各描画ライン SL_n 毎に補正傾き角情報を生成してもよい。この生成された補正傾き角情報に基づいて、上述した前記アクチュエータが、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) を照射中心軸 Le_n ($Le_1 \sim Le_6$) 回りに回動させる。これにより、重ね合わせ露光の精度がより向上する。露光制御部 116 は、各走査ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) によってスポット光 SP の走査が行われる度、若しくは、スポット光 SP の走査が所定回数行われる度に、若しくは、基板 P または露光領域 W の歪みの傾向が許容範囲を超えて変わったときに、全体倍率補正情報 TM_g および局所倍率補正情報 CM_gn の少なくとも一方と、補正傾き角情報とを再び生成してもよい。

30

40

【 0 2 0 5 】

以上のように、第 1 の実施の形態の露光装置 EX は、パルス光源部 35 からの種光 S_1

50

、 $S2$ によって生成されるビーム LB (Lse 、 Lba 、 Lbb 、 Lbn)のスポット光 SP をパターンに応じて強度変調しつつ、基板 P 上の描画ライン SLn に沿ってスポット光 SP を相対的に走査することにより、基板 P 上にパターンを描画する。そして、露光装置 EX は、メモリ部 BMn 、クロック発生部 60 、光源制御部、補正画素指定部 62 、および、送出タイミング切換部 64 を少なくとも備える。上述したように、メモリ部 BMn は、走査ユニット Un のスポット光 SP の走査によって描画されるパターンデータを記憶したものである。クロック発生部 60 は、 $P \times y / (N \times Vs)$ で決まる基準周期 Ta を有し、スポット光 SP の走査中に1画素の寸法 $P \times y$ 当り N 個のクロックパルスを有するクロック信号 LTC を生成する。光源制御部は、少なくとも、制御回路 22 と、電気光学素子 36 、駆動回路 $36a$ 、および、描画データ出力部 114 から構成される。この光源制御部は、クロック信号 LTC のクロックパルスに 응답してビーム LB を発生するようにパルス光源部 35 を制御するとともに、メモリ部 BMn から順次送出されるパターンデータを構成するシリアルデータ DLn の画素毎の論理情報に基づいてビーム LB の強度を変調する。補正画素指定部 62 は、描画ライン SLn 上に並ぶ複数の画素のうちで、特定の位置に配置される少なくとも1つの画素を補正画素として指定する。送出タイミング切換部 64 は、スポット光 SP が描画ライン SLn 上の補正画素以外の通常画素を走査するタイミングでは、クロックパルスの N 個が1画素に対応し、スポット光 SP が描画ライン SLn 上の補正画素を走査するタイミングでは、クロックパルスの $N \pm m$ 個が1画素に対応するように、画素の論理情報のメモリ部 BMn からの送出タイミングを切り換える。したがって、描画ライン SLn (描画するパターン)の倍率をきめ細やかに補正することができる。ミクロンオーダーでの精密な重ね合わせ露光を行うことができる。

【0206】

露光装置 EX は、ビーム LB を1次元に偏向するポリゴンミラー PM と、ポリゴンミラー PM で偏向されたビーム LB を入射して、基板 P 上にスポット光 SP として集光する光学レンズ部材 (少なくとも、 f レンズ FT およびシリンダカルレンズ CYb を含む)とを有する走査ユニット Un を複数備える。露光装置 EX は、複数の走査ユニット Un の各々から投射されるスポット光 SP によって、基板 P 上にパターンを描画する。これにより、露光領域 W の幅を簡単に広げることができる。

【0207】

露光装置 EX は、複数の走査ユニット Un の各々のポリゴンミラー PM の回転角度位置が所定の位相関係となるように、ポリゴンミラー PM の各々を同期回転させるポリゴン駆動制御部 100 と、光源装置 LSa (または LSb)からのビームを、ポリゴンミラー PM の回転角度位置に応じて、複数の走査ユニット Un のいずれか1つに順番に導くように切り換えるビーム切換部 BDU と、を備える。これにより、1つの走査ユニット Un がスポット光 SP の走査を開始してから次の走査を開始するまでの間に、複数の走査ユニット Un の各々が順番にスポット光 SP の走査を行うことができる。その結果、ビーム LB を有効に活用することができる。

【0208】

露光装置 EX は、描画ライン SLn 上に位置する複数の画素のうち、補正対象となる補正画素を指定するための局所倍率補正情報 (補正情報) $CMgn$ を、複数の走査ユニット Un 毎に記憶する局所倍率設定部 (補正情報記憶部) 112 を備える。補正画素指定部 62 は、ビーム切換部 BDU によってビーム LB が導かれる走査ユニット Un に対応した局所倍率補正情報 $CMgn$ に基づいて、ビーム LB が導かれる走査ユニット Un の描画ライン SLn 上に位置する補正画素を指定する。これにより、描画ライン SLn (走査ユニット Un)毎に、描画ライン SLn (描画するパターン)の倍率をきめ細やかに補正することができる。したがって、パターン露光の重ね合わせ精度が向上する。

【0209】

局所倍率補正情報 $CMgn$ は、描画ライン SLn に沿って描画されるパターンの描画倍率に応じて描画ライン SLn 上の離散的な複数の位置の各々に補正画素を指定するための補正位置情報 Nv を含む。補正画素指定部 62 は、補正位置情報 Nv に基づいて、描画ラ

10

20

30

40

50

イン SLn 上に離散的に位置する複数の補正画素を指定する。送出タイミング切換部 64 は、描画ライン SLn 上に位置する複数の補正画素の各々で、補正画素に対して $N \pm m$ 個のクロック信号 LTC のクロックパルスが対応するように、論理情報のメモリ部 BMn からの送出タイミングを切り換える。これにより、ムラなく描画ライン SLn (描画するパターン) を倍率補正 (伸縮) させることができる。

【0210】

局所倍率補正情報 $CMgn$ は、描画ライン SLn に沿って描画されるパターンの描画倍率に応じて、前記した「 $\pm m$ 」の値を設定するための倍率情報 SCA を含む。これにより、描画倍率に応じて、描画ライン SLn (描画するパターン) を伸縮させることができる。

10

【0211】

ビーム切換部 BDU は、光源装置 LSa (または LSb) からのビーム LB の進行方向に沿って直列に配置され、ビーム LB の光路を切り換えてビーム LB が入射する走査ユニット Un を 1 つ選択する複数の選択用光学素子 $AOMn$ を有する。したがって、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 LSa (または LSb) 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 LSa (または LSb) からの 1 つのビーム LB を複数のビームスプリッタを使って 3 つに振幅分割し、分割した 3 つのビーム LB の各々を、シリアルデータ DLn によって変調させる描画用の音響光学変調素子 (強度変調部) AOM を介して、3 つの走査ユニット Un 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%、各走査ユニット 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 18.67% となる。一方、第 1 の実施の形態のように、光源装置 LSa (または LSb) からのビーム LB を 3 つの選択用光学素子 $AOMn$ ($AOM1 \sim AOM3$ 、 $AOM4 \sim AOM6$) によって偏向させて、3 つの走査ユニット Un ($U1 \sim U3$ 、 $U4 \sim U6$) 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。

20

【0212】

複数の選択用光学素子 $AOMn$ は、複数の走査ユニット Un に対応して設けられ、対応する走査ユニット Un にビーム LB を入射させるか否かを切り換える。したがって、複数の走査ユニット Un のうち、ビーム LBn が入射すべき 1 つの走査ユニット Un を簡単に選択できる。

30

【0213】

なお、本第 1 の実施の形態では、ポリゴンミラー PM の走査効率が $1/3$ 、ビーム LBa 、 LBb が振り分けられる走査ユニット Un の数を 3 つとしたので、6 つの選択用光学素子 $AOMn$ ($AOM1 \sim AOM6$) を 2 つの光学素子モジュール (2 つの組) に分け、それに対応して 6 つの走査ユニット Un ($U1 \sim U6$) を 2 つの走査モジュール (2 つの組) に分けた。しかしながら、ポリゴンミラー PM の走査効率が $1/H$ 、走査ユニット Un および選択用光学素子 $AOMn$ の数が Q の場合は、 Q 個の選択用光学素子 $AOMn$ を Q/H 個の光学素子モジュール (Q/H の組) に分ける。そして、 Q 個の走査ユニット Un を Q/H の走査モジュールに分ければよい。この場合、 Q/H 個の光学素子モジュール (Q/H の組) の各々に含まれる選択用光学素子 $AOMn$ の数は等しく、また、 Q/H 個の走査モジュール (Q/H の組) の各々に含まれる走査ユニット Un の数も等しくするのが好ましい。なお、この Q/H は、正数であることが好ましい。つまり、 Q は、 H の倍数であることが好ましい。例えば、ポリゴンミラー PM の走査効率が $1/2$ 、走査ユニット Un および選択用光学素子 $AOMn$ の数が 6 つの場合は、6 つの選択用光学素子 $AOMn$ を 3 つの光学素子モジュール (3 つの組) に等しく分け、6 つの走査ユニット Un を 3 つの走査モジュール (3 つの組) に等しく分ければよい。

40

【0214】

50

また、上記第1の実施の形態では、ポリゴンミラーPMの形状を、8角形としたが（反射面RP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PM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PMの反射面数 N_p 以外の条件（例えば、f レンズFTの口径や焦点距離等の条件）が同一の場合は、反射面数 N_p が多くなる程、ポリゴンミラーPMの1反射面RP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PMの走査効率は小さくなる。また、反射面数 N_p が多くなる程、ポリゴンミラーPMの外形が円形に近づくので、回転中の風損が減り、ポリゴンミラーPMをより高速に回転させることができる。例えば、先の例のように、8面のポリゴンミラーPMを走査効率1/3未満で使う場合、24面（8面÷1/3）のポリゴンミラーPMに変えることもできる。ただし、その場合は、1つの光源装置LSa（LSb）からのビームLBa（LBb）を3つの走査ユニットUnの各々に時分割で振り分けるために、3つの走査ユニットUnの各々の24面のポリゴンミラーPMは、同じ角度位相となる（原点信号が同一タイミングで発生する）ように同期回転させ、ポリゴンミラーPMの2つの反射面置きに1回の描画が行われるように制御すればよい。

10

【0215】

また、上記第1の実施の形態では、画素の寸法Pxと寸法Pyとは同じ長さ（例えば、3 μ m）としたが、寸法Pxと寸法Pyとの長さを異ならせてもよい。要は、クロック発生部60は、 $Py / (Nx \cdot Vs)$ で決まる基準周期Taを有し、スポット光SPの走査中に1画素の寸法Py当りN個のクロックパルスを含むクロック信号LTCを生成すればよい。

20

【0216】

[第1の実施の形態の変形例]

上記第1の実施の形態は、以下のように変形してもよい。

【0217】

上記第1の実施の形態においては、通常画素に対して $N (= 8)$ 個のスポット光SP（クロック信号LTCのクロックパルス）が対応し、補正画素に対して $N \pm m (= 8 \pm 1)$ 個のスポット光SP（クロック信号LTCのクロックパルス）が対応するようにした。また、1画素の寸法Px・yを、スポット光SPのサイズと同じ3 μ mとし、クロック信号LTCの発振周波数Faを400MHzとしているので、主走査方向に沿って走査されるスポット光SPの投射間隔は、0.375 μ mとなる。したがって、補正画素は、主走査方向に関して、寸法Px・yが3 μ mの通常画素に対して、0.375 μ mだけ伸縮した大きさとなる。つまり、補正画素が伸縮する割合は、12.5（= 0.375 / 3）%となる。また、倍率情報SCAによって定められる「 $\pm m$ 」の値が、「 ± 2 」の場合は、寸法Px・yが3 μ mの通常画素に対して、補正画素は、0.75 μ mだけ伸縮し、その割合は、25（= 0.75 / 3）%となる。

30

【0218】

これに対して、1画素の寸法Px・yを、スポット光SPのサイズと同じ3 μ mとし、クロック信号LTCの発振周波数Faを400MHzの2倍である800MHzにすると、通常画素に対して16個のスポット光SP（クロック信号LTCのクロックパルス）が対応することになる。したがって、倍率情報SCAによって定められる「 $\pm m$ 」の値を「 ± 1 」のままにすると、補正画素に対して16 ± 1 個のスポット光SP（クロック信号LTCのクロックパルス）が対応する。この場合は、主走査方向に走査されるスポット光SPの投射間隔は、0.1875（3 \times 1 / 16） μ mとなる。したがって、補正画素は、主走査方向に関して、寸法Px・yが3 μ mの通常画素に対して、0.1875 μ mだけ伸縮し、その割合は、6.25（= 0.1875 / 3）%となる。また、倍率情報SCAによって定められる「 $\pm m$ 」の値が、「 ± 2 」の場合は、寸法Px・yが3 μ m通常画素に対して、補正画素は、0.375 μ mだけ伸縮し、その割合は、12.5%となる。したがって、クロック信号LTCの発振周波数Faを高くした方が、きめ細やかな倍率補正を行うことができる。

40

50

【0219】

しかしながら、発振周波数 F_a を 400MHz から高くした場合であっても、パルス光発生部 20 の DFB 半導体レーザ素子 30、32 が高くした発振周波数 F_a (例えば、 800MHz) でパルス状の種光 S_1 、 S_2 を発生することができない場合がある。また、高くした発振周波数 F_a で応答することができる DFB 半導体レーザ素子 30、32 を用いた場合は、コストが高くなるという問題がある。したがって、本変形例では、 400MHz の発振周波数 F_b で発生したビーム L_B を合成することで、スポット光 SP の周波数を 800MHz にするというものである。

【0220】

なお、本変形例では、描画ライン SL_n ($SL_1 \sim SL_6$) の実効的な長さを 30mm とし、実効的なサイズ が $3\mu\text{m}$ のスポット光 SP を、 $15/16$ ずつ、つまり、 $2.8125 (= 3 \times 15/16) \mu\text{m}$ ずつ、オーバーラップさせながらスポット光 SP を描画ライン SL_n ($SL_1 \sim SL_6$) に沿って基板 P 上 (基板 P の被照射面上) に照射するものとする。したがって、スポット光 SP の投射間隔は、 $0.1875\mu\text{m}$ となり、1 回の走査で照射されるスポット光 SP の数は、 $160000 (= 30[\text{mm}] / 0.1875[\mu\text{m}])$ となる。また、スポット光 SP の周波数 (発振周波数 F_a) を 800MHz とし、1 回の走査で、スポット光 SP を 160000 回照射するので、描画ライン SL_n に沿ったスポット光 SP の 1 回の走査に必要な時間 T_{sp} は、 $200\mu\text{sec} (= 160000[\text{回}] / 800[\text{MHz}])$ となり、その走査速度 V_s は、 $150\text{m/sec} (= 30[\text{mm}] / 200[\mu\text{sec}])$ となる。また、副走査方向についても、スポット光 SP の走査が、 $0.1875\mu\text{m}$ の間隔で行われるものとする、時間 $T_{px} (= 620\mu\text{sec})$ 当り $0.1875\mu\text{m}$ だけ基板 P が進む必要があることから、搬送速度 (送り速度) V_t は、約 $0.3024\text{mm/sec} (= 0.1875[\mu\text{m}] / 620[\mu\text{sec}])$ となる。なお、本変形例のポリゴンミラー PM の回転速度 V_p は、上記第 1 の実施の形態と同じ、約 12096.8rpm とする。

【0221】

図 17 は、本変形例における光源装置 LS_a (LS_b) の構成を示す図である。なお、上記第 1 の実施の形態と同一の構成については同様の符号を付し、異なる箇所のみを説明する。光源装置 LS_a (LS_b) は、クロック信号発生部 150、2 つの制御回路 152a、152b、2 つのパルス光発生部 20 (以下、20a、20b)、OR ゲート部 (クロック発生部) G_X1 、および、合成光学部材 154 を有する。

【0222】

クロック信号発生部 150 は、スポット光 SP の走査速度を V_s 、 N を 2 以上の整数とし、パルス光発生部 20 (パルス光源部 35) の数を M としたとき、 $(P \times y \times M) / (N \times V_s)$ で決まる基準周期 T_b を有するとともに、基準周期 T_b の $1/M$ の補正時間ずつ位相を与えた複数 (M 個) のクロック信号 (第 1 クロック信号) CK を発生する。この M は、2 以上の整数であって N より小さい整数である。本変形例では、1 画素当りのクロックパルス (スポット光 SP) の数 N は 16、 M は 2、 $P \times y$ は $3\mu\text{m}$ 、 V_s は 150m/sec となるので、基準周期 $T_b = (3\mu\text{m} \times 2) / (16 \times 150\text{m/sec}) = 0.0025\mu\text{sec}$ となり、その周波数 F_b ($1/T_c$) は、 400MHz となる。また、クロック信号発生部 150 は、基準周期 T_b の $1/M$ の補正時間ずつ位相を与えた複数 (M 個) のクロック信号を発生することから、基準周期 T_b の $1/2$ 補正時間ずつ位相を与えた 2 つのクロック信号 CK を発生する。この 2 つのクロック信号 CK を CK_a 、 CK_b で表す。つまり、本変形例のクロック信号発生部 150 は、互いに位相が半周期ずれた 400MHz のクロック信号 CK_a 、 CK_b を生成することになる。クロック信号発生部 150 が発生 (生成) したクロック信号 CK_a は、制御回路 152a および OR ゲート部 G_X1 に出力され、クロック信号 CK_b は、制御回路 152b および OR ゲート部 G_X1 に出力される。

【0223】

図 18 は、クロック信号発生部 150 の構成を示す図である。クロック信号発生部 15

10

20

30

40

50

【 0 2 2 4 】

【 0 2 2 5 】

【 0 2 2 6 】

信号 S D o の論理値「0」の状態、クロック信号 C K s のクロックパルスが発生すると、ワンショットパルス発生器 L C は、そのクロックパルスの立ち下がりから一定時間 T d p だけ信号 S D o の論理値を「1」にする。クロック信号 C K s のクロックパルスは、時間 T d p より短い周期 T c で発生しているので、次の（2番目の）クロックパルスが発生するタイミングでは、信号 S D o の論理値は「1」のままとなる。したがって、ANDゲート部 G X 3 は、入力された2番目のクロックパルスを出力し、ANDゲート部 G X 2 は、2番目のクロックパルスを出力しない。3番目のクロックパルスは、1番目のクロックパルスの立ち下がりから一定時間 T d p が経過した後に発生するので、3番目のクロックパルスが発生するタイミングでは、信号 S D o の論理は「0」となっている。したがって、ANDゲート部 G X 3 は、入力された3番目のクロックパルスを出力せず、ANDゲート部 G X 2 は、入力された3番目のクロックパルスを出力する。このような動作の繰り返しにより、ANDゲート部 G X 2 は、発振周波数 F c が 8 0 0 M H z のクロック信号 C K s のクロックパルスを1つ置きに間引いたクロック信号 C K a を生成し、ANDゲート部 G X 3 は、クロック信号 C K a に対して位相が半周期ずれるように、発振周波数 F c が 8 0 0 M H z のクロック信号 C K s のクロックパルスを1つ置きに間引いたクロック信号

