(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
2022年3月3日(03.03.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/044992 A1

(51) 国際特許分類:
G03F 7/24 (2006.01) *G02B 26/12* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/030564

(22) 国際出願日： 2021年8月20日(20.08.2021)

(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 2020-141323 2020年8月25日(25.08.2020) 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: 下山隆司 (**SHIMOYAMA Takachika**); 〒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).

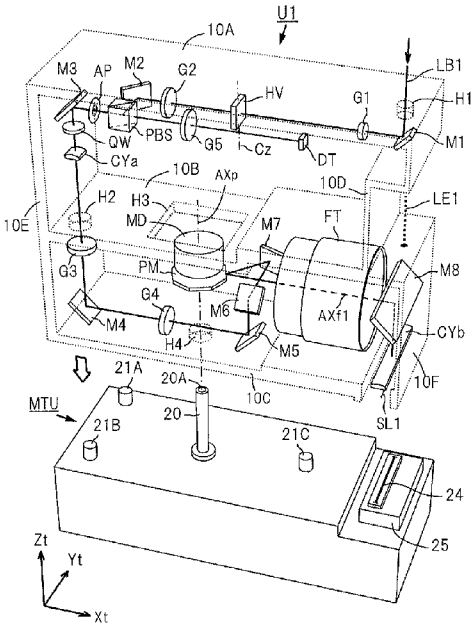
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, 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,

(54) **Title:** INSPECTION DEVICE FOR PATTERN DRAWING DEVICE

(54) 発明の名称： パターン描画装置用の検査装置

FIG.2



(57) **Abstract:** According to one aspect, the present invention provides an inspection device (MTU) that inspects the correlation state between a rotation angle position of each of reflection surfaces of a rotary polygon mirror (PM) and a scanning position of a spot of light, on the basis of information about a rotation angle position measured by encoder measurement systems (32, 34, 60) and a detection signal output from a sensor unit part (24).

(57) 要約：本発明の一態様の検査装置（ＭＴＵ）は、エンコーダ計測システム（３２、３４、６０）で計測される回転角度位置の情報と、センサーユニット部（２４）から出力される検出信号とに基づいて、回転多面鏡（ＰＭ）の反射面の各々の回転角度位置とスポット光の走査位置との相関状態を検査する。

WO 2022/044992 A1

［続葉有］

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)）

明　細　書

発明の名称 ： パターン描画装置用の検査装置

技術分野

[0001] 本発明は、スポット光の走査によって被照射体上にパターンを描画するパターン描画装置において、スポット光の走査位置を精密に検査する為の検査装置に関する。

背景技術

[0002] レーザ光を多色用の複数の感光体ドラム（被照射体）の各々に照射して静電潜像（画像）を形成する為に、レーザダイオード、レンズ、ミラー、ポリゴンミラー等を有する複数の露光装置を備えた画像形成装置が、例えば、特開２０１８－１６７５６４号公報に開示されている。特開２０１８－１６７５６４号公報の画像形成装置（パターン描画装置）では、特に図３、図５、並びに段落００３４～００４０に開示されているように、ポリゴンミラー２３を回転させるポリゴンモータ４１の制御回路４２は、コントローラ３１からのポリゴンクロック信号（ポリゴンモータ４１の基準の回転速度に対応）に基づいて、ポリゴンモータ４１の回転速度をエンコーダ等で検出し、ＰＬＬ（Phase Locked Loop）方式で、その回転速度が基準速度に同期するように制御している。

[0003] 特開２０１８－１６７５６４号公報には、ポリゴンモータ４１の回転速度を検出するエンコーダの具体的な配置や構成が明記されていないが、一般的に、ポリゴンモータ４１の回転軸と同軸に取り付けられたスケール円盤等を光学式、又は磁気式に検出するエンコーダが用いられる。そのようなエンコーダは、ポリゴンミラーの単位回転角度毎の周期を有するパルス状又は正弦波状の信号を出力し、多くの場合、特開２０１８－１６７５６４号公報に開示されたように、ポリゴンミラーの回転速度の検出、並びに速度制御の為に使われる。

[0004] その為、画像形成（パターン描画）の時間短縮の為にポリゴンミラーの回

転速度を早くすればするほど、ポリゴンモータに取り付けられたエンコーダでは、被照射体上に投射されるレーザ光のスポット光の走査方向の移動位置に対応したポリゴンミラーの回転角度位置を高い分解能で計測することが困難となる。特に、被照射体上でのスポット光の寸法（直径）が数十μｍ以下（或いは数μｍ以下）に微細化され、スポット光の寸法に応じて設定される最小線幅を有する微細なパターンを高い位置決め精度で描画する装置では、ポリゴンミラーの回転角度位置とスポット光の走査位置との対応関係を高精度に把握することが望まれる。

発明の概要

[0005] 本発明の一態様は、描画データに基づいて強度変調されたビームを一次元に偏向する回転多面鏡と、前記回転多面鏡を回転させる第１のモータと、前記回転多面鏡で偏向された前記ビームを基板上に一次元走査されるスポット光として投射する走査用光学系と、を有する描画ユニットを検査する検査装置であって、前記描画ユニットを脱着可能に搭載する載置部と、前記載置部から突出し、前記回転多面鏡の回転軸と同軸に結合可能な回転シャフトと、前記回転シャフトと同軸に取り付けられたスケール円盤を有し、前記スケール円盤の回転角度位置を計測するエンコーダ計測システムと、前記スポット光を受光し、前記スポット光の走査位置に応じた検出信号を出力するセンサーユニット部と、を備え、前記エンコーダ計測システムで計測される前記回転角度位置の情報と、前記センサーユニット部から出力される前記検出信号とに基づいて、前記回転多面鏡の反射面の各々の回転角度位置と前記スポット光の走査位置との相関状態を検査する。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図１は、第１の実施の形態として適用されるパターン描画装置ＥＸに搭載された描画ユニットＵ１～Ｕ６の配置を概略的に示した図である。

[図2]図２は、図１のパターン描画装置ＥＸの描画ユニットＵ１～Ｕ６のうち、代表して描画ユニットＵ１の詳細構成と検査工具装置ＭＴＵの配置とを示す斜視図である。

[図3]図３は、図２に示した検査工具装置ＭＴＵの主な内部構成を示す斜視図である。

[図4]図４は、図３に示した検査工具装置ＭＴＵに描画ユニットＵ１をドッキングさせて検査する際の計測に必要な各種の機能部材の構成を概略的に示す図である。

[図5]図５は、図２に示した描画ユニットＵ１内のポリゴンミラーＰＭとｆθレンズ系ＦＴによるスポット光ＳＰの走査状態を表した図である。

[図6]図６は、描画データで規定された画素マップに従って、スポット光ＳＰが基板Ｐ上にパターンを描画する様子を模式的に表した図である。

[図7]図７は、検査工具装置ＭＴＵ内のスケール円盤３２のうち、エンコーダヘッド３４による目盛３２Ｇの読取り中心位置３４Ａ付近の一部分を誇張して示した概略図である。

[図8]図８Ａは、図２、図３に示したセンサーユニット部２４の詳細な構成を示し、図８Ｂは、センサーユニット部２４から出力される検出信号ＳＳ２の波形の一例を示し、図８Ｃは、図２に示した描画ユニットＵ１内の光検出器ＤＴからの信号の波形の一例を示す図である。

[図9]図９は、ポリゴンミラーＰＭの１つの反射面によるスポット光ＳＰの走査位置とポリゴンミラーＰＭの回転角度位置との相関状態の誤差を誇張して表したグラフである。

[図10]図１０Ａは、スポット光ＳＰの光電検出の為にセンサーユニット部２４の検出面２４Ａ上に設けられるスリット開口の第１の変形例を示し、図１０Ｂは、光検出器ＤＴａより得られる波形の一例を示し、図１０Ｃは、光検出器ＤＴｂより得られる波形の一例を示し、図１０Ｄは、光検出器ＤＴｃより得られる波形の一例を示す図である。

[図11]図１１Ａは、センサーユニット部２４の検出面２４Ａ上の遮光領域２４ｓ（２４ｃ、２４ｅ）に形成されるスリット開口の第２の変形例を示し、図１１Ｂは、描画ラインＳＬ１ａに沿ってスポット光ＳＰが移動した場合に得られる波形の一例を示し、図１１Ｃは、描画ラインＳＬ１ｂに沿ってスポ

