

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年4月12日(12.04.2018)



(10) 国際公開番号

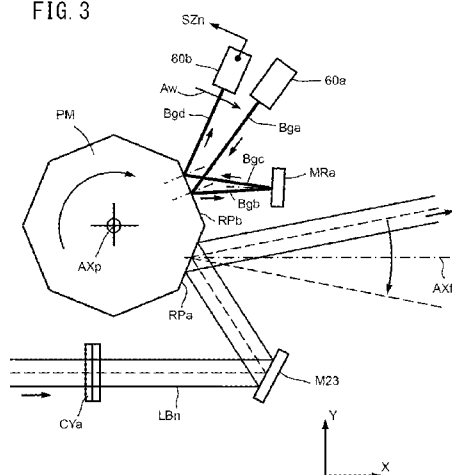
WO 2018/066286 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 26/12 (2006.01) G02B 26/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/031737
- (22) 国際出願日: 2017年9月4日(04.09.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-196438 2016年10月4日(04.10.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 加藤正紀(KATO Masaki); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 鬼頭義昭(KITO Yoshiaki); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 千葉剛宏, 外(CHIBA Yoshihiro et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木2丁目1番1号 新宿マインズタワー 16階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,

(54) Title: BEAM SCANNING DEVICE AND PATTERN DRAWING DEVICE

(54) 発明の名称: ビーム走査装置およびパターン描画装置

FIG. 3



(57) Abstract: A drawing unit (Un) is provided with an fθ lens system (FT) on which a processing beam (LBn) deflected by a reflective surface (RP) of a polygon mirror (PM) having a variable angle becomes incident, and which condenses the processing beam (LBn) on a substrate (P) as a spot light (SP). The spot light (SP) is scanned in accordance with the change in the angle of the reflective surface (RP) of the polygon mirror (PM). The drawing unit (Un) is provided with: a beam transmission part (60a) which projects, on the reflective surface (RP) of the polygon mirror (PM), a beam (Bga) for detecting a starting point at which the reflective surface (RP) of the polygon mirror (PM) has a prescribed angle; a reflecting mirror (MRa) on which the beam (Bgb) reflected by the reflective surface (RP) becomes incident, and which reflects said beam towards the reflective surface (RP); and a detection unit (60b) which outputs a starting point signal (SZn) on the basis of the beam (Bgd) reflected again by the reflective surface (RP).



DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：描画ユニット（ U_n ）は、角度可変のポリゴンミラー（PM）の反射面（RP）で偏向された加工用のビーム（LB $_n$ ）を入射して、基板（P）に加工用のビーム（LB $_n$ ）をスポット光（SP）として集光するf θ レンズ系（FT）を備え、ポリゴンミラー（PM）の反射面（RP）の角度変化に応じてスポット光（SP）を走査する。描画ユニット（ U_n ）は、ポリゴンミラー（PM）の反射面（RP）が所定角度になる原点を検出するためのビーム（Bg $_a$ ）をポリゴンミラー（PM）の反射面（RP）に投射するビーム送光部（60a）と、反射面（RP）で反射したビーム（Bg $_b$ ）を入射して、反射面（RP）に向けて反射する反射ミラー（MR $_a$ ）と、反射面（RP）で再度反射したビーム（Bg $_d$ ）に基づいて、原点信号（SZ $_n$ ）を出力する検出部（60b）と、を備える。

明 細 書

発明の名称： ビーム走査装置およびパターン描画装置

技術分野

[0001] 本発明は、対象物の被照射面上に照射されるビームのスポット光を走査するビーム走査装置、および、そのようなビーム走査装置を用いて所定のパターンを描画露光するパターン描画装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、レーザビームのスポット光を被照射体（加工対象物）に投射し、且つ、スポット光を走査ミラー（ポリゴンミラー）によって１次元方向に主走査しつつ、被照射体を主走査方向と直交した副走査方向に移動させて、被照射体上に所望するパターンや画像（文字、図形等）を形成するために、例えば、下記に示す特開２００５－２６２２６０号公報のようなレーザ加工装置（光走査装置）を用いることが知られている。

[0003] 特開２００５－２６２２６０号公報には、発振器１からのレーザ光を反射させて被加工物に照射されるレーザ光の被加工物上での照射位置をＹ方向（副走査方向）に補正するガルバノミラーと、ガルバノミラーで反射されたレーザ光を反射して被加工物上でＸ方向（主走査方向）に走査するポリゴンミラーと、ガルバノミラーで反射されたレーザ光を被加工物上に集光する $f\theta$ レンズと、レーザ光が $f\theta$ レンズを通過する際に発生する歪曲収差に対応して、レーザ光の被加工物上でのＹ方向の照射位置誤差を補正するようにガルバノミラーの反射角度を制御するとともに、レーザ光の被加工物上でのＸ方向の照射位置誤差を補正するように発振器によるレーザ光のパルス発振間隔を制御する制御部と、を設けることが開示されている。さらに特開２００５－２６２２６０号公報の図８には、ポリゴンミラーの各反射面の端部をポリゴンミラーの回転中に検出するための検出レーザ光を出射するレーザ光源と、ポリゴンミラーの各反射面の端部で反射した検出レーザ光の反射光を受光して端部検出信号を生成するディテクタとを設け、端部検出信号に基づいて

発振器におけるパルス発振のタイミングを図9に示されているように制御する構成が示されている。

- [0004] 特開2005-262260号公報のようなポリゴンミラーを使ったレーザ加工装置（ビーム走査装置）では、ポリゴンミラーの回転を高速にするほど、被加工物の加工処理時間を短縮でき、生産性を高めることができる。一方で、ポリゴンミラーの回転を高速にするほど、主走査方向に関する加工位置のばらつきが目立ってくることもある。

発明の概要

- [0005] 本発明の第1の態様は、角度可変の走査部材の反射面で偏向された加工用のビームを入射して、被照射体に前記加工用のビームをスポットとして集光する走査用光学系を備え、前記走査部材の反射面の角度変化に応じた走査速度で前記スポットを走査するビーム走査装置であって、前記走査部材の反射面が所定角度になる原点を検出するための検出用ビームを前記走査部材の反射面に投射するビーム送光部と、前記走査部材の反射面で反射した前記検出用ビームを入射して、前記走査部材の反射面に向けて反射するビーム反射部と、前記走査部材の反射面で2回目に反射した前記検出用ビームの反射ビームを受光して、前記原点を表す原点信号を出力するビーム受光部と、を備える。
- [0006] 本発明の第2の態様は、角度可変の走査部材の反射面で偏向された描画用ビームを入射して、基板に前記描画用ビームをスポットとして集光する走査用光学系を備え、前記走査部材の反射面の角度変化に応じた走査速度で前記スポットを走査しつつ、前記描画用ビームの強度をパターンに応じて変調して、前記基板にパターンを描画するパターン描画装置であって、前記走査部材の反射面が所定角度になる原点を検出するための検出用ビームを前記走査部材の反射面に投射するビーム送光部と、前記走査部材の反射面で反射した前記検出用ビームを入射して、前記走査部材の反射面に向けて反射するビーム反射部と、前記走査部材の反射面で2回目に反射した前記検出用ビームの反射ビームを受光して、前記原点を表す原点信号を出力するビーム受光部と

、前記原点信号に基づいて前記スポットによる前記パターンの描画を制御する制御部と、を備える。

[0007] 本発明の第3の態様は、回転多面鏡の複数の反射面のうちの1つによって偏向される加工用のビームを、走査用光学系によって被照射体にスポットとして集光し、前記回転多面鏡の回転によって前記スポットを走査するビーム走査装置であって、前記回転多面鏡の複数の反射面の各々が所定角度になる原点を検出するための検出用ビームを前記回転多面鏡の反射面に投射するビーム送光部と、前記回転多面鏡の反射面で反射した前記検出用ビームを入射して、前記回転多面鏡の反射面に向けて反射するビーム反射部と、前記回転多面鏡の反射面で2回目に反射した前記検出用ビームの反射ビームを受光して、前記原点を表す原点信号を出力するビーム受光部と、を備える。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]第1の実施の形態の基板（被照射体）に露光処理を施す露光装置（パターン描画装置）の概略構成を示す斜視図である。

[図2]図1に示す描画ユニットの光学的な構成を示す図である。

[図3]図2に示す描画ユニット内でのポリゴンミラー、 $f\theta$ レンズ系の光軸、原点センサを構成するビーム送光部、および、ビーム受光部等の配置をXY平面と平行な面内でみた図である。

[図4]ビーム受光部に設けられる光電変換素子（光電検出器）の詳細な構成を示す図である。

[図5]原点検出用のビームをポリゴンミラーの反射面で1回反射させ、その反射ビームを受光して原点信号を出力するためのビーム送光部とビーム受光部とを示す図である。

[図6]図1～図3に示した8面のポリゴンミラーの平面図である。

[図7]原点信号の発生タイミングの再現性（ばらつき）を計測する方法を説明する図である。

[図8]ポリゴンミラーの速度変動による時間誤差分を予想する方法を模式的に表した図である。

[図9]所定の条件下で、図7、図8のような方法でポリゴンミラーの反射面の各々に対応して発生する原点信号の再現性を実測した結果を示すグラフである。

[図10]図9とは異なる所定の条件下で、図7、図8のような方法でポリゴンミラーの反射面の各々に対応して発生する原点信号の再現性を実測した結果を示すグラフである。

[図11]第2の実施の形態による原点センサの構成を示す図である。

[図12]第3の実施の形態による原点センサの構成を示す図である。

[図13]図12の構成をXY平面と平行な面内で見た模式的な図である。

[図14]第4の実施の形態による原点センサの構成を示す図である。

[図15]図14の各ビームの光路を模式的に示した図である。

[図16]第5の実施の形態による原点センサの構成を示す図である。

[図17]第5の実施の形態による原点センサの構成の変形例を示す図である。

[図18]第6の実施の形態による原点センサの構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 本発明の態様に係るビーム走査装置およびパターン描画装置について、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。

[0010] [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（パターン描画装置）EXの概略構成を示す斜視図である。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。

[0011] 露光装置E Xは、基板Pに所定の処理（露光処理など）を施して、電子デバイスを製造するデバイス製造システムで使われる基板処理装置である。デバイス製造システムは、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ー、フレキシブル配線、または、フレキシブル・センサなど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、液晶ディスプレイなどがある。デバイス製造システムは、フレキシブル（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図示しない供給ロールから基板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を図示しない回収ロールで巻き取る、いわゆる、ロール・ツー・ロール（R o l l T o R o l l）方式の生産方式を有する。そのため、各種処理後の基板Pには、複数のデバイス（表示パネル）が基板Pの搬送方向に連なった状態で配列される多面取り用の基板となっている。供給ロールから送られた基板Pは、順次、前工程のプロセス装置、露光装置E X、および後工程のプロセス装置を通して各種処理が施され、回収ロールで巻き取られる。基板Pは、基板Pの移動方向（搬送方向）が長手方向（長尺方向）となり、幅方向が短手方向（短尺方向）となる帯状の形状を有する。

[0012] 基板Pは、例えば、樹脂フィルム、若しくは、ステンレス鋼などの金属または合金からなる箔（フォイル）などが用いられる。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や露光装置E X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）などのフィルムは、好適なシート基板の典型である。

[0013] 基板Pは、デバイス製造システム内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、または酸化ケイ素などでもよい。また、基板Pは、フLOAT法などで製造された厚さ $100\mu\text{m}$ 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、箔などを貼り合わせた積層体であってもよい。

[0014] 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、大きさ、厚さ、基板P上に成膜される層構造、温度、または、湿度などの環境などに応じて、可撓性の程度は変わる。いずれにしても、デバイス製造システム（露光装置EX）内の搬送路に設けられる各種の搬送用ローラ、回転ドラムなど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。

[0015] 前工程のプロセス装置（単一の処理部または複数の処理部を含む）は、供給ロールから送られてきた基板Pを露光装置EXに向けて所定の速度で長尺方向に沿って搬送しつつ、露光装置EXへ送られる基板Pに対して前工程の処理を行う。この前工程の処理により、露光装置EXへ送られてくる基板Pは、その表面に感光性機能層（光感応層）が形成された基板（感光基板）となっている。

[0016] この感光性機能層は、溶液として基板P上に塗布され、乾燥することによって層（膜）となる。感光性機能層の典型的なものはフォトレジスト（液状またはドライフィルム状）であるが、現像処理が不要な材料として、紫外線の照射を受けた部分の親撥液性が改質される感光性シランカップリング剤（SAM）、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などがある。感光性機能層として感光性シランカップリング剤を用いる場合は、基板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（銀や銅など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などを選択塗布することで、薄膜トランジスタ（TFT）などを構成する電極、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など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、露光装置EXへ送られる基板Pは、母材をPETやPENとし、その表面にアルミニウム（Al）や銅（Cu）など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とするのがよい。

[0017] 露光装置（処理装置）EXは、前工程のプロセス装置から搬送されてきた基板Pを後工程のプロセス装置（単一の処理部または複数の処理部を含む）に向けて所定の速度で搬送しつつ、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EX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TFTの電極や配線などのパターン）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] 本実施の形態において、露光装置E Xは、図1に示すようにマスクを用いない直描方式の露光装置、いわゆるスポット走査方式の露光装置（描画装置）である。露光装置E Xは、副走査のために基板Pを支持して長尺方向に搬送する回転ドラムD Rと、回転ドラムD Rで円筒面状に支持された基板Pの部分ごとにパターン露光を行う複数（ここでは6個）の描画ユニットU_n（U₁～U₆）とを備え、複数の描画ユニットU_n（U₁～U₆）の各々は、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）にポリゴンミラーで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、回路または配線など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（感光性機能層の表面）上で相対的に2次元走査されて、基板Pの被照射面に所定のパターンが描画露光される。また、基板Pは、長尺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被露光領域は、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。この被露光領域に電子デバイスが形成されるので、被露光領域はデバイス形成領域でもある。

[0019] 図1に示すように、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を長尺方向に搬送する。回転ドラムD Rは、複数の描画ユニットU_n（U₁～U₆）の各々からのビーム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。
なお、回転ドラム D R の Y 方向の両側には、回転ドラム D R を中心軸 A X o の周りに回転させるようにベアリングで支持される不図示のシャフトが設けられる。そのシャフトには、図示しない回転駆動源（例えば、モータや減速機構など）からの回転トルクが与えられ、回転ドラム D R は中心軸 A X o 回りに一定の回転速度で回転する。

[0020] 光源装置 L S 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、基板 P の感光層に対する感度を有し、370nm以下の波長帯域にピーク波長を有する紫外線光である。光源装置 L S は、ここでは不図示の描画制御装置の制御にしたがって、周波数（発振周波数、所定周波数）F a でパルス状のビーム L B を発光して射出する。この光源装置 L S 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、および、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）などで構成されるファイバーアンプレーザ光源とする。このように光源装置 L S を構成することで、発振周波数 F a が数百MHzで、1パルス光の発光時間が数十ピコ秒以下の高輝度な紫外線のパルス光が得られる。なお、光源装置 L S から射出されるビーム L B は、そのビーム径が1mm程度、若しくはそれ以下の細い平行光束になっているものとする。光源装置 L S をファイバーアンプレーザ光源とし、描画データを構成する画素の状態（論理値で「0」か「1」）に応じてビーム L B のパルス発生を高速にオン／オフする構成については、国際公開第2015/166910号パンフレットに開示されている。

[0021] 光源装置 L S から射出されるビーム L B は、複数のスイッチング素子としての選択用光学素子 O S n（O S 1～O S 6）と、複数の反射ミラー M 1～M 12と、複数の入射ミラー I M n（I M 1～I M 6）と、吸収体 T R 等で構成されるビーム切換部を介して、描画ユニット U n（U 1～U 6）の各々に選択的（択一的）に供給される。選択用光学素子 O S n（O S 1～O S 6）は、ビーム L B 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

れて、入射したビームLBの1次回折光を所定の角度で偏向して射出する音響光学変調素子（AOM：Acousto-Optic Modulator）で構成される。複数の選択用光学素子OS_nおよび複数の入射ミラーIM_nは、複数の描画ユニットU_nの各々に対応して設けられている。例えば、選択用光学素子OS₁と入射ミラーIM₁は、描画ユニットU₁に対応して設けられ、同様に、選択用光学素子OS₂～OS₆および入射ミラーIM₂～IM₆は、それぞれ描画ユニットU₂～U₆に対応して設けられている。

[0022] 光源装置LSからビームLBは、反射ミラーM₁～M₁₂によってその光路がつづらおり状に曲げられて、吸収体TRまで導かれる。以下、選択用光学素子OS_n（OS₁～OS₆）がいずれもオフ状態（超音波信号が印加されずに、1次回折光が発生していない状態）の場合で詳述する。なお、図1では図示を省略したが、反射ミラーM₁から吸収体TRまでのビーム光路中には複数のレンズが設けられ、この複数のレンズは、ビームLBを平行光束から収斂したり、収斂後に発散するビームLBを平行光束に戻したりする。その構成は後で図4を用いて説明する。

[0023] 図1において、光源装置LSからのビームLBは、X軸と平行に-X方向に進んで反射ミラーM₁に入射する。反射ミラーM₁で-Y方向に反射されたビームLBは、反射ミラーM₂に入射する。反射ミラーM₂で+X方向に反射されたビームLBは、選択用光学素子OS₅をストレートに透過して反射ミラーM₃に至る。反射ミラーM₃で-Y方向に反射されたビームLBは、反射ミラーM₄に入射する。反射ミラーM₄で-X方向に反射されたビームLBは、選択用光学素子OS₆をストレートに透過して反射ミラーM₅に至る。反射ミラーM₅で-Y方向に反射されたビームLBは、反射ミラーM₆に入射する。反射ミラーM₆で+X方向に反射されたビームLBは、選択用光学素子OS₃をストレートに透過して反射ミラーM₇に至る。反射ミラーM₇で-Y方向に反射されたビームLBは、反射ミラーM₈に入射する。反射ミラーM₈で-X方向に反射されたビームLBは、選択用光学素子OS₄をストレートに透過して反射ミラーM₉に至る。反射ミラーM₉で-Y方

向に反射されたビームLBは反射ミラーM10に入射する。反射ミラーM10で+X方向に反射されたビームLBは、選択用光学素子OS1をストレートに透過して反射ミラーM11に至る。反射ミラーM11で-Y方向に反射されたビームLBは、反射ミラーM12に入射する。反射ミラーM12で-X方向に反射したビームLBは、選択用光学素子OS2をストレートに透過して吸収体TRに導かれる。この吸収体TRは、ビームLBの外部への漏れを抑制するためにビームLBを吸収する光トラップである。

[0024] 各選択用光学素子OS_n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LB_n）として発生させるものである。したがって、選択用光学素子OS1から1次回折光として射出されるビームがLB1となり、同様に選択用光学素子OS2～OS6から1次回折光として射出されるビームがLB2～LB6となる。このように、各選択用光学素子OS_n（OS1～OS6）は、光源装置LSからのビームLBの光路を偏向する機能を奏する。但し、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、選択用光学素子OS_nの各々で偏向されたビームLB_n（LB1～LB6）は、元のビームLBの強度より低下している。また、本実施の形態では、選択用光学素子OS_n（OS1～OS6）のうちの選択された1つだけが一定時間だけオン状態となるように、不図示の描画制御装置によって制御される。選択された1つの選択用光学素子OS_nがオン状態のとき、その選択用光学素子OS_nで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TRによって吸収される。

[0025] 選択用光学素子OS_nの各々は、偏向された1次回折光であるビームLB_n（LB1～LB6）を、入射するビームLB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OS_nの各々で偏向されて射出するビームLB_n（LB1～LB6）は、選択用光学素子OS_nの各々から所定距離だけ離れた位置に設けられた入射ミラーIM_n（IM1～IM6）に投射さ

れる。各入射ミラーIM_nは、入射したビームLB_n（LB1～LB6）を-Z方向に反射することで、ビームLB_n（LB1～LB6）をそれぞれ対応する描画ユニットU_n（U1～U6）に導く。

[0026] 各選択用光学素子OS_nの構成、機能、作用など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OS_nの各々は、描画制御装置からの駆動信号（超音波信号）のオン／オフにしたがって、入射したビームLBを回折させた回折光の発生をオン／オフする。例えば、選択用光学素子OS5は、描画制御装置からの駆動信号（高周波信号）が印加されずにオフ状態のとき、入射した光源装置LSからのビームLBを回折させずに透過する。したがって、選択用光学素子OS5を透過したビームLBは、反射ミラーM3に入射する。一方、選択用光学素子OS5がオン状態のとき、入射したビームLBを回折させて入射ミラーIM5に向かわせる。つまり、この駆動信号のオン／オフによって選択用光学素子OS5によるスイッチング（ビーム選択）動作が制御される。このようにして、各選択用光学素子OS_nのスイッチング動作により、光源装置LSからのビームLBをいずれか1つの描画ユニットU_nに導くことができ、且つ、ビームLB_nが入射する描画ユニットU_nを切り換えることができる。このように、複数の選択用光学素子OS_nを光源装置LSからのビームLBに対して順番に直列（シリアル）に配置して、対応する描画ユニットU_nに時分割でビームLB_nを供給する構成については、国際公開第2015/166910号パンフレットに開示されている。