CKbを生成する。つまり、クロック信号発生部150は、発振周波数Fcが800MHzのクロック信号CKsを1/2に分周し、且つ、互いに位相が半周期ずれた2つのクロック信号CKa、CKbを生成している。したがって、このクロック信号CKa、CKbの発振周波数(発光周波数)Fbは400MHzとなる。

【0227】

制御回路152aは、クロック信号CKaの各クロックパルスにตอบสนองして種光S1、S2を発光するように、パルス光発生部20aのパルス光源部35(具体的には、DFB半導体レーザ素子30、32)を制御する。これにより、パルス光発生部20aが射出するビームLba1(Lbb1)の周波数は400MHzとなる。制御回路152bは、クロック信号CKbの各クロックパルスにตอบสนองして種光S1、S2を発光するように、パルス光発生部20bのパルス光源部35(具体的には、DFB半導体レーザ素子30、32)を制御する。これにより、パルス光発生部20bが射出するビームLba2(Lbb2)の周波数は400MHzとなり、且つ、ビームLba1(Lbb1)に対して射出タイミングの位相が半周期ずれている。

【0228】

なお、本変形例では、各パルス光発生部20a、20bのDFB半導体レーザ素子30、32が発光する種光S1、S2は、互いに偏光方向が直行した直線偏光の光であり、且つ、パルス光発生部20a、20bのDFB半導体レーザ素子30同士、および、DFB半導体レーザ素子32同士も、互いに偏光方向が直交した直線偏光の光である。これにより、パルス光発生部20aから射出されるビームLba1(Lbb1)と、パルス光発生部20bから射出されるビームLba2(Lbb2)とは、互いに直行する直線偏光の光となる。本変形例では、パルス光発生部20aのDFB半導体レーザ素子30が発光する種光S1、および、パルス光発生部20bのDFB半導体レーザ素子32が発光する種光S2の偏光状態はともにS偏光となる。また、パルス光発生部20aのDFB半導体レーザ素子32が発光する種光S2、および、パルス光発生部20bのDFB半導体レーザ素子30が発光する種光S1の偏光状態はともにP偏光となる。したがって、本変形例では、パルス光発生部20aが射出するビームLba1(Lbb1)はP偏光の光となり、パルス光発生部20bが射出するビームLba2(Lbb2)はS偏光の光となる。なお、パルス光発生部20aの偏光ビームスプリッタ34は、S偏光の光を透過してP偏光の光を反射し、パルス光発生部20bの偏光ビームスプリッタ34は、P偏光の光を透過してS偏光の光を反射することを前提とする。また、パルス光発生部20aの偏光ビームスプリッタ38は、P偏光の光を透過してS偏光の光を反射し、パルス光発生部20bの偏光ビームスプリッタ38は、S偏光の光を透過してP偏光の光を反射することを前提とする。

【0229】

ORゲート部GX1は、入力された位相が互いに半周期ずれている2つのクロック信号CKa、CKbを合成して1つのクロック信号(基準クロック信号)LTCを生成(発生)する。これにより、クロック信号LTCの各クロックパルス(基準クロックパルス)は、800MHzの発振周波数Fa(周期Ta=1/Fa)で発生する。なお、クロック信号LTCは、クロック信号発生部150のクロック発生部60が発生したクロック信号CKsの周波数および位相と同一なので、ORゲート部GX1を設けなくてもよい。この場合は、クロック発生部60が発生したクロック信号CKsをクロック信号LTCとして用いればよい。

【0230】

また、クロック信号発生部150は、クロック発生部60と可変遅延回路(図示略)とを有する構成であってもよい。この場合は、クロック発生部60は、400MHzの発振周波数Fcでクロック信号CKsを生成(発生)するとともに、前記可変遅延回路は、クロック信号CKsの周期Tc(=1/Fc)の1/2だけクロック信号CKsを遅延させる。クロック信号発生部150は、クロック発生部60が発生したクロック信号CKsをクロック信号CKaとして制御回路152aおよびORゲート部GX1に出力するととも

に、前記可変遅延回路が $1/2$ 周期 T_c だけ遅延させたクロック信号 CK_s をクロック信号 CK_b として制御回路 152b および OR ゲート部 GX1 に出力する。

【0231】

このクロック信号 LTC は、図示しないが、図 9 で示したのと同構成の補正画素指定部 62 および送出タイミング切換部 64 にゲート回路 GTa を介して入力される。本変形例では、この 800 MHz のクロック信号 LTC に基づいて、補正画素が指定され、描画ビット列データ SB_a (SB_b) 若しくはシリアルデータ $DL_1 \sim DL_3$ ($DL_4 \sim DL_6$) の各画素の論理情報の送出タイミング、つまり、出力する論理情報の画素をシフトするタイミング、つまり、画素シフトパルス SC_a (SC_b) の出力タイミングが決定される。この補正画素指定部 62 および送出タイミング切換部 64 は、光源装置 LS_a (LS_b) の内部に設けられていてもよいし、光源装置 LS_a (LS_b) の外部に設けられていてもよい。

【0232】

そして、この送出タイミング切換部 64 から出力される画素シフトパルス SC_a (SC_b) にしたがって順次出力される描画ビット列データ SB_a (SB_b) 若しくはシリアルデータ $DL_1 \sim DL_3$ ($DL_4 \sim DL_6$) の各画素の論理情報が、光源装置 LS_a (LS_b) のパルス光発生部 20a、20b の駆動回路 36a に出力される。したがって、パルス光発生部 20a、20b から射出されるビーム LB_a1 (LB_b1)、 LB_a2 (LB_b2) は、この描画ビット列データ SB_a (SB_b) 若しくはシリアルデータ $DL_1 \sim DL_3$ ($DL_4 \sim DL_6$) に基づいてその強度が変調される。また、射出されたビーム LB_a1 (LB_b1)、 LB_a2 (LB_b2) は、合成光学部材 154 によって 1 つのビーム LB_a (LB_b) に合成される。このビーム LB_a1 (LB_b1) とビーム LB_a2 (LB_b2) とは、発振周波数 F_b が 400 MHz で同一であり、位相が半周期ずれていることから、合成光学部材 154 によって 800 MHz のビーム LB_a (LB_b) が生成されることになる。したがって、この生成された発振周波数 F_a ($= 800 \text{ MHz}$) のビーム LB_a (LB_b) が光源装置 LS_a (LS_b) から射出される。

【0233】

合成光学部材 154 は、パルス光発生部 20a が射出した P 偏光のビーム LB_a1 (LB_b1) と、パルス光発生部 20b が射出した S 偏光のビーム LB_a2 (LB_b2) とを合成する偏光ビームスプリッタ PBS と、パルス光発生部 20a が射出したビーム LB_a1 (LB_b1) を偏光ビームスプリッタ PBS に導くミラー M20、M21 と、パルス光発生部 20b が射出したビーム LB_a2 (LB_b2) を偏光ビームスプリッタ PBS に導くミラー M22 とを少なくとも有する。偏光ビームスプリッタ PBS は、P 偏光の光を透過し、S 偏光の光を反射する特性を有するので、ビーム LB_a1 (LB_b1) を透過し、ビーム LB_a2 (LB_b2) を反射する。このとき、偏光ビームスプリッタ PBS の偏向分離面は、偏光ビームスプリッタ PBS に入射するビーム LB_a1 (LB_b1) の光軸と直交する平面に対して 45 度傾き、且つ、偏光ビームスプリッタ PBS に入射するビーム LB_a2 (LB_b2) の光軸と直交する平面に対して 45 度傾くように配置されている。これにより、偏光ビームスプリッタ PBS を透過したビーム LB_a1 (LB_b1) と、偏光ビームスプリッタで反射したビーム LB_a2 (LB_b2) とが同軸となるので、ビーム LB_a1 (LB_b1) とビーム LB_a2 (LB_b2) とが合成される。

【0234】

なお、光源装置 LS_a (LS_b) から射出されるビーム LB_a (LB_b) は、P 偏向のビーム LB_1a (LB_1b) と S 偏光のビーム LB_2a (LB_2b) を含むものとなっているので、図 5 に示す走査ユニット Un 内の光学レンズ系 G10、光検出器 DT、および、 $1/4$ 波長板 QW を省略してもよい。この場合は、描画ライン SL_n の傾きを検出することができなくなる。また、描画ライン SL_n の傾きを検出したい場合は、ビーム LB_1a (LB_1b) と、ビーム LB_2a (LB_2b) の偏光状態を、偏光板等によってともに同一（例えば、直線 P 偏向または円偏光）にする。そして、合成光学部材 154 は、互いに同軸となるようにこの 2 つのビーム LB_1a (LB_1b)、ビーム LB_2a (LB_2b)

）を合成すればよい。

【0235】

このように、本変形例の露光装置EXでは、光源装置LSa(LSb)は、2つのパルス光発生部20(20a、20b)で、400MHzで発光したビームLBa1(LBb1)、LBa2(LBb2)を強度変調し、その強度変調されたビームLBa1(LBb1)、LBa2(LBb2)を合成してビームLBa(LBb)として射出するので、上記第1の実施の形態に比べ、さらに、描画ラインSLn(描画するパターン)の倍率をきめ細やかに補正することができる。

【0236】

なお、ビームLBa1(LBb1)、LBa2(LBb2)の単位面積当たりの強度が強いと、それに応じて偏光ビームスプリッタPBS等に焼けが生じてしまう。そのため、単位面積当たりの強度を下げるために、ビームLBa1(LBb1)、LBa2(LBb2)の径を拡大させる拡大レンズG20a、G20bと、拡大されたビームLBa1(LBb1)、LBa2(LBb2)を平行光にするコリメートレンズCL20a、CL20bとを設けてもよい。また、参照符号160は、合成されたビームLBa(LBb)をビームプロファイラー162に導くための反射鏡等を含む光導光部材である。この光導光部材160は、ビームプロファイラー162の計測面上でビームLBa(LBb)がスポット光となるようにビームLBa(LBb)を集光(収斂)する。ビームプロファイラー162は、集光したビームLBa(LBb)のスポット光の2次元的な光強度分布を高精度に計測する。これにより、合成されたビームLBa(LBb)のビームLBa1(LBb1)とビームLBa2(LBb2)との同軸性を精密に計測することができる。この光導光部材160は、反射鏡の移動等によってビームLBa(LBb)の光軸位置(光路)から退避可能に構成される。

【0237】

また、本変形例では、1画素に対して16個のスポット光SP(クロック信号LTCのクロックパルス)が対応するようにしたが、1画素に対して8個のスポット光SP(クロック信号LTCのクロックパルス)が対応するようにしてもよい。スポット光SPの投射間隔は、本変形例と同様に、 $0.1875\mu\text{m}$ とすると、8個のスポット光SPが1画素に対応するため、1画素の寸法 $P \times y$ は、 $1.5(=0.1875 \times 8)\mu\text{m}$ となる。したがって、この場合は、スポット光SPのサイズも寸法 $P \times y$ と同程度以下の大きさ、つまり、 $1.5\mu\text{m}$ 以下とする。この場合であっても、本変形例と同様の効果を得ることができるとともに、画素の寸法を小さくすることができるので、パターンの解像度、分解能を飛躍的に細かくすることができ、より高精細なパターンを描画露光することができる。

【0238】

画素の寸法 P_x と寸法 P_y とは同じ長さ(例えば、 $3\mu\text{m}$)としたが、寸法 P_x と寸法 P_y との長さを異ならせてもよい。要は、クロック信号発生部150は、 $(P_y \times M) / (N \times V_s)$ で決まる基準周期 T_b を有するとともに、基準周期 T_b の $1/M$ の補正時間ずつ位相を与えた複数(M個)のクロック信号(第1クロック信号)CKを発生すればよい。

【0239】

[第2の実施の形態]

次に、第2の実施の形態について説明する。上記第1の実施の形態(変形例も含む)では、主走査方向におけるスポット光SPの投射間隔を一定にし、局所的に補正画素の1画素当りのスポット光SP(クロック信号LTCのクロックパルス)の数を変更することで、描画ラインSLnの走査長を伸縮させた。これに対して、本第2の実施の形態では、1画素当りのスポット光SP(クロック信号LTCのクロックパルス)の数は全て同じにし、局所的に主走査方向におけるスポット光SPの投射間隔を変更させることで、描画ラインSLnの走査長を伸縮させる。

【0240】

なお、本第2の実施の形態においては、描画ライン SL_n ($SL_1 \sim SL_6$)の実効的な長さを 30 mm 、スポット光 SP のサイズを $3\text{ }\mu\text{m}$ とし、原則として主走査方向におけるスポット光 SP の投射間隔をスポット光 SP のサイズの $1/2$ 、つまり、 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ とする。したがって、1回の走査で照射されるスポット光 SP の数は、 $20000 (= 30 [\text{mm}] / 1.5 [\mu\text{m}])$ となる。また、基板 P の副走査方向の送り速度(搬送速度) V_t を 2.419 mm/sec とし、副走査方向についてもスポット光 SP の走査が $1.5\text{ }\mu\text{m}$ の間隔で行われるものとする。描画ライン SL_n に沿った1回の走査開始(描画開始)時点と次の走査開始時点との時間差 T_{px} は、約 $620\text{ }\mu\text{sec} (= 1.5 [\mu\text{m}] / 2.419 [\text{mm/sec}])$ となる。この時間差 T_{px} は、8反射面 RP のポリゴンミラー PM が1面分($45\text{ 度} = 360\text{ 度} / 8$)だけ回転する時間である。この場合、ポリゴンミラー PM の1回転の時間が、約 $4.96\text{ msec} (= 8 \times 620 [\mu\text{sec}])$ となるように設定される必要がある。ポリゴンミラー PM の回転速度 V_p は、毎秒約 201.613 回転($= 1 / 4.96 [\text{msec}]$)、すなわち、約 12096.8 rpm に設定される。

【0241】

また、ポリゴンミラー PM の反射面の数 N_p を8とし、その走査効率を $1/3$ とする。そのため、描画ライン SL_n の最大走査長(例えば、 31 mm)分だけスポット光 SP を走査するのに必要な時間 T_s は、 $T_s = T_{px} \times \text{走査効率}$ 、となり、先の数値例の場合は、時間 T_s は、約 $206.666 \dots \mu\text{sec} (620 [\mu\text{sec}] / 3)$ 、となる。描画ライン SL_n ($SL_1 \sim SL_6$)が伸縮されない場合(倍率が1倍の場合)の実効的な走査長を 30 mm とするので、この描画ライン SL_n に沿ったスポット光 SP の1走査の走査時間 T_{sp} は、約 $200\text{ }\mu\text{sec} (= 206.666 \dots [\mu\text{sec}] \times 30 [\text{mm}] / 31 [\text{mm}])$ 、となる。したがって、描画ライン SL_n が伸縮されない場合は、この時間 T_{sp} の間に、 20000 のスポット光 SP (パルス光)を照射する必要がある。光源装置 LS からのビーム LB の発光周波数(発振周波数) F_e は、 $F_e = 20000 [\text{回}] / 200 [\mu\text{sec}] = 100\text{ MHz}$ となる。また、スポット光 SP の走査速度 V_s は、 $30 [\text{mm}] / 200 [\mu\text{sec}] = 150\text{ m/sec}$ となる。なお、本第2の実施の形態では、1画素の寸法 $P \times y$ をスポット光 SP の実効的なサイズと同じ $3\text{ }\mu\text{m}$ とし、1画素に対して2個のスポット光 SP (クロック信号 LTC のクロックパルス)が対応しているものとする。

【0242】

図20は、第2の実施の形態における光源装置 LS_a (LS_b)の内部に設けられる信号発生部22aの構成を示す図である。なお、上記第1の実施の形態(変形例も含む)と同様の構成については同様の符号を付し、異なる部分だけを説明する。この信号発生部22aは、上記第1の実施の形態と同様に、制御回路22の内部に設けられているが、制御回路22の外部に設けられていてもよい。また、光源装置 LS_a (LS_b)の外部にこの信号発生部22aを設けてもよい。また、本第2の実施の形態では、図12に示す局所倍率設定部112から補正位置情報 Nv' と伸縮情報(極性情報) POL' とを有する局所倍率補正情報 $CMgn'$ が信号発生部22aに送られるものとする。この局所倍率設定部112は、走査ユニット Un ($U_1 \sim U_6$)毎に、局所倍率補正情報 $CMgn'$ ($CMg_1' \sim CMg_6'$)を記憶する。局所倍率設定部112は、上記第1の実施の形態と同様に、スポット光 SP の走査を行う走査ユニット Un に対応する局所倍率補正情報 $CMgn'$ を光源装置 LS (LS_a 、 LS_b)の信号発生部22aに出力する。なお、局所倍率補正情報 $CMgn'$ は、局所倍率補正を行うための情報である。

【0243】

信号発生部22aは、クロック信号発生部200、補正点指定部202、および、クロック切換部204を有する。このクロック信号発生部200、補正点指定部202、および、クロック切換部204等は、FPGA(Field Programmable Gate Array)により集約して構成することができる。クロック信号発生部200は、 V_s 、で定まる周期よりも短い基準周期 T_e を有するとともに、基準周期 T_e の $1/N$ の補正時間ずつ位相差を

与えた複数（ N 個）のクロック信号 CK_p （ $p = 0, 1, 2, \dots, N - 1$ ）を生成する。 λ は、スポット光 SP の実効的なサイズであり、 V_s は、基板 P に対するスポット光 SP の主走査方向の相対的な速度である。なお、基準周期 T_e が、 λ / V_s で定まる周期よりも長い場合は、主走査方向に沿って照射されるスポット光 SP が所定の間隔をあけて離散的に基板 P の被照射面上に照射されてしまう。逆に、基準周期 T_e が、 λ / V_s で定まる周期よりも短い場合は、スポット光 SP が主走査方向に関して互いに重なり合うように基板 P の被照射面上に照射される。本第 2 の実施の形態では、原則として、スポット光 SP がサイズ λ の $1/2$ ずつオーバーラップするように発振周波数 F_e が 100 MHz のパルス状のスポット光 SP を照射するので、基準周期 T_e は、 $1/F_e = 1/100\text{ [MHz]} = 10\text{ [nsec]}$ となり、 $\lambda / V_s = 3\text{ [}\mu\text{m]} / 150\text{ [mm/sec]} = 20\text{ nsec}$ より小さい値となる。また、 $N = 50$ とするので、クロック信号発生部 200 は、 $0.2\text{ nsec} (= 10\text{ [nsec]} / 50)$ の位相差が与えられた 50 個のクロック信号 $CK_0 \sim CK_{49}$ を生成する。

【0244】

具体的には、クロック信号発生部 200 は、クロック発生部（発振器）60 と、複数（ $N - 1$ 個）の遅延回路 De （ $De_{01} \sim De_{49}$ ）とを有する。クロック発生部 60 は、全体倍率補正情報 Tmg に応じた発振周波数 $F_e (= 1/T_e)$ で発振するクロックパルスからなるクロック信号 CK_0 を発生する。本第 2 の実施の形態では、全体倍率補正情報 Tmg を 0 とし、クロック発生部 60 は、 100 MHz の発振周波数 F_e （基準周期 $T_e = 10\text{ nsec}$ ）でクロック信号 CK_0 を発生する。