ット光ＳＰが移動した場合に得られる波形の一例を示す図である。

[図12]図１２Ａは、センサーユニット部２４の検出面２４Ａ上の遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅに形成されるスリット開口の第４の変形例を示し、図１２Ｂは、光検出器ＤＴａより得られる波形の一例を示し、図１２Ｃは、光検出器ＤＴｂより得られる波形の一例を示し、図１２Ｄは、光検出器ＤＴｃより得られる波形の一例を示す図である。

[図13]図１３は、ポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａ（他の反射面ＭＲｂ～ＭＲｈでも同様）上に投射されるビームＬＢ１の様子を説明する図である。

[図14]図１４は、平行平板ＨＶの傾斜位置に応じたスポット光ＳＰの照度の変化を、ポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａ～ＭＲｈ毎に求めた計測例（第５の変形例）を誇張して表したグラフである。

[図15]図１５は、描画ユニットＵ１からの原点信号ＢＤＳの発生位置と、センサーユニット部２４のスリット開口ＳＳａに対応して得られる検出信号ＳＳ２の発生位置との差分量の計測例（第９の変形例）を模式的に表した図である。

[図16]図１６は、図１５の計測例により求められたポリゴンミラーＰＭの反射面毎の差分量を模式的に表した図である。

発明を実施するための形態

[0007] 本発明の態様に係る基板処理装置（パターン形成装置）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、多様な変更又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、置換又は変更を行うことができる。

[0008] 〔第１の実施の形態〕

図１は、第１の実施の形態による基板処理装置として、基板（被照射体）

Ｐにパターンを露光するパターン形成装置（パターン描画装置）ＥＸの概略構成を示す図であり、その基本的な構成は、国際公開第２０１７／１９１７７７号、国際公開第２０１８／０６１６３３号、国際公開第２０１９／０８２８５０号に開示されているものと同じである。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、図に示す矢印に従ってＸ方向、Ｙ方向、及びＺ方向を設定する。

[0009] パターン描画装置ＥＸは、基板Ｐ上に塗布されたフォトレジスト等の感光性機能層に電子デバイス用の微細パターンを露光して、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。デバイス製造では、例えば、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、又は、フレキシブル・センサ等の電子デバイスを製造する為に、パターン描画装置以外にも複数種の製造装置が使われる。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（Ｒｏｌｌ　Ｔｏ　Ｒｏｌｌ）方式の生産方式を有する。そのため、少なくとも製造処理中の基板Ｐ上には、最終製品となる単位デバイス（１つの表示パネル等）に対応したパターンが、基板Ｐの搬送方向に所定の隙間を空けて多数連なった状態で配列される。基板Ｐは、その長尺方向が基板Ｐの移動方向（搬送方向）となり、長尺方向と直交した短尺方向が基板Ｐの幅方向となる帯状である。

[0010] 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又は合金からなる箔（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、及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良い

。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パターン描画装置ＥＸ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良い。基板Ｐの母材として、厚みが２５μｍ～２００μｍ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）、ポリイミド等のフィルムは、好適なシート基板の典型である。また、基板Ｐは、フロート法等で製造された厚さ３０～１００μｍ程度の極薄ガラスの単層体、その極薄ガラスに上記の樹脂フィルム、金属箔等を貼り合わせた積層体、或いは、ナノセルロースを含有して表面を平滑処理した紙片であっても良い。

[0011] 基板Ｐの表面に塗布される感光性機能層は、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（液状又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したり、紫外線の照射を受けた部分のメッキ還元基が除去されたりする感光性還元剤等がある。感光性機能層として感光性シランカップリング剤を用いる場合は、基板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）又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（ＴＦＴ）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。

[0012] 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、或いは非露光と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又は銅イオン等を含むメッキ液中に一定時間浸漬する無電解メッキによって、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（加算式）のプロセスであるが、その他、サブトラクティブ（減算式）のプロセスと

してのエッチング処理を前提にしても良い。その場合、パターン描画装置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）等の金属性薄膜を全面又は選択的に蒸着し、更にその上にフォトレジスト層を積層したものとされる。

[0013] 図１に示したパターン描画装置ＥＸは、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であり、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（単一の処理部又は複数の処理部を含む）に向けて所定の速度で長尺方向に搬送する。その搬送に同期して、パターン描画装置ＥＸは、基板Ｐの感光性機能層に電子デバイスを構成する信号線や電源ラインの配線パターン、ＴＦＴを構成する電極、半導体領域、スルーホール等のいずれかのパターン形状に応じた光パターンを、描画データに応じて強度変調されるスポット光のＹ方向への高速走査（主走査）と基板Ｐの長尺方向への移動（副走査）とによって形成する。

[0014] 図１において、パターン描画装置ＥＸ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ＤＲと、回転ドラムＤＲ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Ｕｎ（Ｕ１～Ｕ６）とを備え、複数の描画ユニットＵｎ（Ｕ１～Ｕ６）の各々は、露光用のパルス状のビーム（パルスビーム）のスポット光を、基板Ｐの被照射面（感光面）上でＹ方向にポリゴンミラーＰＭ（走査部材）で１次元に走査（主走査）しつつ、スポット光の強度を描画データに応じて高速に変調（オン／オフ）する。これにより、基板Ｐの被照射面に電子デバイス、回路又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。本実施の形態では、６つの描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々、又は全体によってパターン形成機構が構成される。

[0015] 図１のように、回転ドラムＤＲは、Ｙ方向に延びた中心軸ＡＸｏと、中心軸ＡＸｏから一定半径の円筒状の外周面ＤＲａとを有する。回転ドラムＤＲは、その外周面ＤＲａ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（密着保持）しつつ、中心軸ＡＸｏ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ＤＲは、６つの描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々からのビームＬＢ（スポット光）が投射される基板Ｐ上の領域（部分）をその外周面ＤＲａで支持する。なお、回転ドラムＤＲのＹ方向の両側には、回転ドラムＤＲを中心軸ＡＸｏの回りに回転させるようにベアリングを介して装置本体に支持されるシャフトＳｆｔが設けられる。そのシャフトＳｆｔには、不図示の回転駆動源（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、回転ドラムＤＲは中心軸ＡＸｏ回りに一定の回転速度で回転する。

[0016] 図１において、６つの描画ユニットＵ１～Ｕ６のうちの奇数番の描画ユニットＵ１、Ｕ３、Ｕ５は、基板Ｐの搬送方向の上流側にＹ方向に並ぶように配置され、偶数番の描画ユニットＵ２、Ｕ４、Ｕ６は、基板Ｐの搬送方向の下流側にＹ方向に並ぶように配置される。６つの描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々には、不図示の光源装置（パルス光源装置）からのパルス状のビーム（１００ＭＨｚ～４００ＭＨｚの範囲のいずれかの周波数で発振）ＬＢ１～ＬＢ６が、例えば、国際公開第２０１５／１６６９１０号に開示されているように、光源装置からのビームの光路に直列に配置されたスイッチング用の６つの音響光学変調素子（ＡＯＭ）を介して時分割に供給される。光源装置からのビームは、基板Ｐの感光性機能層に対して感度を有するように、４１０～２００ｎｍの波長帯域にピーク波長（例えば、４０５ｎｍ、３６５ｎｍ、３５５ｎｍ、３４４ｎｍ、３０８ｎｍ、２４８ｎｍ等のいずれかの中心波長）を有する紫外線光に設定される。

[0017] 光源装置は、例えば、国際公開第２０１５／１６６９１０号、国際公開第２０１７／０５７４１５号に開示されているように、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、及び、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）等で構成されるファイバーアンプレーザ光源とする。そのような光源装置とすることで、１パルス光の発光時間が十数ピコ秒～数十ピコ秒以下の高輝度な紫外線のパルス光が得られ、パターン描画用の描画データを構成

する画素ビットの状態（論理値で「０」か「１」）に応じて、ビームのパルス発生を高速にオン／オフすることができる。なお、光源装置から射出されて、スイッチング用の音響光学変調素子（ＡＯＭ）を介して描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々に入射するビームＬＢ１～ＬＢ６は、そのビーム径が約１ｍｍ、若しくはその半分程度の細い平行光束になっている。