[0027] ビーム切換部を構成する選択用光学素子OS_n（OS1～OS6）の各々が一定時間だけオン状態となる順番は、例えば、OS1→OS2→OS3→OS4→OS5→OS6→OS1→・・・のように、予め定められている。この順番は、描画ユニットU_n（U1～U6）の各々に設定されるスポット光による走査開始タイミングの順番によって定められる。すなわち、本実施の形態では、6つの描画ユニットU1～U6の各々に設けられるポリゴンミラーの回転速度の同期とともに、回転角度の位相も同期させることで、描画

ユニットU1～U6のうちのいずれか1つにおけるポリゴンミラーの1つの反射面が、基板P上で1回のスポット走査を行うように、時分割に切り替えることができる。そのため、描画ユニットUnの各々のポリゴンミラーの回転角度の位相が所定の関係で同期した状態であれば、描画ユニットUnのスポット走査の順番はどのようなものであってもよい。図1の構成では、基板Pの搬送方向（回転ドラムDRの外周面が周方向に移動する方向）の上流側に3つの描画ユニットU1、U3、U5がY方向に並べて配置され、基板Pの搬送方向の下流側に3つの描画ユニットU2、U4、U6がY方向に並べて配置される。

[0028] この場合、基板Pへのパターン描画は、上流側の奇数番の描画ユニットU1、U3、U5から開始され、基板Pが一定長送られたら、下流側の偶数番の描画ユニットU2、U4、U6もパターン描画を開始することになるので、描画ユニットUnのスポット走査の順番を、U1→U3→U5→U2→U4→U6→U1→・・・に設定することができる。そのため、選択用光学素子OSn（OS1～OS6）の各々が一定時間だけオン状態となる順番は、OS1→OS3→OS5→OS2→OS4→OS6→OS1→・・・のように定められている。なお、描画すべきパターンがない描画ユニットUnに対応した選択用光学素子OSnがオン状態となる順番のときであっても、選択用光学素子OSnのオン／オフの切り替え制御を描画データに基づいて行うことによって、強制的にオフ状態に維持されるので、その描画ユニットUnによるスポット走査は行われない。

[0029] 図1に示すように、描画ユニットU1～U6の各々には、入射してきたビームLB1～LB6を主走査するためのポリゴンミラー（走査部材）PMが設けられる。本実施の形態では、各描画ユニットUnのポリゴンミラーPMの各々が、同一の回転速度で精密に回転しつつ、互いに一定の回転角度位相を保つように同期制御される。これによって、描画ユニットU1～U6の各々から基板Pに投射されるビームLB1～LB6の各々の主走査のタイミング（スポット光SPの主走査期間）を、互いに重複しないように設定するこ

とができる。したがって、ビーム切換部に設けられた選択用光学素子 OS_n ($OS_1 \sim OS_6$)の各々のオン／オフの切り替えを、6つのポリゴンミラーPMの各々の回転角度位置に同期して制御することで、光源装置LSからのビームLBを複数の描画ユニット U_n の各々に時分割で振り分けた効率的な露光処理ができる。

[0030] 6つのポリゴンミラーPMの各々の回転角度の位相合わせと、選択用光学素子 OS_n ($OS_1 \sim OS_6$)の各々のオン／オフの切り替えタイミングとの同期制御については、国際公開第2015/166910号パンフレットに開示されているが、8面ポリゴンミラーPMの場合、走査効率として、1つの反射面分の回転角度(45度)のうちの1/3程度が、描画ライン SL_n 上でのスポット光SPの1走査に対応するので、6つのポリゴンミラーPMを相対的に15度ずつ回転角度の位相をずらして回転させるとともに、各ポリゴンミラーPMが8つの反射面を一面飛ばしでビーム LB_n を走査するように選択用光学素子 OS_n ($OS_1 \sim OS_6$)の各々のオン／オフの切り替えが制御される。このように、ポリゴンミラーPMの反射面を1面飛ばしで使った描画方式についても、国際公開第2015/166910号パンフレットに開示されている。

[0031] 図1に示すように、露光装置EXは、同一構成の複数の描画ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$)を配列した、いわゆるマルチヘッド型の直描露光方式となっている。描画ユニット U_n の各々は、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Y方向に区画された部分領域ごとにパターンを描画する。各描画ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$)は、ビーム切換部からのビーム LB_n を基板P上(基板Pの被照射面上)に投射しつつ、基板P上でビーム LB_n を集光(収斂)する。これにより、基板P上に投射されるビーム LB_n ($LB_1 \sim LB_6$)はスポット光SPとなる。また、各描画ユニット U_n のポリゴンミラーPMの回転によって、基板P上に投射されるビーム LB_n ($LB_1 \sim LB_6$)のスポット光SPは主走査方向(Y方向)に走査される。このスポット光SPの走査によって、基板P上に、1ライン分のパターンの

描画のための直線的な描画ライン（走査ライン） SL_n （なお、 $n=1、2、\dots、6$ ）が規定される。描画ライン SL_n は、ビーム LB_n のスポット光 SP の基板 P 上における走査軌跡でもある。

[0032] 描画ユニット 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、描画ユニット $U_2 \sim U_6$ 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。図1に示すように、複数の描画ユニット U_n （ $U_1 \sim U_6$ ）の描画ライン SL_n （ $SL_1 \sim SL_6$ ）は、回転ドラム DR の中心軸 AX_o を含み YZ 面と平行な中心面を挟んで、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し、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。偶数番の描画ライン $SL_2、SL_4、SL_6$ は、中心面に対して基板 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し、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。そのため、複数の描画ユニット U_n （ $U_1 \sim U_6$ ）も、中心面を挟んで基板 P の搬送方向に2列に千鳥配列で配置され、奇数番の描画ユニット $U_1、U_3、U_5$ と、偶数番の描画ユニット $U_2、U_4、U_6$ とは、 XZ 平面内でみると、中心面に対して対称に設けられている。

[0033] X 方向（基板 P の搬送方向）に関しては、奇数番の描画ライン $SL_1、SL_3、SL_5$ と偶数番の描画ライン $SL_2、SL_4、SL_6$ とが互いに離間しているが、 Y 方向（基板 P の幅方向、主走査方向）に関しては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。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 AX_o と略並行となっている。なお、描画ライン SL_n を Y 方向に継ぎ合わせるとは、描画ライン SL_n の端部同士の Y 方向の位置を隣接または一部重複させるような関係にすることを意味する。描画ライン SL_n の端部同士を重複させる場合は、例えば、各描画ライン SL_n 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。

[0034] このように、複数の描画ユニット U_n ($U_1 \sim U_6$) は、全部で基板 P 上の露光領域の幅方向の寸法をカバーするように、 Y 方向の走査領域（主走査範囲の区画）を分担している。例えば、1つの描画ユニット U_n による Y 方向の主走査範囲（描画ライン SL_n の長さ）を $30 \sim 60$ mm程度とすると、計6個の描画ユニット $U_1 \sim U_6$ を Y 方向に配置することによって、描画可能な露光領域の Y 方向の幅を $180 \sim 360$ mm程度まで広げている。なお、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。

[0035] 本実施の形態において、光源装置 LS からのビーム LB が数十ピコ秒以下の発光時間のパルス光である場合、主走査の間に描画ライン SL_n 上に投射されるスポット光 SP は、ビーム LB の発振周波数 F_a （例えば、 400 MHz）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 ϕ 、スポット光 SP の走査速度（主走査の速度） V_s 、および、ビーム LB の発振周波数 F_a によって設定される。スポット光 SP の実効的なサイズ（直径） ϕ は、スポット光 SP の強度分布がガウス分布で近似される場合、スポット光 SP のピーク強度の $1/e^2$ （または $1/2$ ）の強度となる幅寸法で決まる。本実施の形態では、実効的なサイズ（寸法） ϕ に対して、 $\phi \times 1/2$ 程度スポット光 SP がオーバーラップするように、スポット光 SP の走査速度 V_s （ポリゴンミラー PM の回転速度）および発振周波数 F_a が設定される。したがって、パルス状のスポット光 SP の主走査方向に沿った投射間隔は、 $\phi/2$ となる。そのため、副走査方向（描画ライン SL_n と直交した方向）に関しても、描画ライン SL_n に沿ったスポット光 SP の1回の走査と、次の走査との間で、基板 P がスポット光 SP の実効的なサイズ ϕ の略 $1/2$ の距離だけ移動するように設定す

ることが望ましい。さらに、Y方向に隣り合う描画ラインSL_nを主走査方向に継ぐ場合も、 $\phi/2$ だけオーバーラップさせることが望ましい。本実施の形態では、スポット光SPのサイズ（寸法） ϕ を3～4 μm 程度とする。

[0036] 各描画ユニットU_n（U₁～U₆）は、XZ平面内でみたとき、各ビームLB_nが回転ドラムDRの中心軸AX_oに向かって進むように設定される。これにより、各描画ユニットU_n（U₁～U₆）から基板Pに向かって進むビームLB_nの光路（ビーム主光線）は、XZ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、各描画ユニットU_n（U₁～U₆）から描画ラインSL_n（SL₁～SL₆）に照射されるビームLB_nは、円筒面状に湾曲した基板Pの表面の描画ラインSL_nでの接平面に対して、常に垂直となるように基板Pに向けて投射される。すなわち、スポット光SPの主走査方向に関して、基板Pに投射されるビームLB_n（LB₁～LB₆）はテレセントリックな状態で走査される。

[0037] 図1に示す描画ユニット（ビーム走査装置）U_nは、同一構成となっていることから、描画ユニットU₁についてのみ簡単に説明する。描画ユニットU₁の詳細な構成は後で図2を参照して説明する。描画ユニットU₁は、反射ミラーM20～M24、ポリゴンミラーPM、および、f θ レンズ系（描画用走査レンズ）FTを少なくとも備えている。なお、図1では、図示していないが、ビームLB₁の進行方向からみて、ポリゴンミラーPMの手前には第1のシリンドリカルレンズCY_a（図2参照）が配置され、f θ レンズ系FTの後に第2のシリンドリカルレンズCY_b（図2参照）が設けられている。第1のシリンドリカルレンズCY_aと第2のシリンドリカルレンズCY_bにより、ポリゴンミラーPMの各反射面の倒れ誤差によるスポット光SP（描画ラインSL₁）の副走査方向への位置変動が補正される。

[0038] 入射ミラーIM1で-Z方向に反射されたビームLB₁は、描画ユニットU₁内に設けられる反射ミラーM20に入射し、反射ミラーM20で反射したビームLB₁は、-X方向に進んで反射ミラーM21に入射する。反射ミラーM21で-Z方向に反射したビームLB₁は、反射ミラーM22に入射

し、反射ミラーM22で反射したビームLB1は、+X方向に進んで反射ミラーM23に入射する。反射ミラーM23は、入射したビームLB1をポリゴンミラーPMの反射面RPに向けて、XY平面と平行な面内で折り曲げるように反射する。

[0039] ポリゴンミラーPMは、入射したビームLB1を、 $f\theta$ レンズ系FTに向けて+X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XY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（回転多面鏡、可動偏向部材）PMは、Z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）とを有する回転多面鏡である。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、Y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。

[0040] $f\theta$ レンズ系（走査系レンズ、走査用光学系）FTは、ポリゴンミラーPMによって反射されたビームLB1を、反射ミラーM24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。 $f\theta$ レンズ系FTを透過したビームLB1は、反射ミラーM24を介してスポット光SPとなって基板P上に投射される。このとき、反射ミラーM24は、XZ平面に関して、ビームLB1が回転ドラムDRの中心軸AXoに向かって進むように、ビームLB1を基板Pに向けて反射する。ビームLB1の $f\theta$ レンズ系FTへの入射角 θ は、ポリゴンミラーPMの回転角（ $\theta/2$ ）に応じて変わる。 $f\theta$ レンズ系FTは、反射ミラーM24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LB1を投射する。 $f\theta$ レンズ系FTの焦点距離を f_o とし、像高位置を y_o とすると、 $f\theta$ レンズ系FTは、 $y_o = f_o \times \theta$ 、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 $f\theta$ レンズ系FTによって、ビームLB1をY方向に正確に等速で走査することが可能になる。なお、 $f\theta$ レンズ系FTに入射するビームLB1がポリゴンミラーPMによって1次元に偏向される面（XY平面と平行）は、 $f\theta$ レンズ系FTの光軸AXfを含む面となる。

[0041] 次に、図2、図3を参照して描画ユニットUn（U1～U6）の光学的な構成について説明する。図2に示すように、描画ユニットUn内には、ビームLBnの入射位置から被照射面（基板P）までのビームLBnの進行方向に沿って、反射ミラーM20、反射ミラーM20a、偏光ビームスプリッタBSd、反射ミラーM21、反射ミラーM22、第1のシリンドリカルレンズCYa、反射ミラーM23、ポリゴンミラーPM、 $f\theta$ レンズ系FT、反射ミラーM24、第2のシリンドリカルレンズCYbが設けられる。さらに、描画ユニットUn内には、描画ユニットUnの描画開始可能タイミング（スポット光SPの走査開始タイミング）を検出するために、図3に示すように、ポリゴンミラーPMの各反射面の角度位置を検知する原点センサ（原点検出器）としてのビーム送光部60aとビーム受光部60b（光電検出器）とが設けられる。原点センサ（ビーム送光部60a、ビーム受光部60b）の構成は後で詳細に説明する。また、描画ユニットUn内には、基板Pの被照射面（または回転ドラムDRの表面）で反射したビームLBnの反射光を、 $f\theta$ レンズ系FT、ポリゴンミラーPM、および、偏光ビームスプリッタBSd等を介して検出するための光検出器DTcが設けられる。

[0042] 描画ユニットUnに入射するビームLBnは、Z軸と平行な光軸AX1に沿って-Z方向に進み、XY平面に対して 45° 傾いた反射ミラーM20に入射する。反射ミラーM20で反射したビームLBnは、反射ミラーM20から-X方向に離れた反射ミラーM20aに向けて-X方向に進む。反射ミラーM20aは、YZ平面に対して 45° 傾いて配置され、入射したビーム

L B n を偏光ビームスプリッタ B S d に向けて - Y 方向に反射する。偏光ビームスプリッタ B S d の偏光分離面は Y Z 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。描画ユニット U n に入射するビーム L B n を P 偏光のビームとすると、偏光ビームスプリッタ B S d は、反射ミラー M 2 0 a からのビーム L B n を - X 方向に反射して反射ミラー M 2 1 側に導く。反射ミラー M 2 1 は X Y 平面に対して 45° 傾いて配置され、入射したビーム L B n を反射ミラー M 2 1 から - Z 方向に離れた反射ミラー M 2 2 に向けて - Z 方向に反射する。反射ミラー M 2 1 で反射されたビーム L B n は、反射ミラー M 2 2 に入射する。反射ミラー M 2 2 は、X Y 平面に対して 45° 傾いて配置され、入射したビーム L B n を反射ミラー M 2 3 に向けて + X 方向に反射する。反射ミラー M 2 2 で反射したビーム L B n は、不図示の $\lambda/4$ 波長板とシリンドリカルレンズ C Y a を介して反射ミラー M 2 3 に入射する。反射ミラー M 2 3 は、入射したビーム L B n をポリゴンミラー P M に向けて反射する。

- [0043] ポリゴンミラー P M は、入射したビーム L B n を X 軸と平行な光軸 A X f を有する $f\theta$ レンズ系 F T に向けて + X 方向側に反射する。ポリゴンミラー P M は、ビーム L B n のスポット光 S P 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 L B n を X Y 平面と平行な面内で 1 次元に偏向（反射）する。ポリゴンミラー P M は、Z 軸方向に延びる回転軸 A X p の周りに形成された複数の反射面（本実施の形態では正八角形の各辺）を有し、回転軸 A X p と同軸の回転モータ R M によって回転される。回転モータ R M は、不図示の描画制御装置によって、一定の回転速度（例えば、3 万～4 万 r p m 程度）で回転する。先に説明したように、描画ライン S L n（S L 1～S L 6）の実効的な長さ（例えば、5 0 m m）は、このポリゴンミラー P M によってスポット光 S P を走査することができる最大走査長（例えば、5 2 m m）以下の長さに設定されており、初期設定（設計上）では、最大走査長の中央に描画ライン S L n の中心点（ $f\theta$ レンズ系 F T の光軸 A X f が通る点）

が設定されている。

[0044] シリンドリカルレンズC Y aは、ポリゴンミラーP Mによる主走査方向（回転方向）と直交する副走査方向（Z方向）に関して、入射したビームL B nをポリゴンミラーP Mの反射面上に収斂する。つまり、シリンドリカルレンズC Y aは、ビームL B nをポリゴンミラーP Mの反射面上でX Y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、ポリゴンミラーP Mの反射面がZ軸と平行な状態から傾いた場合であっても、基板Pの被照射面上に照射されるビームL B n（描画ラインS L n）の照射位置が副走査方向にずれることを抑制できる。

[0045] ビームL B nのf θ レンズ系F Tへの入射角 θ （光軸A X fに対する角度）は、ポリゴンミラーP Mの回転角（ $\theta/2$ ）に応じて変わる。ビームL B nのf θ レンズ系F Tへの入射角 θ が0度のとき、f θ レンズ系F Tに入射したビームL B nは、光軸A X f上に沿って進む。f θ レンズ系F TからのビームL B nは、反射ミラーM 2 4で-Z方向に反射され、シリンドリカルレンズC Y bを介して基板Pに向けて投射される。f θ レンズ系F Tおよび母線がY方向と平行な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 nは基板Pの被照射面上で直径数 μ m程度（例えば、3～4 μ m）の微小なスポット光S Pに収斂される。以上のように、描画ユニットU nに入射したビームL B nは、X Z平面内でみたとき、反射ミラーM 2 0から基板Pまでコの字状にクランクした光路に沿って折り曲げられ、-Z方向に進んで基板Pに投射される。6つの描画ユニットU 1～U 6の各々がビームL B 1～L B 6の各スポット光S Pを主走査方向（Y方向）に一次元に走査しつつ、基板Pを長尺方向に搬送することによって、基板Pの被照射面がスポット光S Pによって相対的に2次元走査され、基板P上には描画ラインS L 1～S L 6の各々で描画されるパターンがY方向に継ぎ合わされた状態で露光される。

[0046] 一例として、描画ラインS L n（S L 1～S L 6）の実効的な走査長L T

を50mm、スポット光SPの実効的な直径 ϕ を4 μ m、光源装置LSからのビームLBのパルス発光の発振周波数Faを400MHzとし、描画ラインSLn（主走査方向）に沿ってスポット光SPが直径 ϕ の1/2ずつオーバーラップするようにパルス発光させる場合、スポット光SPのパルス発光の主走査方向の間隔は基板P上で2 μ mとなり、これは発振周波数Faの周期Tf（=1/Fa）である2.5ns（1/400MHz）に対応する。また、この場合、描画データ上で規定される画素サイズPxyは、基板P上で4 μ m角に設定され、1画素は主走査方向と副走査方向の各々に関してスポット光SPの2パルス分で露光される。したがって、スポット光SPの主走査方向の走査速度Vspと発振周波数Faは、 $V_{sp} = (\phi/2) / T_f$ の関係になるように設定される。一方、走査速度Vspは、ポリゴンミラーPMの回転速度VR（rpm）と、実効的な走査長LTと、ポリゴンミラーPMの反射面の数Np（=8）と、ポリゴンミラーPMの1つの反射面RPによる走査効率1/ α とに基づいて、以下のように定められる。

$$V_{sp} = (8 \cdot \alpha \cdot VR \cdot LT) / 60 \text{ [mm/秒]}$$

したがって、発振周波数Faと回転速度VR（rpm）とは、以下の関係になるように設定される。

$$(\phi/2) / T_f = (8 \cdot \alpha \cdot VR \cdot LT) / 60 \quad \dots \text{式(1)}$$

[0047] 発振周波数Faを400MHz（Tf=2.5ns）、スポット光SPの直径 ϕ を4 μ mとしたとき、発振周波数Faから規定される走査速度Vspは、0.8 μ m/ns（=2 μ m/2.5ns）となる。この走査速度Vspに対応させるためには、走査効率1/ α を0.3（ $\alpha \div 3.33$ ）、走査長LTを50mmとしたとき、式（1）の関係から、8面のポリゴンミラーPMの回転速度VRを36000rpmに設定すればよい。なお、この場合の走査速度Vsp=0.8 μ m/nsは、時速に換算すると2880Km/hである。このように、走査速度Vspが高速となると、パターンの描画開始タイミングを決定する原点センサ（ビーム送光部60aとビーム受光部60b）からの原点信号の発生タイミングの再現性も高める必要がある。例え