【0245】

クロック発生部 60 からのクロック信号（出力信号） CK_0 は、直列に接続された複数の遅延回路 De （ $De_{01} \sim De_{49}$ ）の初段（先頭）の遅延回路 De_{01} に入力されるとともに、クロック切換部 204 の 1 番目の入力端子に入力される。この遅延回路 De （ $De_{01} \sim De_{49}$ ）は、入力信号であるクロック信号 CK_p を一定時間（ $T_e / N = 0.2\text{ nsec}$ ）だけ遅延させて出力する。したがって、初段の遅延回路 De_{01} は、クロック発生部 60 が発生したクロック信号 CK_0 と同一の基準周期 T_e （ 10 nsec ）であり、且つ、クロック信号 CK_0 に対して 0.2 nsec の遅れを持ったクロック信号（出力信号） CK_1 を出力する。同様に、2 段目の遅延回路 De_{02} は、前段の遅延回路 De_{01} からのクロック信号（出力信号） CK_1 と同一の基準周期 T_e （ 10 nsec ）であり、且つ、クロック信号 CK_1 に対して 0.2 nsec の遅れを持ったクロック信号（出力信号） CK_2 を出力する。3 段目以降の遅延回路 $De_{03} \sim De_{49}$ も同様に、前段の遅延回路 $De_{02} \sim De_{48}$ からのクロック信号（出力信号） $CK_2 \sim CK_{48}$ と同一の基準周期 T_e （ 10 nsec ）であり、且つ、クロック信号 $CK_2 \sim CK_{48}$ に対して 0.2 nsec の遅れを持ったクロック信号（出力信号） $CK_3 \sim CK_{49}$ を出力する。

【0246】

クロック信号 $CK_0 \sim CK_{49}$ は、 0.2 nsec ずつ位相差が与えられた信号であることから、クロック信号 CK_0 は、クロック信号 CK_{49} と同一の基準周期 T_e （ 10 nsec ）であり、且つ、クロック信号 CK_{49} に対してさらに 0.2 nsec の遅れを持ったクロック信号と、丁度 1 周期だけずれた信号となる。したがって、クロック信号 CK_0 は、実質的にクロック信号 CK_{49} の各クロックパルスに対して 0.2 nsec の遅れたクロック信号と見做することができる。遅延回路 $De_{01} \sim De_{49}$ からのクロック信号 $CK_1 \sim CK_{49}$ は、クロック切換部 204 の 2 番目～50 番目の入力端子に入力される。

【0247】

各遅延回路 De （ $De_{01} \sim De_{49}$ ）は、例えば、図 21A または図 21B に示すようなゲート回路（論理回路）が使われる。図 21A では、一方の入力端子 In_1 に入力信号（クロック信号 CK_p ）が入力され、他方の入力端子 In_2 に、ハイ（論理値は 1）の信号が印加される AND ゲート回路 $GT10$ によって構成される。この AND ゲート回路 $GT10$ によって、入力信号（クロック信号 CK_p ）に対して 0.2 nsec だけ遅れを持った出力信号（クロック信号 CK_{p+1} ）が出力される。また、図 21B では、一方の入

10

20

30

40

50

力端子 I_{n1} に入力信号（クロック信号 CK_p ）が入力され、他方の入力端子 I_{n2} に、ロー（論理値は 0）の信号が印加される OR ゲート回路 $GT11$ によって構成される。この OR ゲート回路 $GT11$ によって、入力信号（クロック信号 CK_p ）に対して $0.2ns$ だけ遅れを持った出力信号（クロック信号 CK_{p+1} ）が出力される。このように、各遅延回路 De （ $De01 \sim De49$ ）は、複数のトランジスタで組まれるゲート回路（論理回路）によって所望の遅延時間を得るようにしてもよいし、1～2 個のトランジスタを接続した簡単なものであってもよい。

【0248】

クロック切換部 204 は、入力された 50 個のクロック信号 CK_p （ $CK_0 \sim CK_{49}$ ）のうち、いずれか 1 つのクロック信号 CK_p を選択し、選択したクロック信号 CK_p をクロック信号（基準クロック信号） LTC として出力するマルチプレクサ（選択回路）である。したがって、クロック信号 LTC の発振周波数 F_a （ $=1/T_a$ ）は、原則としてクロック信号 $CK_0 \sim CK_{49}$ の発振周波数 F_e （ $=1/T_a$ ）、つまり、100MHz と同じになる。制御回路 22 は、クロック切換部 204 から出力されるクロック信号 LTC の各クロックパルスにตอบสนองして種光 $S1$ 、 $S2$ が発光するように、DFB 半導体レーザ素子 30、32 を制御する。したがって、光源装置 LSa （ LSb ）から射出されるパルス状のビーム LBa （ LBb ）の発振周波数 F_a は、原則として 100MHz となる。

【0249】

クロック切換部 204 は、スポット光 SP が走査線上に位置する特定の補正点 CPP を通過するタイミングで、クロック信号 LTC として出力するクロック信号 CK_p 、つまり、ビーム LBa （ LBb ）の発生に起因するクロック信号 CK_p を、位相差の異なる他のクロック信号 CK_p に切り換える。クロック切換部 204 は、スポット光 SP が補正点 CPP を通過するタイミングで、クロック信号 LTC として選択するクロック信号 CK_p を、クロック信号 LTC として現在選択しているクロック信号 CK_p に対して $0.2ns$ だけ位相差を有するクロック信号 $CK_{p \pm 1}$ に切り換える。この切り換えるクロック信号 $CK_{p \pm 1}$ の位相差の方向、つまり、位相が $0.2ns$ だけ遅れる方向か位相が $0.2ns$ だけ進む方向かは、局所倍率補正情報（補正情報） $CMgn'$ （ $CMg1' \sim CMg6'$ ）の一部である 1 ビットの伸縮情報（極性情報） POL' に応じて決定される。

【0250】

伸縮情報 POL' がハイ「1」（伸長）の場合は、クロック切換部 204 は、現在クロック信号 LTC として出力しているクロック信号 CK_p に対して $0.2ns$ だけ位相が遅れたクロック信号 CK_{p+1} をクロック信号 LTC として選択して出力する。また、伸縮情報 POL' がロー「0」（縮小）の場合は、クロック切換部 204 は、現在クロック信号 LTC として出力しているクロック信号 CK_p に対して $0.2ns$ だけ位相が進んだクロック信号 CK_{p-1} をクロック信号 LTC として選択して出力する。例えば、クロック切換部 204 は、現在クロック信号 LTC として出力しているクロック信号 CK_p が CK_{11} の場合において、伸縮情報 POL' がハイ（H）の場合は、クロック信号 LTC として出力するクロック信号 CK_p をクロック信号 CK_{12} に切り換え、伸縮情報 POL' がロー（L）の場合は、クロック信号 LTC として出力するクロック信号 CK_p をクロック信号 CK_{10} に切り換える。スポット光 SP の 1 回の走査期間中は、同一の伸縮情報 POL' が入力される。

【0251】

クロック切換部 204 は、ビーム切換部 BDU によってビーム LBn が入射する走査ユニット Un に対応した局所倍率補正情報 $CMgn'$ の伸縮情報 POL' を用いて、クロック信号 LTC として出力されるクロック信号 CK_p の位相がずれる方向（位相が進む方向か遅れる方向か）を決定する。光源装置 LSa からのビーム LBa （ $LB1 \sim LB3$ ）は走査ユニット $U1 \sim U3$ のいずれか 1 つに導かれる。したがって、光源装置 LSa の信号発生部 22 a のクロック切換部 204 は、走査ユニット $U1 \sim U3$ のうち、ビーム LBn が入射する 1 つの走査ユニット Un に対応する局所倍率補正情報 $CMgn'$ の伸縮情報 POL' に基づいて、クロック信号 LTC として出力されるクロック信号 CK_p の位相がず

れる方向を決定する。例えば、走査ユニットU2にビームLB2が入射する場合は、光源装置LSaのクロック切換部204は、走査ユニットU2に対応した局所倍率補正情報CMg2'の伸縮情報POL'に基づいて、クロック信号LTCとして出力されるクロック信号CK_pの位相がずれる方向を決定する。

【0252】

また、光源装置LSbからのビームLBb(LB4~LB6)は走査ユニットU4~U6のいずれか1つに導かれる。したがって、光源装置LSbの信号発生部22aのクロック切換部204は、走査ユニットU4~U6のうち、ビームLBnが入射する1つの走査ユニットUnに対応する局所倍率補正情報CMgn'の伸縮情報POL'に基づいて、クロック信号LTCとして出力されるクロック信号CK_pの位相がずれる方向を決定する。例えば、走査ユニットU6にビームLB6が入射する場合は、光源装置LSbのクロック切換部204は、走査ユニットU6に対応した局所倍率補正情報CMg6'の伸縮情報POL'に基づいて、クロック信号LTCとして出力されるクロック信号CK_pの位相がずれる方向を決定する。

【0253】

補正点指定部202は、各描画ラインSLn(SL1~SL6)上の特定の点を補正点CPPとして指定する。補正点指定部202は、局所倍率補正情報(補正情報)CMgn'(CMg1'~CMg6')の一部である補正点CPPを指定するための補正位置情報(設定値)Nv'に基づいて補正点CPPを指定する。この局所倍率補正情報CMgn'の補正位置情報Nv'は、描画ラインSLnに沿って描画されるパターンの描画倍率(または描画ラインSLnの主走査方向における倍率)に応じて、描画ラインSLn上の等間隔に離散的な複数の位置の各々に補正点CPPを指定するための情報であり、補正点CPPと補正点CPPとの距離間隔(等間隔)を示す情報である。これにより、補正点指定部202は、描画ラインSLn(SL1~SL6)上に等間隔に離散的に配置される位置を補正点CPPとして指定することができる。この補正点CPPは、描画ラインSLnに沿って投射される隣り合う2つのスポット光SPの投射位置(スポット光SPの中心位置)の間に設定される。

【0254】

補正点指定部202は、ビーム切換部BDUによってビームLBnが入射する走査ユニットUnに対応した局所倍率補正情報CMgn'の補正位置情報Nv'を用いて補正点CPPを指定する。光源装置LSaからのビームLBa(LB1~LB3)が走査ユニットU1~U3のいずれか1つに導かれるので、光源装置LSaの信号発生部22aの補正点指定部202は、走査ユニットU1~U3のうち、ビームLBnが入射する1つの走査ユニットUnに対応する局所倍率補正情報CMgn'の補正位置情報Nv'に基づいて補正点CPPを指定する。例えば、走査ユニットU2にビームLB2が入射する場合は、光源装置LSaの補正点指定部202は、走査ユニットU2に対応した局所倍率補正情報CMg2'の補正位置情報Nv'に基づいて、描画ラインSLn2上に等間隔に離散的に配置される複数の位置を補正点CPPとして指定する。

【0255】

また、光源装置LSbからのビームLBb(LB4~LB6)が走査ユニットU4~U6のいずれか1つに導かれるので、光源装置LSbの信号発生部22aの補正点指定部202は、走査ユニットU4~U6のうち、ビームLBnが入射する1つの走査ユニットUnに対応する局所倍率補正情報CMgn'の補正位置情報Nv'に基づいて補正点CPPを指定する。例えば、走査ユニットU6にビームLB6が入射する場合は、光源装置LSbの補正点指定部202は、走査ユニットU6に対応した局所倍率補正情報CMg6'の補正位置情報Nv'に基づいて、描画ラインSLn6上に等間隔に離散的に配置される複数の位置を補正点CPPとして指定する。

【0256】

この補正点指定部202について具体的に説明すると、補正点指定部202は、分周カウンタ回路212とシフトパルス出力部214とを有する。分周カウンタ回路212は、

10

20

30

40

50

減算カウンタであり、クロック切換部 204 から出力されるクロック信号 L T C のクロックパルス（基準クロックパルス）が入力される。クロック切換部 204 から出力されたクロック信号 L T C のクロックパルスは、ゲート回路 G T a を介して分周カウンタ回路 212 に入力される。ゲート回路 G T a は、上記第 1 の実施の形態で説明した描画許可信号 S Q n がハイ（H）の期間に開くゲートである。つまり、分周カウンタ回路 212 は、描画許可信号 S Q n がハイの期間中だけ、クロック信号 L T C のクロックパルスをカウントすることになる。光源装置 L S a の信号発生部 22 a のゲート回路 G T a には、走査ユニット U 1 ~ U 3 に対応する 3 つの描画許可信号 S Q 1 ~ S Q 3 が印加される。したがって、光源装置 L S a のゲート回路 G T a は、描画許可信号 S Q 1 ~ S Q 3 のいずれかがハイ（H）の期間に inputs されたクロック信号 L T C のクロックパルスを分周カウンタ回路 212 10 に出力する。同様に、光源装置 L S b の信号発生部 22 a のゲート回路 G T a には、走査ユニット U 4 ~ U 6 に対応する 3 つの描画許可信号 S Q 4 ~ S Q 6 が印加される。したがって、光源装置 L S b のゲート回路 G T a は、描画許可信号 S Q 4 ~ S Q 6 のいずれかがハイ（H）の期間に inputs されたクロック信号 L T C のクロックパルスを分周カウンタ回路 212 に出力する。

【0257】

分周カウンタ回路 212 は、カウント値 C 3 が補正位置情報（設定値）N v ' にプリセットされ、クロック信号 L T C のクロックパルスが入力される度にカウント値 C 3 をデクリメントする。分周カウンタ回路 212 は、カウント値 C 3 が 0 になると 1 パルスの一致信号 I d c をシフトパルス出力部 214 に出力する。つまり、分周カウンタ回路 212 は、クロック信号 L T C のクロックパルスを補正位置情報 N v ' 分だけカウントすると一致信号 I d c を出力する。この一致信号 I d c は、次のクロックパルスが発生する前に補正点 C P P が存在することを示す情報である。また、分周カウンタ回路 212 は、カウント値 C 3 が 0 になった後、次のクロックパルスが入力されると、カウント値 C 3 を補正位置情報 N v ' にプリセットする。これにより、描画ライン S L n に沿って等間隔に補正点 C P P を複数指定することができる。なお、補正位置情報 N v ' の具体的な値は、後で例示する。

【0258】

シフトパルス出力部 214 は、一致信号 I d c が入力されるとシフトパルス C S をクロック切換部 204 に出力する。このシフトパルス C S が発生すると、クロック切換部 204 は、クロック信号 L T C として出力するクロック信号 C K_p を切り換える。このシフトパルス C S は、補正点 C P P を示す情報であり、分周カウンタ回路 212 のカウント値 C 3 が 0 になった後、次のクロックパルスが入力される前に発生する。したがって、分周カウンタ回路 212 のカウント値 C 3 を 0 にしたクロックパルスに応じて発生したビーム L B a（L B b）のスポット光 S P の基板 P 上における位置と、次のクロックパルスに応じて発生したビーム L B a（L B b）のスポット光 S P の基板 P 上における位置との間に補正点 C P P は存在することになる。

【0259】

上述したように、本第 2 の実施の形態では、1 描画ライン S L n 当り 20000 個のスポット光 S P を投射し、描画ライン S L n 上に補正点 C P P を等間隔に離散的に 40 個配置すると、スポット光 S P（クロック信号 L T C のクロックパルス）の 500 個間隔で補正点 C P P が配置されることになる。したがって、補正位置情報 N v ' は、500 となる。

【0260】

図 22 は、図 20 に示す信号発生部 22 a の各部から出力される信号を示すタイムチャートである。クロック信号発生部 200 が発生する 50 個のクロック信号 C K₀ ~ C K₄₉ は、いずれもクロック発生部 60 が出力するクロック信号 C K₀ と同じ周期 T e ではあるが、その位相が 0.2 n s e c ずつ遅れたものとなっている。したがって、例えば、クロック信号 C K₃ は、クロック信号 C K₀ に対して 0.6 n s e c 位相が遅れたものとなり、クロック信号 C K₄₉ は、クロック信号 C K₀ に対して 9.8 n s e c 位相が遅れたものと

10

20

30

40

50

なっている。

【0261】

分周カウンタ回路212が、クロック切換部204から出力されるクロック信号LTCのクロックパルスを補正位置情報(設定値)Nv'分だけカウントすると一致信号Idc(図示略)を出力し、これに応じて、シフトパルス出力部214がシフトパルスCSを出力する。シフトパルス出力部214は、通常は、ハイ(論理値は1)の信号を出力しているが、一致信号Idcが出力されるとロー(論理値は0)に立ち下がり、クロック信号CKpの基準周期Teの半分(半周期)の時間が経過するとハイ(論理値は1)に立ち上がるシフトパルスCSを出力する。これにより、このシフトパルスCSは、分周カウンタ回路212がクロック信号LTCのクロックパルスを補正位置情報(設定値)Nv'分だけ

10

【0262】

クロック切換部204は、シフトパルスCSの立ち上がりに対応して、クロック信号LTCとして出力するクロック信号CKpを、シフトパルスCSが発生する直前まで出力していたクロック信号CKpから、伸縮情報POL'に応じた方向に0.2nsec位相がずれたクロック信号CKp±1に切り換える。図22の例では、シフトパルスCSが発生する直前までクロック信号LTCとして出力していたクロック信号CKpをCK0、伸縮情報POL'を「0」(縮小)としているので、シフトパルスCSの立ち上がりに対応して、クロック信号CK49に切り換わっている。このように、伸縮情報POL'が「0」の場合は、スポット光SPが補正点CPPを通過する度に(つまり、シフトパルスCSが発生する度に)、クロック切換部204は、位相が0.2nsecずつ進むようにクロック信号LTCとして出力するクロック信号CKpを切り換える。したがって、クロック信号LTCとして出力(選択)されるクロック信号CKpは、CK0、CK49、CK48、CK47、・・・の順番で切り換わる。このシフトパルスCSが発生する補正点CPPの位置では、クロック信号LTCの周期が基準周期Te(=10nsec)に対して、0.2nsec短い時間(9.8nsec)となり、それ以降は、スポット光SPが次の補正点CPPを通過するまで(次のシフトパルスCSが発生するまで)、クロック信号LTCの周期は基準周期Te(=10nsec)となる。

20

【0263】

逆に、伸縮情報POL'が「1」の場合は、スポット光SPが補正点CPPを通過する度に(つまり、シフトパルスCSが発生する度に)、クロック切換部204は、位相が0.2nsecずつ遅れるようにクロック信号LTCとして出力(選択)するクロック信号CKpを切り換える。したがって、クロック信号LTCとして出力(選択)されるクロック信号CKpは、CK0、CK1、CK2、CK3、・・・の順番で切り換わる。このシフトパルスCSが発生する補正点CPPの位置では、クロック信号LTCの周期が基準周期Te(=10nsec)に対して、0.2nsec長い時間(10.2nsec)となり、それ以降は、スポット光SPが次の補正点CPPを通過するまで(次のシフトパルスCSが発生するまで)、クロック信号LTCの周期は基準周期Te(=10nsec)となる。