[0018] 図１に示すように、パターン描画装置ＥＸは、同一構成の６つの描画ユニットＵ１～Ｕ６を配列したマルチヘッド型の直描露光方式である。描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々は、回転ドラムＤＲの外周面ＤＲａで支持されている基板ＰのＹ方向（主走査方向）に区画された部分領域ごとにパターンを描画する。描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々は、スイッチング用の音響光学変調素子を介して供給されるビームＬＢ１～ＬＢ６の各々を、基板Ｐ上（基板Ｐの被照射面上）に投射すると共に、所定の開口数（ＮＡ）で集光（収斂）する。これにより、基板Ｐ上に投射されるビームＬＢ１～ＬＢ６の各々は、直径が２～４μｍのスポット光となる。更に描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々に設けられるポリゴンミラーＰＭの回転により、基板Ｐ上に投射されるビームＬＢ１～ＬＢ６の各々のスポット光は主走査方向（Ｙ方向）に走査される。そのスポット光の走査によって、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）ＳＬ１～ＳＬ６が規定される。

[0019] 図１に示すように、描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々による描画ラインＳＬ１～ＳＬ６は、回転ドラムＤＲの中心軸ＡＸｏを含むＹＺ面と平行な中心面ＣＰｏ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、奇数番の描画ラインＳＬ１、ＳＬ３、ＳＬ５は、中心面ＣＰｏに対して基板Ｐの搬送方向の上流側（－Ｘ方向側）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ＳＬ２、ＳＬ４、ＳＬ６は、中心面ＣＰｏに対して基板Ｐの搬送方向の下流側（＋Ｘ方向側）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、奇数番の描画ユニットＵ１、Ｕ３、Ｕ５と、偶数番の描画ユニットＵ２、Ｕ４、Ｕ６とは、ＸＺ平面内で見る（Ｙ方向から見る）と、

中心面ＣＰｏに対して面対称に配置される。

[0020] ６つの描画ユニットＵ１～Ｕ６は、全部で基板Ｐ上の露光領域（パターン形成領域）の幅方向（Ｙ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ＵｎによるＹ方向の主走査範囲（描画ラインＳＬｎの長さ）を３０～６０ｍｍ程度とすると、６個の描画ユニットＵ１～Ｕ６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１８０～３６０ｍｍ程度まで広げられる。なお、描画ラインＳＬ１～ＳＬ６の各々の長さ（描画範囲の長さ）は、原則として同一、即ち描画ラインＳＬ１～ＳＬ６の各々に沿って走査されるビームＬＢｎのスポット光の走査距離は、原則として同一とする。

[0021] 描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々は、ポリゴンミラーＰＭの各反射面で反射されて主走査方向に偏向されるビームＬＢｎを入射するテレセントリックなｆθレンズ系（描画用走査光学系）ＦＴを備え、ｆθレンズ系ＦＴから射出して基板Ｐに投射される各ビームＬＢｎは、ＸＺ面内でみたとき、回転ドラムＤＲの中心軸ＡＸｏに向かって進むように設定される。これにより、描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々から基板Ｐに向かって進むビームＬＢ１～ＬＢ６の各々の主光線は、ＸＺ平面において、基板Ｐの湾曲した表面上の描画ラインＳＬｎの位置での接平面に対して常に垂直となるように設定される。即ち、スポット光の主走査方向、並びに副走査方向（回転ドラムＤＲの外周面ＤＲａに沿った周方向）に関して、基板Ｐに投射されるビームＬＢ１～ＬＢ６の各々はテレセントリックな状態で走査される。

[0022] 基板Ｐは、図１のように、回転ドラムＤＲの外周面ＤＲａの約１８０度の角度範囲で支持される。直交座標系ＸＹＺのＸＺ面と平行な面内では、奇数番の描画ユニットＵ１、Ｕ３、Ｕ５は中心面ＣＰｏから反時計回りに一定の角度θｃだけ傾けられ、偶数番の描画ユニットＵ２、Ｕ４、Ｕ６は中心面ＣＰｏから時計回りに一定の角度θｃだけ傾けられる。そして、６つの描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々は、例えば、国際公開第２０１６／１５２７５８号に開示されているように、描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々に入射するビーム

ＬＢ１～ＬＢ６の各入射中心線、並びにｆθレンズ系ＦＴの光軸ＡＸｆ１、ＡＸｆ２、・・・と同軸の線ＬＥ１～ＬＥ６を中心に微小回転可能に軸支されている。

[0023] また、奇数番の描画ユニットＵ１、Ｕ３、Ｕ５の各々によるパターンの描画位置（描画ラインＳＬ１、ＳＬ３、ＳＬ５）の上流側には、Ｙ方向に所定間隔で配置される複数のアライメント系ＡＬＧｎが設けられる。アライメント系ＡＬＧｎの各々の対物レンズの光軸ＡＸｓの延長線は、基板Ｐの表面と垂直になって回転ドラムＤＲの中心軸ＡＸｏに向かうように設定され、光軸ＡＸｓの延長線の中心面ＣＰｏからの角度は－θａ（θａ＞θｃ）に設定される。なお、以降の説明では、描画ユニットＵｎの内部構成を具体的に説明するが、描画ユニットＵｎのうち奇数番の描画ユニットＵ１を代表して説明する為、描画ユニットＵ１に対して新たに直交座標系ＸｔＹｔＺｔを設定する。直交座標系ＸｔＹｔＺｔは、Ｙｔ軸が直交座標系ＸＹＺのＹ軸と平行に設定され、Ｙｔ軸の回りに全体に角度θｃだけ傾けたものである。

[0024] 以上のパターン描画装置ＥＸの構成において、描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々を構成するポリゴンミラーＰＭ、ｆθレンズ系ＦＴ、並びにその他のミラー、レンズ系、ビームスプリッタ等の光学部品やセンサやモータ等の電気部品は、剛性の高い筐体フレーム内に一体的に組付けられている。その筐体フレームは、図１中の線ＬＥ１～ＬＥ６の位置で、装置本体コラムに回転軸機構を介して取り付けられている。そして、その回転軸機構を分解することで、描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々を筐体フレームごと、装置本体コラムから取り外すことが可能な構造になっている。

[0025] 図２は、本実施の形態による描画ユニットＵｎ（Ｕ１～Ｕ６）のうち、代表して描画ユニットＵ１の詳細な内部構成と、描画ユニットＵ１の内のポリゴンミラーＰＭの回転角度位置とスポット光の走査位置との対応関係を確認する為の較正装置（検査工具装置）ＭＴＵの配置関係とを示す斜視図である。図２において、図１で示した部材と同じ部材には同じ符号を付してあり、座標系は図１中に示した直交座標系ＸｔＹｔＺｔとする。

[0026] 図２に示す描画ユニットＵ１内の光学部材の配置や構成は、基本的に国際公開第２０１９／０８２８５０号に開示されているので、簡単に説明する。スイッチング用の音響光学変調素子（ＡＯＭ）から送出されたビームＬＢ１（直線偏光の平行光束）は、Ｚｔ軸と平行に４５°で傾斜配置されたミラーＭ１で反射されてＸｔ軸と平行に－Ｘｔ方向に進む。ミラーＭ１で反射されたビームＬＢ１は、２つのレンズ系Ｇ１、Ｇ２によるビームエキスパンダーによってビーム径が拡大された平行光束に変換され、ミラーＭ２、偏光ビームスプリッタＰＢＳ、開口絞りＡＰを通って、ミラーＭ３でＺｔ軸と平行な光路に折り曲げられて、－Ｚｔ方向に進む。ビームエキスパンダーを構成するレンズ系Ｇ１、Ｇ２の間の光路中には、Ｚｔ軸と平行な回転軸Ｃｚの回りに傾斜可能な石英による平行平板ＨＶが設けられている。平行平板ＨＶの傾斜により、スポット光の被照射面での描画ラインＳＬ１をＸｔ方向に、スポット光の直径の数倍～十数倍程度の範囲で微動させることができる。