ば、1画素のサイズを $4\mu\text{m}$ とし、描画すべきパターンの最小寸法（最小線幅）を $8\mu\text{m}$ （2画素分）としたとき、基板P上にすでに形成されたパターンに新たなパターンを重ね合わせ露光するセカンド露光の際の重ね合わせ精度（許容される位置誤差の範囲）は、最小線幅の $1/4 \sim 1/5$ 程度にする必要がある。すなわち、最小線幅が $8\mu\text{m}$ の場合、位置誤差の許容範囲は $2\mu\text{m} \sim 1.6\mu\text{m}$ となる。この値は、光源装置LSからのビームLBの発振周期 T_f （ 2.5ns ）に対応したスポット光SPの2パルス分の間隔以下であり、スポット光SPの1パルス分の誤差が許容されないことを意味する。そのため、パターンの描画開始タイミング（開始位置）を決める原点信号の発生タイミングの再現性は、周期 T_f （ 2.5ns ）以下に設定することが必要となる。

[0048] 図3は、描画ユニットUn内でのポリゴンミラーPM、 $f\theta$ レンズ系FTの光軸AXf、原点センサを構成するビーム送光部60a、および、ビーム受光部60b等の配置をXY平面と平行な面内でみた図である。図3では、ポリゴンミラーPMの反射面RPのうちの1つの反射面RPaに向けて、描画用のビームLBnが投射され、ポリゴンミラーPMの反射面RPaの1つ隣り（1つ手前）の反射面RPbに、ビーム送光部60aからのレーザビーム（原点検出用ビーム、検出用ビーム）Bgaが投射されている。また、図3における反射面RPaの角度位置は、描画用のビームLBnのスポット光SPが描画ラインSLnの描画開始点に位置する直前の状態を示している。ここで、ポリゴンミラーPMの反射面RP（RPa）は、 $f\theta$ レンズ系FTの光軸AXfと直交する入射瞳面に位置するように配置される。厳密には、 $f\theta$ レンズ系FTに入射するビームLBnの主光線が光軸AXfと同軸になった瞬間の反射面RP（RPa）の角度位置において、反射ミラーM23からポリゴンミラーPMに向かうビームLBnの主光線と光軸AXfとが交差する位置に反射面RP（RPa）が設定される。また、 $f\theta$ レンズ系FTの主面から基板Pの表面（スポット光SPの集光点）までの距離が焦点距離foである。

[0049] ビーム送光部60aからのレーザビームBg aは、基板Pの感光性機能層に対して非感光性の波長域の平行光束としてポリゴンミラーPMの反射面RP bに投射される。反射面RP bで反射したレーザビームBg aの反射ビームBg bは、XY平面と垂直な反射面を持つ反射ミラー（ビーム反射部）MR aに向かう。反射ミラーMR aで反射したビームBg bの反射ビームBg cは、再びポリゴンミラーPMの反射面RP bに向けて投射される。反射面RP bで反射したビームBg cの反射ビームBg dは、ビーム受光部60bで受光される。ビーム受光部60bは、ポリゴンミラーPMの反射面RP b（および他の各反射面RP）がXY平面と平行な面（XY面）内で特定の角度位置になった瞬間に、図3のようにビームBg a、Bg b、Bg c、Bg dが進み、ビーム受光部60bはパルス状に波形変化する原点信号SZ nを出力する。図3では、ビームBg aを単なる線として示したが、実際には、XY面内でポリゴンミラーPMの反射面RPの回転方向に関して所定の幅を有する平行光束となるように、ビーム送光部60aは半導体レーザ光源とコリメータレンズとを有する。同様に、図3ではビームBg dを単なる線として示したが、実際には、XY面内で所定の幅を有する平行光束となり、ビームBg dはポリゴンミラーPMの回転に応じてビーム受光部60bに対して矢印Awのように走査される。そのため、ビーム受光部60bは、ビームBg dを受光したときに原点信号SZ nを出力する光電変換素子と、ビームBg dを光電変換素子の受光面上にスポットとして集光する集光レンズとを有する。

[0050] 図4は、ビーム受光部60bに設けられる光電変換素子（光電検出器）DT oの詳細な構成を示し、本実施の形態では、例えば、浜松ホトニクス株式会社製のレーザビーム同期検出用フォトICとして販売されているS9684シリーズを用いる。このフォトICは、図4のように集光レンズで集光されたビームBg dのスポット光SP rの走査方向に狭いギャップ（不感帯）を挟んで並べた2つのPINフォトダイオードによる受光面PD1、PD2と、電流増幅部IC1、IC2と、コンパレータ部IC3とを1つにパッケ

ージングしたものである。図3で示した矢印 A_w のようにビーム B_{gd} が走査されると、スポット光 SP_r が受光面 PD_1 、 PD_2 の順に横切って、電流増幅部 IC_1 、 IC_2 の各々は、図4(A)に示すような出力信号 ST_a 、 ST_b を発生する。最初にスポット光 SP_r を受ける受光面 PD_1 からの光電流を増幅する電流増幅部 IC_1 には、一定のオフセット電圧（基準電圧） V_{ref} が印加され、電流増幅部 IC_1 の出力信号 ST_a は、受光面 PD_1 で発生する光電流が零のときに基準電圧 V_{ref} となるようにバイアスされている。コンパレータ部 IC_3 は、図4(B)に示すように、出力信号 ST_a 、 ST_b のレベルを比較して、 $ST_a > ST_b$ のときはHレベル、 $ST_a < ST_b$ のときはLレベルとなるロジック信号を原点信号 SZ_n として出力する。本実施の形態では、原点信号 SZ_n がHレベルからLレベルに遷移した時点を実点時刻（原点位置） T_{og} とし、原点信号 SZ_n の発生タイミングとは原点時刻 T_{og} を意味するものとする。なお、ここでの原点位置（原点時刻 T_{og} ）とは、例えば、 $f\theta$ レンズ系 FT の光軸 AX_f が通る基板 P 上の点を基準点としたとき、その基準点からスポット光 SP の主走査方向に常に一定距離だけ手前に設定される絶対的な位置としての原点を意味するものではなく、描画ライン SL_n に沿ったパターン描画の開始タイミングに対する所定距離手前（或いは所定時間前）を相対的に表すものである。

[0051] 原点時刻 T_{og} は、出力信号 ST_a のレベルが降下しつつ、出力信号 ST_b のレベルが立上っている途中で、出力信号 ST_a 、 ST_b のレベルが一致した瞬間となる。出力信号 ST_a 、 ST_b のレベル変化（立上りや降下の波形）は、受光面 PD_1 、 PD_2 の幅寸法とスポット光 SP_r の大きさとの関係、スポット光 SP_r の走査速度 V_h と受光面 PD_1 、 PD_2 の応答性等によって変化し得るが、スポット光 SP_r の直径が不感帯の幅寸法よりは大きく、受光面 PD_1 の幅寸法よりも小さければ、出力信号 ST_a 、 ST_b の各々は、図4(A)のようなレベル変化による波形となり、安定な原点信号 SZ_n が得られる。

[0052] 本実施の形態では、図3に示したように、反射ミラー MR_a を用いて、原

点検出用のビーム B_{ga} をポリゴンミラー PM の反射面 RP (RPb) で 2 回反射させた後のビーム B_{gd} のスポット光 SP_r を光電変換素子 DT_o で受光するように構成した。そのため、受光面 PD_1 、 PD_2 上でのスポット光 SP_r の走査速度 V_h は、原点検出用のビーム B_{ga} をポリゴンミラー PM の反射面 RP (RPb) で 1 回反射させて光電変換素子 DT_o で受光する場合と比べて 2 倍以上にすることができる。これによって本実施の形態では、描画用のビーム LB_n (スポット光 SP) の基板 P 上での走査速度 V_{sp} に比べて、光電変換素子 DT_o 上の原点検出用のビーム B_{gd} (スポット光 SP_r) の走査速度 V_h を 2 倍程度に速めることができ、原点信号 SZ_n の発生タイミングの再現性を良好にする (ばらつきの分布幅を表す 3σ 値を小さくする) ことができる。

[0053] そこで、図 5 に示すように、原点検出用のビーム B_{ga} をポリゴンミラー PM の反射面 RP (RPb) で 1 回反射させた反射ビーム B_{gb} をビーム受光部 $60b$ の光電変換素子 DT_o で受光する構成を用いて、描画用ビーム LB_n のスポット光 SP の走査速度 V_{sp} と原点検出用のビーム B_{gb} のスポット光 SP_r の走査速度 V_h とを同じにした場合と、スポット光 SP の走査速度 V_{sp} に対してスポット光 SP_r の走査速度 V_h を 2 倍程度に速めた場合とで、原点信号 SZ_n の再現性を比較してみる。

[0054] 図 5 において、ビーム送光部 $60a$ は、レーザビーム B_{ga} を連続発光する半導体レーザ光源 LD_o と、その光源からのビーム B_{ga} を平行光束にするコリメータレンズ GL_a (屈折力を有する第 1 の光学素子) とを備える。ビーム B_{ga} は、反射面 RP (RPb) の回転方向 (XY 面と平行な主走査方向) に関して、ある程度の幅を有する平行光束とされる。一方、ビーム受光部 $60b$ では、反射ビーム B_{gb} を図 4 と同じ光電変換素子 DT_o 上で主走査方向に関して小さく絞られたスポット光 SP_r に集光する焦点距離 F_{gs} のレンズ系 GL_b (屈折力を有する第 2 の光学素子) が設けられる。図 4 に示した光電変換素子 DT_o の受光面 PD_1 、 PD_2 は、レンズ系 GL_b の後側の焦点距離 F_{gs} の位置に配置される。反射面 RP (RPb) で反射し

た反射ビーム B_{gb} がレンズ系 GLb の光軸と同軸に入射したとき、反射ビーム B_{gb} のスポット光 SP_r が光電変換素子 DT_o の受光面のほぼ中央（受光面 PD_1 、 PD_2 間の不感帯）に位置するように設定される。なお、ビーム受光部 $60b$ は、光電変換素子 DT_o とレンズ系 GLb とによって、原点信号 SZ_n を生成する為の検出部を構成する。

[0055] レンズ系 GLb の光軸に対して、主走査方向にわずかに傾いた反射ビーム B_{gb}' が入射した場合でも、反射ビーム B_{gb}' は光電変換素子 DT_o の受光面とほぼ同じ面内にスポット光 SP_r となって集光される。レンズ系 GLb から光電変換素子 DT_o に向かう反射ビーム B_{gb}' は、テレセントリックである必要はない。以上のような構成で、レンズ系 GLb の焦点距離 F_{gs} と $f\theta$ レンズ系 FT の焦点距離 f_o とを同じにすると、描画用ビーム LB_n のスポット光 SP の走査速度 V_{sp} と原点検出用のビーム B_{gb} のスポット光 SP_r の走査速度 V_h とがほぼ同じになる。また、レンズ系 GLb の焦点距離 F_{gs} を $f\theta$ レンズ系 FT の焦点距離 f_o の2倍程度にすると、描画用ビーム LB_n のスポット光 SP の走査速度 V_{sp} に対して原点検出用のビーム B_{gb} のスポット光 SP_r の走査速度 V_h を2倍程度に速められる。

[0056] 次に、図6～図8を参照して、図5のように構成された原点センサからの原点信号 SZ_n の発生タイミングの再現性（ばらつき誤差）を計測および演算する方法を説明する。この計測や演算は、露光装置 EX を統括的に制御するコンピュータ、或いはパターン描画のためにポリゴンミラー PM の回転、光源装置 LS からのビーム LB の描画データに応じたパルス発振、選択用光学素子 $OS_1 \sim OS_6$ のスイッチング等を制御する描画制御装置のプロセッサ（CPU）等を利用して実施できる。また、原点信号 SZ_n を外部の波形計測機器等に送って実施してもよい。図6は、図1～図3に示した8面のポリゴンミラー PM の平面図であり、ここでは、8つの反射面 RP の各々に関して、図4（B）のように発生する原点信号 SZ_n の再現性を求めるため、8つの反射面 RP をポリゴンミラー PM の回転方向（時計回り）と逆向きに、 RP_a 、 RP_b 、 RP_c 、 RP_d 、 RP_e 、 RP_f 、 RP_g 、 RP_h とす

る。また、ポリゴンミラーPMの上面（または下面）には、ポリゴンミラーPMの回転の原点を検出するための回転基準マークMccが形成されている。回転基準マークMccは、ポリゴンミラーPMが1回転するたびにパルス状の検出信号を出力する反射型の光電センサ（周回検出センサとも呼ぶ）によって検出される。原点信号SZnの再現性を計測する際には、原点センサが検出するポリゴンミラーPMの反射面を特定しておく必要があるので、周回検出センサからの検出信号（回転基準マークMcc）を基準に、ポリゴンミラーPMの各反射面RPa～RPhを特定するものとする。

[0057] さらに、原点信号SZnの発生タイミングの再現性を計測する際は、ポリゴンミラーPMの速度変動（速度ムラ）による影響を考慮する必要がある。ポリゴンミラーPMの速度変動は上記の周回検出センサによっても計測可能であるが、本実施の形態では、原点信号SZnに基づいてポリゴンミラーPMの速度変動を計測する。先に例示したように、ポリゴンミラーPMのモータRMを36000rpmで回転させるように、描画制御装置でサーボ制御したとすると、ポリゴンミラーPMは1秒間に600回転することになり、設計上の1回転分の周回時間TDは、 $1/600$ 秒（ $\div 1666.667\mu\text{S}$ ）となる。そこで、原点信号SZn中の任意の1つのパルスの原点時刻Togから計数して9番目のパルスの原点時刻Togまでの実際の周回時間TDを、光源装置LSがパルス発光に用いる発振周波数Faよりも高い周波数のクロックパルス等を用いて繰り返し計測する。ポリゴンミラーPMは、慣性を伴って高速回転するので、1回転中に速度ムラが生じる可能性は低いが、サーボ制御の特性等によっては、数mS～数十mSの周期で設計上の周回時間TDが微妙に変動することがある。

[0058] 図7は、原点信号SZnの発生タイミングの再現性（ばらつき）を計測する方法を説明する図である。ここでは、説明を簡単にするため、図6に示したポリゴンミラーPMの反射面RPaに対応して発生する原点信号SZnの原点時刻Tog2の再現性の求め方を例示するが、他の反射面RPb～RPhの各々についても同様に計測できる。原点時刻Tog2の1つ手前のタイ

ミングで発生する原点時刻 T_{og1} は、図6の場合、ポリゴンミラーPMの反射面 RP_h に対応して発生した原点信号 SZ_n として得られる。そこで、ポリゴンミラーPMを規定の速度で回転させた状態で、反射面 RP_h に対応して発生した原点時刻 T_{og1} から、次の反射面 RP_a に対応した原点時刻 T_{og2} までの原点間隔時間 ΔT_{mn} ($n=1, 2, 3 \dots$ の周回数) を、ポリゴンミラーPMの1回転毎に多数回 (例えば10回以上) 繰り返し計測する。図7では、簡単のために、ポリゴンミラーPMが7回転している間に発生する原点信号 $SZ_n(a)_1 \sim SZ_n(a)_7$ の各々の波形を、反射面 RP_h に対応して得られた原点時刻 T_{og1} を時間軸上で揃えて並べて示してある。

[0059] ここで、ポリゴンミラーPMの回転速度の変動が零であると仮定すると、本来一定であるはずの原点間隔時間 ΔT_{mn} の各々の計測値にばらつきが生じる。このばらつきが、反射面 RP_a に対応した原点時刻 T_{og2} の発生タイミングのばらつき幅 ΔT_e となるので、原点信号 SZ_n の再現性は、ばらつき幅 ΔT_e 内に分布する多数の原点時刻 T_{og2} の標準偏差値 σ 、または標準偏差値 σ の3倍の 3σ 値として求められる。先に説明したように、光源装置LSがビームLBを周期 T_f でパルス発振させる場合、再現性としての 3σ 値は周期 T_f よりも小さい方がよい。以上の説明では、ポリゴンミラーPMの回転速度の変動 (速度ムラ) を零と仮定したが、ナノ秒以下の分解能で信号波形をサンプリングする波形測定器を使って原点信号 SZ_n の波形を解析し、ポリゴンミラーPMの周回時間 (1回転の時間) を計測してみると、周回によっては周回時間 T_D が±数 nS 程度変動することが判った。そこで、図7のようにして計測される原点間隔時間 ΔT_{mn} ($n=1, 2, 3 \dots$ の周回数) を、その原点間隔時間 ΔT_{mn} の計測期間でのポリゴンミラーPMの速度変動によって生じた誤差分で補正する必要がある。

[0060] 図8は、ポリゴンミラーPMの速度変動による時間誤差分を予想する方法を模式的に表した図である。図5に示した原点センサからの原点信号 SZ_n の再現性の計測では、ポリゴンミラーPMの多数回の周回毎に、8つの反射

面 $RPa \sim RPh$ の各々に対応した原点間隔時間 ΔT_{mn} を計測する。図 8 では、ポリゴンミラー PM の 1 回転中の初期位置（最初の原点時刻 T_{og} ）を反射面 RPa とし、反射面 RPa からポリゴンミラー PM が 2 回転する間に発生する原点信号 SZ_n の波形を模式的に示した。ここで、原点信号 SZ_n の反射面 RPa に対応して発生する原点時刻 T_{og} から隣の反射面 RPb に対応して発生する原点時刻 T_{og} までの原点間隔時間を ΔT_{ma} とし、以下同様に、隣り合う反射面 RPb から反射面 RPC までの原点間隔時間を ΔT_{mb} 、 $\dots$ 隣り合う反射面 RPh から反射面 RPa までの原点間隔時間を ΔT_{mh} とする。ポリゴンミラー PM の 1 周目では、8 つの反射面 $RPa \sim RPh$ の各々に対応して発生する原点時刻 T_{og} のそれぞれをスタート点として、ポリゴンミラー PM の反射面 $RPa \sim RPh$ 毎の周回時間 TDa 、 TDb 、 $\dots$ TDh を計測する。周回時間 $TDa \sim TDh$ の各々は、8 つの反射面 $RPa \sim RPh$ の各々に対応した 8 つの原点間隔時間 $\Delta T_{ma} \sim \Delta T_{mh}$ の合計値で求めてもよい。周回時間 $TDa \sim TDh$ （或いは原点間隔時間 $\Delta T_{ma} \sim \Delta T_{mh}$ ）の各々は、ポリゴンミラー PM が、例えば N 回転する間、繰り返し計測される。これによって、8 つの反射面 $RPa \sim RPh$ の各々に応じた原点時刻 T_{og} から計測される周回時間 $TDa \sim TDh$ の各々のデータが、 N 周分に渡って取得できる。

[0061] 次に、 N 周分に渡って取得された周回時間 $TDa \sim TDh$ の各々の平均周回時間 $ave(TDa) \sim ave(TDh)$ を計算する。例えば、周回時間 TDa は周回数 N ($N = 1, 2, 3, \dots$) に対応して、 $TDa(1)$ 、 $TDa(2)$ 、 $TDa(3)$ 、 $\dots$ $TDa(N)$ として記憶されるので、平均周回時間 $ave(TDa)$ は、 $[TDa(1) + TDa(2) + TDa(3) + \dots + TDa(N)] / N$ で求められる。

[0062] 次に、図 8 に示した 2 周目以降に計測された原点間隔時間 $\Delta T_{ma} \sim \Delta T_{mh}$ の各々は、その直前のポリゴンミラー PM の周回における速度変動の影響による誤差を含むと想定し、例えば、2 周目以降で実測された原点間隔時間 ΔT_{ma} は、直前の周回で実測された周回時間 TDa と平均周回時間 av

$e(TDa)$ との比率だけ変動したと予想して、原点間隔時間 ΔTma の予想間隔時間 $\Delta Tma'$ を計算する。その際、2 周目以降の各周回で実測された $N-1$ 個の原点間隔時間 ΔTma の平均間隔時間 $ave(\Delta Tma)$ を求めておく。そして、平均周回時間 $ave(TDa)$ と実測された周回時間 TDa との比に、平均間隔時間 $ave(\Delta Tma)$ をかけて、速度変動分を補正した予想間隔時間 $\Delta Tma'$ を算出する。これによって、実測された原点間隔時間 ΔTma と予想間隔時間 $\Delta Tma'$ との差分値が、反射面 RPa に対応して発生した原点信号 SZn の原点時刻 Tog のより正確なばらつき量 (σ 値) として求まる。他の反射面 $RPb \sim RPh$ の各々に対応した原点信号 SZn の原点時刻 Tog のばらつき量も、同様の計算によって求められる。このように、原点信号 SZn の原点時刻 Tog の発生間隔である原点間隔時間 $\Delta Tma \sim \Delta Tmh$ の各々を、ポリゴンミラー PM の複数回の回転中に繰り返し実測するだけで、ポリゴンミラー PM の速度変動に起因した誤差を低減した正確な再現性 (3σ 値等) を求めることができる。