30

【0264】

本第2の実施の形態では、実効的なサイズが3μmのスポット光SPが1.5μmずつ重なるように主走査方向に沿って投射されるので、補正点CPPにおけるクロック信号LTCの周期の補正時間(±0.2nsec)は、0.03μm(=1.5[μm]×(±0.2[nsec]/10[nsec]))に相当し、1画素当たり±0.03μm伸縮することになる。したがって、上記第1の実施の形態(変形例も含む)に比べ、よりきめ細やかな倍率補正が可能となる。

40

【0265】

図23Aは、局所倍率補正が行われていない場合に描画されるパターンPPを説明する図であり、図23Bは、図22に示すタイムチャートにしたがって局所倍率補正(縮小)が行われた場合に描画されるパターンPPを説明する図である。なお、強度が高レベルの

50

スポット光 SP を実線で表し、強度が低レベルまたはゼロのスポット光 SP を破線で表している。

【0266】

図23A、図23Bに示すように、クロック信号 LTC の各クロックパルスに応答して発生したスポット光 SP によってパターン PP が描画される。図23Aと図23Bのクロック信号 LTC とパターン PP とを区別するため、図23A（局所倍率補正が行われていない場合）のクロック信号 LTC 、パターン PP を、 $LTC1$ 、 $PP1$ で表し、図23B（局所倍率補正が行われた場合）のクロック信号 LTC 、パターン PP を、 $LTC2$ 、 $PP2$ で表している。

【0267】

局所倍率補正が行われていない場合は、図23Aに示すように、描画される各画素の寸法 $P \times y$ は、主走査方向において一定の長さとなる。なお、画素の副走査方向（ X 方向）の長さを Px で表し、主走査方向（ Y 方向）の長さを Py で表している。図22に示すようなタイムチャートにしたがって局所倍率補正（縮小）が行われると、補正点 CPP を含む画素の寸法 $P \times y$ は、画素の長さ Py が $Py (= 0.03 \mu m)$ だけ縮んだ状態となる。逆に、伸長の局所倍率補正が行われると、補正点 CPP を含む画素の寸法 $P \times y$ は、画素の長さ Py が $Py (= 0.03 \mu m)$ だけ伸びた状態となる。

【0268】

なお、シリアルデータ DLn の画素シフトについては特に触れなかったが、クロック切換部204からクロック信号 LTC のクロックパルスが2個出力される度に、図12に示す描画データ出力部114は、光源装置 LSa （ LSb ）の駆動回路36aに出力するシリアルデータ DLn の画素の論理情報を行方向に1つシフトする。これにより、スポット光 SP （クロック信号 LTC のクロックパルス）の2個が1画素に対応することになる。

【0269】

以上のように、第2の実施の形態の露光装置 EX は、パルス光源部35からの種光 $S1$ 、 $S2$ に応じて生成されるビーム LB （ Lse 、 LBa 、 LBb 、 LBn ）のスポット光 SP をパターンデータに応じて強度変調しつつ、基板 P 上の描画ライン SLn に沿ってスポット光 SP を相対的に走査することにより、基板 P 上にパターンを描画する。露光装置 EX は、クロック信号発生部200、制御回路（光源制御部）22、および、クロック切換部204を少なくとも備える。上述したように、クロック信号発生部200は、 f/Vs で決まる周期よりも短い基準周期 Te （例えば、 $10ns$ ）を有するとともに、基準周期 Te の $1/N$ の補正時間（例えば、 $0.2ns$ ）ずつ位相差を与えた複数（ $N = 50$ 個）のクロック信号 CKp （ $CK_0 \sim CK_{49}$ ）を生成する。制御回路（光源制御部）22は、複数のクロック信号 CKp のうちいずれか1つのクロック信号 CKp （クロック信号 LTC ）の各クロックパルスに응答してビーム LB が発生するようにパルス光源部35を制御する。クロック切換部204は、スポット光 SP が描画ライン SLn 上に指定される特定の補正点 CPP を通過するタイミングで、ビーム LB の発生に起因するクロック信号 CKp 、つまり、クロック信号 LTC として出力されるクロック信号 CKp を、位相差の異なる他のクロック信号 CKp に切り換える。したがって、描画ライン SLn （描画するパターン）の倍率をきめ細やかに補正することができ、ミクロンオーダーでの精密な重ね合わせ露光を行うことができる。

【0270】

クロック切換部204は、スポット光 SP が描画ライン SLn 上の補正点 CPP を通過する際に、制御回路22に現在入力しているクロック信号 CKp に対して、補正時間（ $\pm Te/N = 0.2ns$ ）の位相差を有するクロック信号 CKp に切り換える。これにより、描画ライン SLn （描画するパターン）の倍率をよりきめ細やかに補正することができる。

【0271】

露光装置 EX は、描画ライン SLn 上の補正点 CPP を指定するための局所倍率補正情報（補正情報） $CMgn'$ を、複数の走査ユニット Un 毎に記憶する局所倍率設定部（補

10

20

30

40

50

正情報記憶部) 112を備える。クロック切換部204は、ビーム切換部BDUによってビームLBが導かれる走査ユニットUnに対応した局所倍率補正情報CMgn'に基づいてクロック信号CKpを切り換える。これにより、描画ラインSLn(走査ユニットUn)毎に、描画ラインSLn(描画するパターン)の倍率をきめ細やかに補正することができる。したがって、パターン露光の重ね合わせ精度が向上する。

【0272】

局所倍率補正情報CMgn'は、描画ラインSLnに沿って描画されるパターンの描画倍率に応じて、描画ラインSLn上の離散的な複数の位置の各々に補正点CPPを指定するための補正位置情報Nv'を含む。クロック切換部204は、補正位置情報Nv'に基づいて描画ラインSLn上の複数の補正点CPPの各々でクロック信号CKpを切り換える。これにより、ムラなく描画ラインSLn(描画するパターン)を倍率補正(伸縮)させることができる。

10

【0273】

局所倍率補正情報CMgn'は、描画ラインSLnに沿って描画されるパターンの描画倍率に応じて、切り換えるクロック信号CKpが、制御回路22に現在入力しているクロック信号CKpに対して、位相が遅れる方向が進む方向かであるかの伸縮情報(極性情報)POL'を含む。これにより、伸縮情報POL'に応じて、描画ラインSLn(描画するパターン)を伸長または縮小させることができる。

【0274】

なお、クロック切換部204は、クロック信号LTCとして出力するクロック信号CKpを、現在出力しているクロック信号LTCとして出力しているクロック信号CKpに対して、 $q \times T_e / N = q \times 0.2 \text{ nsec}$ 、だけ位相差を有するクロック信号CKp±qに切り換えてもよい。ただし、qは、 $q < N$ の関係を有する1以上の整数であるとする。したがって、例えば、qが2の場合であって、現在出力しているクロック信号LTCとして出力しているクロック信号CKpがクロック信号CK11の場合であって、伸縮情報POL'が「1」のときは、クロック切換部204は、クロック信号CK11に対して位相が 0.4 nsec だけ遅れたクロック信号CK13に切り換える。また、伸縮情報POL'が「1」の場合は、クロック切換部204は、クロック信号CK11に対して位相が 0.4 nsec だけ進んだクロック信号CK9に切り換える。この「q」の値を示す情報は、伸縮率情報REC'として、局所倍率設定部112(図12参照)からクロック切換部204に入力される。この伸縮率情報REC'は、局所倍率補正情報CMgn'の一部に含まれる。スポット光SPの1回の走査期間中は、同一の伸縮率情報REC'が入力される。

20

30

【0275】

この局所倍率補正情報CMgn'(CMg1'~CMg6')の補正位置情報(設定値)Nv'は、任意に変更することができ、描画ラインSLnの倍率に応じて適宜設定される。例えば、描画ラインSLn上に位置する補正点CPPが1つとなるように、補正位置情報Nv'を設定してもよい。また、1描画ラインSLnでは補正位置情報Nv'の値を一定としたが、1描画ラインSLnで、補正位置情報Nv'を変更させてもよい。この場合であっても、描画ラインSLn上の離散的な位置に複数の補正点CPPが指定されることには変わりはないが、補正位置情報Nv'を変更することで、補正点CPPの間隔を不均一にすることができる。さらに、描画ラインSLnに沿ったビームLBn(スポット光SP)の1走査毎、或いはポリゴンミラーPMの1回転毎に、描画ラインSLn上の補正画素の数は変えずに、補正画素(補正点CPP)の位置を異ならせるようにしてもよい。

40

【0276】

[第1および第2の実施の形態の変形例]

上記各実施の形態(変形例も含む)は、以下のような変形も可能である。なお、上記各実施の形態(変形例も含む)と同一の構成については同様の符号を付し、異なる箇所のみを説明する。

【0277】

(変形例1)上記各実施の形態(変形例も含む)では、光源装置LSa、LSbのバル

50

ス光発生部 20 に設けられた描画用光変調器としての電気光学素子（強度変調部）36 を、描画ビット列データ S B a（シリアルデータ D L 1 ~ D L 3）、S B b（シリアルデータ D L 4 ~ D L 6）を用いてスイッチングするようにした。しかしながら、変形例 1 では、描画用光変調器として、電気光学素子 36 に代えて描画用光学素子 A O M を用いる。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。

【0278】

例えば、図 24 に示すように、ビーム切換部 B D U の選択用光学素子 A O M 1 ~ A O M 3 のうち、光源装置 L S a からのビーム L B a が最初に入射する選択用光学素子 A O M 1 と光源装置 L S a との間に、描画用光学素子（強度変調部）A O M a を配置する。同様に、ビーム切換部 B D U の選択用光学素子 A O M 4 ~ A O M 6 のうち、光源装置 L S b からのビーム L B b が最初に入射する選択用光学素子 A O M 4 と光源装置 L S b との間に、描画用光学素子（強度変調部）A O M b を配置する。この描画用光学素子 A O M a は、図 14 に示した描画データ出力部 114 の第 1 データ出力部 114 a から出力される描画ビット列データ S B a（シリアルデータ D L 1 ~ D L 3）に応じてスイッチングされ、描画用光学素子 A O M b は、第 2 データ出力部 114 b から出力される描画ビット列データ S B b（シリアルデータ D L 4 ~ D L 6）によってスイッチングされる。この描画用光学素子 A O M a（A O M b）は、画素の論理情報が「0」の場合は入射したビーム L B a（L B b）を透過して図示しない吸収体に導き、画素の論理情報が「1」の場合は入射したビーム L B a（L B b）を回折させた 1 次回折光を発生する。この発生した 1 次回折光が選択用光学素子 A O M 1（A O M 4）に導かれる。したがって、画素の論理情報が「0」の場合は、基板 P の被照射面上にスポット光 S P が投射されないので、スポット光 S P の強度は低レベル（ゼロ）になり、画素の論理情報が「1」の場合は、スポット光 S P の強度は高レベルになる。これにより、走査ユニット U 1 ~ U 3（U 4 ~ U 6）によって走査されるスポット光 S P の強度をシリアルデータ D L 1 ~ D L 3（D L 4 ~ D L 6）に応じて変調させることができる。この場合であっても、上記各実施の形態等と同様の効果を得ることができる。

【0279】

また、描画用光学素子（強度変調部）A O M c n（A O M c 1 ~ A O M c 6）を走査ユニット U n（U 1 ~ U 6）毎に設けてもよい。この場合は、描画用光学素子 A O M c n は、各走査ユニット U n の反射ミラー M 14（図 5 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 c n（A O M c 1 ~ A O M c 6）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。走査ユニット U 1 内に設けられた描画用光学素子 A O M c 1 は、シリアルデータ D L 1 に応じてスイッチングされる。同様に、走査ユニット U 2 ~ U 6 内に設けられた描画用光学素子 A O M c 2 ~ A O M c 6 は、シリアルデータ D L 2 ~ D L 6 に応じてスイッチングされる。また、各走査ユニット U n の描画用光学素子 A O M c n は、画素の論理情報が「0」の場合は、入射したビーム L B n を図示しない吸収体に導き、画素の論理情報が「1」の場合は入射したビーム L B n を回折させた 1 次回折光を発生する。この発生した 1 次回折光（ビーム L B n）は、反射ミラー M 14 に導かれてスポット光 S P として基板上に投射される。

【0280】

本変形例 1 では、光源装置 L S a（L S b）内で、ビーム L B の強度変調を行う必要がないので、D F B 半導体レーザ素子 32、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 は不要となる。したがって、D F B 半導体レーザ素子 30 が発光した種光 S 1 は、直接コンバイナ 44 に導かれる。

【0281】

（変形例 2）光源装置 L S からのビーム L B の各々を、複数のビームスプリッタを使って 3 つまたは 6 つに分割し、分割した 3 つまたは 6 のビーム L B の各々を、3 つのまたは 6 つの走査ユニット U n に入射させるようにしてもよい。この場合は、走査ユニット U n

に入射する分割後のそれぞれのビーム $L B$ をシリアルデータ $D L n$ を用いて強度変調させる。

【0282】

(変形例3) 上記各実施の形態(変形例も含む)では、シート状の基板 P 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 P 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 $S L n$ に沿った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 $W O 2 0 1 3 / 1 5 0 6 7 7$ 号パンフレットに開示されているように、基板 P 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 P 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2、図3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 $U 1 \sim U 6$ を配置すればよい。

10

【0283】

(変形例4) 以上の第1の実施の形態、第2の実施の形態、或いはそれらの各変形例において、各走査ユニット $U n$ は、図5に示したように、ポリゴンミラー $P M$ の反射面に向かうビーム $L B n$ を1次元方向(図5では $Z t$ 方向)に収斂する第1のシリンドリカルレンズ(トーリックレンズ) $C Y a$ と、ポリゴンミラー $P M$ の1つの反射面で反射して、 f レンズ $F T$ を通ったビーム $L B n$ を1次元方向(図5では $X t$ 方向)に収斂する第2のシリンドリカルレンズ(トーリックレンズ) $C Y b$ とを設けることにより、ポリゴンミラー $P M$ の各反射面の僅かな倒れによる描画ライン $S L n$ (スポット光 $S P$) の副走査方向($X t$ 方向)へのブレを抑制している。この場合、第1のシリンドリカルレンズ $C Y a$ の母線と直交する面内でみたとき、第1のシリンドリカルレンズ $C Y a$ の後側焦点が、ポリゴンミラー $P M$ の反射面の位置となるように設定される。さらに、第2のシリンドリカルレンズ $C Y b$ の母線と直交した面内でみたとき、 f レンズ $F T$ と第2のシリンドリカルレンズ $C Y b$ との合成系は、ポリゴンミラー $P M$ の反射面と基板 P の被照射面とが光学的に共役な関係(結像関係)となるように設定されている。すなわち、 f レンズ $F T$ の前側焦点の位置またはその近傍にポリゴンミラー $P M$ の反射面が所定の公差範囲内で位置するように設定され、第2のシリンドリカルレンズ $C Y b$ の後側焦点の位置に基板 P の被照射面が所定の焦点深度範囲(Depth of Focus)内で位置するように設定される。

20

30

【0284】

さらに、このような関係の下で、図6または図24のビーム切換部 $B D U$ 中に設けられる選択用光学素子 $A O M n$ ($A O M 1 \sim A O M 6$) や描画用光学素子 $A O M a$ 、 $A O M b$ 、或いは各走査ユニット $U n$ 内に設けられる描画用光学素子 $A O M c n$ ($A O M c 1 \sim A O M c 6$) が、入射ビーム(0次光)を描画用ビーム(1次回折光)として回折する偏向位置を、基板 P 上の描画ライン $S L n$ と交差する方向(X 方向または $X t$ 方向)に関して、基板 P の被照射面、および、ポリゴンミラー $P M$ の反射面の各々と光学的に共役に設定する。すなわち、それらの光学素子 $A O M$ による描画用ビーム(1次回折光)の偏向方向が、光学的に、シリンドリカルレンズ $C Y b$ (或いは $C Y a$) の母線方向と直交(または交差)した屈折力を呈する方向に対応するように設定される。

40

【0285】

この種の光学素子 $A O M$ (音響光学変調素子)は、超音波振動により内部に回折格子を生成する光学部材の温度によって、偏向角(回折角)が変動するといった問題がある。しかしながら、上記のように、光学素子 $A O M$ による描画用ビーム(1次回折光)の偏向方向を、第2のシリンドリカルレンズ $C Y b$ (または第1のシリンドリカルレンズ $C Y a$) の屈折力を呈する方向に合せるように設定することにより、光学素子 $A O M$ の温度変化で生じる偏向角(回折角)の変動に起因した描画ライン $S L n$ (スポット光 $S P$) の副走査方向($X t$ 方向)への変動を抑制することができる。

【0286】

そのことを、図25を参照して説明する。図25は、図6または図24に示したビーム

50

切換部 B D U 中の集光レンズ（コンデンサーレンズ）C D 1、選択用光学素子 A O M 1、
 コリメートレンズ C L 1、および、ユニット側入射ミラー I M 1 の配置と、走査ユニット
 U 1 内の第 2 のシリンドリカルレンズ C Y b の配置との関係を、途中の光路を省略して模
 式的に示した図である。集光レンズ C D 1 に入射するビーム L B a は、例えば数 mm 径の
 円形断面を有する平行光束であり、集光レンズ C D 1 によって後側焦点の位置でビームウ
 ェスト（最小径）となるように収斂される。そのビームウェストの位置に、選択用光学素
 子 A O M 1 の偏向位置 P d f がくるように設定される。選択用光学素子 A O M 1 がオン状
 態（入射許可信号 L P 1 が H 状態）のとき、偏向位置 P d f において、入射するビーム L
 B a に対して偏向角（回折角） θ_{df} だけ向きを変えたビーム（1 次回折光）L B 1 が生
 成される。選択用光学素子 A O M 1 がオフ状態（入射許可信号 L P 1 が L 状態）のとき、
 偏向位置 P d f でのビーム L B a の回折が行われなため、ビーム L B a は、偏向位置 P
 d f からそのまま発散光束となってコリメートレンズ C L 1 に向かう。コリメートレンズ
 C L 1 の前側焦点の位置も、選択用光学素子 A O M 1 の偏向位置 P d f に合されているた
 め、コリメートレンズ C L 1 を透過したビーム L B a は、再び平行光束となって次段の集
 光レンズ C D 2、選択用光学素子 A O M 2 に向かう。