[0027] ミラーＭ３で反射されたビームＬＢ１は、１／４波長板（λ／４板）ＱＷを透過して円偏光に変換されて、第１シリンドリカルレンズＣＹａに入射する。第１シリンドリカルレンズＣＹａは、母線がＹｔ軸と平行に設定され、Ｘｔ方向に所定の屈折力（有限の焦点距離）を有し、Ｙｔ方向には屈折力を有さない（焦点距離が無限遠）レンズである。第１シリンドリカルレンズＣＹａを通ったビームＬＢ１は、レンズ系Ｇ３を通った後、ミラーＭ４でＸｔ軸と平行な光路となるように折り曲げられて、＋Ｘｔ方向に進み、レンズ系Ｇ４に入射する。レンズ系Ｇ４を通ったビームＬＢ１は、ミラーＭ５、Ｍ６、Ｍ７で反射されて、ポリゴンミラーＰＭの反射面に達する。

[0028] 第１シリンドリカルレンズＣＹａは、レンズ系Ｇ３の手前の位置（第１シリンドリカルレンズＣＹａの後側焦点位置）で、ビームＬＢ１をＸｔ方向のみに収斂させて、Ｙｔ方向に延びたスリット状に集光させる。２枚組のレンズ系Ｇ３、Ｇ４は結像系として機能し、第１シリンドリカルレンズＣＹａの後側焦点位置（ビームＬＢ１がスリット状に集光する位置）を、ポリゴンミラーＰＭの反射面（ここでは８面とする）と光学的に共役な関係に設定する

。レンズ系Ｇ３、Ｇ４による結像系の作用によって、ポリゴンミラーＰＭの反射面上には、ポリゴンミラーＰＭの回転の周方向（ＸｔＹｔ面内）に沿ってスリット状に延びるように集光されたビームＬＢ１が投射される。

[0029] ポリゴンミラーＰＭの反射面で反射されたビームＬＢ１は、Ｘｔ軸と平行な光軸ＡＸｆ１を有するテレセントリックなｆθレンズ系ＦＴを通った後、Ｙｔ方向に描画ラインＳＬ１以上の長さの反射面を有するミラーＭ８で、Ｚｔ軸と平行になるように折り曲げられて－Ｚｔ方向に進む。ミラーＭ８で反射されたビームＬＢ１は、母線がＹｔ軸と平行に設定され、Ｘｔ方向に所定の屈折力（有限の焦点距離）を有し、Ｙｔ方向には屈折力を有さない（焦点距離が無限遠）の第２シリンドリカルレンズＣＹｂに入射する。第１シリンドリカルレンズＣＹａと第２シリンドリカルレンズＣＹｂの組合せによって、ポリゴンミラーＰＭの反射面毎の面倒れ誤差による描画ラインＳＬ１のＸｔ方向のブレが補正される。

[0030] さらに描画ユニットＵ１には、基板Ｐ上、又は回転ドラムＤＲの外周面ＤＲａ上に投射されたビームＬＢ１のスポット光が、基板Ｐ上のパターンやアライメントマーク、或いは外周面ＤＲａ上に形成された基準パターンを走査したときに発生する反射光を光電検出する為のレンズ系Ｇ５と光検出器（フォトダイオード等）ＤＴとが設けられる。基板Ｐ又は外周面ＤＲａからの反射光（主に円偏光）は、第２シリンドリカルレンズＣＹｂ、ｆθレンズ系ＦＴ、ポリゴンミラーＰＭ、第１シリンドリカルレンズＣＹａ、λ／４板ＱＷ等を介して、偏光ビームスプリッタＰＢＳまで戻ってくる。λ／４板ＱＷによって、反射光は偏光ビームスプリッタＰＢＳを透過する直線偏光に変換され、レンズ系Ｇ５で光検出器ＤＴの受光面に集光される。

[0031] 以上のような各種の光学部材を剛性高く保持する為に、描画ユニットＵ１の筐体フレームは、Ｚｔ方向に所定の間隔で配置されて、それぞれがＸｔＹｔ面と平行な上段支持板部１０Ａ、中段支持板部１０Ｂ、下段支持板部１０Ｃとを有する。さらに筐体フレームは、線ＬＥ１（描画ユニットＵ１の全体の回転軸機構）側で上段支持板部１０Ａと中段支持板部１０Ｂの端部をＺｔ

方向につなぐ支持板１０Ｄと、上段支持板部１０Ａ、中段支持板部１０Ｂ、下段支持板部１０Ｃの各々の－Ｘｔ方向の端部を一体的につなぐ支持板１０Ｅと、中段支持板部１０Ｂの線ＬＥ１側の端部から－Ｚｔ方向に延設された支持板１０Ｆとを有する。

[0032] 上段支持板部１０Ａには、ミラーＭ１、レンズ系Ｇ１、Ｇ２、平行平板ＨＶ、ミラーＭ２、偏光ビームスプリッタＰＢＳ、開口絞りＡＰ、レンズ系Ｇ５、光検出器ＤＴが取り付けられ、スイッチング用の音響光学変調素子（ＡＯＭ）からのビームＬＢ１は上段支持板部１０Ａに形成された貫通孔Ｈ１を介してミラーＭ１に投射される。ＹｔＺｔ面と平行に延設された支持板１０Ｅには、ミラーＭ３、λ／４板ＱＷ、第１シリンドリカルレンズＣＹａ、レンズ系Ｇ３、ミラーＭ４が取り付けられ、ミラーＭ３からミラーＭ４までのビームＬＢ１の光路を遮らないように、中段支持板部１０Ｂの対応した位置には貫通孔Ｈ２が形成されている。

[0033] 中段支持板部１０Ｂには、ポリゴンミラーＰＭのモータＭＤを支持する放熱部材付のドライブ回路基板（図示省略）が貫通孔Ｈ３の位置に取り付けられると共に、ミラーＭ６、ミラーＭ７、ｆθレンズ系ＦＴが取り付けられる。さらに、下段支持板部１０Ｃにはレンズ系Ｇ４とミラーＭ５が取り付けられ、支持板１０ＦにはミラーＭ８と第２シリンドリカルレンズＣＹｂとが取り付けられる。なお、図２では図示を省略したが、筐体フレームとしての剛性を高める為に、ｆθレンズ系ＦＴのＹｔ方向の両側には、中段支持板部１０Ｂと下段支持板部１０ＣとをＺｔ方向に結合するバー部材（角柱材）が取り付けられ、支持板１０Ｆの－Ｚｔ側の端部でＹｔ方向の両側と下段支持板部１０Ｃの＋Ｘｔ方向の端部との間にバー部材（角柱材）が取り付けられている。

[0034] 本実施の形態による描画ユニットＵ１では、筐体フレームとしての下段支持板部１０Ｃには、ポリゴンミラーＰＭ（モータＭＤ）の回転の中心軸ＡＸｐに対応したＸｔＹｔ面内の位置に貫通孔Ｈ４が形成されている。貫通孔Ｈ４は、検査工具装置ＭＴＵから＋Ｚｔ方向に延びた回転シャフト２０を通す

為に設けられる。検査工具装置ＭＴＵのＸｔＹｔ面と平行な上面部は、検査すべき描画ユニットＵ１（下段支持板部１０Ｃ）をＺｔ方向に着脱自在に搭載することができる。検査工具装置ＭＴＵの上面部（載置部）には、搭載される描画ユニットＵ１のＸｔＹｔ面内での位置決めを±数μｍ程度の精度で行うと共に、ＸｔＹｔ面に対する平行度を保つ為に、３ヶ所に配置されたキネマチック支持用のコマ部材２１Ａ、２１Ｂ、２１Ｃが設けられる。

[0035] さらに、検査工具装置ＭＴＵの上面部には、描画ユニットＵ１の第２シリンドリカルレンズＣＹｂから投射されるビームＬＢ１のスポット光の走査による描画ラインＳＬ１の位置で、スポット光の走査位置やスポット光の強度等を計測する為のセンサーユニット部２４がマウント部材２５を介して取り付けられている。検査工具装置ＭＴＵの上面部に描画ユニットＵ１をドッキングすると、回転シャフト２０の＋Ｚｔ方向の先端の当接部２０Ａがポリゴンミラー ＰＭの回転の中心軸ＡＸｐと同軸に結合される。