[0063] [実測例]

一例として、図 5 に示したビーム受光部 60b 内のレンズ系 GLb の焦点距離 Fgs を、 $f\theta$ レンズ系 FT の焦点距離 fo (例えば 100mm) と同程度にし、レンズ系 GLb の焦点距離 Fgs の位置に光電変換素子 $DT0$ を配置し、ポリゴンミラー PM を約 38000rpm で回転させて、図 7、図 8 のような方法でポリゴンミラー PM の反射面 $RPa \sim RPh$ の各々に対応して発生する原点信号 SZn (原点時刻 $Tog2$) の再現性を実測したところ、図 9 に示すような結果が得られた。図 9 において、横軸は計測した反射面間の各位置 ($RPa \rightarrow RPa$ 、 $RPb \rightarrow RPa$ 、 $RPh \rightarrow RPa$) を表し、縦軸は周回時間 TD の変動を補正計算した後の各反射面間の間隔時間 $\Delta Tma \sim \Delta Tmh$ (μS) を表す。間隔時間 $\Delta Tma \sim \Delta Tmh$ は、ポリゴンミラー PM の 10 回転分に渡って連続して発生する原点信号 SZn の波形データを、2.5GHz (0.4ns) のサンプリングレートを持つ波形記憶装置で記憶し、その波形データを解析して実測した。

[0064] 図9のように、周回時間 T_D の変動を補正した後の間隔時間 $\Delta T_{ma} \sim \Delta T_{mh}$ は、 $197.380 \mu S \sim 197.355 \mu S$ の間でばらついている。ポリゴンミラーPMの回転速度が 38000 rpm で精密に回転している場合、計算上の間隔時間 $\Delta T_{ma} \sim \Delta T_{mh}$ の各々は $197.368 \mu S$ である。このような間隔時間 $\Delta T_{ma} \sim \Delta T_{mh}$ のばらつきは、例えば、ポリゴンミラーPMの各反射面 $RP_a \sim RP_h$ のうちの隣り合った反射面同士の成す8つの頂角の各々が精密に 135 度になっていない、或いは回転軸 AX_p から反射面 $RP_a \sim RP_h$ の各々までの距離が精密に一定になっていない等の加工上の形状誤差に起因して生じる。また、間隔時間 $\Delta T_{ma} \sim \Delta T_{mh}$ のばらつきは、回転軸 AX_p に対するポリゴンミラーPMの偏心誤差の程度によっても生じ得る。図9では、間隔時間 $\Delta T_{ma} \sim \Delta T_{mh}$ の各々のばらつきの分布から計算される 3σ 値は、 $2.3 \text{ nS} \sim 5.9 \text{ nS}$ となったが、この値は、光源装置LSからのビームLBのパルス発振周波数を 400 MHz （周期 2.5 nS ）としたとき、概ね3パルス以上のスポット光の走査位置の誤差が発生し得ることを意味する。先に例示したように、スポット光SPの直径 ϕ を $4 \mu m$ 、1画素サイズ $P \times y$ を基板P上で $4 \mu m$ 角、1画素分をスポット光SPの2パルス分で描画する場合、 3σ 値が 6 nS 程度であると、描画ライン SL_n に沿って描画されるパターンの位置が、主走査方向に $5 \mu m$ 程度（正確には $4.8 \mu m$ ）ばらつくことを意味する。

[0065] $f\theta$ レンズ系FTの焦点距離を f_o 、基板P上でのスポット光SPのパルス間隔の距離（スポット径の $1/2$ ）を ΔY_p としたとき、パルス間隔距離 ΔY_p に対応したポリゴンミラーPM（反射面）の角度変化 $\Delta \theta_p$ は、 $\Delta \theta_p \doteq \Delta Y_p / f_o$ となる。一方、角度変化 $\Delta \theta_p$ に対応した光電変換素子DT_o上でのレーザビームBg_b（スポット光SP_r）の移動距離を ΔY_g とすると、ビーム受光部60b側のレンズ系GL_bの焦点距離 F_{gs} によって、移動距離 ΔY_g は、 $\Delta Y_g \doteq \Delta \theta_p \times F_{gs}$ となる。原点信号SZ_nの原点時刻T_{og}の発生精度は、スポット光SPのパルス間隔距離 ΔY_p の $1/2$ 以下の精度（分解能）に対応させるのが望ましい。そのために、光電変換素子

D T o 上でのビーム B g b (スポット光 S P r) の走査速度 V h を基板 P 上でのスポット光 S P の走査速度 V s p の 2 倍程度に速くする。すなわち、 $\Delta Y g \div 2 \cdot \Delta Y p$ の関係にするのがよい。そこで、レンズ系 G L b の焦点距離 F g s を f θ レンズ系 F T の焦点距離 f o の 2 倍程度に設定して、同様に原点信号 S Z n の再現性を計測してみる。

[0066] 図 10 は、図 9 で実測した描画ユニット U n と同一構成の別の描画ユニットを用いて、レンズ系 G L b の焦点距離 F g s を $2 F g s \div f o$ に変えて、図 9 と同様に再現性を実測した結果を示す。図 10 の縦軸と横軸は図 9 と同じものを表すが、図 10 の縦軸のスケールは 1 目盛が 2 n S (図 9 では 5 n S) になっている。スポット光 S P r の光電変換素子 D T o 上での走査速度 V h をスポット光 S P の基板 P 上での走査速度 V s p の 2 倍程度にすることによって、間隔時間 $\Delta T m a \sim \Delta T m h$ の各々のばらつきの分布から計算される 3 σ 値は、1. 3 n S $\sim$ 2. 5 n S となり、図 9 の場合に比べてほぼ半分に改善された。したがってこの場合、スポット光 S P の直径 ϕ を 4 μ m、1 画素サイズ P x y を基板 P 上で 4 μ m 角、1 画素分をスポット光 S P の 2 パルス分で描画すると、描画ライン S L n に沿って描画されるパターンの主走査方向の位置のばらつきは、2. 5 μ m 程度に半減される。なお、図 10 に示した間隔時間 $\Delta T m a \sim \Delta T m h$ のばらつきの傾向と、先の図 9 に示した間隔時間 $\Delta T m a \sim \Delta T m h$ のばらつきの傾向とは、ナノ秒オーダーで見ると大きく異なるが、これは図 9 と図 10 の各々の再現性の実測で使ったポリゴンミラー P M 間で各頂角の角度誤差の傾向が異なる個体差 (加工誤差) や回転時の偏心誤差の違いによるものと想定される。

[0067] 以上、図 5 に示すように、ポリゴンミラー P M の反射面 R P a $\sim$ R P h に投射される原点センサ用のビーム B g a を、反射面 R P a $\sim$ R P h の回転方向の寸法に対して所定の太さ (例えば 1 $\sim$ 2 mm 径) となるような平行光束とすることで、反射面 R P a $\sim$ R P h の各々の表面の粗さ (研磨痕等) による影響を低減して、平均的な表面の角度変化を精密に検出することができる。一方、図 5 において、光電変換素子 D T o 上に集光される反射ビーム B g

bのスポット光SP_rの径寸法は、ビーム走査方向の受光面PD₁、PD₂の幅寸法と、受光面PD₁とPD₂の間の不感帯の幅とに応じて適切に設定される。スポット光SP_rの走査方向の径寸法は、図4〔A〕のような信号波形が得られるように、受光面PD₁、PD₂のうちの小さいほうの幅寸法よりも小さく、不感帯の幅よりも大きくなるような条件に設定される。

[0068] なお、図3のビーム送光部60aに設けられる図5のような半導体レーザー光源LD_oからのビームBg_aの断面内での強度分布は、縦横比が1：2程度の楕円形となっているので、楕円形の長軸方向をポリゴンミラーPMの各反射面RP_a～RP_hの回転方向（主走査方向）に合わせ、楕円形の短軸方向をポリゴンミラーPMの回転軸AX_pの方向に合わせるとよい。このようにすると、ポリゴンミラーPMの各反射面RP_a～RP_hの高さ（回転軸AX_pの方向の寸法）が小さくても、ビームBg_aを有効に反射ビームBg_bとして反射できるとともに、光電変換素子DT_oに達する反射ビームBg_bの走査方向の開口数（NA）を、非走査方向の開口数（NA）よりも大きくできるので、スポット光SP_rの走査方向（図4の受光面PD₁、PD₂を横切る方向）に関する解像を高めて、コントラストをシャープにできる。

[0069] 以上のことから、図3に示した本実施の形態による原点センサ（ビーム送光部60a、ビーム受光部60b、反射ミラーMR_a）は、ビーム送光部60a（図5と同様の半導体レーザー光源LD_o、コリメータレンズGL_aを含む）からのビームBg_aが反射ミラーMR_aによってポリゴンミラーPMの反射面RPで2回反射した後の反射ビームBg_dを、ビーム受光部60b（図5と同様のレンズ系GL_bと光電変換素子DT_oを含む）で受光する構成とした。そのため、反射ビームBg_dが入射するレンズ系GL_bの焦点距離F_{gs}と、f θ レンズ系FTの焦点距離f_oとを同じにした場合でも、光電変換素子DT_o上を移動する反射ビームBg_dのスポット光SP_rの走査速度V_hを、描画用のビームLB_nのスポット光SPの走査速度V_{sp}の2倍程度に速めることができる。さらに、ビーム受光部60bに設けられる集光レンズ（レンズ系GL_b）の焦点距離F_{gs}をf θ レンズ系FTの焦点距離

f_o よりも長くする（すなわちレンズ系GLbの屈折力を f_θ レンズ系FTの屈折力よりも小さくする）と、光電変換素子DT_o上を横切るスポット光SP_rの走査速度V_hを、基板P上のスポット光SPの走査速度V_{s p}の2倍以上に設定することもできる。

[0070] 以上、本実施の形態によれば、原点検出用のビームB_{g a}を反射ミラーMR_aによってポリゴンミラーPMの反射面RPで2回反射させた後に、集光レンズ（レンズ系GLb）によって光電変換素子DT_o上にスポット光SP_rとして集光するように構成したので、光電変換素子DT_oからの原点信号SZ_nの発生タイミングの再現性が向上し、主走査方向におけるパターンの描画位置を精密に制御することができる。なお、光電変換素子DT_oは、図4のように2つの受光面PD1、PD2からの出力信号ST_a、ST_bの大きさを比較して原点信号SZ_nを生成するタイプの代わりに、1つのスリット状の受光面からの信号レベルを基準電圧と比較して原点信号SZ_nを生成するタイプを使ってもよい。そのタイプの場合、原点信号SZ_nの原点時刻T_{o g}の再現性は、信号波形の立ち上がり部や降下部の傾斜が急峻になる（応答時間が短い）ほど良くなる可能性があるので、スリット状の受光面を横切るスポット光SP_rの走査速度V_hを描画用のスポット光SPの走査速度V_{s p}よりも速くするとともに、集光レンズ（レンズ系GLb）によってスポット光SP_rをなるべく小さく集光して単位面積当りの強度を高めるのがよい。

[0071] [第2の実施の形態]

図11は、第2の実施の形態による原点センサの構成を示し、本実施の形態でも、ポリゴンミラーPMは8面の反射面RP_a～RP_hを有する。また、先の第1の実施の形態と同じ機能の部材には同じ符号を付してある。図11では、原点センサの検出部としてのビーム受光部60bは、ポリゴンミラーPMの反射面RP（RP_a）で2回目に反射された反射ビームB_{g d}を反射する反射ミラーMR_b、集光レンズとしてのレンズ系GLb（屈折力を有する第2の光学素子）、および光電変換素子（光電検出器）DT_oを備える

。ポリゴンミラーPMの反射面RPaが原点信号SZnを発生するタイミング（原点時刻Tog）の角度位置になった瞬間において、図5に示したようなビーム送光部60a（図11では不図示）からのビームBgaは反射面RPaで反射され、反射ビームBg bとなって再反射光学系CEに入射する。再反射光学系CEは、光軸AXvに沿ってポリゴンミラーPM側から配置される第1レンズ系GLc、第2レンズ系GLd、反射ミラーMRaで構成され、再反射光学系CEに入射した反射ビームBg bは、反射ミラーMRaで反射されて反射ビームBg cとなって再びポリゴンミラーPMの反射面RPaに投射される。反射ビームBg cの反射面RPaでの反射光は反射ビームBg dとなって、ビーム受光部60bの反射ミラーMRbに入射し、レンズ系GLbで光電変換素子DT o上にスポット光SP rとして集光される。

[0072] 再反射光学系CEの第1レンズ系GLcの前側焦点は、ポリゴンミラーPMの反射面RPaの位置（光軸AXvが反射面RPaと交差する位置）に設定され、第1レンズ系GLcの後側焦点は瞳面となる面epの位置に設定される。第2レンズ系GLdの前側焦点は面epの位置に設定され、第2レンズ系GLdの後側焦点は、光軸AXvと垂直な反射ミラーMRaの反射面の位置に設定される。したがって、ポリゴンミラーPMの反射面RPaからの反射ビームBg b（平行光束）は、第1レンズ系GLcで集光されて面epでビームウェストになった後に発散して第2レンズ系GLdに入射し、再び平行光束となって反射ミラーMRaに達する。第1レンズ系GLcに入射する反射ビームBg bの主光線が、XY面内において、光軸AXvに対して角度を持つ場合、反射ミラーMRaに入射する反射ビームBg bの主光線も光軸AXvに対してその角度を保つ。反射ミラーMRaで反射した反射ビームBg c（平行光束）は、光軸AXvに関して反射ビームBg bと対称的な光路を通して第2レンズ系GLdに入射し、面epでビームウェストになった後に発散して第1レンズ系GLcに入射し、再び平行光束となってポリゴンミラーPMの反射面RPaに投射される。反射面RPaから第1レンズ系GLcに向かう反射ビームBg bの主光線と、第1レンズ系GLcから反射面

R P a に向かう反射ビーム B g c の主光線とは、X Y 面内で光軸 A X v に関して対称になる。反射面 R P a に投射された反射ビーム B g c は、反射面 R P a で反射されて反射ビーム B g d (平行光束) となって反射ミラー M R b に向かう。

[0073] 図 1 1 のような状態から、ポリゴンミラー P M (反射面 R P a) が時計回りの方向に角度 $\Delta \theta_e$ だけ回転したとすると、反射ビーム B g b は、図 1 1 の状態から角度 $2 \cdot \Delta \theta_e$ だけ光軸 A X v と成す角度が大きくなる方向に傾いて第 1 レンズ系 G L c に入射する。そのため、反射ミラー M R a に投射される反射ビーム B g b の入射角は、図 1 1 の状態から角度 $2 \cdot \Delta \theta_e$ だけ大きくなり、その結果、第 1 レンズ系 G L c から反射面 R P a に向かう反射ビーム B g c と光軸 A X v との成す角度は、図 1 1 の状態から角度 $2 \cdot \Delta \theta_e$ だけ大きくなる。ポリゴンミラー P M の反射面 R P a は時計回りの方向に、図 1 1 の状態から角度 $\Delta \theta_e$ だけ傾いているので、反射面 R P a で 2 回目に反射される反射ビーム B g d は、図 1 1 の状態から角度 $4 \cdot \Delta \theta_e$ だけ傾くことになる。したがって、ポリゴンミラー P M の反射面 R P a で最初に反射された反射ビーム B g b の傾き変化の速度に対して、2 回目に反射された反射ビーム B g d の傾き変化の速度は 2 倍になる。これによって、光電変換素子 D T o 上を横切る反射ビーム B g d のスポット光 S P r の走査速度 V h は、描画用のビーム L B n のスポット光の基板 P 上での走査速度 V s p の 2 倍程度にできる。なお、ビーム受光部 6 0 b のレンズ系 G L b の焦点距離 F g s は、f θ レンズ系 F T の焦点距離 f o とほぼ同じに設定されるが、焦点距離 f o よりも長くしてもよい。また、レンズ系 G L b は、可能であれば反射ミラー M R b を設けずに、ポリゴンミラー P M の反射面 R P に近づけて配置してもよい。

[0074] 以上、本実施の形態でも、先の第 1 の実施の形態と同様に、原点検出用のビーム B g a を反射ミラー M R a を含む再反射光学系 C E によってポリゴンミラー P M の反射面 R P で 2 回反射させた後に、レンズ系 G L b によって光電変換素子 D T o 上にスポット光 S P r として集光するように構成したので

、光電変換素子D T oからの原点信号S Z nの発生タイミングの再現性が向上し、主走査方向におけるパターンの描画位置を精密に制御できる。

[0075] 〔第3の実施の形態〕

図12は、第3の実施の形態による原点センサの構成を示し、先の第1、第2の実施の形態と同じ機能の部材には同じ符号を付してある。本実施の形態による原点センサは、偏光ビームスプリッタB S 1（第1の光分割素子）、偏光ビームスプリッタB S 2（第2の光分割素子）、1/4波長板Q P 1、Q P 2、レンズ系G L e（屈折力を持った第1の光学素子と第2の光学素子の機能を併せ持った光学素子）、および光電変換素子D T oで構成される。図12におけるポリゴンミラーP Mの反射面R P aの角度位置は、光電変換素子D T oからの原点信号S Z nが、図4（B）のような原点時刻T o gとなった瞬間の状態を示す。ポリゴンミラーP Mの回転軸A X pを座標系X Y ZのZ軸と平行にしたとき、レンズ系G L eは、その光軸A X jの延長線がポリゴンミラーP Mの回転軸A X pと交差するようにX軸と平行に配置されるものとする。立方体に整形された偏光ビームスプリッタB S 1は、光軸A X jに対して+Y方向側に配置され、Y Z面とX Z面の各々に対して45度傾いた偏光分離面p b 1を有する。不図示のビーム送光部60aからのビームB g aは、偏光ビームスプリッタB S 1の入射端面（Y Z面と平行）に入射する手前の面e pでビームウェストとなるように集光され、X軸と平行に進む。偏光ビームスプリッタB S 1に入射するビームB g aは、偏光分離面p b 1を透過する直線偏光に設定されている。1/4波長板Q P 1は、偏光ビームスプリッタB S 1のビームB g aの入射端面と平行な射出面側に光軸A X jと垂直となるように配置される。

[0076] 立方体に整形された偏光ビームスプリッタB S 2は、光軸A X jに対して-Y方向側に配置され、Y Z面とX Z面の各々に対して45度傾いた偏光分離面p b 2を有する。1/4波長板Q P 2は、偏光ビームスプリッタB S 1側の1/4波長板Q P 1と同じX方向の位置に、光軸A X jと垂直となるように配置される。偏光ビームスプリッタB S 1と1/4波長板Q P 1の組と

、偏光ビームスプリッタBS2と1/4波長板QP2の組とは、光軸AXjを含むX軸と平行な面に対して対称に配置される。そのため、偏光ビームスプリッタBS1の偏光分離面pb1と偏光ビームスプリッタBS2の偏光分離面pb2とは、XY面内で90度の角度を成して配置される。図4に示したような光電変換素子DToは、偏光ビームスプリッタBS2の-X方向側の面epと同じ位置に受光面PD1、PD2が位置するように配置される。レンズ系GLEの前側焦点の位置は面epに設定され、前側焦点の位置はポリゴンミラーPMの反射面RP(RPa)に設定される。

[0077] 以上の構成により、偏光ビームスプリッタBS1には面epから発散光となったビームBgaが入射し、ビームBgaは偏光分離面pb1を透過して1/4波長板QP1によって円偏光に変換されて、光軸AXjと平行に進んでレンズ系GLEに入射する。レンズ系GLEを透過したビームBgaは平行光束となってポリゴンミラーPMの反射面RP(RPa)に投射される。ポリゴンミラーPMの反射面RPaで反射されたビームBgaの反射ビームBg bは、反射面RPaが光軸AXjと垂直になったとき、光軸AXjに関してビームBgaの光路と対称的な光路に沿ってレンズ系GLEに入射し、面epと同じ面でビームウェストとなるように収斂される。レンズ系GLEを通った反射ビームBg bは、1/4波長板QP2によって、ビームBgaと直交した方向の直線偏光に変換され、偏光ビームスプリッタBS2に入射する。したがって、反射ビームBg bは偏光ビームスプリッタBS2の偏光分離面pb2を透過せずに+Y方向に反射して、偏光ビームスプリッタBS1の側面に入射する。偏光分離面pb2で反射した反射ビームBg bは、光軸AXjの位置でビームウェストとなるように収斂した後、発散して偏光ビームスプリッタBS1に入射する。反射ビームBg bはビームBgaと直交した方向の直線偏光になっているので、偏光ビームスプリッタBS1の偏光分離面pb1で反射され、再び1/4波長板QP1を通して円偏光に変換されて、反射ビームBg cとなってレンズ系GLEに入射する。