【0287】

選択用光学素子 A O M 1 で偏向（回折）されたビーム L B 1 は、ユニット側入射ミラー
 I M 1 で反射されて、走査ユニット U 1 に向かう。先の図 6、図 24 では図示を省略した
 が、ミラー I M 1 の後には、コリメートレンズ C L 1 と同じようなコリメートレンズ C L
 1' が設けられ、選択用光学素子 A O M 1 から発散光束となって進むビーム L B 1 を平行
 光束にする。そのため、コリメートレンズ C L 1' の前側焦点の位置は選択用光学素子 A
 O M 1 の偏向位置 P d f に設定される。コリメートレンズ C L 1' を通ったビーム L B 1
 は、図 5 の走査ユニット U 1 に入射し、第 1 のシリンドリカルレンズ C Y a、ポリゴンミ
 ラー P M、f レンズ F T、および、反射ミラー M 15 等を経て、母線が Y t 方向に延び
 る第 2 のシリンドリカルレンズ C Y b に入射した後、基板 P 上の描画ライン S L 1 上にス
 ポット光 S P として集光される。図 25 において、描画ライン S L 1 は Y t 方向に直線的
 に延びており、スポット光 S P は Y t 方向に走査される。ここで、第 2 のシリンドリカル
 レンズ C Y b が屈折力を呈する方向は X t 方向である。

【0288】

選択用光学素子 A O M 1 で偏向されるビーム L B 1 の偏向角 θ_{df} が、選択用光学素子
 A O M 1 の温度変化により、 θ_{df} だけ変動すると、コリメートレンズ C L 1' から射
 出するビーム L B 1 は、横方向に平行移動（ドリフト）したビーム L B 1' となる。ドリ
 フトしたビーム L B 1' は、f レンズ F T から射出する際、本来の射出位置から X t 方
 向にドリフトして射出するが、第 2 のシリンドリカルレンズ C Y b の屈折力により、ビ
 ーム L B 1' がスポット光 S P として集光する X t 方向の位置は、ドリフト前の位置とほと
 んど変化しない。このように、選択用光学素子 A O M 1 の偏向位置 P d f と基板 P の被照
 射面とを光学的に共役な関係に設定すること、第 2 のシリンドリカルレンズ C Y b（また
 は第 1 のシリンドリカルレンズ C Y a）の母線と直交する面（すなわち、図 25 中の X t
 Z t 面と平行な面）内において、選択用光学素子 A O M 1 の偏向位置 P d f とポリゴンミ
 ラー P M の反射面とを光学的に共役な関係に設定すること、そして、選択用光学素子 A O
 M 1 によるビーム L B 1 の偏向方向（回折方向）が X t Z t 面と平行な面内にあるように
 設定することにより、選択用光学素子 A O M 1 の温度変化に依存して偏向角 θ_{df} に変動
 が生じて、それに起因した描画ライン S L 1（スポット光 S P）の位置変動は無視でき
 る程度に抑制される。以上のような関係は、他の走査ユニット U 2 ~ U 6 のための選択用
 光学素子 A O M 2 ~ A O M 6 や描画用光学素子 A O M a、A O M b、或いは各走査ユニッ
 ト U n 内に設けられる描画用光学素子 A O M c n（A O M c 1 ~ A O M c 6）においても
 、同様に設定される。

【0289】

ところで、先の第 1 の実施の形態（変形例も含む）では、光源装置 L S（L S a、L S
 b）がパルスレーザ光源であったため、描画ライン S L n 上に指定される 1 つの補正画素

10

20

30

40

50

に対応するクロック信号 LTC のパルス数（スポット光 SP のパルス数）と、他の非補正画素に対応するクロック信号 LTC のパルス数とが異なるように描画データ（ビット列）の読み出しを制御し、そのクロック信号 LTC のパルスに応答して、光源装置 LS （ LSa 、 LSb ）からのビーム LB をパルス発光させた。しかしながら、光源装置 LS （ LSa 、 LSb ）を、連続発光も可能な半導体レーザ光源、または、発光ダイオード（ LED ）等の半導体光源として、複数の走査ユニット Un の各々に設け、その半導体光源からのビームで直接スポット光 SP を生成する場合は、補正画素と他の画素（非補正画素）とで半導体光源の発光時間を僅かに異ならせるように制御してもよい。そのような制御の際は、先の図 8 で示した描画ビット列データ SBa （ $S B b$ ）が H レベルの期間だけ半導体光源を連続点灯させるようにすればよい。もちろん、図 8 中のようなクロック信号 LTC と描画ビット列データ SBa （ $S B b$ ）との論理積（ AND ）で得られるクロックパルスに応答して、半導体光源をパルス点灯させるようにしてもよい。

10

【0290】

（変形例 5）以上の各実施の形態や変形例では、スポット光 SP の主走査方向の走査をポリゴンミラー PM で行ったが、ポリゴンミラー PM の代わりに、図 26 に示すようなガルバノミラー（振動ミラー） GM を使うこともできる。図 26 は、本変形例 5 の走査ユニット $Ua1$ のガルバノミラー GM と f レンズ FT との平面配置を示す。 f レンズ FT の光軸 AXf は直交座標系 XYZ の X 軸と平行に配置され、ガルバノミラー GM の回転（振動）中心軸 Cg は、 Z 軸と平行に配置される。ガルバノミラー GM の反射平面は、 Z 軸と平行であるとともに、回転中心軸 Cg 回りの振動の中立位置では f レンズ FT の光軸 AXf に対して XY 面内で 45 度の角度となるように設定されている。ビーム送光系を通してガルバノミラー GM の反射面に入射した光源装置 LS からのビーム $LB1$ （描画データに応じて強度変調された断面が円形の平行光束）は、その反射面で $+X$ 方向に反射される。ガルバノミラー GM で反射されたビーム $LB1$ は、所定の振れ角度 g の範囲で f レンズ FT に入射し、基板 P 上の描画ライン $SL1$ にスポット光 SP として集光される。

20

【0291】

ガルバノミラー GM を主走査用の偏向部材とする場合、スポット光 SP の主走査方向の走査速度が一定とならず、描画ライン $SL1$ の中央部と周辺部とで僅かに速度差が生じることがある。これは、ガルバノミラー GM の往復振動によるビーム $LB1$ の振れ角度の変化が時間軸に対して線形にならない部分が生じるからである。そのようなスポット光 SP の速度ムラは、主走査方向に沿った描画パターンの部分的な描画倍率誤差、特に描画ライン SLn の中央部と周辺部での倍率誤差として現われる。先の第 1 の実施の形態、または第 2 の実施の形態によれば、そのような部分的な倍率誤差に対しても容易に補正することが可能である。

30

【0292】

（変形例 6）図 27 は、ポリゴンミラー PM やガルバノミラー GM のように、光源装置 LS からのビーム $LB1$ を反射する反射面の角度を変えて、ビーム $LB1$ を主走査方向に偏向走査する代わりに、機械的な回転機構によって、ビーム $LB1$ のスポット光 SP を被照射体（基板 P ）上で円弧状に走査する方式の走査ユニット $UR1$ の斜視図である。図 27 において、基板 P は直交座標系 XYZ の XY 面と平行に配置され、副走査のために X 方向に所定速度で移動する。走査ユニット $UR1$ には、 Z 軸と平行に設定されるビーム送光系の光軸 AXu に沿って入射するビーム $LB1$ （断面が円形の平行光束）を 90 度に折り曲げるミラー $MR1$ 、 XY 面と平行な光軸 AXv を有し、ミラー $MR1$ で反射されたビーム $LB1$ を光軸 AXv に沿って同軸に入射する集光レンズ $G30$ 、および、 XY 面と平行な光軸 AXv を Z 軸と平行な光軸 AXw に折り曲げるミラー $MR2$ とが設けられる。集光レンズ $G30$ は、入射したビーム $LB1$ を基板 P の表面（被照射面）にスポット光 SP' として集光する。走査ユニット $UR1$ の筐体は、ミラー $MR1$ 、 $MR2$ 、集光レンズ $G30$ を一体に保持して、 Z 軸と平行な光軸 AXu を中心軸として XY 面と平行な面内で矢印 AR のように一方向に所定速度で高速回転する。

40

【0293】

50

被照射面上で、回転中心軸となる光軸 AXu の延長線と交差する点を回転中心点 CR とすると、走査ユニット $UR1$ の回転によって、スポット光 SP' は、回転中心点 CR から長さ Lam を半径とする円に沿って走査される。この走査ユニット $UR1$ の構成では、スポット光 SP' は、半径 Lam の円上の 360 度に渡って被照射面に投射可能である。しかしながら、実際には、副走査方向や半径 Lam の円の曲率を考慮して、走査ユニット $UR1$ が一定の角度範囲 u にあるときだけ、描画データに応じて強度変調されたスポット光 SP' を被照射面に投射し、角度範囲 u に対応した円弧状の描画ライン $SL1'$ に沿ってパターンを描画する。本変形例の場合、スポット光 SP' による円弧状の描画ライン $SL1'$ の走査開始点 Js と走査終了点 Je との副走査方向 (X 方向) の各位置は、揃っているのが好ましい。

10

【0294】

また、本変形例の場合、描画ライン $SL1'$ が Y 軸と平行な直線ではないため、描画データに応じたスポット光 SP' の強度変調の制御 (タイミング) は、描画データの2次元的な画素マップ上に、円弧状の描画ライン $SL1'$ を重ね合せて、スポット光 SP' の走査位置 (走査ユニット $UR1$ の回転角度位置) に応じた画素ビットが、描画状態 (「1」) か非描画状態 (「0」) かに応じて、スポット光 SP' (ビーム $LB1$) の強度を変調させればよい。スポット光 SP' の走査位置をリアルタイムに精密に計測するために、走査ユニット $UR1$ の筐体には、半径 Lam 程度のロータリーエンコーダ用のスケール円板を光軸 AXu と同軸に設けるのが好ましい。図27では、走査ユニット $UR1$ の筐体を、光軸 AXu (回転中心点 CR) から径方向に延びる角柱状で示したが、回転時の軸ブレ等を低減し安定した回転特性を得るために、ミラー $MR1$ 、 $MR2$ 、集光レンズ $G30$ を保持する Z 方向の厚みを持った円盤状とするのが望ましい。

20

【0295】

[第3の実施の形態]

次に、第3の実施の形態について説明する。なお、上記各実施の形態 (変形例も含む) と同様の構成については同一の符号を付し、異なる箇所のみを説明する。上記各実施の形態の変形例4として説明した図25の構成では、集光レンズ CD とコリメータレンズ (コリメートレンズ) LC による多数のリレー系によって、光源装置 LSa (LSb) からのビーム LBa (LBb) に複数のビームウェスト (集光点) を作り、そのビームウェストの位置の各々に選択用光学素子 (音響光学変調素子) $AOM1 \sim AOM6$ を配置した。ビーム LBa (LBb) のビームウェスト位置は、最終的に基板 P の表面 (ビーム $LB1 \sim LB6$ の各スポット光 SP) と光学的に共役になるように設定されているため、選択用光学素子 (音響光学変調素子) $AOM1 \sim AOM6$ の特性変化等によって偏向角に誤差が生じて、基板 P 上のスポット光 SP が副走査方向 (Xt 方向) にドリフトすることが抑制される。そのため、走査ユニット Un 毎に、スポット光 SP による描画ライン SLn を副走査方向 (Xt 方向) に画素寸法 (数 μm) 程度の範囲で微調整する場合は、先の図5に示した走査ユニット Un 内の平行平板 $Sr2$ を傾ければよい。さらに平行平板 $Sr2$ の傾斜を自動化するには、小型のピエゾモータや傾斜量のモニター系といった機構を設ければよい。

30

【0296】

しかしながら、平行平板 $Sr2$ の傾斜を自動化しても、機械的な駆動であるために、例えばポリゴンミラー PM の1回転分の時間に対応した高い応答性を持った制御は難しい。そこで、第3の実施の形態では、先の各実施の形態や変形例による露光装置 (描画装置) EX に設けられる図7のような光源装置 LS (LSa 、 LSb) から各走査ユニット Un までのビーム送光系 (ビーム切換部 BDU) の光学的な構成や配置を少し変更し、選択用光学素子 (音響光学変調素子) $AOM1 \sim AOM6$ に、ビームのスイッチング機能とともに、スポット光 SP の位置を副走査方向に微調整するシフト機能を兼用して持たせるようにする。以下、本第3の実施の形態の構成を図28～図32により説明する。

40

【0297】

図28は、先の図7に示した光源装置 LSa (LSb) のパルス光発生部20内の波長

50

変換部の構成を詳細に示す図、図 29 は光源装置 L S a (L S b) から最初の選択用光学素子 A O M 1 までのビーム L B a (L B b は省略) の光路を示す図、図 30 は、選択用光学素子 A O M 1 から次段の選択用光学素子 A O M 2 までの光路と選択用光学素子 A O M 1 のドライバ回路の構成を示す図、図 31 は選択用光学素子 A O M 1 の後の選択用のミラー (分岐反射鏡) I M 1 でのビーム選択とビームシフトの様子を説明する図、図 32 はポリゴンミラー P M から基板 P までのビームの振る舞いを説明する図である。

【 0 2 9 8 】

図 28 に示すように、光源装置 L S a 内のファイバー光増幅器 46 の射出端 46 a から、増幅された種光 L s e が小さな発散角 (N A : 開口数) で射出する。レンズ素子 G L (G L a) は種光 L s e が第 1 の波長変換素子 48 中でビームウェストとなるように集光する。したがって、第 1 の波長変換素子 48 で波長変換された 1 次の高調波ビームは発散性を持ってレンズ素子 G L (G L b) に入射する。レンズ素子 G L b は 1 次の高調波ビームが第 2 の波長変換素子 50 中でビームウェストとなるように集光する。第 2 の波長変換素子 50 で波長変換された 2 次の高調波ビームは発散性を持ってレンズ素子 G L (G L c) に入射する。レンズ素子 G L c は、2 次の高調波ビームをほぼ平行な細いビーム L B a (L B b) にして、光源装置 L S a の射出窓 20 H から射出するように配置される。射出窓 20 H から射出するビーム L B a の直径は数 mm 以下であり、好ましくは 1 mm 程度である。このように、波長変換素子 48、50 の各々は、レンズ素子 G L a、G L b によってファイバー光増幅器 46 の射出端 46 a (発光点) と光学的に共役になるように設定される。したがって、波長変換素子 48、50 の結晶特性の変動によって、生成される高調波ビームの進行方向がわずかに傾いた場合でも、射出窓 20 H から射出するビーム L B a の角度方向 (方位) に関するドリフトが抑えられる。なお、図 28 では、レンズ素子 G L c と射出窓 20 H とを離して示してあるが、レンズ素子 G L c 自体を射出窓 20 H の位置に配置してもよい。

【 0 2 9 9 】

射出窓 20 H から射出したビーム L B a は、図 29 に示すように、2 つの集光レンズ C D 0、C D 1 よるエクспанダー系の光軸 A X j に沿って進み、ビーム径が 1 / 2 程度に縮小されたほぼ平行光束に変換されて 1 段目の選択用光学素子 A O M 1 に入射する。射出窓 20 H からのビーム L B a は集光レンズ C D 0 と集光レンズ C D 1 の間の集光位置 P e p でビームウェストとなる。集光レンズ C D 1 は、先の図 6 (または図 24) 中の集光レンズ C D 1 として設けられる。さらに、選択用光学素子 A O M 1 内のビームの偏向位置 P d f (回折点) は、集光レンズ C D 0、C D 1 よるエクспанダー系によって、射出窓 20 H と光学的に共役になるように設定される。さらに、集光位置 P e p は、図 28 中のファイバー光増幅器 46 の射出端 46 a、波長変換素子 48、50 の各々と光学的に共役になるように設定される。また、選択用光学素子 A O M 1 のビームの偏向方向、すなわちスイッチング時に、入射したビーム L B a の 1 次回折光として射出するビーム L B 1 の回折方向は、Z 方向 (基板 P 上のスポット光 S P を副走査方向にシフトさせる方向) に設定される。選択用光学素子 A O M 1 を通るビーム L B a は、例えば、ビーム径が約 0 . 5 mm 程度の平行光束となっており、1 次回折光として射出するビーム L B 1 も、ビーム径が約 0 . 5 mm 程度の平行光束になる。つまり、上記各実施の形態 (変形例も含む) においては、選択用光学素子 A O M 1 内でビームウェストとなるようにビーム L B a (L B b) を収斂したが、本第 3 の実施の形態では、選択用光学素子 A O M 1 を通るビーム L B a (L B b) を、微小の径を有する平行光束とする。

【 0 3 0 0 】

図 30 に示すように、選択用光学素子 A O M 1 を透過したビーム L B a と、スイッチング時に 1 次回折光として偏向されるビーム L B 1 は、光軸 A X j と同軸に配置されたコリメータレンズ C L 1 (図 6、または図 24 中のレンズ C L 1 に相当) に共に入射する。選択用光学素子 A O M 1 の偏向位置 P d f は、コリメータレンズ C L 1 の前側焦点の位置に設定される。したがって、ビーム L B a とビーム L B 1 は、コリメータレンズ (集光レンズ) C L 1 の後側焦点の面 P i p でそれぞれビームウェストとなるように収斂される。コ

リメータレンズCL1の光軸AXjに沿って進むビームLBaは、面Pipから発散した状態で図6（または図24）に示した集光レンズ（コンデンサーレンズ）CD2に入射し、再びビーム径が0.5mm程度の平行光束となって、2段目の選択用光学素子AOM2に入射する。2段目の選択用光学素子AOM2の偏光位置Pdfは、コリメータレンズCL1と集光レンズCD2とによるリレー系によって、選択用光学素子AOM1の偏光位置Pdfと共役関係に配置される。

【0301】

図6や図24に示した選択用のミラーIM1は、本第3の実施の形態では、コリメータレンズCL1と集光レンズCD2の間の面Pipの近傍に配置される。面Pipでは、ビームLBa、LB1が最も細いビームウェストとなってZ方向に分離するので、ミラーIM1の反射面IM1aの配置が容易になる。選択用光学素子AOM1の偏向位置Pdfと面Pipとは、コリメータレンズCL1によって瞳位置と像面の関係になっており、コリメータレンズCL1からミラーIM1の反射面IM1aに向かうビームLB1の中心軸（主光線）は、ビームLBaの主光線（光軸AXj）と平行になる。ミラーIM1の反射面IM1aで反射したビームLB1は、集光レンズCD2と同等のコリメータレンズCL1aによって平行光束に変換されて、図5に示した走査ユニットU1のミラーM10に向かう。なお、面Pipは、コリメータレンズCL1と図29中の集光レンズCD1とによって集光位置Pepと光学的に共役な関係になっている。したがって、面Pipは、図28のファイバー光増幅器46の射出端46a、波長変換素子48、50の各々とも共役な関係になっている。つまり、面Pipは、レンズ素子GLa、GLb、GLc、集光レンズCD0、CD1、および、コリメータレンズCL1から構成されるリレーレンズ系によって、ファイバー光増幅器46の射出端46a、波長変換素子48、50の各々とも共役に設定されている。