[0036] 図３は、図２に示した検査工具装置ＭＴＵの内部の主要部の構成を示す斜視図であり、回転シャフト２０には、回転駆動用のサーボモータ３０とエンコーダ計測用のスケール円盤３２とが同軸に取り付けられている。サーボモータ３０は、減速ギア機構付きのトルクモータ、又は微小な単位角度でステップ回転可能なステップモータで構成しても良い。サーボモータ３０は、ポリゴンミラー ＰＭを高速回転（例えば、２万ｒｐｍ以上）させるモータＭＤと異なり、回転角度位置を高精度に設定できる特性（目標とされる回転角度位置で静止可能な特性）を有していれば良く、高速回転させる必要はない。

[0037] スケール円盤３２は、詳しくは後述するが、計測分解能を高める為に極力大きな直径のものが選択され、スケール円盤３２の外周に近い半径Ｒｓの輪帯状の領域に、周方向に一定ピッチで刻設された格子目盛３２Ｇを有する。格子目盛（以下、単に目盛とも呼ぶ）３２Ｇと対向して配置される光学式のエンコーダヘッド３４は、目盛３２Ｇの周方向の位置変化に応じた計測信号ＳＳ１を出力する。計測信号ＳＳ１は、位相が９０°ずれた正弦波状又は矩形波状の２相信号、或いは目盛３２Ｇの移動に伴って基準周波数から周波数

（位相）が偏移するヘテロダイン検波（ＦＭ復調）用の信号として生成される。

[0038] また、センサーユニット部２４は、異なるセンシング方式のものが交換可能にマウント部材２５に取り付けられ、検出信号ＳＳ２を出力する。センサーユニット部２４としては、描画ラインＳＬ１に沿ってＹｔ方向に多数の画素が並べられた１次元又は２次元の撮像素子や、描画ラインＳＬ１上のスポット光の走査開始位置、走査終了位置、及びその中間位置の各々に、スポット光の大きさ（径）と同等の寸法、或いはスポット径に対して数倍の寸法の線幅の透過スリットを配置し、その透過スリットの透過光量を検出するフォトダイオード等とすることができる。

[0039] なお、先の図２では示していないが、描画ユニットＵ１（他の描画ユニットＵ２～Ｕ６も同様）をパターン描画装置ＥＸの装置本体から取り外して、検査工具装置ＭＴＵ上に搭載した場合、パターン描画装置ＥＸに搭載されている光源装置からのビームをビームＬＢ１として導くのは難しい。そこで、ビームＬＢ１（直径が０．５～１ｍｍの平行光束）をミラーＭ１に向けて所期の状態で投射する為に、別の光源装置とスイッチング用の音響光学変調素子（ＡＯＭ）を備えたビーム送光光学系とを、検査工具装置ＭＴＵに対して位置決めして設置する。但し、国際公開第２０１８／１５０９９６号の図２２に開示されているように、パターン描画装置ＥＸ内に、描画ユニットＵｎ（Ｕ１～Ｕ６）単体の光学特性を確認する為の調整用のドッキング機構が設けられている場合は、そこに検査工具装置ＭＴＵに搭載された描画ユニットＵ１を配置して、パターン描画装置ＥＸに搭載されている光源装置からのビームを描画ユニットＵ１のミラーＭ１に入射させるようにしても良い。

[0040] 図４は、検査工具装置ＭＴＵにドッキングされる描画ユニットＵ１を検査する際の計測に必要な各種の機能部材の構成を概略的に示す図である。描画ユニットＵ１（他の描画ユニットＵ２～Ｕ６も同様）内には、図２では省略したが、ポリゴンミラーＰＭの各反射面の各々が所定の回転角度位置になった瞬間を検知する為の原点センサ部が設けられる。その原点センサ部は、描

画用のビームＬＢ１と異なる長波長の計測用ビームをポリゴンミラーＰＭの反射面に投射する半導体レーザや発光ダイオード等による光源部ＢＤａと、ポリゴンミラーＰＭの各反射面で反射した計測用ビームを受光してパルス状の原点信号ＢＤＳを出力する受光部ＢＤｂとで構成される。原点センサ部の光源部ＢＤａと受光部ＢＤｂの配置については、例えば、国際公開第２０１８／０６１６３３号に開示されている。

[0041] ポリゴンミラーＰＭを高速回転させるモータＭＤの内部には、回転速度の変化に比例して周波数変化する正弦波状又は矩形波状の速度信号Ｓｅを出力するジェネレータＦＧＳが設けられる。モータＭＤは放熱部材（放熱フィン）付のドライブ回路基板ＣＫＢに取り付けられ、ドライブ回路基板ＣＫＢには、主制御回路から送られてくる目標回転速度に対応した周波数のクロック信号ＣＬＰと、ジェネレータＦＧＳからの速度信号Ｓｅ（実際の回転速度に対応した周波数）とに基づいて、例えば、ＰＬＬ方式でモータＭＤを回転させる駆動信号（電流調整信号）Ｓｍを出力する駆動回路ＤＶＣが設けられている。

[0042] さらに、ポリゴンミラーＰＭの－Ｚｔ方向側には、回転の中心軸ＡＸｐと同軸に接触子ＣＳが設けられる。接触子ＣＳは、検査工具装置ＭＴＵの回転シャフト２０の先端の当接部２０Ａと同軸になるように密接する。駆動回路ＤＶＣによる駆動信号Ｓｍの供給を停止して、モータＭＤ（ポリゴンミラーＰＭ）を自由回転可能な状態にし、接触子ＣＳに当接部２０Ａを密着（摩擦結合）させた状態で回転シャフト２０を低速で回転させると、ポリゴンミラーＰＭ（モータＭＤ）は回転シャフト２０の回転に伴って同じ角速度で回転する。回転シャフト２０の当接部２０Ａは半球状に形成され、弾性部材（バネ）によって＋Ｚｔ方向に付勢されている。一方、接触子ＣＳは当接部２０Ａの半球面と嵌合するような円錐状の窪みに形成されている。

[0043] また、検査工具装置ＭＴＵ内には、ＸｔＹｔ面と平行な面内でサーボモータ３０（及びスケール円盤３２）とエンコーダヘッド３４とを一体的に２次元に微動（±数ｍｍ以内）させる微動ステージ機構５０が設けられる。微動

ステージ機構５０は、マイクロメータヘッド等によってμｍオーダで回転シャフト２０の当接部２０Ａを移動させて、検査工具装置ＭＴＵにドッキングされた描画ユニットＵ１側の接触子ＣＳの中心軸ＡＸｐと、回転シャフト２０（当接部２０Ａ）の回転の中心軸ＡＸｐ’とが精密に同軸になるように微調整する為に使われる。

[0044] 検査工具装置ＭＴＵ内には、エンコーダヘッド３４からの計測信号ＳＳ１に基づいて、スケール円盤３２の格子目盛３２Ｇの周方向の移動位置（回転角度位置）又は移動量をデジタル値で出力するカウンタ回路部６０と、カウンタ回路部６０から出力されるスケール円盤３２の実際の回転角度位置の情報Ｉｃａと、主制御装置（外部のパソコン等）とのインターフェース部６２を介して提供される目標の回転角度位置の情報Ｉｃｂとを入力するサーボ制御回路部６４と、情報Ｉｃａが情報Ｉｃｂと一致するようにサーボモータ３０をフィードバック制御で回転駆動する駆動回路部６６とが設けられる。サーボモータ３０は、駆動回路部６６から出力される駆動信号ＤＳ１により回転する。

[0045] 描画ユニットＵ１が検査工具装置ＭＴＵにドッキングされ、回転シャフト２０の当接部２０Ａとポリゴンミラー ＰＭの接触子ＣＳとを同軸に嵌合させた後、描画ユニットＵ１のミラーＭ１に向けて、ビームＬＢ１を入射させる。その際、ビームＬＢ１は、光源装置をファイバーアンプレーザ光源にした場合、所定の発振周波数でパルス光を連続して発光させるモードで供給される。さらに、描画ユニットＵ１内のモータＭＤを回転させるドライブ回路基板ＣＫＢや駆動回路ＤＶＣが通電されていて、モータＭＤが回転可能な状態のときは、駆動信号Ｓｍの供給が停止させるように制御される。

[0046] 描画ユニットＵ１のポリゴンミラー ＰＭの回転角度位置と描画用のビームＬＢ１のスポット光の描画ラインＳＬ１上での走査位置との対応関係は、検査工具装置ＭＴＵのエンコーダヘッド３４からの計測信号ＳＳ１、即ちカウンタ回路部６０から出力されるスケール円盤３２の実際の回転角度位置の情報Ｉｃａと、センサーユニット部２４から出力される検出信号ＳＳ２とに基