[0078] レンズ系GLEを通った反射ビームBg cは、ビームBgaとほぼ同じ光

路を通る平行光束となってポリゴンミラーPMの反射面RPaに投射される。反射面RPaで再度反射される反射ビームBg_cの反射ビームBg_dは、反射ビームBg_bとほぼ同じ光路に沿ってレンズ系GLEに入射する。反射ビームBg_dは、レンズ系GLEによって面epと同じ面でビームウェストとなるように収斂され、1/4波長板QP2によってビームBg_aと同じ方向の直線偏光に変換されて偏光ビームスプリッタBS2に入射する。したがって、反射ビームBg_dは偏光ビームスプリッタBS2の偏光分離面pb2を透過して、光電変換素子DT_o上にスポット光SP_rとなって集光される。本実施の形態では、偏光ビームスプリッタBS1、BS2、1/4波長板QP1、QP2、レンズ系GLEが、再反射光学系CEを構成し、直角に配置された偏光分離面pb1、pb2はコーナミラーとして機能し、先の第1、第2の実施の形態における反射ミラーMRaに相当する。

[0079] 図13は、図12の構成をXY面内で見えた模式的な図であり、ポリゴンミラーPMの反射面RPaが光軸AX_jと垂直な状態から、角度 $\Delta\theta_e$ だけ傾いた場合の各ビームの振る舞いを示す図である。反射面RPaが光軸AX_jと垂直なとき、面epでスポットとして集光したビームBg_aの偏光ビームスプリッタBS1から反射面RPaまでの光路と、偏光分離面pb1、pb2で反射された反射ビームBg_cの反射面RPaまでの光路とは、XY面内で重なり、さらに、反射面RPaで最初に反射された反射ビームBg_bの光路と、反射面RPaで2回目に反射された反射ビームBg_dの光路とは、XY面内で重なっている。したがって、光電変換素子DT_oの受光面と同一の面(ep)には、スポット光SP_rが生成される。スポット光SP_rのY方向の位置は、光軸AX_jに関してビームBg_aが集光する位置と対称になっている。このような状態から、ポリゴンミラーPMの反射面RPaが角度 $\Delta\theta_e$ だけ傾くと、反射面RPaで最初に反射した反射ビームBg_bは元の光路に対して光軸AX_jから離れる方向に偏向(変位)した反射ビームBg_{b'}となり、偏光分離面pb1、pb2で反射された反射ビームBg_cは元の光路(ビームBg_aの光路と同一)に対して光軸AX_jから離れる方向に偏向

(変位)した反射ビーム Bgc' となって反射面 RPa に向かう。したがって、反射面 RPa で2回目に反射される反射ビーム Bgd は、反射ビーム Bgb' の光路に対して光軸 AXj からさらに離れる方向に偏向(変位)した反射ビーム Bgd' となって光電変換素子 $DT\phi$ に達し、スポット光 SPr' となる。

[0080] 仮に、反射面 RPa で最初に反射された反射ビーム Bgb' のスポット光を光電変換素子 $DT\phi$ に形成した場合、そのスポット光がスポット光 SPr の位置から移動する距離に対して、スポット光 SPr' がスポット光 SPr の位置から移動する距離を2倍にできる。すなわち、本実施の形態でも、レンズ系 GLE の焦点距離 Fgs を $f\theta$ レンズ系 FT の焦点距離 $f\phi$ と等しくした場合であっても、スポット光 SPr' の光電変換素子 $DT\phi$ 上の走査速度 Vh を、スポット光 SP の基板 P 上の走査速度 Vsp の2倍にすることができる。本実施の形態では、再反射光学系 CE をコンパクトにすることができ、原点センサとして安定な構造にすることができる。

[0081] [第4の実施の形態]

図14、図15は、第4の実施の形態による原点センサの構成を示し、先の第1～第3の実施の形態と同じ機能の部材には同じ符号を付してある。図14は、先の各実施の形態と同じに配置されるポリゴンミラー PM 、 $f\theta$ レンズ系 FT 、シリンドリカルレンズ CYa 、 CYb 、反射ミラー $M23$ の各配置を XY 面内で見たと図である。本実施の形態では、描画用のビーム LBn が主走査方向に走査される最大の走査範囲の端部(走査開始側)で、描画ライン SLn からずれた位置で、描画用のビーム LBn を原点検出用のビーム Bgd として $f\theta$ レンズ系 FT を介してポリゴンミラー PM に向けて反射する再反射光学系 $CE1$ を、シリンドリカルレンズ CYb と基板 P との間の空間に設ける。再反射光学系 $CE1$ は、描画ライン SLn からずれた位置で、シリンドリカルレンズ CYb から X 方向に投射されるビーム LBn を主走査方向(ここでは Y 方向)に反射する反射ミラー MRw と、反射ミラー MRw で反射されるビーム LBn を、90度ずつ2回反射させて反射ミラー MRw

に戻すように直角に形成された反射面を有するコーナーミラーCMwとで構成される。

[0082] 図14は、ポリゴンミラーPM（反射面RPa）が、描画用のビームLBnを描画ラインSLnの描画開始点にスポット光SPとして集光するような角度位置になった状態を示す。その状態に至る直前のタイミングで、反射面RPaで反射されたビームLBnは原点検出用の反射ビームBg bとして、反射ミラーMRwに入射し、コーナーミラーCMwによってビームBg bと平行になるような反射ビームBg cとなって折り返されて、再度反射ミラーMRwに入射する。反射ミラーMRwで反射される反射ビームBg cは、シリンドリカルレンズCYb、 $f\theta$ レンズ系FTを介して、ポリゴンミラーPMの反射面RPaに投射される。反射面RPaで反射されるビームBg cの反射ビームBg dは、シリンドリカルレンズCYaから投射される元のビームLBn（Bg a）の光路に対して傾いた角度で反射ミラーM23に戻ってくる。反射ビームBg dは、レンズ系GLbによって集光されて光電変換素子DT oに受光される。シリンドリカルレンズCYaから投射される元のビームLBn（Bg a）は、反射ミラーMRwに入射するようなタイミングで、光源装置LSから発振されるように制御される。また、コーナーミラーCMwの頂角は、基板Pの面に対応した面Puに設定され、面PuにはビームLBn（Bg a）がスポット光として集光される。

[0083] 図15は、図14の各ビームの光路を模式的に示した図であり、説明を簡単にするため、シリンドリカルレンズCYb、反射ミラーMRwは図示を省略してある。図15において、ポリゴンミラーPMの反射面RPaは、描画用のビームLBnが原点検出用のビームBg aとして、コーナーミラーCMwの一方の反射面CMaに入射するような角度になっている。このとき、ビームBg aの主光線Lpaの反射面RPaへの入射角は角度 $\theta\beta$ になり、反射面RPaで反射した反射ビームBg bの主光線Lpbの反射角も角度 $\theta\beta$ になっているものとする。反射ビームBg bは、コーナーミラーCMwの反射面CMaで反射して、面Pu' でスポットとなって集光した後、発散して他

方の反射面CMbに入射する。反射面CMbで反射したビームBg bの反射ビームBg cの主光線L p cは、反射ビームBg bの主光線L p bと平行になってf θ レンズ系FTに再入射する。反射ビームBg cは、f θ レンズ系FTを通った後、XY面内（主走査面）ではほぼ平行光束となって、角度 θ β よりも大きい入射角度で反射面RPaに入射する。したがって、反射面RPaで反射したビームBg cの反射ビームBg d（主光線L p d）は、角度 θ β よりも大きい反射角度で反射ミラーM23に向かう。反射ミラーM23で反射した反射ビームBg dは、レンズ系GLbによってXY面内で光電変換素子DT o上にスポット光SP rとして集光される。なお、レンズ系GLbの焦点距離F g sは、f θ レンズ系FTの焦点距離f oと同じ、またはそれ以上に設定される。

[0084] 図15に示すように、f θ レンズ系FTから基板P側に投射されるビームBg b（LB n）はテレセントリックに設定されるため、f θ レンズ系FTからコーナーミラーCMwの反射面CMaに向かう主光線L p bは、f θ レンズ系FTの光軸AX fと平行になり、したがって、コーナーミラーCMwの反射面CMbからf θ レンズ系FTに向かうビームBg cの主光線L p cも光軸AX fと平行を保つ。f θ レンズ系FTとコーナーミラーCMwとの間で、ビームBg bがコーナーミラーCMwの反射面CMaに入射する範囲内で矢印A1の方向に走査されると、コーナーミラーCMwの反射面CMbで反射されたビームBg cは、矢印A1と逆向きの矢印A2の方向に走査される。したがって、本実施の形態のように、描画用のビームLB nを原点検出用のビーム（Bg a、Bg b、Bg c、Bg d）として用いる場合でも、f θ レンズ系FTの像面側（基板P側）に配置したコーナーミラーCMwを用いて原点検出用のビームをポリゴンミラーPMの反射面RPまで戻すことによって、光電変換素子DT oを横切るスポット光SP rの走査速度V hを、描画用のビームLB nのスポット光SPの走査速度V s pの2倍程度に速めることができる。

[0085] 本実施の形態では、原点検出用のビーム（Bg a、Bg b、Bg c）がf

θ レンズ系 F T を通って光電変換素子 D T o で検出されるため、原点信号 S Z n の原点時刻 T o g は、 $f \theta$ レンズ系 F T の主走査方向に関する光学収差の影響を含んだタイミングで発生する。したがって、描画ライン S L n に沿って描画されるパターンに含まれる主走査方向の光学収差による誤差を含めて精密な描画が行われる。

[0086] 〔第 5 の実施の形態〕

図 1 6 は、第 5 の実施の形態による原点センサの構成を示し、先の第 1 ～ 第 4 の実施の形態と同じ機能の部材には同じ符号を付してある。図 1 6 は、先の各実施の形態と同じに配置されるポリゴンミラー P M、 $f \theta$ レンズ系 F T、シリンドリカルレンズ C Y a、C Y b、反射ミラー M 2 3 の各配置を X Y 面内を見た図である。本実施の形態でも、図 1 4、図 1 5 と同様のコーナーミラー C M w と反射ミラー M R w とが、シリンドリカルレンズ C Y b と基板 P との間の空間であって、描画ライン S L n のスポット光 S P の走査開始位置側に配置される。さらに本実施の形態では、第 1、第 2 の実施の形態と同様に、原点検出用のビーム B g a（平行光束）を描画用のビーム L B n と異なる波長の連続発光で出力するビーム送光部 6 0 a からミラー M 3 3 を介してポリゴンミラー P M の反射面 R P（R P a）に投射する。ミラー M 3 3 は、図 1 6 中で X Y 面に対して 4 5 度傾けて配置され、ビーム送光部 6 0 a からのビーム B g a は Z 方向からミラー M 3 3 に投射される。ポリゴンミラー P M の反射面 R P（R P a）が特定の角度位置になると、ビーム B g a の反射面 R P（R P a）での反射ビーム B g b は、 $f \theta$ レンズ系 F T とシリンドリカルレンズ C Y b を通って反射ミラー M R w に向かう。反射ミラー M R w で反射されて、コーナーミラー C M w に入射したビーム B g b は反射ビーム B g c となって折り返され、反射ミラー M R w で反射されて、シリンドリカルレンズ C Y b、 $f \theta$ レンズ系 F T を介して、ポリゴンミラー P M の反射面 R P（R P a）に戻される。反射面 R P（R P a）に戻されたビーム B g c の反射ビーム B g d は、ビーム B g a に対して傾いた方向に進み、反射ミラー M 3 4 で反射され、レンズ系 G L b を介して光電変換素子 D T o 上にス

ポット光となるように集光される。

[0087] 図16の構成の場合、ポリゴンミラーPMの反射面RP (RPa)に戻ってくるビームBg cは、ビーム送光部60aから投射されるビームBg aが投射される反射面RP (RPa)上のXY面内での位置と同じ位置に投射される。本実施の形態では、原点検出用のビームBg a (Bg b、Bg c、Bg d)の波長を、描画用のビームLB nの波長よりも長くでき、基板Pの感光層に不要な感光を与えることが低減される。なお、原点検出用のビームBg aの波長を描画用のビームLB nの波長と異なせると、シリンドリカルレンズCY bとfθレンズ系FTとによる色収差が発生し、描画用のビームLB nのスポット光SPが描画開始する基板P上の位置(タイミング)と、原点信号SZ nが原点時刻Togとなるタイミングとに、色収差による主走査方向の誤差(倍率色収差)に応じた一定の時間誤差が生じ得る。しかしながら、その時間誤差は一定であれば、原点時刻Togからパターンの描画開始時点までの遅延時間をナノ秒オーダーで調整することで、正確に補正することができる。

[0088] 以上、本実施の形態でも、fθレンズ系FTの像面側(基板P側)に配置したコーナーミラーCMwを用いて原点検出用のビームBg aをポリゴンミラーPMの反射面RPまで戻すことによって、光電変換素子DT oを横切るスポット光SP rの走査速度Vhを、描画用のビームLB nのスポット光SPの走査速度Vspの2倍程度に速めることができる。

[0089] [第5の実施の形態の変形例]

図17は、第5の実施の形態による原点センサの変形例による構成を示し、先の第1～第5の実施の形態と同じ機能の部材には同じ符号を付してある。図17では、コーナーミラーCMwの2つの反射面CM a、CM bのうち、コーナーミラーCMwからfθレンズ系FT(シリンドリカルレンズCY b)に戻る反射ビームBg cの主光線Lpcがfθレンズ系FTの光軸AX fに対して平行な状態からわずかに主走査方向に傾くように、反射面CM bを光軸AX fに対して45度から微少量だけ傾ける。すなわち、コーナーミ

ラーCMwの反射面CMbで反射して進む反射ビームBg cを、主走査方向に関してテレセントリックな状態から崩して非テレセントリックな状態にする。これによって、f θ レンズ系FTを通してポリゴンミラーPMの反射面RP (RP a) に達する反射ビームBg c (XY面内では平行光束) は、反射面RP (RP a) 上で元のビームBg aが投射される部分からずれた部分に投射される。したがって、ポリゴンミラーPMの反射面RP (RP a) で反射されたビームBg cの反射ビームBg dが、反射ミラーM23で反射されて光電変換素子DT oに向かう際、元のビームBg aの主光線L p aと反射ビームBg dの主光線L p dとは、先の図15の状態と比べて、より広がった角度で分離する。そのため、反射ビームBg dを検出するビーム受光部60 bの構成、特に反射ミラーM23で反射した反射ビームBg dをレンズ系GL bに向けてさらに反射させるミラーを設けたりすることが容易になり、またレンズ系GL bの配置の自由度が高まる。

[0090] 図17のように、コーナーミラーCMwの2つの反射面CM a、CM bのうち、反射面CM bを光軸AX fに対して45度から微少量だけ傾ける構成は、先の図14、図15の第4の実施の形態においても同様に適用可能である。

[0091] [第6の実施の形態]

図18は、第6の実施の形態による原点センサの構成を示し、先の第1～第5の実施の形態と同じ機能の部材には同じ符号を付してある。本実施の形態では、図18に示すように、反射ミラーM23を介して、描画用のビームLB nがポリゴンミラーPMの1つの反射面RP hに投射されるような状態で、原点検出用のビームBg a (平行光束) を、ポリゴンミラーPMの反射面RP hの隣り (1つ手前) の反射面RP aと、反射面RP aの隣り (1つ手前) の反射面RP bとの2つの反射面に投射するように原点センサを構成する。不図示のビーム送光部60 aから平行光束として投射されるビームBg aは、ポリゴンミラーPMの反射面RP aで反射され、反射ビームBg bとなって反射ミラーMR aに投射される。ビームBg bの反射ミラーMR a

での反射ビーム B_{gc} は、ポリゴンミラー PM の反射面 RPb に投射され、ビーム B_{gc} の反射ミラー MRb での反射ビーム B_{gd} は、レンズ系 GLb によって光電変換素子 DT_o 上にスポット光 SP_r となって集光される。本実施の形態においても、原点検出用のビーム B_{ga} をポリゴンミラー PM の反射面 RP に異なる角度で2回反射させているので、レンズ系 GLb の焦点距離 F_{gs} が f_θ レンズ系 FT の焦点距離 f_o とほぼ同じであっても、光電変換素子 DT_o を横切るスポット光 SP_r の走査速度 V_h を、描画用のビーム LB_n のスポット光 SP の走査速度 V_{sp} の2倍程度に速めることができる。

[0092] 〔その他の変形例〕

ポリゴンミラー PM の代わりに、ガルバノミラー（走査部材）によるビーム走査装置（パターン描画装置）において、ガルバノミラーが所定角度になった瞬間を原点位置として検出する原点検出センサとして、例えば、先の図12で示したような原点検出センサ（レンズ系 GLE 、偏光ビームスプリッタ $BS1$ 、 $BS2$ 、 $1/4$ 波長板 $QP1$ 、 $QP2$ 、光電変換素子 DT_o ）に設けてもよい。ガルバノミラーによるビーム走査装置においても、往復振動するガルバノミラーの反射面で1次元に偏向された描画用（または加工用）のビームが、 f_θ レンズ系 FT 等の走査用光学系によって基板 P （被照射体）上にスポット光として集光するように構成される。ガルバノミラーの場合、描画用（または加工用）のビームを反射する反射面の裏側も反射面にすることができるので、図12のような原点検出センサの他に、図3、図11に示した原点検出センサも容易に配置することができる。その他、図14、図16に示したように、 f_θ レンズ系 FT 等の走査用光学系を介した原点検出センサとすることもできる。

[0093] また、上記の各実施の形態では、原点検出用のビーム B_{ga} をポリゴンミラー PM の反射面 RP で2回反射させてから光電変換素子 DT_o で受光するようにしたが、3回以上反射させてから光電変換素子 DT_o で受光するようにしてもよい。その場合、例えば、図18のように、ポリゴンミラー PM の

第1の反射面（R P h）で反射させたビームB g aを第2の反射面（R P a）で反射させる構成と、図11のような再反射光学系C Eとを組み合わせると、容易に3回反射による原点検出センサが構成できる。

請求の範囲

- [請求項1] 角度可変の走査部材の反射面で偏向された加工用のビームを入射して、被照射体に前記加工用のビームをスポットとして集光する走査用光学系を備え、前記走査部材の反射面の角度変化に応じて前記スポットを走査するビーム走査装置であって、
- 前記走査部材の反射面が所定角度になる原点を検出するための検出用ビームを前記走査部材の反射面に投射するビーム送光部と、
- 前記走査部材の反射面で反射した前記検出用ビームを入射して、前記走査部材の反射面に向けて反射するビーム反射部と、
- 前記走査部材の反射面で再度反射した前記検出用ビームの反射ビームに基づいて、前記原点を表す原点信号を出力する検出部と、
- を備える、ビーム走査装置。
- [請求項2] 請求項1に記載のビーム走査装置であって、
- 前記ビーム送光部は、連続発光する検出用の光源からのビームを平行光束に成形して前記検出用ビームとするための屈折力を持った第1の光学素子を備える、ビーム走査装置。
- [請求項3] 請求項2に記載のビーム走査装置であって、
- 前記検出部は、前記走査部材の反射面で2回目に反射した前記反射ビームを受光して前記原点信号を出力する光電検出器と、前記反射ビームを前記光電検出器に集光するための屈折力を持った第2の光学素子と、を備える、ビーム走査装置。
- [請求項4] 請求項3に記載のビーム走査装置であって、
- 前記ビーム送光部は、前記検出用の光源からのビームを前記第1の光学素子に向けるように配置された第1の光分割素子を備え、
- 前記検出部は、前記走査部材の反射面で2回目に反射されて前記第2の光学素子に入射した前記反射ビームを前記光電検出器に向けるように配置された第2の光分割素子を備え、
- 前記第2の光分割素子は、前記走査部材の反射面で最初に反射され

て前記第2の光学素子に入射する反射ビームを、前記第1の光分割素子に向けて分割する分離面を有し、

前記第1の光分割素子は、前記第2の光分割素子からの前記反射ビームを前記第1の光学素子に向けて分割する分離面を有する、ビーム走査装置。

[請求項5] 請求項4に記載のビーム走査装置であって、

前記第1の光分割素子と前記第2の光分割素子は、各々の前記分離面が直角を成すように配置された偏向ビームスプリッタである、ビーム走査装置。

[請求項6] 請求項5に記載のビーム走査装置であって、

前記第1の光学素子と前記第2の光学素子は、それぞれ1つの集光光学系の光軸を挟んだ2つの部分で構成される、ビーム走査装置。

[請求項7] 請求項3～6のいずれか1項に記載のビーム走査装置であって、

前記第2の光学素子の焦点距離は前記走査用光学系の焦点距離と同じ、または長く設定される、ビーム走査装置。

[請求項8] 請求項1に記載のビーム走査装置であって、

前記走査部材は回転中心軸の回りに回転する回転多面鏡であり、
前記ビーム反射部は、前記回転多面鏡の第1の反射面で反射された前記検出用ビームの反射ビームが、前記第1の反射面と異なる前記回転多面鏡の第2の反射面に向けて反射するように配置される、
ビーム走査装置。