【0302】

コリメータレンズCL1aの光軸AXmは、図5中の照射中心線Le1と同軸に設定され、スイッチング時の選択用光学素子AOM1によるビームLB1の偏向角が規定角度（基準の設定角）のときに、ビームLB1の中心線（主光線）が光軸AXmと同軸になるようにコリメータレンズCL1aに入射する。また、ミラーIM1の反射面IM1aは、図30のように、ビームLBaの光路を遮らないようにビームLB1のみを反射するとともに、反射面IM1aに達するビームLB1がZ方向に僅かにシフトとした場合でもビームLB1を確実に反射するような大きさに設定される。ただし、選択ミラーIM1の反射面IM1aを面Pipの位置に配置した場合、反射面IM1a上にビームLB1が集光したスポット光が作られるため、反射面IM1aが面Pipの位置から少しずれるようにミラーIM1をX方向にずらして配置するのがよい。また、反射面IM1aには紫外線耐性の高い反射膜（誘電体多層膜）が形成されている。

【0303】

本第3の実施の形態では、先の図12に示した選択素子駆動制御部102内に、選択用光学素子AOM1にビームのスイッチング機能とシフト機能の両方を持たせるためのドライブ回路102Aが設けられる。ドライブ回路102Aは、選択用光学素子AOM1に印加すべき駆動信号HF1の周波数を基準周波数から変えるための補正信号FSSを受けて、基準周波数に対して補正すべき周波数に応じた補正高周波信号を生成する局部発振回路102A1と、基準発振器102Sで作られる安定な周波数の高周波信号と、局部発振回路102A1からの補正高周波信号とを周波数が加減算されるように合成する混合回路102A2と、混合回路102A2で周波数合成された高周波信号を、選択用光学素子AOM1の超音波振動子の駆動に適した振幅まで増幅した駆動信号HF1に変換する増幅回路102A3とで構成される。増幅回路102A3は、図12の選択素子駆動制御部102で生成される入射許可信号LP1に応答して、高周波の駆動信号HF1を高レベルと低レベル（または振幅ゼロ）に切り替えるスイッチング機能を備えている。したがって、駆動信号HF1が高レベルの振幅の間（信号LP1がHレベルの間）、選択用光学素子AOM1はビームLBaを偏向してビームLB1を生成する。以上の図30のようなミラーIM

1とコリメータレンズCL1aの光学系とドライブ回路102Aは、他の選択用光学素子AOM2～AOM6の各々に対しても同様に設けられる。以上の構成において、局部発振回路102A1と混合回路102A2とは、補正信号FSSの値に応じて駆動信号HF1の周波数を変化させる周波数変調回路として機能する。

【0304】

このドライブ回路102Aにおいて、補正信号FSSが補正量ゼロを表す場合、増幅回路102A3から出力される駆動信号HF1の周波数は、選択用光学素子AOM1によるビームLB1の偏向角が規定角度（基準の設定角）になるような規定周波数に設定される。補正信号FSSが補正量 $+F_s$ を表す場合は、選択用光学素子AOM1によるビームLB1の偏向角が規定角度に対してだけ増加するように駆動信号HF1の周波数が補正される。補正信号FSSが補正量 $-F_s$ を表す場合は、選択用光学素子AOM1によるビームLB1の偏向角が規定角度に対してだけ減少するように駆動信号HF1の周波数が補正される。ビームLB1の偏向角が規定角度に対して \pm 変化すると、ミラーIM1の反射面IM1aに入射するビームLB1の位置が僅かにZ方向にシフトし、コリメータレンズCL1aから射出するビームLB1（平行光束）が光軸AXmに対して僅かに傾いたものとなる。その様子を図31によりさらに説明する。

【0305】

図31は、選択用光学素子AOM1で偏向されるビームLB1のシフトの様子を誇張して示した光路図である。ビームLB1が選択用光学素子AOM1によって規定角度で偏向されている場合、ビームLB1の中心軸はコリメータレンズCL1aの光軸AXmと同軸になっている。このとき、コリメータレンズCL1から射出したビームLB1の中心軸は、元のビームLBaの中心軸（光軸AXj）から-Z方向にSF0だけ離れている。その状態から、選択用光学素子AOM1を駆動する駆動信号HF1の周波数を、例えば F_s だけ高くしたとすると、選択用光学素子AOM1でのビームLB1の偏向角が規定角度に対してだけ増加し、ミラーIM1に達するビームLB1'の中心軸AXm'は、光軸AXjから-Z方向にSF1だけ離れて位置する。このように、駆動信号HF1の周波数の F_s の変化によって、ミラーIM1に向かうビームLB1'の中心軸AXm'は、規定位置（光軸AXmと同軸の位置）から、 $SF1 - SF0$ 、だけ-Z方向に横シフト（平行移動）する。

【0306】

光軸AXm上には、面Pipに相当する面Pip'が存在し、その面Pip'でビームLB1（LB1'）はビームウェストとなるように集光される。面Pip'からコリメータレンズCL1aに向かうビームLB1'の中心軸AXm'は光軸AXmと平行であり、面Pip'をコリメータレンズCL1aの前側焦点の位置に設定することで、コリメータレンズCL1aから射出するビームLB1'は、光軸AXmに対してXZ面内で僅かに傾いた平行光束に変換される。本第3の実施の形態では、面Pip'が最終的に基板Pの表面（スポット光SP）と共役になるように、走査ユニットU1内のレンズ系（図5中のレンズBe1、Be2、シリンドリカルレンズCYa、CYb、f レンズTF）が配置される。

【0307】

図32は、走査ユニットU1内のポリゴンミラーPMの1つの反射面RP（RPa）から基板Pまでの光路を展開してYt方向から見た図である。選択用光学素子AOM1によって規定角度で偏向されたビームLB1は、XtYt面と平行な面内でポリゴンミラーPMの反射面RPaに入射して反射される。反射面RPaに入射するビームLB1は、XtZt面内では、図5に示した第1のシリンドリカルレンズCYaにより反射面RPa上でZt方向に収斂される。反射面RPaで反射したビームLB1は、f レンズFTの光軸AXfを含むXtYt面と平行な面内で、ポリゴンミラーPMの回転速度に応じて高速に偏向され、f レンズFTと第2のシリンドリカルレンズCYbとを介して、基板P上にスポット光SPとして集光される。スポット光SPは図31では紙面と垂直な方向に1次元走査される。

【0308】

一方、図31のように、面 Pip' でビーム $LB1$ に対して $SF1 - SF0$ だけ横シフトしたビーム $LB1'$ は、ポリゴンミラー PM の反射面 RPa 上のビーム LB の照射位置に対して僅かに Zt 方向にずれた位置に入射する。それによって、反射面 RPa で反射したビーム $LB1'$ の光路は、 $XtZt$ 面内では、ビーム $LB1$ の光路と僅かにずれた状態で、 f レンズ FT と第2のシリンダリカルレンズ CYb とを通過して、基板 P 上にスポット光 SP' として集光される。ポリゴンミラー PM の反射面 RPa は、光学的には f レンズ FT の瞳面に配置されるが、2つのシリンダリカルレンズ CYa 、 CYb による面倒れ補正の作用によって、図32の $XtZt$ 面内では、反射面 RPa と基板 P の表面とは共役関係になっている。したがって、ポリゴンミラー PM の反射面 RPa 上に照射されるビーム $LB1$ がビーム $LB1'$ のように Zt 方向に僅かにシフトすると、基板 P 上のスポット光 SP はスポット光 SP' のように、副走査方向に SFp だけシフトする。

10

【0309】

以上の構成のように、選択用光学素子 $AOM1$ の駆動信号 $HF1$ の周波数を規定周波数から $\pm F_s$ だけ変化させることにより、スポット光 SP を副走査方向に $\pm SFp$ だけシフトさせることができる。そのシフト量 $(|SFp|)$ は、選択用光学素子 $AOM1$ 自体の偏向角の最大範囲、ミラー $IM1$ の反射面 $IM1a$ の大きさ、走査ユニット $U1$ 内のポリゴンミラー PM までの光学系(リレー系)の倍率、ポリゴンミラー PM の反射面の Zt 方向の幅、ポリゴンミラー PM から基板 P までの倍率(f レンズ FT の倍率)等による制限を受けるが、スポット光 SP の基板 P 上の実効的なサイズ(径)程度、或いは描画データ上で定義される画素寸法($P \times y$)程度の範囲に設定される。もちろん、それ以上のシフト量に設定してもよい。なお、選択用光学素子 $AOM1$ および走査ユニット $U1$ に関して説明したが、他の選択用光学素子 $AOM2 \sim AOM6$ および走査ユニット $U2 \sim U6$ に関しても同様である。

20

【0310】

このように、本第3の実施の形態では、選択用光学素子 $AOMn$ ($AOM1 \sim AOM6$)を、入射許可信号 LPn ($LP1 \sim LP6$)に応答したビームのスイッチング機能と、補正信号 FSS に응答したスポット光 SP のシフト機能とのために兼用できるので、各走査ユニット Un ($U1 \sim U6$)にビームを供給するビーム送光系(ビーム切換部 BDU)の構成が簡単になる。さらに、走査ユニット Un 毎にビーム選択用とスポット光 SP のシフト用の音響光学変調素子(AOM や AOD)を別々に設ける場合に比べて、発熱源を減らすことができ、露光装置 EX の温度安定性を高めることができる。特に、音響光学変調素子を駆動するドライブ回路($102A$)は大きな発熱源になるが、駆動信号 $HF1$ が $50MHz$ 以上の高周波であるため、音響光学変調素子の近くに配置される。ドライブ回路($102A$)を冷却する機構を設けても、その数が多いと装置内の温度が短時間で上昇し易くなり、光学系(レンズやミラー)の温度変化による変動で、描画精度が低下する可能性がある。そのため、熱源となるドライブ回路、および音響光学変調素子は少ない方が望ましい。また、選択用光学素子 $AOMn$ ($AOM1 \sim AOM6$)の各々が、温度変化の影響を受けて、入射ビーム LBa (LBb)の1次回折光として偏向されるビーム LBn の偏向角を変動させる場合、本第3の実施の形態では、図30のドライブ回路 $102A$ に与える補正信号 FSS の値を、温度変化に応じて調整するフィードバック制御系を設けることにより、偏向角の変動を容易に相殺することができる。

30

40

【0311】

本第3の実施の形態の選択用光学素子 $AOMn$ によるビームシフト機能は、複数の走査ユニット Un の各々からのビーム LBn のスポット光 SPn による描画ライン SLn の位置を、高速に副走査方向に微調整できる。例えば、図30に示した選択用光学素子 $AOM1$ を入射許可信号 $LP1$ が H レベルになる度に、補正信号 FSS による補正量を変えるように制御すると、ポリゴンミラー PM の反射面毎、すなわち、スポット光 SP の走査毎に、描画ライン $SL1$ を副走査方向に画素サイズ(またはスポット光のサイズ)程度の範囲でシフトできる。そのため、隣接する走査ユニット Un の各々を、照射中心軸 $Le1 \sim L$

50

e 6 の周りに微少回転させて各描画ライン S L n の傾きを調整した後、先の第 1 の実施の形態や第 2 の実施の形態のようにして描画倍率を補正することに加えて、第 3 の実施の形態のように描画ライン S L n を副走査方向にシフトさせることによって、各描画ライン S L n の端部におけるパターン描画時の継ぎの精度を高めることが可能となる。また、基板 P にすでに形成された下地パターンに対して、新たなパターンを重ね合わせて描画する際も、その重ね合わせの精度を高めることができる。

【 0 3 1 2 】

以上の第 3 の実施の形態では、基板 P の表面（ビーム L B n がスポット光 S P として集光する位置）と、図 3 1 中の面 P i p ' とは互いに共役な関係に設定され、さらに面 P i p ' (P i p) は、光源装置 L S a (L S b) 中の波長変換素子 4 8、5 0、ファイバ
10 光増幅器 4 6 の射出端 4 6 a の各々とも互いに共役な関係に設定されている。そのため、ポリゴンミラー P M の反射面の 1 つを一定の向きに静止させた状態にして、ビーム L B n を f レンズ F T とシリンドリカルレンズ C Y b を介して基板 P の表面の 1 点にスポット光 S P として投射した場合、波長変換素子 4 8、5 0 の結晶特性の変化によって高調波ビームの進行方向が角度的にドリフトしても、その影響を受けることなく基板 P 上のスポット光 S P は静止している。このことは、スポット光 S P の主走査方向の走査開始位置、或いは原点信号 S D に応答した描画開始位置が、主走査方向にドリフトすることなく安定していることを意味する。したがって、長期的に安定した精度でパターン描画ができる。

【 0 3 1 3 】

[第 3 の実施の形態の変形例]

上記第 3 の実施の形態は、以下のような変形も可能である。上記各実施の形態やその変形例では、パターン描画領域（露光領域 W）の Y 方向の幅をカバーするように、複数の走査ユニット U n (U 1 ~ U 6) の各々による描画ライン S L n (S L 1 ~ S L 6) が、主走査方向（Y 方向）にずれて端部で継がれるように走査ユニット U n を配置した。しかしながら、例えば、特開 2 0 1 4 - 1 6 0 1 3 0 号公報に開示されているように、複数の描画ライン S L n（複数の走査ビーム）が副走査方向にずれて配置するようなタンデム方式の描画装置であっても、光学系の配置を変更することで、第 3 の実施形態と同様に、選択用光学素子 A O M n をスイッチング機能とスポット光 S P（描画ライン S L n）のシフト機能とに兼用させることができる。

【 0 3 1 4 】

図 3 3 は、1 つのポリゴンミラー P M の異なる 2 つの反射面 R P a、R P b の各々に、描画パターン（描画するパターン）に応じて強度変調されたビーム L B 1、L B 2 を投射し、反射面 P R a で反射されたビーム L B 1 は、X 軸と平行な光軸 A X f 1 を有する第 1 の f レンズ F T（以下、F T 1）に入射させ、反射面 P R b で反射されたビーム L B 2 は、X 軸と平行な光軸 A X f 2 を有する第 2 の f レンズ F T（以下、F T 2）に入射させるタンデム方式の描画装置の概略構成の一部を表す図である。第 1 の f レンズ F T 1 と第 2 の f レンズ F T 2 は、図 3 3 では図示を省略したが、先の図 5 に示した f レンズ F T のように配置され、第 1、第 2 の各 f レンズ F T 1、F T 2 の後には、ミラー M 1 5、第 2 のシリンドリカルレンズ C Y b が同様に設けられる。なお、説明を簡単にするため一部の構成の図示を省略し、その説明を省くこともある。

【 0 3 1 5 】

先の図 7 に示した光源装置 L S a からのビーム L B a は、図 2 8、図 2 9 に示した光学系を介して、ビーム径が 0 . 5 mm 程度の平行光束となって最初の選択用光学素子（音響光学変調素子）A O M 1 に入射する。偏向状態にスイッチされた選択用光学素子 A O M 1 によって 1 次回折光として偏向されたビーム L B 1 は、図 3 0 で説明したようにコリメータレンズ（集光レンズ）C L 1 によって、ミラー I M 1 の付近にビームウェストとなって集光される。ミラー I M 1 で - Z 方向に反射されたビーム L B 1 は、図 3 1 のように配置されるコリメータレンズ C L 1 a によって再び平行光束に変化され、ミラー M 1 3（以下、M 1 3 a）で反射されて第 1 のシリンドリカルレンズ C Y a（以下、C Y a 1）に入射する。第 1 のシリンドリカルレンズ C Y a 1 で Z 方向のみに収斂されるビーム L B 1 は、

Z 軸と平行な回転中心 A X p の回りに回転するポリゴンミラー P M の第 1 の反射面 R P a に照射される。反射面 R P a は、光軸 A X f 1 を有する不図示の第 1 の f レンズ（走査用レンズ）F T 1 の瞳面に位置するように設定され、ビーム L B 1 は基板 P（被照射体）の表面にテレセントリックな状態を保って 1 次元走査される。

【0316】

また、選択用光学素子 A O M 1 が非偏向状態にスイッチされている場合、選択用光学素子 A O M 1 に入射するビーム L B a は、コリメータレンズ（集光レンズ）C L 1 の光軸（A X j）に沿って直進し、選択用のミラー I M 1 の上方空間でビームウェストとなって収斂した後、発散光束となってミラー M 2 で反射される。ミラー M 2 で反射されたビーム L B a は、集光レンズ C D 2 によって再び平行光束に変換され、ミラー M 3 で反射されて、2 段目の選択用光学素子 A O M 2 に入射する。ミラー M 2、M 3 と集光レンズ C D 2 は、先の図 6 または図 2 4 に示したものと同一であり、選択用光学素子 A O M 1 と選択用光学素子 A O M 2 の各偏向位置 P d f は、コリメータレンズ（集光レンズ）C L 1 と集光レンズ C D 2 によるリレー系によって、共役関係に設定されている。

【0317】

偏向状態にスイッチされた選択用光学素子 A O M 2 によって 1 次回折光として偏向されたビーム L B 2 は、コリメータレンズ（集光レンズ）C L 2 によって、ミラー I M 2 の付近にビームウェストとなって集光される。ミラー I M 2 で - Z 方向に反射されたビーム L B 2 は、図 3 1 のように配置されるコリメータレンズ C L 2 a によって再び平行光束に変換され、ミラー M 1 3（以下、M 1 3 b）で反射されて第 1 のシリンドリカルレンズ C Y a（以下、C Y a 2）に入射する。第 1 のシリンドリカルレンズ C Y a 2 で Z 方向のみに収斂されるビーム L B 2 は、ポリゴンミラー P M の第 2 の反射面 R P b に照射される。反射面 R P b は、光軸 A X f 2 を有する不図示の第 2 の f レンズ（走査用レンズ）F T 2 の瞳面に位置するように設定され、ビーム L B 2 は基板 P（被照射体）の表面にテレセントリックな状態を保って 1 次元走査される。選択用光学素子 A O M 1、A O M 2 の両方が非偏向状態の場合、選択用光学素子 A O M 2 を透過したビーム L B a は、集光レンズ C D 3 によって再び平行光束に変換されて、2 段目の選択用光学素子 A O M 2 と共役関係に配置された 3 段目の選択用光学素子 A O M 3 に向かう。

【0318】

ここで、第 1 の f レンズ F T 1 と、その後のミラー M 1 5（以下、M 1 5 a）と第 2 のシリンドリカルレンズ C Y b（以下、C Y b 1）とを含めて第 1 の走査用光学系とし、第 2 の f レンズ F T 2 と、その後のミラー M 1 5（以下、M 1 5 b）と第 2 のシリンドリカルレンズ C Y b（以下、C Y b 2）とを含めて第 2 の走査用光学系とする。第 1 の走査用光学系からのビーム L B 1 のスポット光による走査軌跡（描画ライン S L 1）と、第 2 の走査用光学系からのビーム L B 2 のスポット光による走査軌跡（描画ライン S L 2）とは、図 3 3 中で X 方向（副走査方向）にずらして配置される。