づいて検査される。そこで、図５と図６を参照して、ポリゴンミラーＰＭの回転角度位置とスポット光の走査位置との対応関係を高精度（高分解能）に求める為のスケール円盤３２の条件に付いて説明する。

[0047] 図５は、図２に示した描画ユニットＵ１内のポリゴンミラーＰＭとｆθレンズ系ＦＴによるスポット光ＳＰの走査状態をＸｔＹｔ面内で見た図であり、図６は描画データで規定された画素マップに従って、スポット光ＳＰが基板Ｐ上にパターンを描画する様子を模式的に表した図である。図５において、直交座標系ＸｔＹｔＺｔは、先の図２と同じに設定され、図２中の部材と同じ部材には同じ符号を付してある。なお、図５ではｆθレンズ系ＦＴの直後に配置されるミラーＭ８を省略して、ｆθレンズ系ＦＴの光軸ＡＸｆ１が直進して第２シリンドリカルレンズＣＹｂを通るように示す。また、第２シリンドリカルレンズＣＹｂから射出されるビームＬＢ１のスポット光ＳＰは、センサーユニット部２４の検出面（基板Ｐの表面に相当する像面）２４Ａ上に焦点深度ＤＯＦ（Depth of Focus）内で集光しているものとする。

[0048] 本実施の形態のポリゴンミラーＰＭは、８つの反射面ＭＲａ、ＭＲｂ、ＭＲｃ、ＭＲｄ、ＭＲｅ、ＭＲｆ、ＭＲｇ、ＭＲｈを有し、ＸｔＹｔ面内では時計回りに回転するものとする。図２に示した描画ユニットＵ１内のミラーＭ６で＋Ｙｔ方向に反射されたビームＬＢ１は、ミラーＭ７で反射されてポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａに入射する。また、図５のように、ミラーＭ７で反射されるビームＬＢ１の中心の主光線とｆθレンズ系ＦＴの光軸ＡＸｆ１とがＸｔＹｔ面内では４５°を成すようにミラーＭ７が配置されている。さらに、図５では、ｆθレンズ系ＦＴの光軸ＡＸｆ１と垂直な面に対して、ポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａがＸｔＹｔ面内で、２２．５°（４５°／２）だけ傾いた状態（瞬間）を表し、反射面ＭＲａで反射したビームＬＢ１の中心の主光線は、光軸ＡＸｆ１とほぼ同軸になっている。

[0049] 従って、図５の状態では、ｆθレンズ系ＦＴと第２シリンドリカルレンズＣＹｂを通ったビームＬＢ１は、検出面２４Ａ上の光軸ＡＸｆ１が通る位置にスポット光ＳＰとして集光される。また、原点センサ部としての光源部Ｂ

Ｄａからの計測用ビームは、ポリゴンミラーＰＭの回転方向に関して反射面ＭＲａの１つ手前の反射面ＭＲｂに投射され、受光部ＢＤｂはその反射ビームを受光するように配置され、ポリゴンミラーＰＭの回転により、ビームＬＢ１のスポット光ＳＰが検出面２４Ａ上の走査開始位置ＰＬｓを通る瞬間の一定時間手前のタイミングで、受光部ＢＤｂは計測用ビームの反射ビームを受光して、パルス状の原点信号ＢＤＳを出力する。

[0050] ここで、１つの反射面ＭＲａに着目してみると、反射面ＭＲａが図５のように回転角度θｖの範囲で傾く間に、ｆθレンズ系ＦＴに入射するビームＬＢ１の中心の主光線は、ｆθレンズ系ＦＴの光軸ＡＸｆ１に対して－θｓから＋θｓの角度範囲（２θｓ）で偏向される。角度範囲２θｓのビームＬＢ１の偏向により、検出面２４Ａ上のスポット光ＳＰは走査開始位置ＰＬｓから走査終了位置ＰＬｅまで走査される。ｆθレンズ系ＦＴの光軸ＡＸｆ１が通る検出面２４Ａ上の位置を中点とすると、中点から走査開始位置ＰＬｓまでの距離と、中点から走査終了位置ＰＬｅまでの距離とは、いずれもＬＹｓとする。

[0051] 図５の構成から明らかなように、描画ユニットＵ１（他の描画ユニットＵ２～Ｕ６も同様）によるスポット光ＳＰの主走査方向（Ｙｔ方向）の最大走査長は２ＬＹｓであり、その最大走査長２ＬＹｓに対応したポリゴンミラーＰＭの回転角度（走査寄与角度）はθｖとなる。一方、ポリゴンミラーＰＭの反射面の面数をＮｒ（本実施の形態ではＮｒ＝８）としたとき、１つの反射面分に対応したポリゴンミラーＰＭの回転角度θｍｒは３６０°／Ｎｒとなるが、ｆθレンズ系ＦＴに入射可能なビームＬＢ１の画角（２θｓ）による制限がある為、通常はθｖ＜θｍｒに設定される。その比θｖ／θｍｒは走査効率α（α＜１）と呼ばれ、αは１／２～１／３程度に設定される。

[0052] 図６は、図５で説明したスポット光ＳＰによって基板Ｐ上に描画されるパターンの一部を模式的に示したものであり、基板Ｐの表面は直交座標系のＸｔＹｔ面に沿ったものとして表す。図６において、Ｘｔ方向が副走査方向（基板Ｐの移動方向）、Ｙｔ方向が主走査方向であり、スポット光ＳＰは－Ｙ

ｔ方向に一次元に移動するものとする。基板Ｐ上で、Ｘｔ方向の寸法がＰｕｘ、Ｙｔ方向の寸法がＰｕｙで規定される正方形の領域は、描画データ上で設定される１つの画素Ｐｉｘになる。描画データは、画素Ｐｉｘ毎に、スポット光ＳＰを基板Ｐに投射するか否かを指示するビットデータ（論理値の「０」か「１」）の集合である。画素Ｐｉｘの寸法（Ｐｕｘ，Ｐｕｙ）と、スポット光ＳＰの寸法φｓｐ（ピーク強度の１／２、又は１／ｅ^{2}の強度に対応した直径）とは同程度に設定されるが、画素Ｐｉｘの対角長寸法とスポット光ＳＰの寸法φｓｐとを同程度に設定しても良い。

[0053] スポット光ＳＰの主走査中に、画素データが論理値「１」の場合は、黒点ＯＮＰのように、光源装置からのビームＬＢ１の１パルスが基板Ｐに投射され、画素データが論理値「０」の場合は、白点ＯＦＰのように、光源装置からのビームＬＢ１の１パルスが基板Ｐに投射されないように、光源装置（ファイバーアンプレーザ光源）側で高速にスイッチングされる。本実施の形態におけるパターン描画装置ＥＸ（描画ユニットＵ１～Ｕ６）では、１つの画素Ｐｉｘに対して、Ｘｔ方向、Ｙｔ方向の各々で２パルスのスポット光ＳＰを投射してパターン描画が行われる。従って、スポット光ＳＰがＹｔ方向（主走査方向）にＰｕｙ／２だけ移動する度に、画素データに基づいて、黒点ＯＮＰのようなオン状態と白点ＯＦＰのようなオフ状態とに切り換えられる。

[0054] また、スポット光ＳＰの描画ラインＳＬ１～ＳＬ６の各々に沿った１回の走査が終わり、ポリゴンミラーＰＭの次の反射面による走査が開始されるまでに、基板ＰはＸｔ方向に距離Ｐｕｘ／２だけ移動するように設定される。従って、画素データが論理値「１」に設定された１つの画素Ｐｉｘは、スポット光ＳＰの４パルスで露光されることになる。一例として、画素Ｐｉｘの寸法をＰｕｘ＝Ｐｕｙ＝２μｍとした場合、図６中に示した３×３の画素Ｐｉｘ分で規定される斜線で囲まれたパターンＣＨＰは、６μｍ角の正方形として描画される。

[0055] 以上のような描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々の特性を考慮して、検査工具