[請求項9] 角度可変の走査部材の反射面で偏向された描画用ビームを入射して、基板に前記描画用ビームをスポットとして集光する走査用光学系を備え、前記走査部材の反射面の角度変化に応じて前記スポットを走査しつつ、前記描画用ビームの強度をパターンに応じて変調して、前記基板にパターンを描画するパターン描画装置であって、

前記走査部材の反射面が所定角度になる原点を検出するための検出用ビームを前記走査部材の反射面に投射するビーム送光部と、

前記走査部材の反射面で反射した前記検出用ビームを入射して、前記走査部材の反射面に向けて反射するビーム反射部と、

前記走査部材の反射面で再度に反射した前記検出用ビームの反射ビームに基づいて、前記原点を表す原点信号を出力する検出部と、

前記原点信号に基づいて前記スポットによる前記パターンの描画を制御する制御部と、

を備える、パターン描画装置。

[請求項10]

請求項9に記載のパターン描画装置であって、

前記ビーム送光部は、連続発光する検出用の光源からのビームを平行光束に成形して前記検出用ビームとするための屈折力を持った第1の光学素子を備える、パターン描画装置。

[請求項11]

請求項10に記載のパターン描画装置であって、

前記検出部は、前記走査部材の反射面で2回目に反射した前記反射ビームを受光して前記原点信号を出力する光電検出器と、前記反射ビームを前記光電検出器に集光するための屈折力を持った第2の光学素子と、を備える、パターン描画装置。

[請求項12]

請求項10に記載のパターン描画装置であって、

前記ビーム送光部は、前記検出用の光源からのビームを前記第1の光学素子に向けるように配置された第1の光分割素子を備え、

前記検出部は、前記走査部材の反射面で2回目に反射されて前記第2の光学素子に入射した前記反射ビームを前記光電検出器に向けるように配置された第2の光分割素子を備え、

前記第2の光分割素子は、前記走査部材の反射面で最初に反射されて前記第2の光学素子に入射する反射ビームを、前記第1の光分割素子に向けて分割する分離面を有し、

前記第1の光分割素子は、前記第2の光分割素子からの前記反射ビームを前記第1の光学素子に向けて分割する分離面を有する、パターン描画装置。

- [請求項13] 請求項 1 2 に記載のパターン描画装置であって、
前記第 1 の光分割素子と前記第 2 の光分割素子は、各々の前記分離面が直角を成すように配置された偏向ビームスプリッタである、パターン描画装置。
- [請求項14] 請求項 1 3 に記載のパターン描画装置であって、
前記第 1 の光学素子と前記第 2 の光学素子は、それぞれ 1 つの集光光学系の光軸を挟んだ 2 つの部分で構成される、パターン描画装置。
- [請求項15] 請求項 1 1 ～ 1 4 のいずれか 1 項に記載のパターン描画装置であって、
前記第 2 の光学素子の焦点距離は前記走査用光学系の焦点距離と同じ、または長く設定される、パターン描画装置。
- [請求項16] 回転多面鏡の複数の反射面のうちの 1 つによって偏向される加工用のビームを、走査用光学系によって被照射体にスポットとして集光し、前記回転多面鏡の回転によって前記スポットを走査するビーム走査装置であって、
前記回転多面鏡の複数の反射面の各々が所定角度になる原点を検出するための検出用ビームを前記回転多面鏡の反射面に投射するビーム送光部と、
前記回転多面鏡の反射面で反射した前記検出用ビームを入射して、前記回転多面鏡の反射面に向けて反射するビーム反射部と、
前記回転多面鏡の反射面で再度反射した前記検出用ビームの反射ビームを受光して、前記原点を表す原点信号を出力する検出部と、
を備える、ビーム走査装置。
- [請求項17] 請求項 1 6 に記載のビーム走査装置であって、
前記ビーム送光部は、前記検出用ビームを平行光束に成形するための屈折力を持った第 1 の光学素子を備え、
前記検出部は、前記検出用ビームの前記反射ビームを受光して前記原点信号を出力する光電検出器と、前記反射ビームを前記光電検出器

に集光させるための屈折力を持った第2の光学素子を備える、ビーム走査装置。

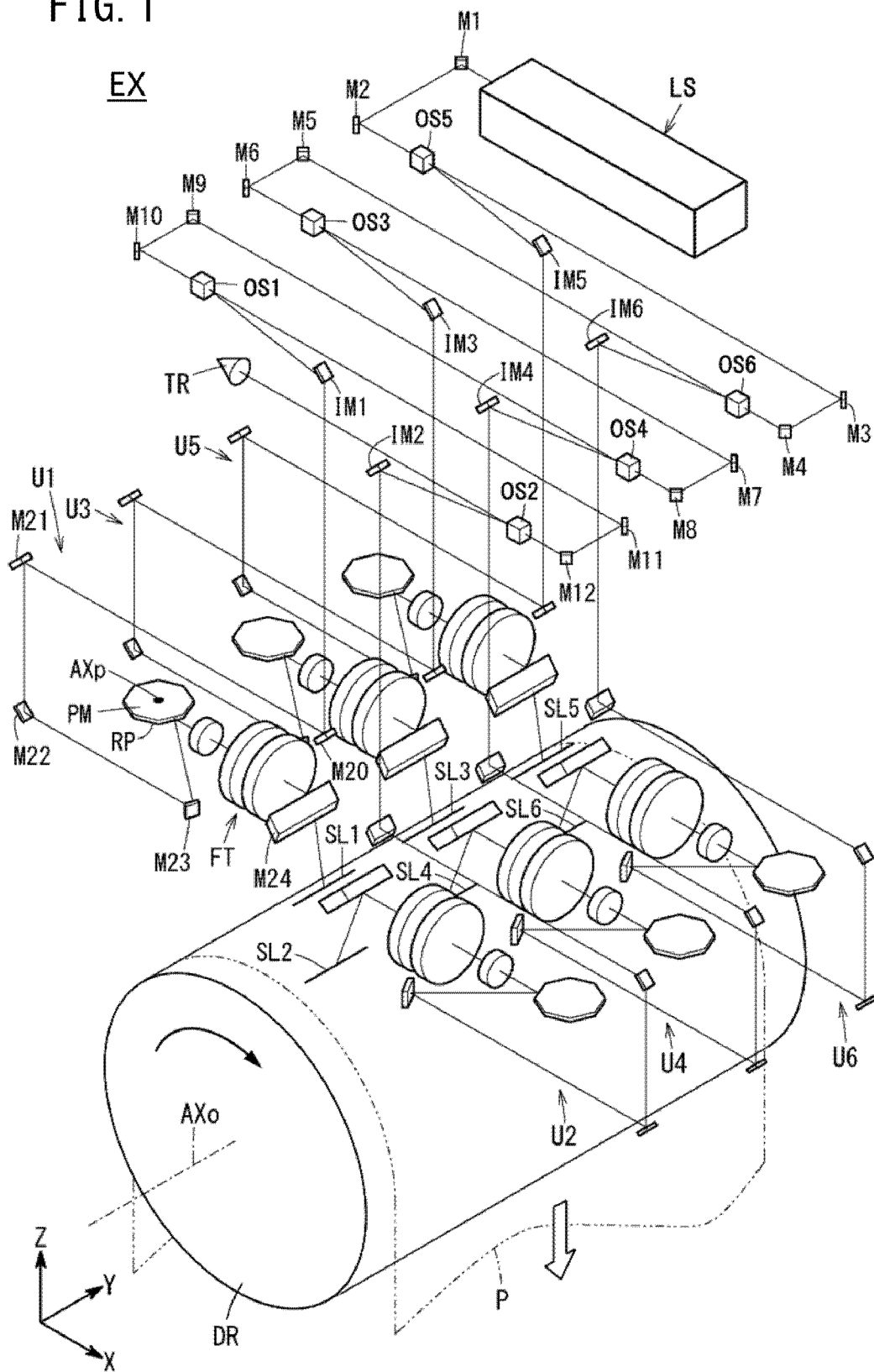
[請求項18]

請求項17に記載のビーム走査装置であって、

前記検出部の前記第2の光学素子の焦点距離を、前記走査用光学系の焦点距離と同じ、または長くした、ビーム走査装置。

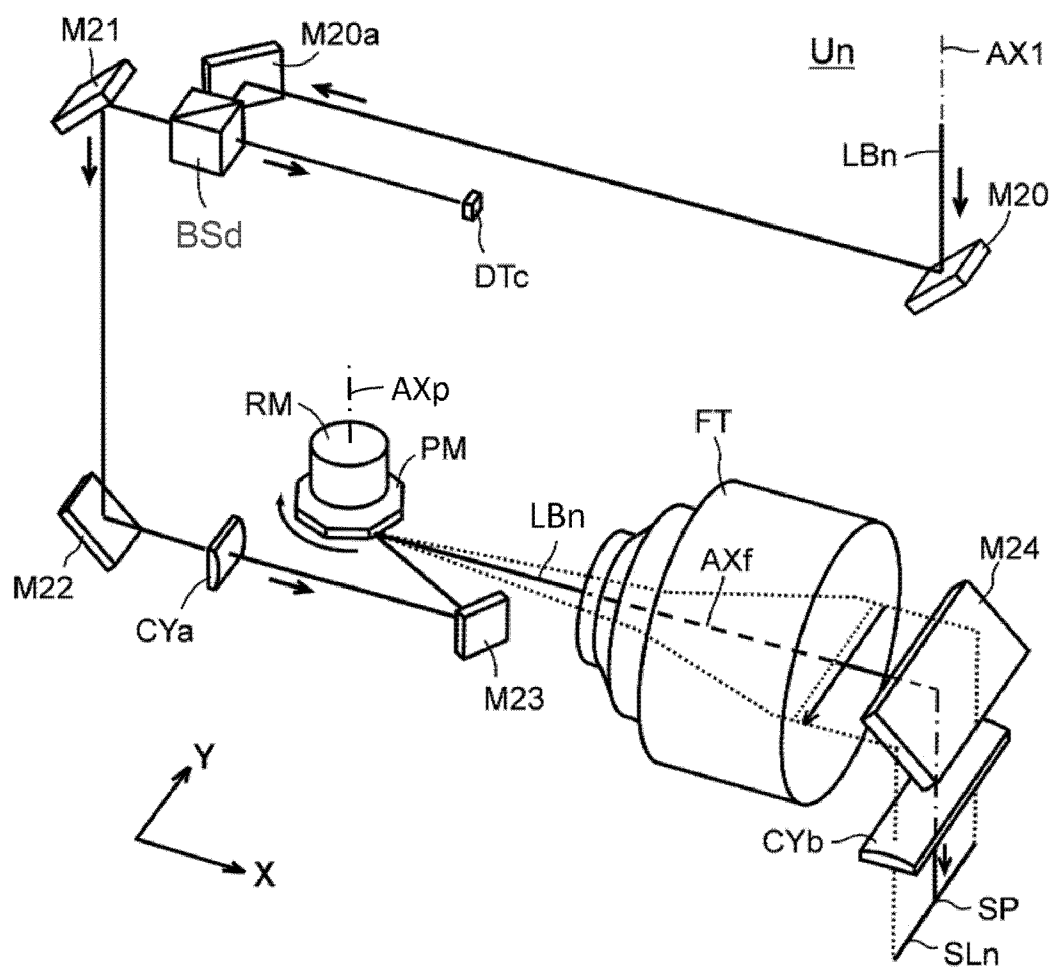
[図1]

FIG. 1



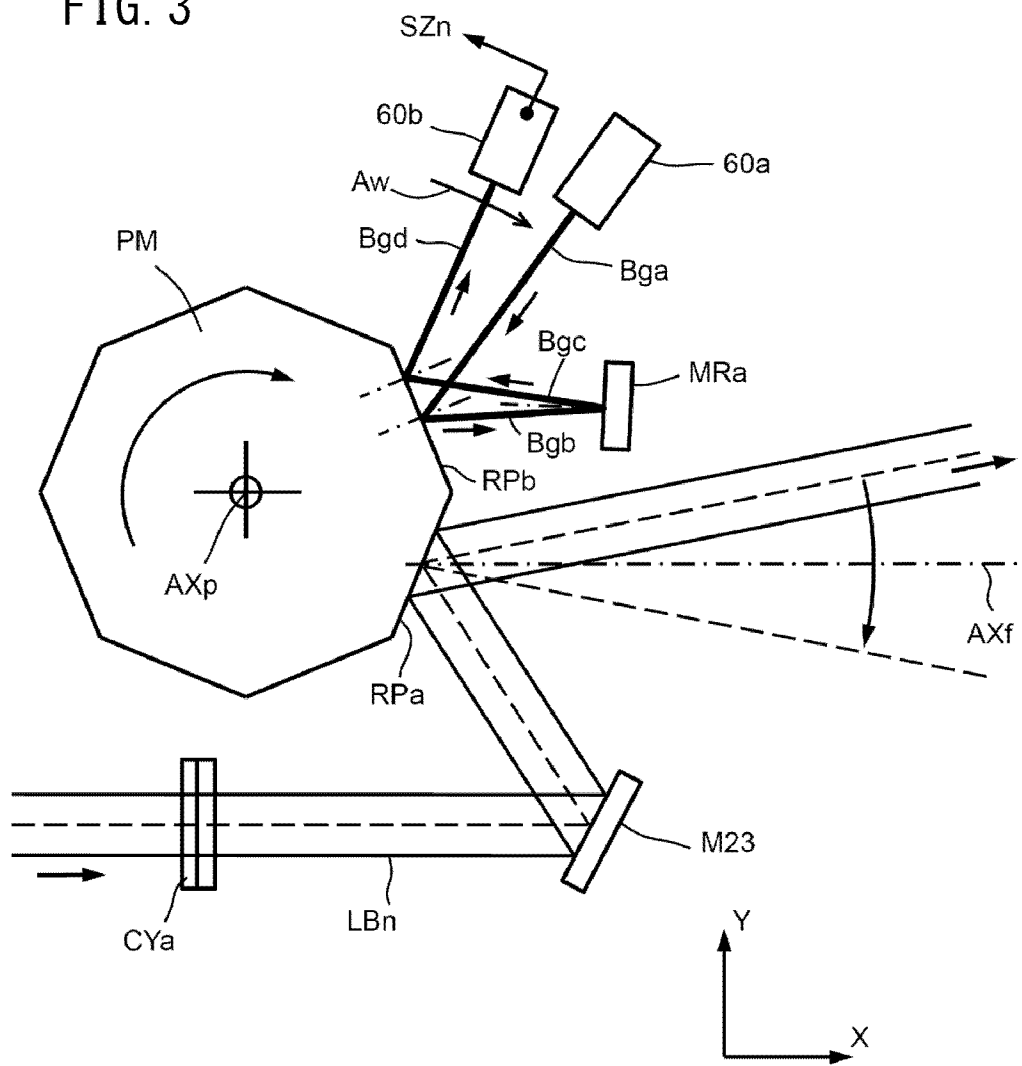
[図2]

FIG. 2



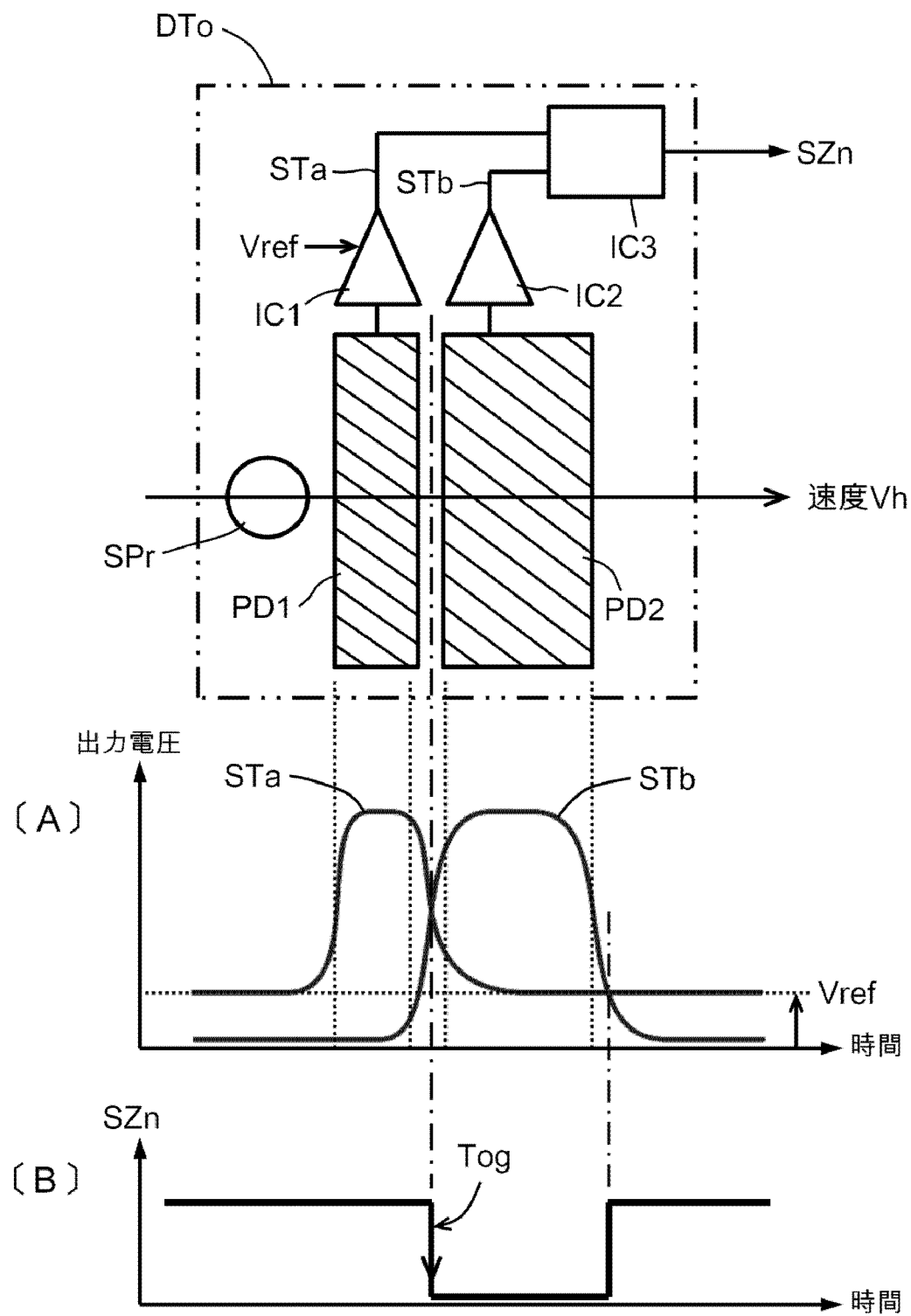
[図3]