【0319】

このような、タンデム型の描画装置では、第 1 の走査用光学系による描画ライン S L 1 によって描画されるパターンと、第 2 の走査用光学系による描画ライン S L 2 によって描画されるパターンとを、基板 P（被照射体）上の同じ露光領域 W 内で重ね合わせて露光すること（2 重露光）、或いは、基板 P の搬送方向（長尺方向）に離れた 2 つの露光領域 W の各々に露光することが可能となる。その場合、選択用光学素子 A O M 1 に印加する駆動信号 H F 1、選択用光学素子 A O M 2 に印加する駆動信号 H F 2 のいずれか一方、または双方に周波数変調を与えることで、描画ライン S L 1 と S L 2 の搬送方向（副走査方向）の間隔距離を微調整でき、2 重露光の際の重ね合わせ精度を高めることができる。また、図 3 3 のような構成のビーム走査装置を、多色（R G B、C M Y）のレーザビームプリンタ等に適用すれば、印刷された画像の色ずれを小さく抑えることも可能である。

【0320】

以上、本変形例では、光源装置 L S a からのビーム L B a を、2 つ（複数）の選択用光学素子（音響光学変調素子）A O M 1、A O M 2 に直列に通し、いずれか 1 つの選択用光

10

20

30

40

50

学素子 A O M n を偏向状態にスイッチングすることで、異なる角度方向からポリゴンミラー P M の反射面に向かう描画用のビーム (L B n) を選択的に切換えることができる。選択用光学素子 A O M 1、A O M 2 の各々の偏光状態 / 非偏向状態へのスイッチングのタイミングは自由に設定可能である。例えば、描画ライン S L 1 (第 1 の走査用光学系) のみによって基板 P 上にパターンを描画する場合は、入射許可信号 L P 1 (図 1 2、図 3 0) をアクティブな状態 (図 1 3 のように原点信号 S Z 1 に応答して、繰り返し H レベルを生成する状態) にし、入射許可信号 L P 2 は L レベルを保つように制限すればよい。

【符号の説明】

【 0 3 2 1 】

1 0 ... デバイス製造システム	1 2 ... 基板搬送機構	10
1 4 ... 露光ヘッド	1 6 ... 制御装置	
2 0 ... パルス光発生部	2 2、1 5 2 a、1 5 2 b ... 制御回路	
3 0、3 2 ... D F B 半導体レーザ素子	3 4、3 8 ... 偏光ビームスプリッタ	
3 5 ... パルス光源部	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 ... ファイバー光増幅器	
4 8、5 0 ... 波長変換光学素子	6 0 ... クロック発生部	
6 2 ... 補正画素指定部	6 4 ... 送出タイミング切換部	
7 0 ... 第 1 の分周カウンタ回路	7 2、7 4、8 0、8 2 ... 遅延素子	
7 6 ... プリセット部	7 8 ... 第 2 の分周カウンタ回路	20
1 0 0 ... ポリゴン駆動制御部	1 0 2 ... 選択素子駆動制御部	
1 0 2 A ... ドライブ回路	1 0 2 A 1 ... 局部発振回路	
1 0 2 A 2 ... 混合回路	1 0 2 A 3 ... 増幅回路	
1 0 4 ... ビーム制御装置	1 1 0 ... 全体倍率設定部	
1 1 2 ... 局所倍率設定部	1 1 4 ... 描画データ出力部	
1 1 4 a ... 第 1 データ出力部	1 1 4 b ... 第 2 データ出力部	
1 1 6 ... 露光制御部	1 5 0、2 0 0 ... クロック信号発生部	
1 5 4 ... 合成光学部材	1 6 0 ... 光導光部材	
1 6 2 ... ビームプロファイラー	2 0 2 ... 補正点指定部	
2 0 4 ... クロック切換部	2 1 2 ... 分周カウンタ回路	30
2 1 4 ... シフトパルス出力部		
A M 1 m、A M 1 1 ~ A M 1 4、A M 2 m、A M 2 1 ~ A M 2 4 ... アライメント顕微鏡		
A O M a、A O M b、A O M c n、A O M c 1 ~ A O M c 6 ... 描画用光学素子		
A O M n、A O M 1 ~ A O M 6 ... 選択用光学素子		
A X o ... 中心軸	B D U ... ビーム切換部	
B M n、B M 1 ~ B M 6 ... メモリ部		
B S C、B S C a、B S C b ... 画素シフトパルス		
C K、C K a、C K b、C K s、C K p、L T C ... クロック信号		
C M g n、C M g n ' ... 局所倍率補正情報	C Y a、C Y b ... シリンドリカルレンズ	
D e 0 1 ~ D e 4 9 ... 遅延回路	D L n、D L 1 ~ D L 6 ... シリアルデータ	40
D R ... 回転ドラム		
E N j a、E N 1 a ~ E N 4 a、E N j b、E N 1 b ~ E N 4 b ... エンコーダ		
E X ... 露光装置	F T、F T 1、F T 2 ... f レンズ	
G T 1 m、G T 2 m、G X 1 ... O R ゲート部		
L B、L B a、L B b、L B n、L s e、L B 1 ~ L B 6、L B 1 ' ... ビーム		
L e n、L e 1 ~ L e 6 ... 照射中心軸	L P n、L P 1 ~ L P 6 ... 入射許可信号	
L S、L S a、L S b ... 光源装置	L x 1 ~ L x 4 ... 設置方位線	
M K m、M K 1 ~ M K 4 ... アライメントマーク		
N v、N v ' ... 補正位置情報	O P n、O P 1 ~ O P 6 ... 原点センサ	
O S M n、O S M 1 ~ O S M 6 ... 描画許可信号生成部		50

P ... 基板
 POL、POL' ... 伸縮情報
 Px、Py、Pxy、... 寸法
 SCA ... 倍率情報
 SLn、SL1 ~ SL6、SL1' ... 描画ライン
 SP、SP' ... スポット光
 SZn、SZ1 ~ SZ6 ... 原点信号
 Un、U1 ~ U6、Ua1、UR1 ... 走査ユニット
 Vs ... 走査速度
 PM ... ポリゴンミラー
 PR1 ~ PR6 ... 処理装置
 SBA、SBB ... 描画ビット列データ
 SDA、SDB ... スケール部
 SQn、SQ1 ~ SQ6 ... 描画許可信号
 W ... 露光領域

【図 1】

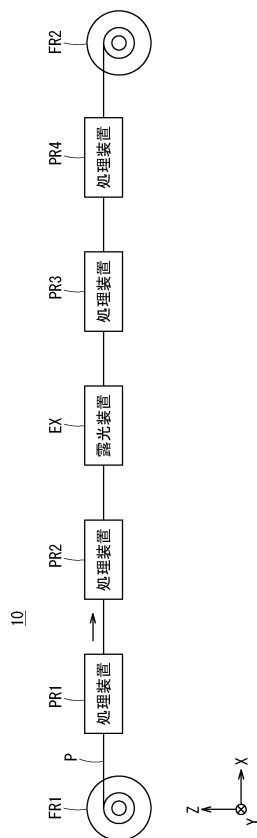


FIG. 1

【図 2】

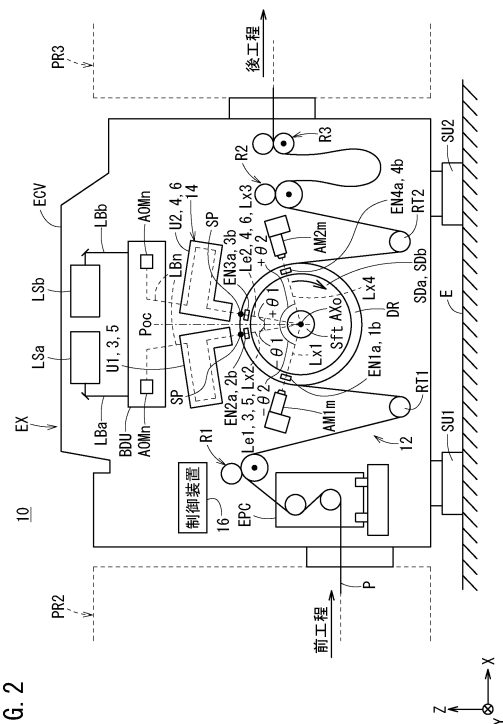
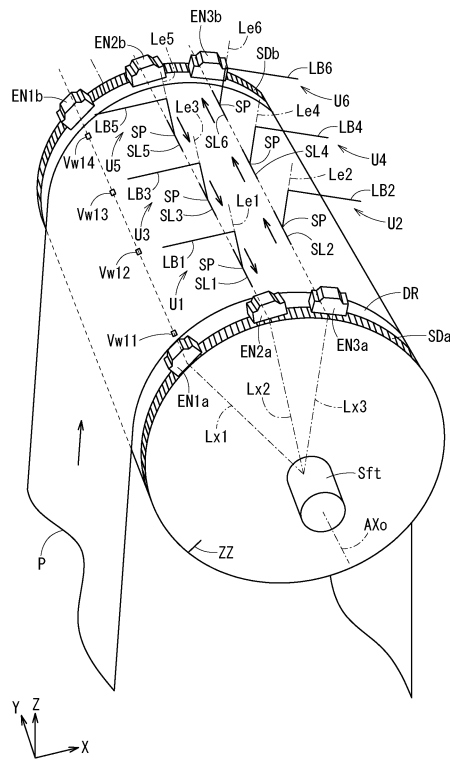