装置ＭＴＵ内のスケール円盤３２によるエンコーダ計測の分解能、スケール円盤３２の直径、目盛３２Ｇの格子ピッチ等が設定される。まず、描画ユニットＵ１によるスポット光ＳＰの最大走査長２ＬＹｓ、画素Ｐｉｘの主走査方向（Ｙｔ方向）の寸法Ｐｕｙに基づき、ポリゴンミラーＰＭの１つの反射面による１回の走査中に描画可能な最大の画素数Ｎｐｐは、Ｎｐｐ＝２ＬＹｓ／Ｐｕｙとなる。画素数Ｎｐｐは、ポリゴンミラーＰＭの回転角度θｖに対応したものであるので、図４に示したカウンタ回路部６０でデジタル計数される最下位ビット（ＬＳＢ）を１画素の寸法Ｐｕｙの半分のＰｕｙ／２（即ち、スポット光ＳＰのＹｔ方向の発光ピッチ）に相当させる場合は、スケール円盤３２が単位角度Δθｇとして$\Delta\theta g=\theta v/2Npp$（°）だけ回転して、目盛３２Ｇが周方向に移動したときに最下位ビットが変化するように、目盛３２Ｇの格子ピッチが設定される。

[0056] そこで、以下、図７も参照して具体例を説明する。図７はＸｔＹｔ面内で見たスケール円盤３２のうち、エンコーダヘッド３４による目盛３２Ｇの読取り中心位置３４Ａ付近の一部分を誇張して示した概略図である。また、図４中のカウンタ回路部６０は、計測信号ＳＳ１に基づいて、目盛３２Ｇの実際の格子ピッチの１／８、１／１６、１／３２、１／６４、１／１２８のいずれかの分解能でデジタル計数する内挿処理部を備えている。その内挿処理の内挿倍率をＫｅ（８、１６、３２、６４、１２８のいずれか）とする。さらに、ポリゴンミラーＰＭ（Ｎｒ＝８面）の走査効率αは０．３とし、最大走査長２ＬＹｓを５１．０ｍｍ、スポット光ＳＰの寸法φｓｐを２．３μｍ、画素Ｐｉｘの寸法Ｐｕｘ，Ｐｕｙを２μｍ角、とした場合、回転角度θｖは、$\theta v=\alpha\cdot(360°/8)=13.5°$となる。なお、内挿倍率Ｋｅは整数であれば良い。

[0057] 図４、図７に示したように、スケール円盤３２の目盛３２Ｇ上のエンコーダヘッド３４による読取り中心位置３４Ａの半径Ｒｓに基づいて、回転角度θｖに対応した半径Ｒｓ上の周長距離（円弧長）ΔＧｓｓが、$\Delta Gss=2\pi\cdot Rs\cdot(\theta v/360°)$で求まる。また、カウンタ回路部６０での内

挿倍率Ｋｅにより、半径Ｒｓの位置における目盛３２Ｇの格子ピッチΔＧｐは、ΔＧｐ＝Ｋｅ・(ΔＧｓｓ／２Ｎｐｐ)で求まる。

[0058] 以上をまとめると、最大走査長２ＬＹｓ内でのスポット光ＳＰのＹｔ方向の総パルス数を画素数Ｎｐｐのｅ倍（ｅは２以上の値）とする場合、目盛３２Ｇの半径Ｒｓと格子ピッチΔＧｐとは、以下の式（１）の関係に設定される。

ΔＧｐ＝２π・Ｒｓ・Ｋｅ・（α／Ｎｒ）／（ｅ・Ｎｐｐ）・・・ （１）

作製上で精度が担保できる実用的な格子ピッチΔＧｐを１６μｍ～２０μｍとし、Ｋｅ＝６４、α＝０．３、Ｎｒ＝８、ｅ＝２、Ｎｐｐ＝２５５００とすると、式（１）の関係から、スケール円盤３２の目盛３２Ｇの半径Ｒｓは、約５４ｍｍ～６８ｍｍ（直径で１０８ｍｍ～１３６ｍｍ）となる。従って、スケール円盤３２の最大外径（直径）は、１２０ｍｍ～１５０ｍｍ程度となり、スケール円盤３２として容易に作製することができる大きさである。

[0059] 式（１）から明らかなように、格子ピッチΔＧｐは、半径Ｒｓと内挿倍率Ｋｅとの積に比例する関係なので、実用的な格子ピッチΔＧｐ（１６μｍ～２０μｍ）を変えずに、内挿倍率Ｋｅを倍の１２８にすると、スケール円盤３２の最大外径（直径）を上記の半分の値（６０ｍｍ～７５ｍｍ）にすることができる。逆に、実用的な格子ピッチΔＧｐ（１６μｍ～２０μｍ）とスケール円盤３２の目盛３２Ｇの半径Ｒｓ（５４ｍｍ～６８ｍｍ）とを変えずに、内挿倍率Ｋｅを倍の１２８にすると、単位角度Δθｇ（＝θｖ／２Ｎｐｐ）の値を更に１／２にすることができ、エンコーダ計測の分解能をスポット光ＳＰのＹｔ方向の移動量のＰｕｙ／４に高めることができる。

[0060] なお、図７で示したスケール円盤３２では、読取り中心位置３４Ａが径方向（目盛３２Ｇの格子の線方向）に誤差を持って配置された場合、式（１）中の半径Ｒｓの値に誤差が含まれることになり、ポリゴンミラーＰＭの回転時の所期の単位角度Δθｇの値に対して誤差が生じ得る。そこで、目盛３２Ｇがスケール円盤３２の中心軸ＡＸｐ’（Ｚｔ軸）と平行な外周面の周方向に沿って形成されたスケール円盤とし、エンコーダヘッド３４の読取り中心

位置３４Ａは、Ｚｔ軸と平行なスケール円盤の外周面の接平面上に設定する。この場合、スケール円盤３２の最大外径の半径は、常に式（１）中の半径Ｒｓと一致する。その為、エンコーダヘッド３４の読取り中心位置３４Ａが目盛３２Ｇ上で格子の線方向（Ｚｔ方向）に僅かに誤差を持って配置されたとしても、所期の単位角度Δθｇの値が維持される。

[0061] 以上のようなスケール円盤３２、エンコーダヘッド３４、及びカウンタ回路部６０によるエンコーダ計測システムにより、ポリゴンミラーＰＭの回転角度位置を極めて高い分解能、具体的には、図６中のパルス発光（白点ＯＦＰ、黒点ＯＮＰ）のＹｔ方向のピッチＰｕｙ／２（又は、その１／２のＰｕｙ／４）で計測することができる。図４に示したカウンタ回路部６０で計測される回転角度位置の情報Ｉｃａは、インターフェース部６２を介して主制御装置にも送られる。そのエンコーダ計測システムによる検査は、図２、図３に示したセンサーユニット部２４、或いは図２に示した描画ユニットＵ１（Ｕ２～Ｕ６でも同様）内の光検出器ＤＴと協働して行われる。そこで、以下にセンサーユニット部２４を、図８Ａ～図８Ｃを参照して説明する。

[0062] 図８Ａは、センサーユニット部２４の構成のＸｔＹｔ面内での詳細な構成を示し、図８Ｂは、センサーユニット部２４から出力される検出信号ＳＳ２の波形の一例を示し、図８Ｃは、図２に示した描画ユニットＵ１内の光検出器ＤＴからの信号の波形の一例を示す。図８Ａに示すように、ＸｔＹｔ面と平行なセンサーユニット部２４の検出面２４Ａは石英等による透過板の表面で構成される。検出面２４Ａには、スポット光ＳＰの主走査方向（Ｙｔ方向）に沿った３ヶ所の各々に、反射性のクロム層で形成された矩形の遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅが形成される。遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅの各々には、Ｘｔ方向に細長く、Ｙｔ方向の幅がスポット光ＳＰの寸法（直径）φｓｐとほぼ等しいスリット開口ＳＳａ、ＳＳｂ、ＳＳｃが形成されている。