FIG. 3

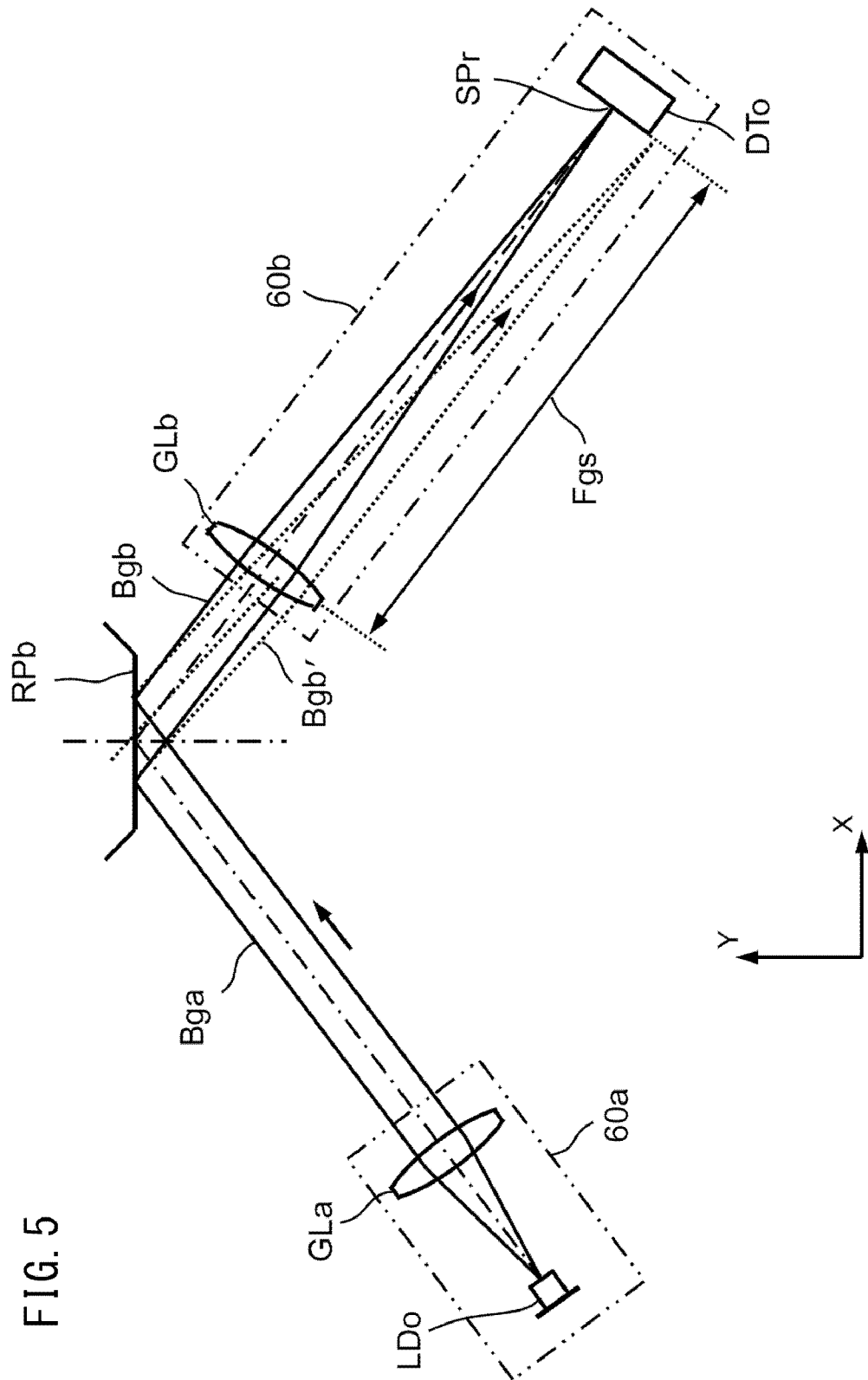


[図4]

FIG. 4

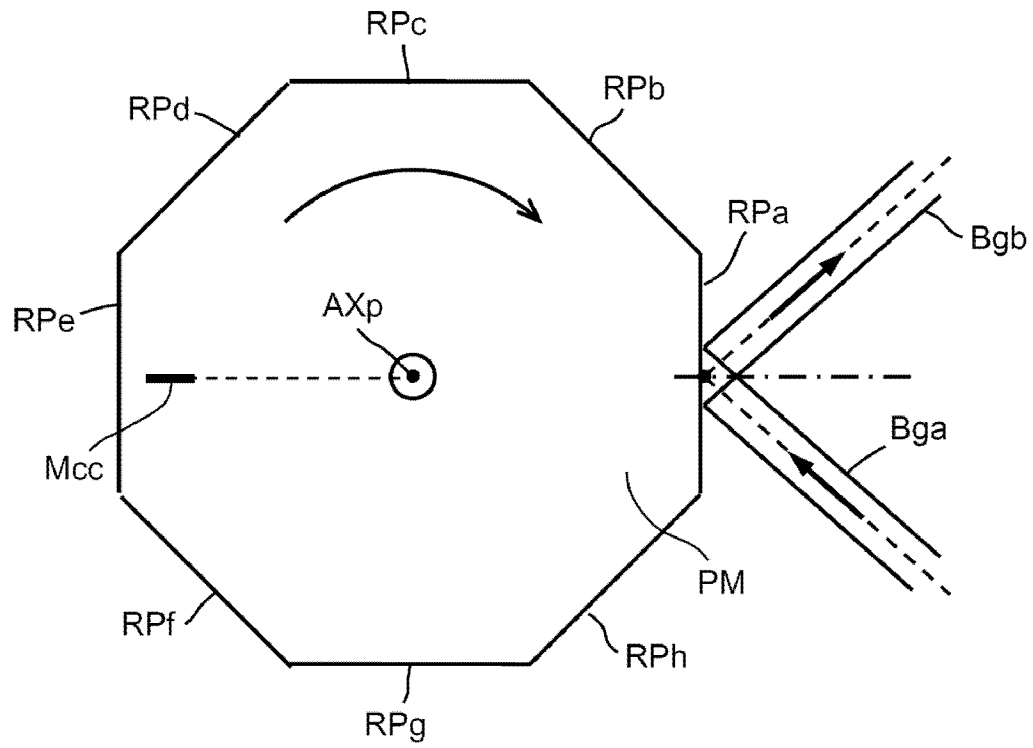


[図5]



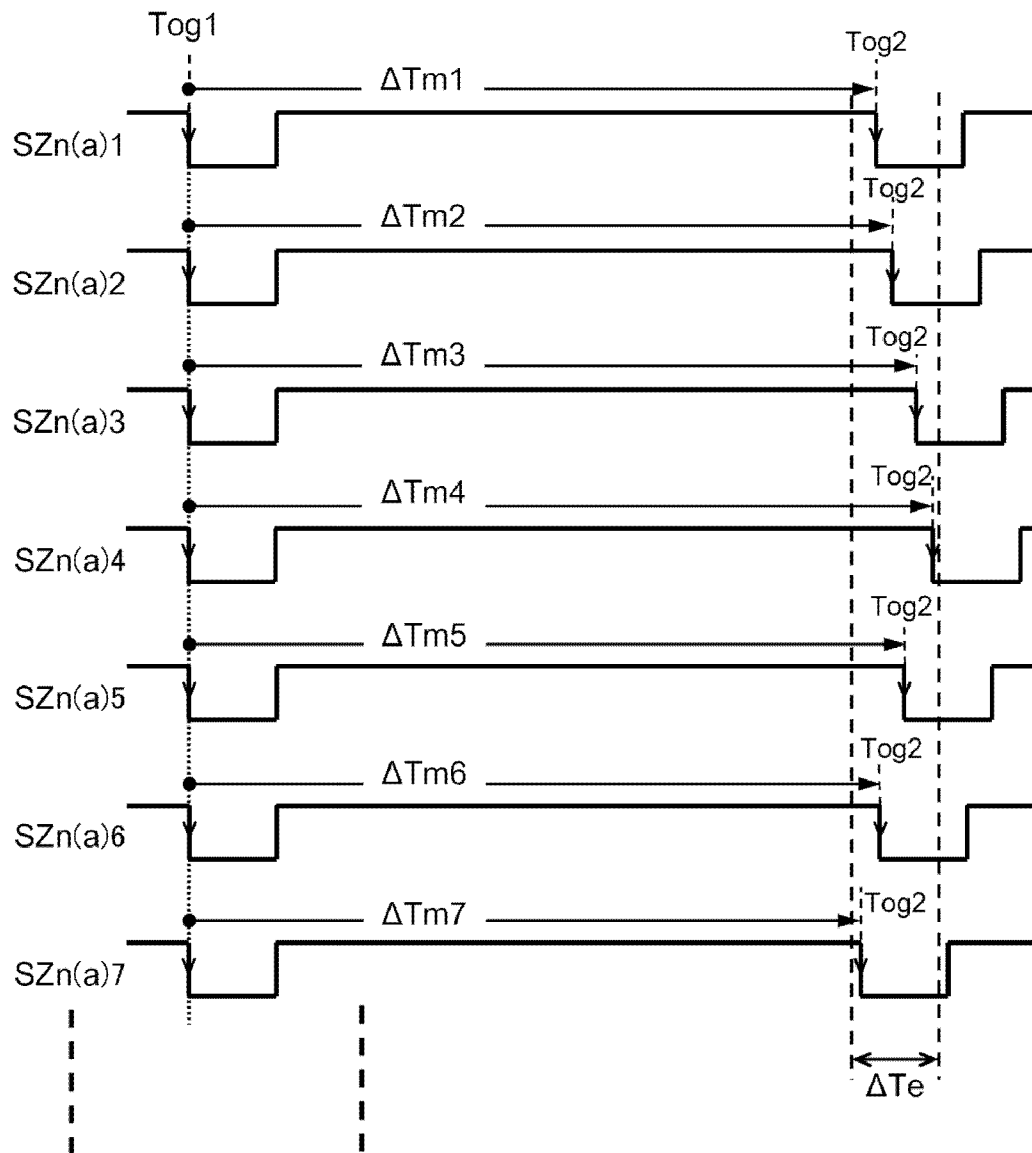
[図6]

FIG. 6



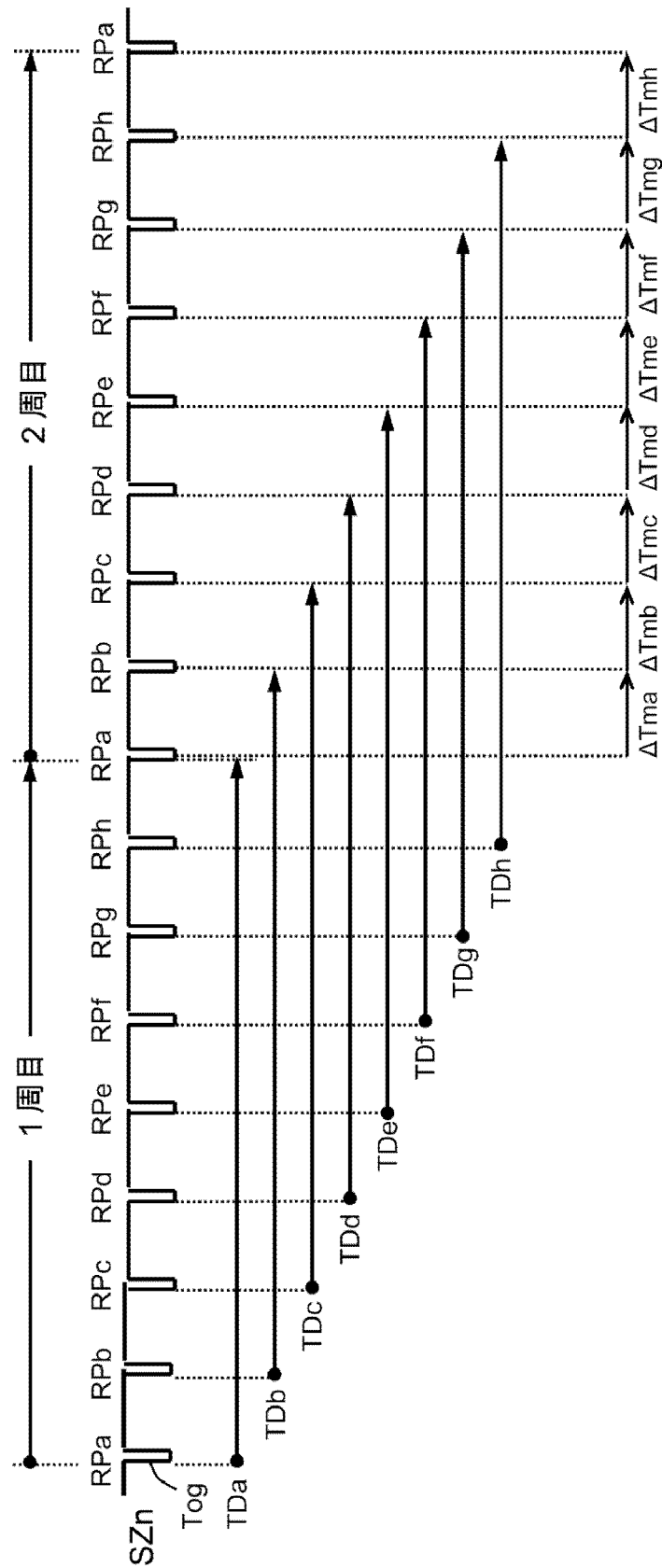
[図7]

FIG. 7

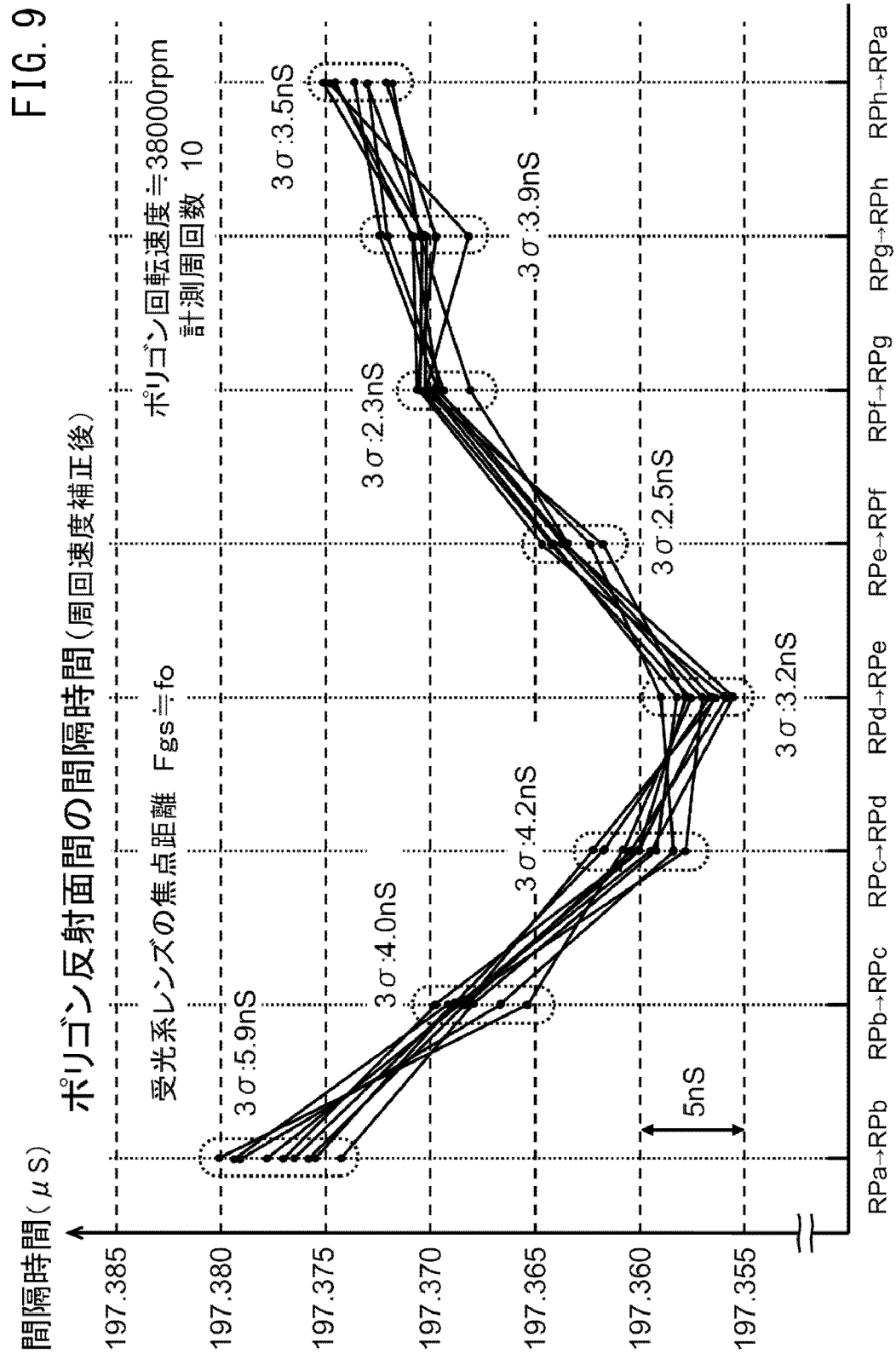


[図8]

FIG. 8

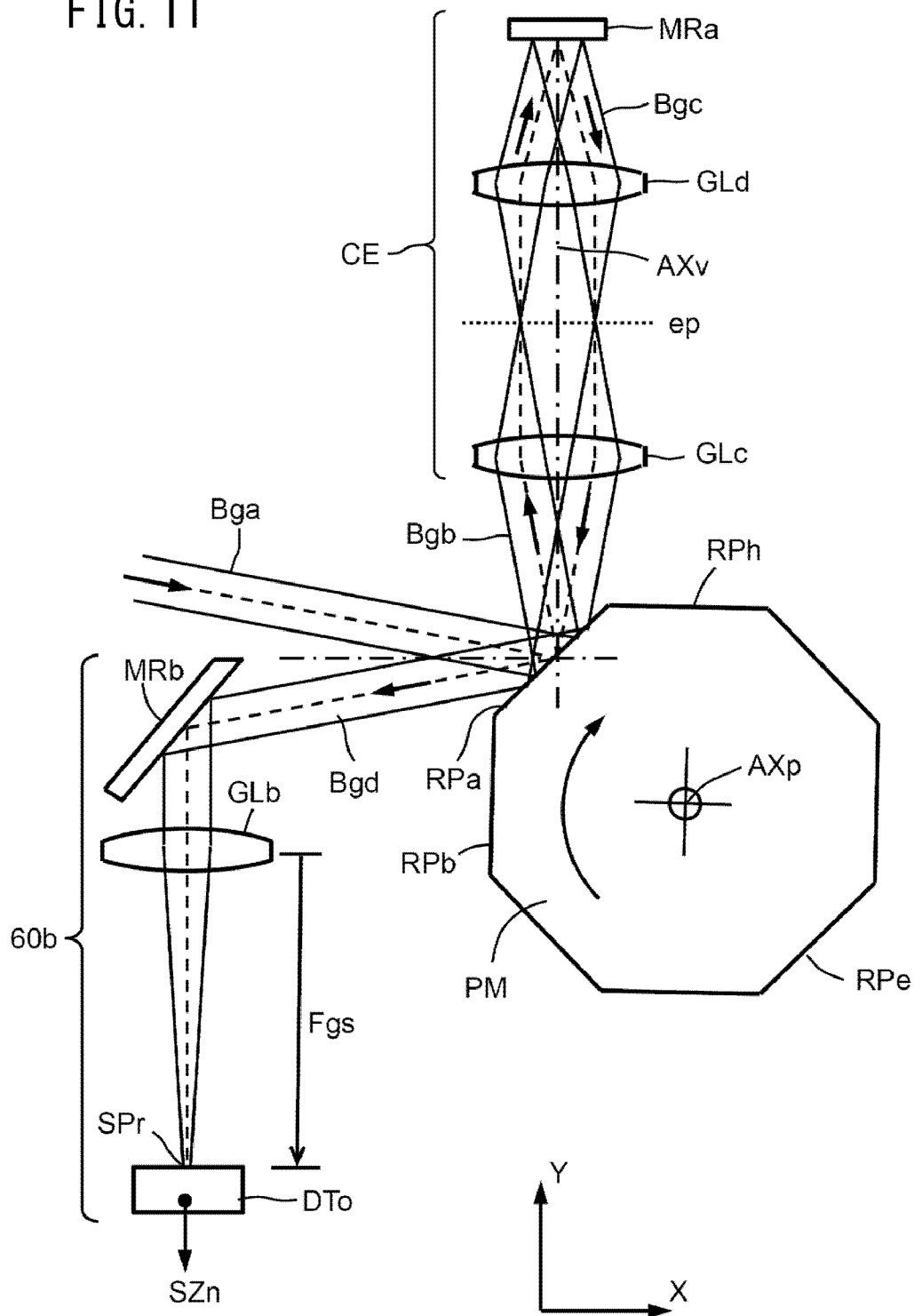


[図9]