FIG. 2

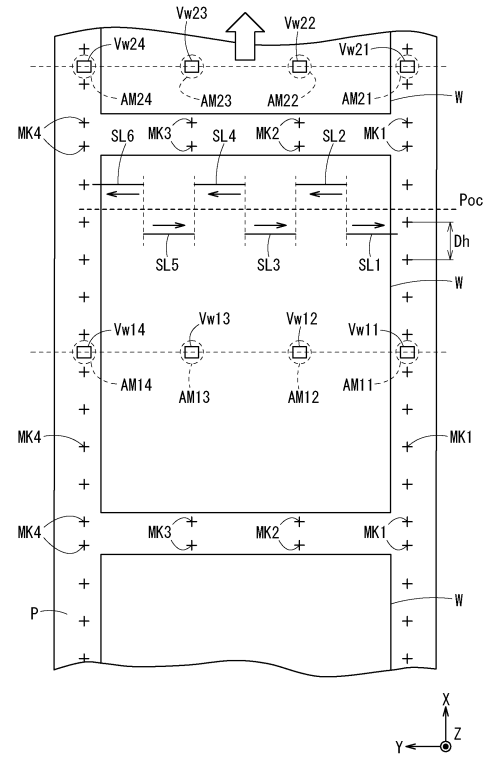
【図 3】

FIG. 3



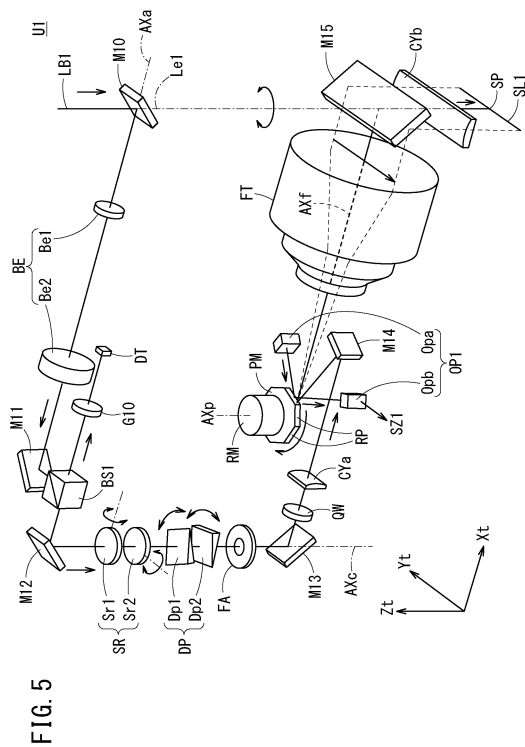
【図 4】

FIG. 4



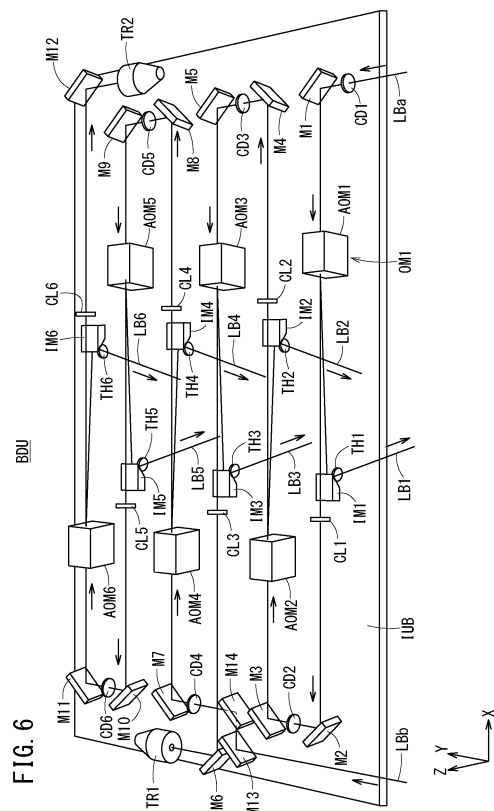
【図 5】

FIG. 5

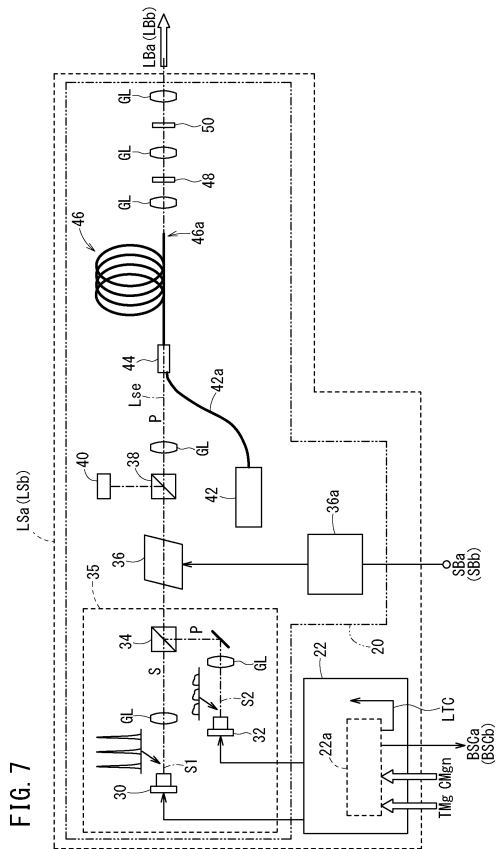


【図 6】

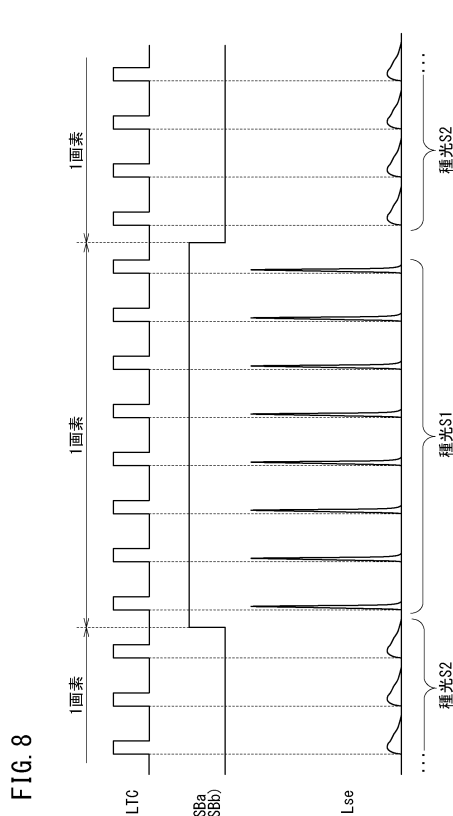
FIG. 6



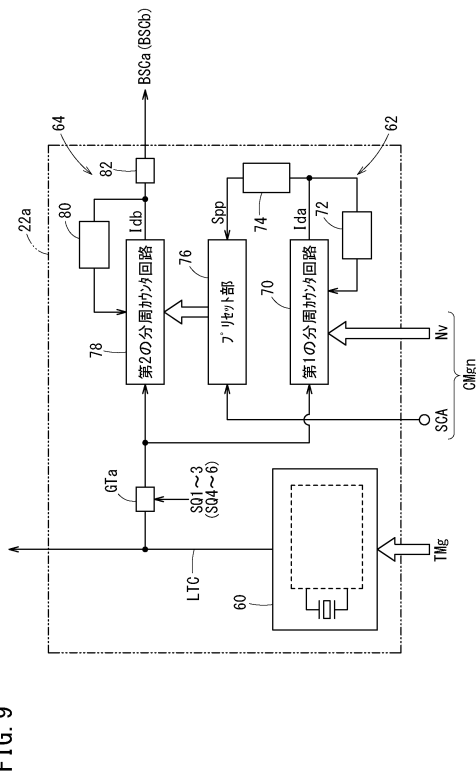
【図 7】



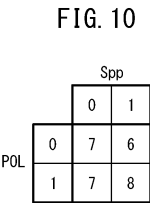
【図 8】



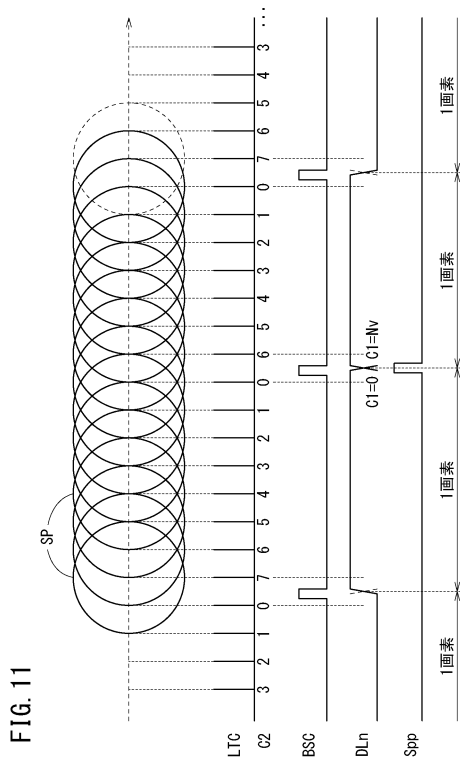
【図 9】



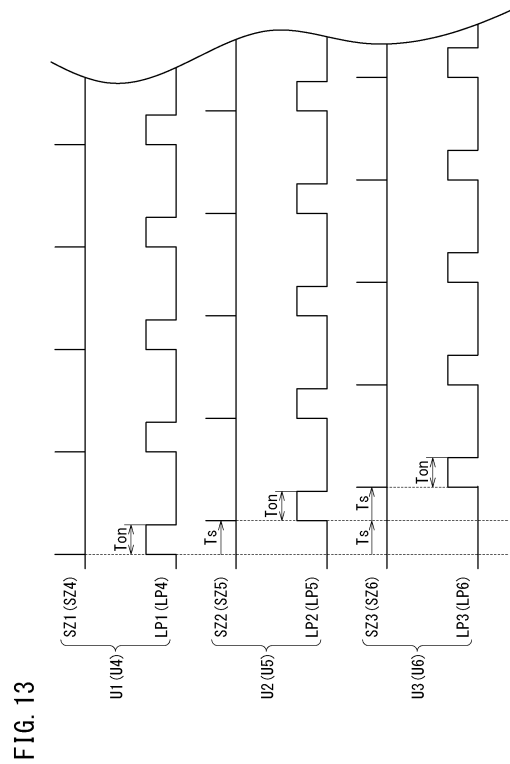
【図 10】



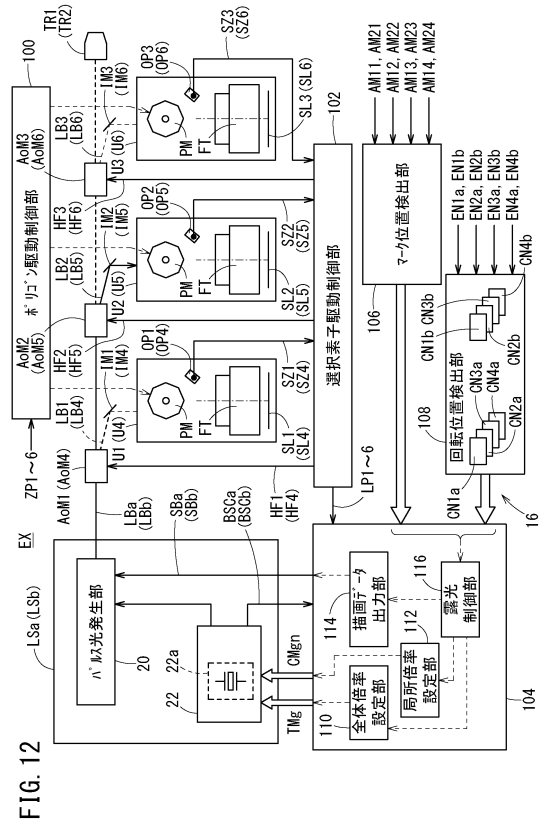
【 図 1 1 】



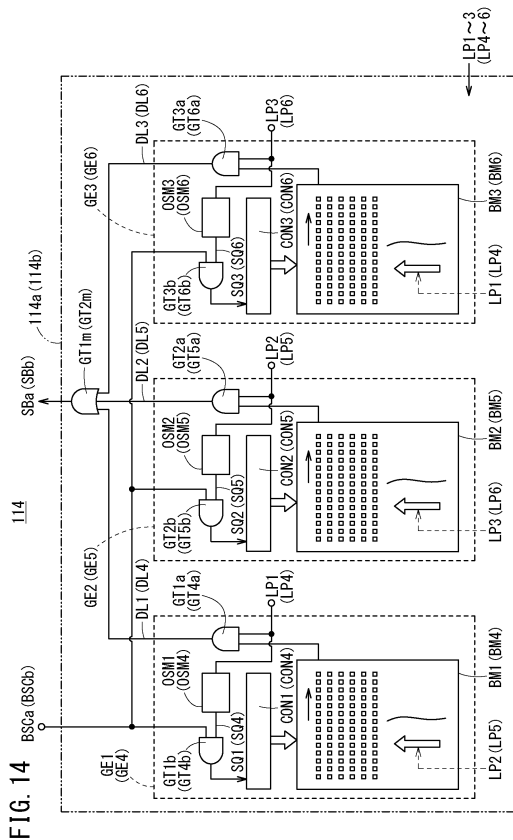
【 図 1 3 】



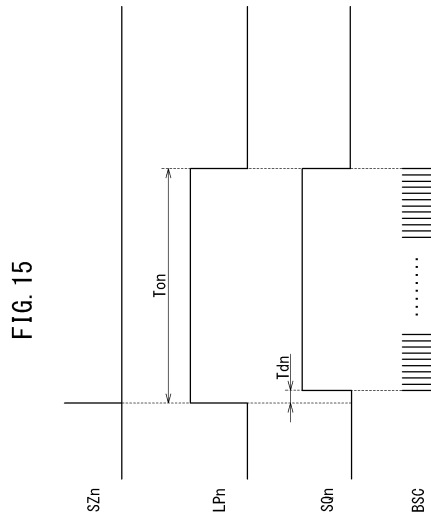
【 図 1 2 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

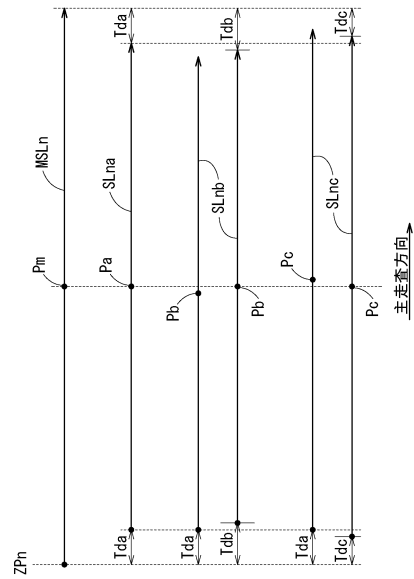
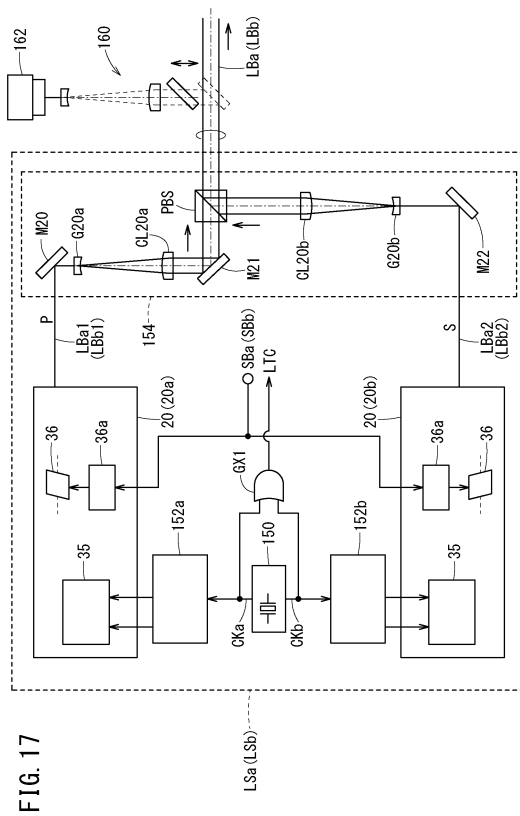


FIG. 16

【 図 1 7 】



【 図 1 8 】

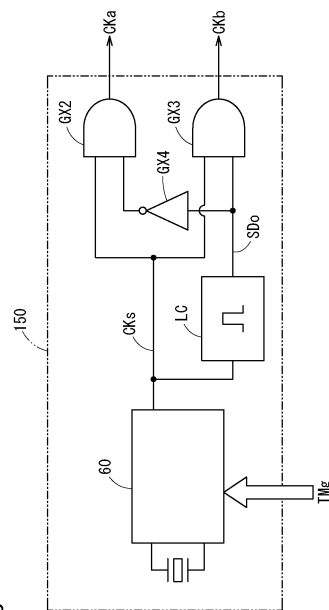


FIG. 18

【図 2 3】

FIG. 23A

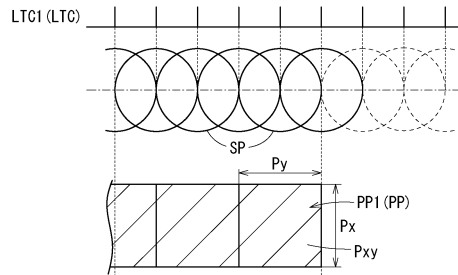
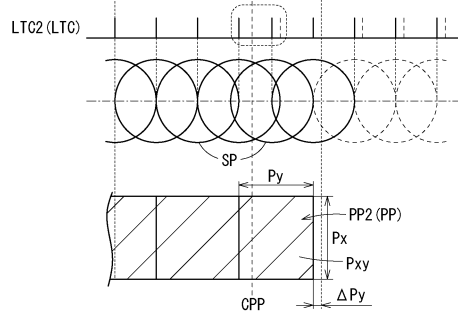
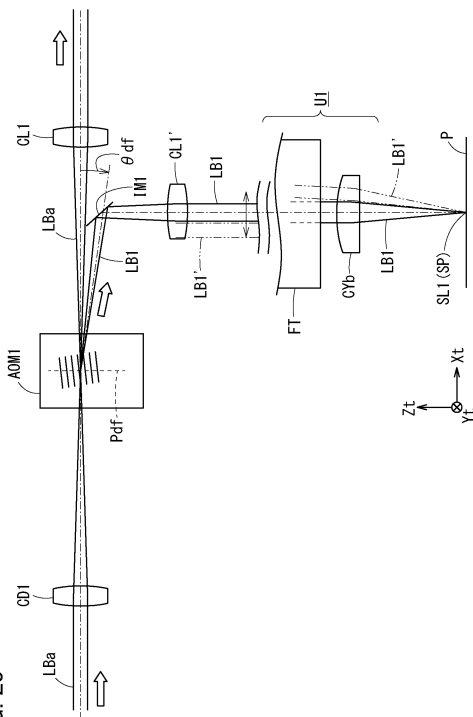


FIG. 23B



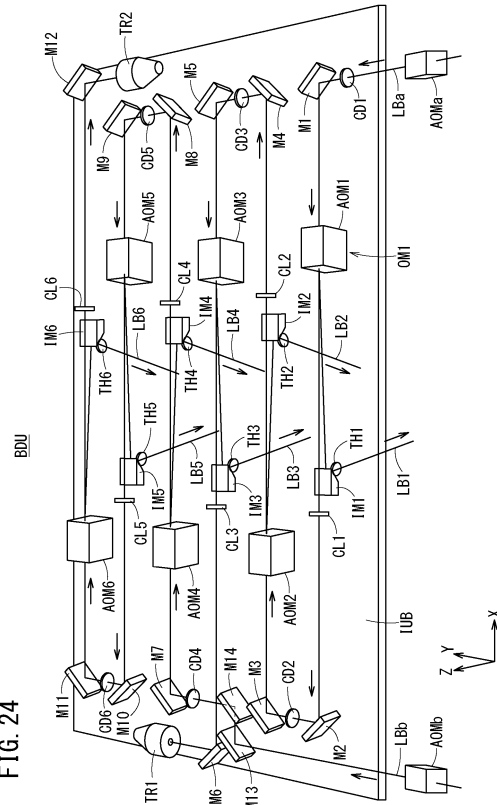
【図 2 5】

FIG. 25



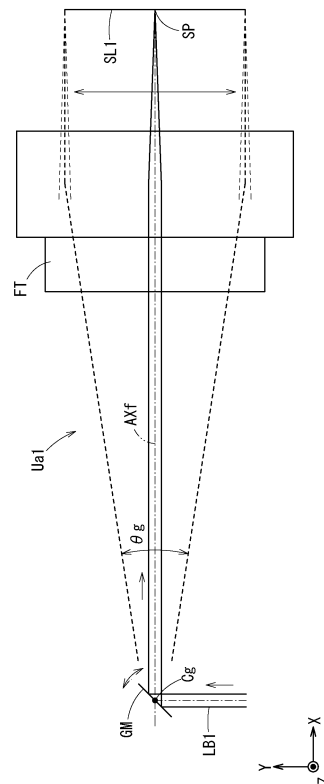
【図 2 4】

FIG. 24



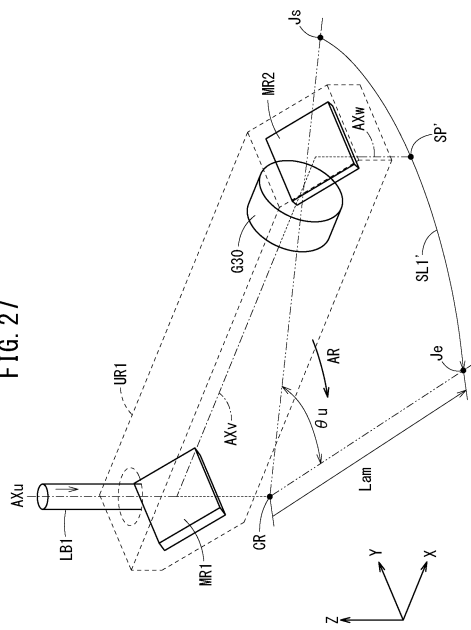
【図 2 6】

FIG. 26



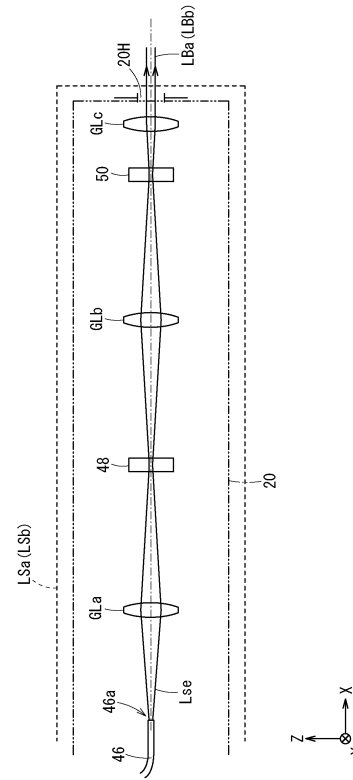
【図 27】

FIG. 27



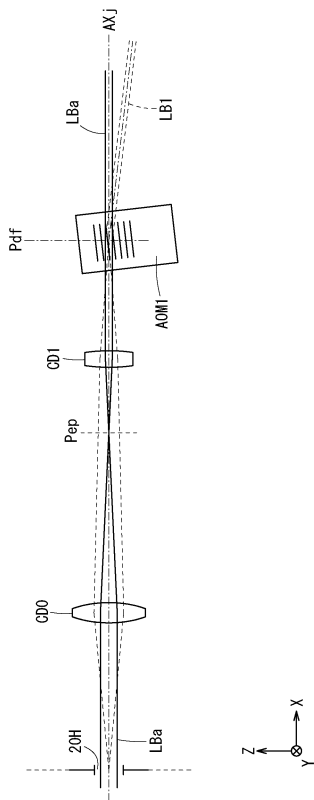
【図 28】

FIG. 28



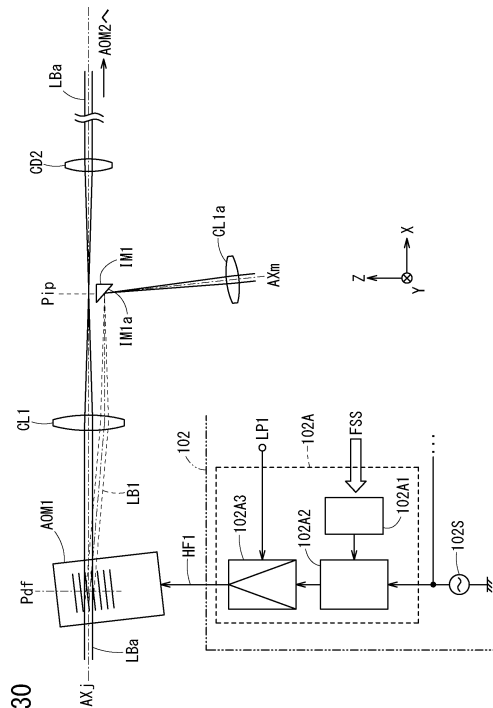
【図 29】

FIG. 29



【図 30】

FIG. 30



【図 3 1】

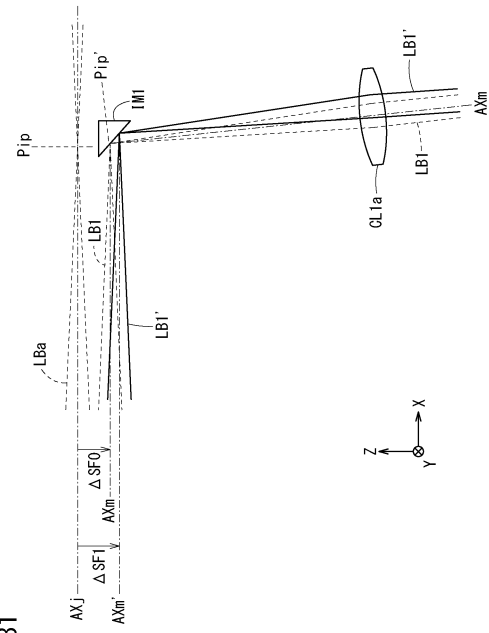


FIG. 31

【図 3 2】

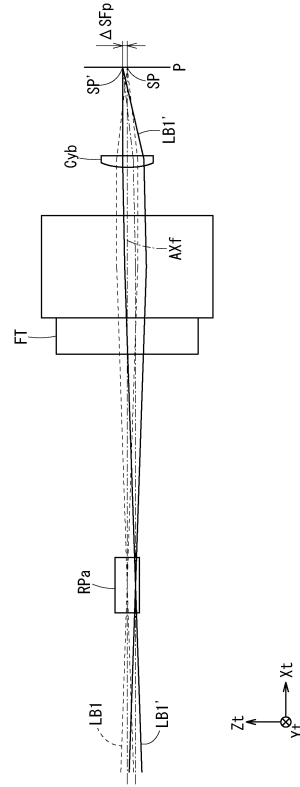


FIG. 32

【図 3 3】

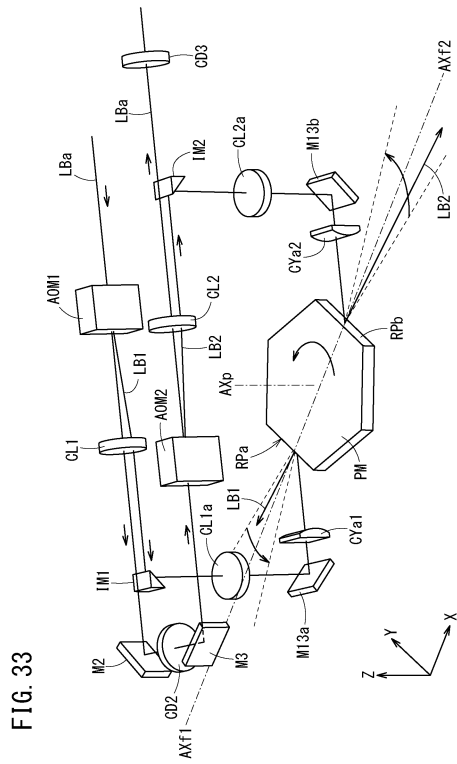


FIG. 33

フロントページの続き

(74)代理人 100180448

弁理士 関口 亨祐

(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

(72)発明者 中山 修一

東京都港区港南二丁目 1 5 番 3 号 株式会社ニコン内

審査官 松岡 智也

(56)参考文献 特開平 0 1 - 2 3 7 5 1 3 (J P , A)

特開 2 0 1 5 - 1 4 5 9 9 0 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 0 5 3 5 7 6 (J P , A)

特開 2 0 0 0 - 2 6 3 2 7 1 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 0 4 8 0 9 3 (J P , A)

特開 2 0 1 5 - 2 1 0 4 3 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 3 F 7 / 2 0 - 7 / 2 4、9 / 0 0 - 9 / 0 2

G 0 2 F 1 / 3 3