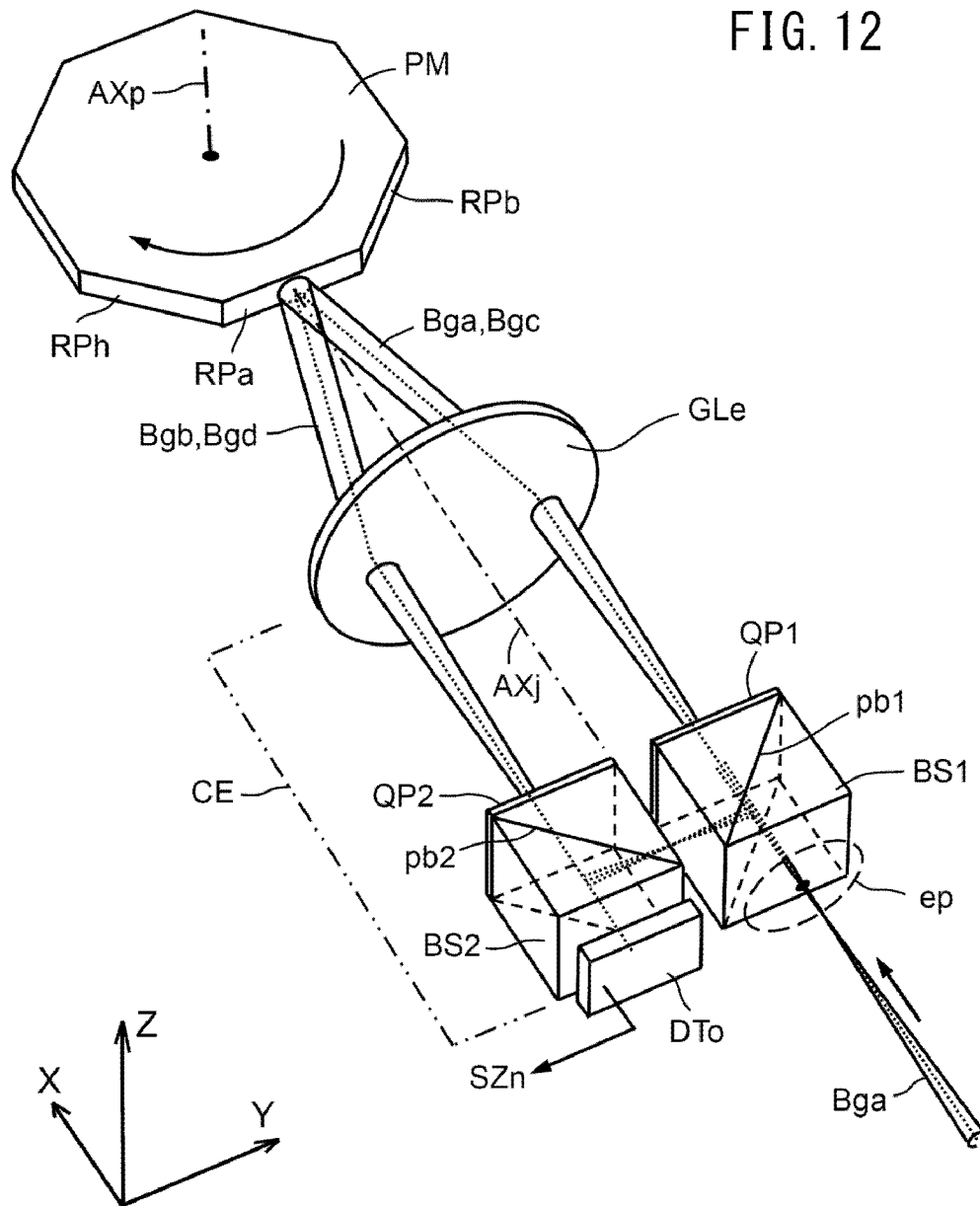
[図11]

FIG. 11



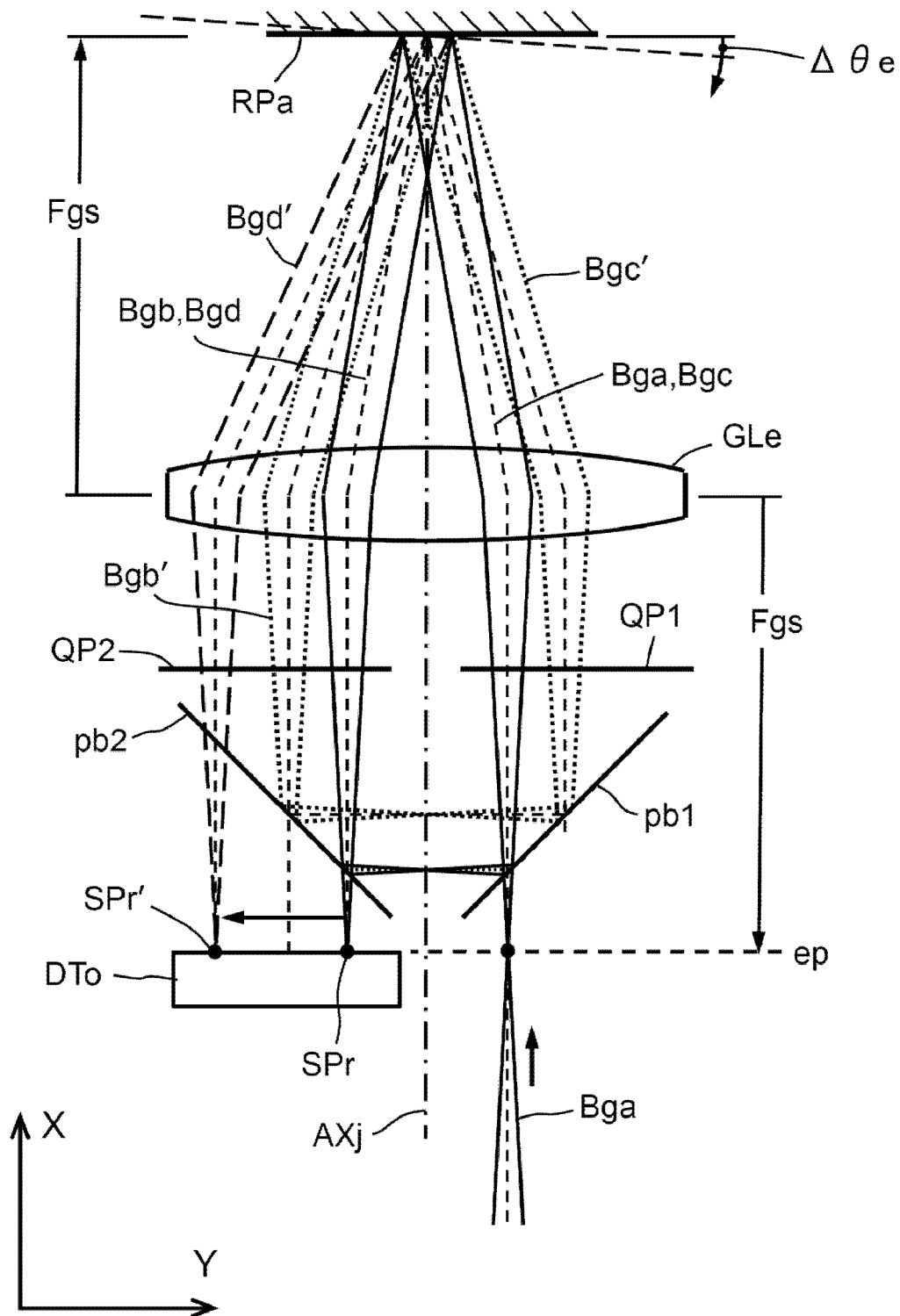
[図12]

FIG. 12



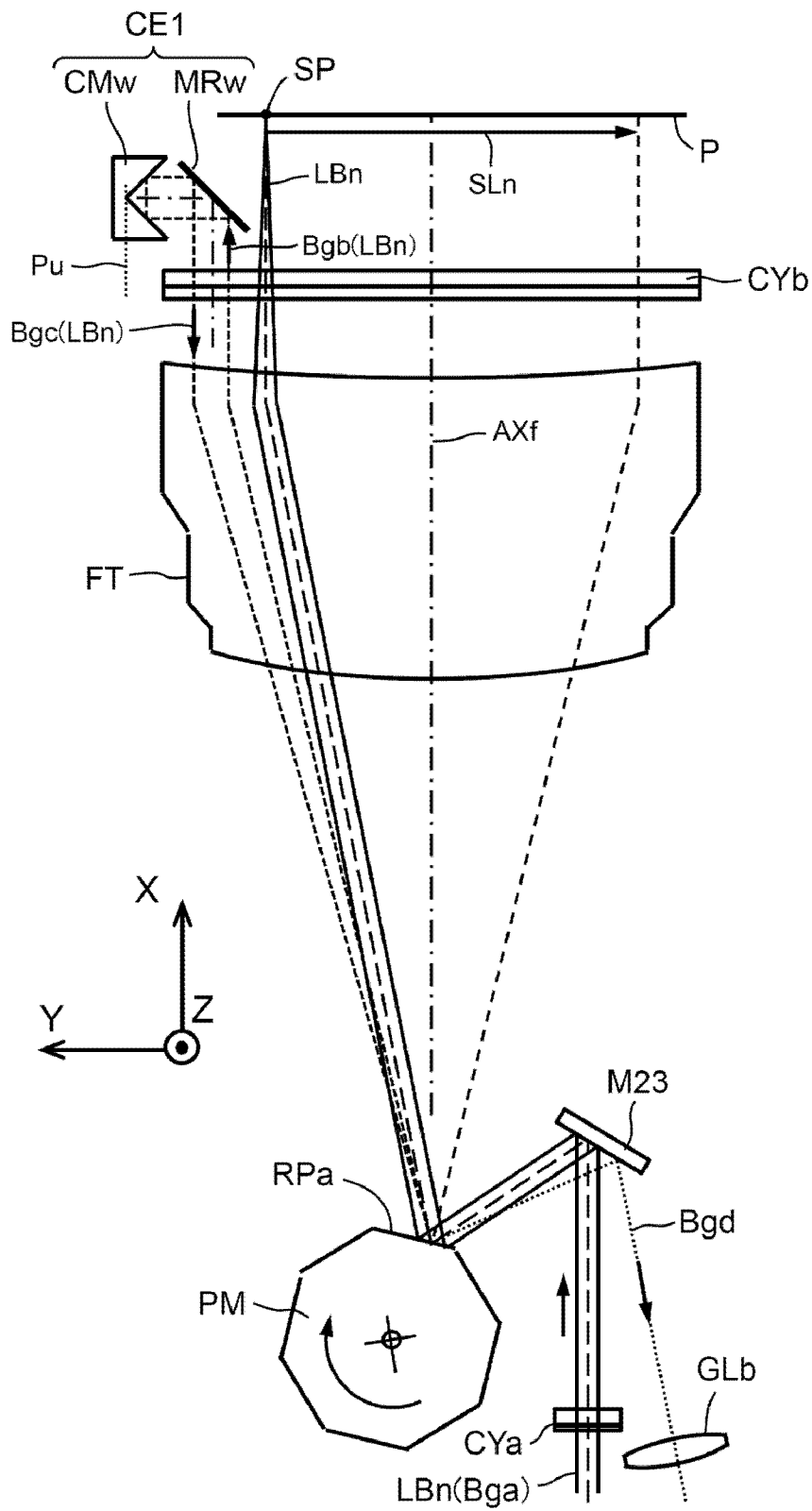
[図13]

FIG. 13



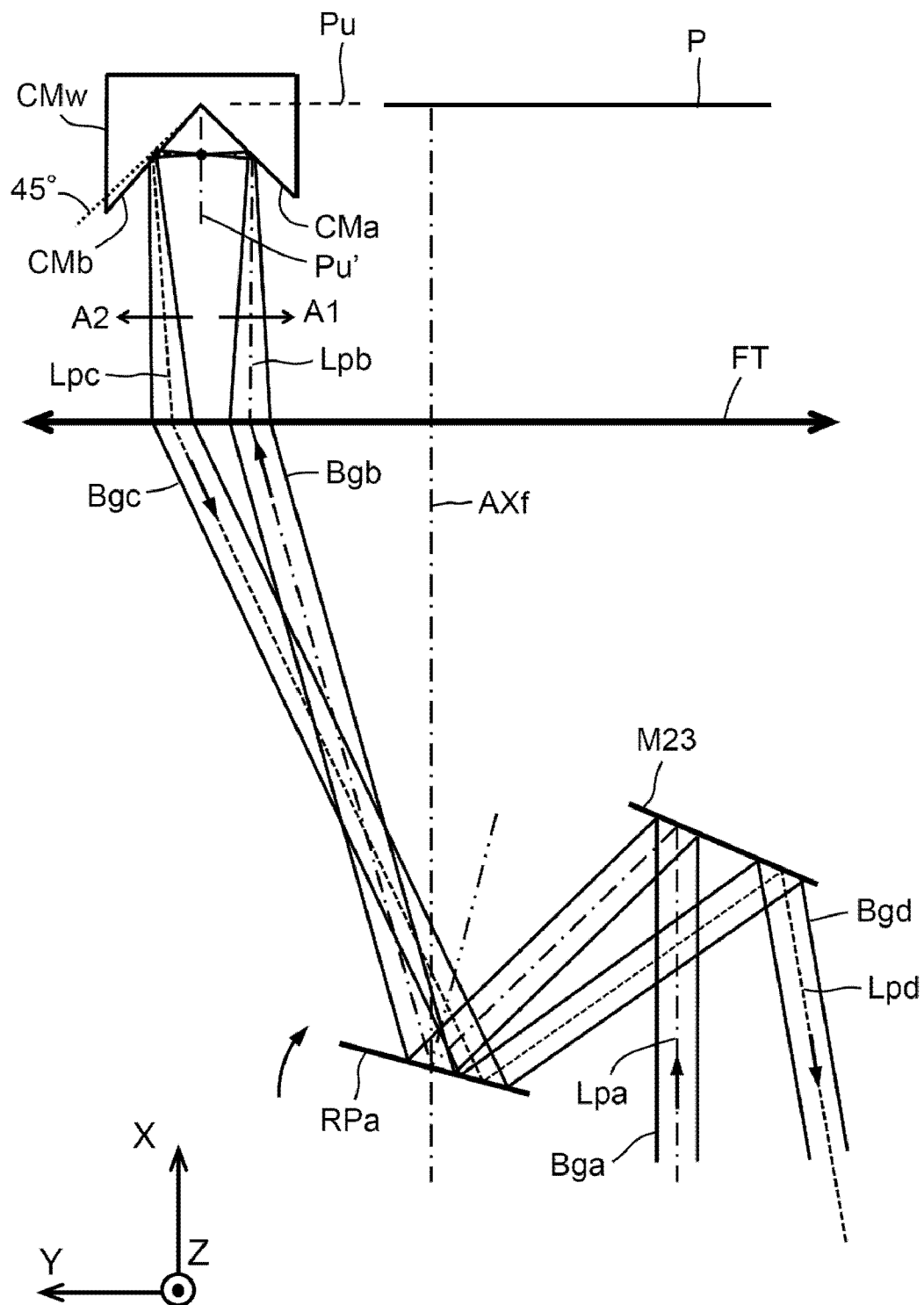
[図14]

FIG. 14



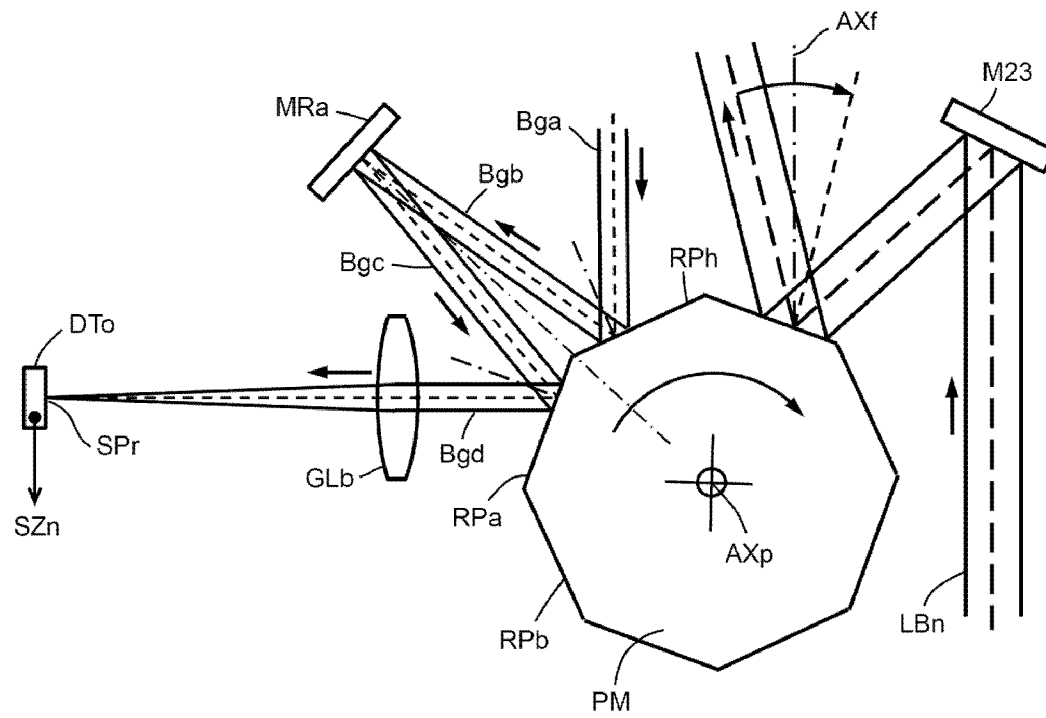
[図17]

FIG. 17



[図18]

FIG. 18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/031737

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B26/12(2006.01)i, G02B26/10(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B26/12, G02B26/10, B23K26/082, H01L21/30, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 08-507410 A (Etec Systems, Inc.), 06 August 1996 (06.08.1996), page 15, line 13 to page 17, line 13; page 19, line 8 to page 20, line 20; fig. 5, 8 & US 5386221 A column 7, line 33 to column 8, line 62; column 10, line 7 to column 11, line 1; fig. 5, 8 & WO 1994/009989 A1 & EP 670784 A1	1-3, 7, 9-11, 15-18 4-6, 8, 12-14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 October 2017 (24.10.17)

Date of mailing of the international search report
07 November 2017 (07.11.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/031737

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2005-275399 A (Hewlett-Packard Development Co., L.P.), 06 October 2005 (06.10.2005), paragraphs [0031] to [0040], [0045] to [0048]; fig. 2 & US 2005/0200929 A1 paragraphs [0046] to [0055], [0060] to [0063]; fig. 2 & EP 1585309 A1	1-3, 7, 9-11, 15-18 4-6, 8, 12-14
Y A	JP 08-110488 A (Canon Inc.), 30 April 1996 (30.04.1996), paragraphs [0027] to [0041]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-3, 7, 9-11, 15-18 4-6, 8, 12-14
Y A	JP 09-159945 A (Komatsu Ltd.), 20 June 1997 (20.06.1997), paragraphs [0027] to [0042]; fig. 1, 4 to 6, 8 to 10 & EP 869384 A1 column 8, line 50 to column 14, line 38; fig. 1, 4 to 6, 8 to 10 & WO 1997/021132 A1	7, 11, 15, 18 1-6, 8-10, 12-14, 16-17
Y A	JP 2000-507003 A (Etec Systems, Inc.), 06 June 2000 (06.06.2000), page 9, line 7 to page 15, line 15; fig. 1, 5 & US 6037967 A column 3, line 46 to column 7, line 47; fig. 1, 5 & WO 1998/027450 A1 & EP 904559 A1	1-3, 7, 9-11, 15-18 4-6, 8, 12-14
A	US 6119942 A (SICK AG), 19 September 2000 (19.09.2000), entire text; all drawings & DE 19726581 A1	1-18

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B26/12(2006.01)i, G02B26/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B26/12, G02B26/10, B23K26/082, H01L21/30, G03F7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 08-507410 A（イーテック・システムズ・インコーポレーテッド） 1996.08.06, 第15頁第13行-第17頁第13行, 第19頁第8行-第20 頁第20行, 図5, 8 & US 5386221 A, 第7欄第33行-第8欄第62行, 第10欄第7-第11 欄第1行, 図5, 8 & WO 1994/009989 A1 & EP 670784 A1	1-3, 7, 9-11, 15-18 4-6, 8, 12-14

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24.10.2017

国際調査報告の発送日

07.11.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

山本 貴一

2 L

4086

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2005-275399 A (ヒューレット-パッカード デベロップメント カンパニー エル. ピー.)	1-3, 7, 9-11, 15-18
A	2005.10.06, 段落【0031】-【0040】, 【0045】-【0048】, 図2 & US 2005/0200929 A1, 段落[0046]-[0055], [0060]-[0063], 図2 & EP 1585309 A1	4-6, 8, 12-14
Y	JP 08-110488 A (キヤノン株式会社) 1996.04.30, 段落【0027】-【0041】, 図1-3	1-3, 7, 9-11, 15-18
A	(ファミリーなし)	4-6, 8, 12-14
Y	JP 09-159945 A (株式会社小松製作所)	7, 11, 15, 18
A	1997.06.20, 段落【0027】-【0042】, 図1, 4-6, 8-10 & EP 869384 A1, 第8欄第50行-第14欄第38行, 図1, 4-6, 8-10 & WO 1997/021132 A1	1-6, 8-10, 12- 14, 16-17
Y	JP 2000-507003 A (イーテック システムズ, インコーポレーテッ ド)	1-3, 7, 9-11, 15-18
A	2000.06.06, 第9頁第7行-第15頁第15行, 図1, 5 & US 6037967 A, 第3欄第46行-第7欄第47行, 図1, 5 & WO 1998/027450 A1 & EP 904559 A1	4-6, 8, 12-14
A	US 6119942 A (SICK AG) 2000.09.19, 全文, 全図 & DE 19726581 A1	1-18