[0063] 先の図５で説明したスポット光ＳＰによる最大走査長２ＬＹｓの範囲内のＹｔ方向の中心位置をＹＪｏとしたとき、遮光領域２４ｃのスリット開口Ｓ

Ｓｂは中心位置ＹＪｏに形成され、遮光領域２４ｓのスリット開口ＳＳａは中心位置ＹＪｏから＋Ｙｔ方向に距離（間隔）ＬＪｓの位置に形成され、遮光領域２４ｅのスリット開口ＳＳｃは中心位置ＹＪｏから－Ｙｔ方向に距離（間隔）ＬＪｓの位置に形成されている。遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅの各々の下部（石英の透過板の下部）には、スリット開口ＳＳａ、ＳＳｂ、ＳＳｃの各々を透過したスポット光ＳＰを受光して、その光強度に対応した光電信号を出力する光検出器ＤＴａ、ＤＴｂ、ＤＴｃが配置されている。更に、センサーユニット部２４内には、光検出器ＤＴａ、ＤＴｂ、ＤＴｃの各々からの光電信号をそれぞれ増幅する増幅回路と、増幅された光電信号の強度をデジタル値に変換して、先の図３で示した検出信号ＳＳ２として出力するＡＤ変換回路等が組み込まれている。

[0064] 図８Ａにおいて、遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅの各々は、描画ユニットＵ１（Ｕ２～Ｕ６も同様）内に設けられた光検出器ＤＴ（図２参照）からの信号を用いた検査の実施も考慮して、Ｙｔ方向に幅ＷＳで形成される。幅ＷＳはスリット開口ＳＳａ、ＳＳｂ、ＳＳｃの幅に対して３倍以上に設定され、スポット光ＳＰが幅ＷＳの遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅの各々の表面のスリット開口ＳＳａ、ＳＳｂ、ＳＳｃ以外の部分に投射されたときに発生する反射光が、描画ユニットＵ１（Ｕ２～Ｕ６も同様）内の光検出器ＤＴで検出される。なお、図８Ａの検出面２４Ａのうちの遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅ以外の部分では、スポット光ＳＰに対する反射率が十分に小さく（例えば、１０％以下に）なるように設定されている。

[0065] 図８Ｂは、図４に示したサーボモータ３０によりポリゴンミラーＰＭを微小角度（例えば、Δθｇ）ずつ回転させて、例えば、センサーユニット部２４のスリット開口ＳＳａを横切るようにスポット光ＳＰを移動させたときに得られる光検出器ＤＴａからの検出信号ＳＳ２の波形Ｗｆ１を模式的に表した図である。図８Ｂにおいて、縦軸は検出信号ＳＳ２の強度を表わし、横軸は、カウンタ回路部６０から出力されるスケール円盤３２（即ちポリゴンミラーＰＭ）の回転角度位置の情報Ｉｃａの最小分解能（最下位ビットの変化

）で表される位置Ｙ１、Ｙ２、・・・、Ｙ８を表わす。

[0066] 図８Ｂでは、カウンタ回路部６０から出力される情報Ｉｃａが、位置Ｙ１、Ｙ２、・・・、Ｙ８の各々と一定の計測時間の間だけ一致するようにサーボモータ３０の回転が制御される。例えば、カウンタ回路部６０からの情報Ｉｃａが位置Ｙ１となって静定したら、描画ユニットＵ１にビームＬＢ１のパルス光が所定パルス数だけ供給され、その間に光検出器ＤＴａから出力される検出信号ＳＳ２の強度値（多数のパルス光による平均強度値）と、位置Ｙ１とが主制御装置に送られる。次に、カウンタ回路部６０からの情報Ｉｃａが位置Ｙ２と一致するようにサーボモータ３０を制御し、同様に、光検出器ＤＴａから出力される検出信号ＳＳ２の強度値と位置Ｙ２とが主制御装置に送られる。以下、同様にして、位置Ｙ３～Ｙ８の各々で検出信号ＳＳ２の強度値がサンプリングされる。位置Ｙ１～Ｙ８の各々でサンプリングされた検出信号ＳＳ２の強度値のフィッテングにより、波形Ｗｆ１が得られる。

[0067] 図６で説明したように、１つの画素Ｐｉｘの寸法（Ｐｕｘ，Ｐｕｙ）に対して、スポット光ＳＰの主走査方向の単位移動量（パルス光としての発光ピッチ）をＰｕｙ／２とする場合、図４に示したエンコーダ計測システムのカウンタ回路部６０からの回転角度位置の情報Ｉｃａの計測分解能（最下位ビットの変化に対応）は、スポット光ＳＰの移動量のＰｕｙ／４以下に対応していることが望ましい。即ち、先の図７を用いた説明において、スケール円盤３２の目盛３２Ｇの実用的な格子ピッチΔＧｐを１６μｍ～２０μｍ、目盛３２Ｇの半径Ｒｓを５４ｍｍ～６８ｍｍ、カウンタ回路部６０での内挿倍率Ｋｅを１２８にすることで、ポリゴンミラーＰＭの回転角度計測時の最小分解能（単位角度Δθｇ）を、スポット光ＳＰのＹｔ方向の最小の移動量のＰｕｙ／４にすることができる。従って、図８Ｂの場合、位置Ｙ１～Ｙ８の１目盛分の距離（寸法）は、１つの画素Ｐｉｘの寸法Ｐｕｙの１／４、即ち、スポット光の寸法φｓｐの約１／４の値になる。

[0068] 以上の図８Ｂのような波形Ｗｆ１は、他の光検出器ＤＴｂ、ＤＴｃの各々からの検出信号ＳＳ２と、カウンタ回路部６０からの回転角度位置の情報Ｉ

ｃａとに基づいて同様に計測される。図８Ａに示すように、最大走査長２ＬＹｓの範囲内で、スリット開口ＳＳａ、ＳＳｂ、ＳＳｃの各々は、Ｙｔ方向に間隔ＬＪｓ（ＬＪｓ＜ＬＹｓ）で精密に配置されている。一例として、最大走査長２ＬＹｓが５１ｍｍ（ＬＹｓ＝２５．５ｍｍ）の場合、間隔ＬＪｓは２２．５ｍｍ～２４．５ｍｍ程度の範囲に設定される。図８Ｂの波形Ｗｆ１に基づいて、スリット開口ＳＳａ、ＳＳｂ、ＳＳｃの各々のＹｔ方向の中心位置が、エンコーダ計測システムによる計測ドメイン内（回転角度位置の情報Ｉｃａ）で精密に特定される。

[0069] 図８Ｃは、サーボモータ３０（ポリゴンミラーＰＭ）を低速で回転させつつ、連続してパルス発光させたスポット光ＳＰがセンサーユニット部２４の遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅの各々を横切るように移動させたときに、描画ユニットＵ１内の光検出器ＤＴから出力される検出信号の強度変化による波形Ｗｆ２を表わす。図８Ｃにおいて、縦軸は光検出器ＤＴからの検出信号の強度を表わし、横軸はカウンタ回路部６０から出力されるスケール円盤３２（即ちポリゴンミラーＰＭ）の回転角度位置の情報Ｉｃａを表わす。遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅの各々は、ビームＬＢ１の波長域において比較的に高い反射率（例えば、５０％以上）を有する。その為、遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅの各々を横切るようにスポット光ＳＰが移動していくと、スリット開口ＳＳａ、ＳＳｂ、ＳＳｃ以外の部分で反射した反射光が光検出器ＤＴで受光され、検出信号は図８Ｃのような中割れ状の波形Ｗｆ２となる。

[0070] 光検出器ＤＴからの検出信号（波形Ｗｆ２）の強度値は、カウンタ回路部６０からの情報Ｉｃａの変化に対応して、不図示のＡＤ変換回路によってデジタルサンプリングされる。それによって、スリット開口ＳＳａ、ＳＳｂ、ＳＳｃの各々のＹｔ方向の中心位置が、エンコーダ計測システムによる計測ドメイン内（回転角度位置の情報Ｉｃａ）で精密に特定される。

[0071] 以上のような計測形態において、主制御装置は、カウンタ回路部６０からの情報Ｉｃａに基づいて、スポット光ＳＰの中心がセンサーユニット部２４

のスリット開口ＳＳａ、ＳＳｂ、ＳＳｃの各々の中心と一致したＹｔ方向の位置を特定できるので、図５に示したポリゴンミラーＰＭの回転で走査されるスポット光ＳＰの検出面２４Ａ上での走査位置とポリゴンミラーＰＭの回転角度との相関状態を、図５に示したポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａ～ＭＲｈ毎に確認（検査）することができる。

[0072] 図９は、ポリゴンミラーＰＭの８つの反射面ＭＲａ～ＭＲｈのうちの１つの反射面、例えば反射面ＭＲａによるスポット光ＳＰの走査位置とポリゴンミラーＰＭの回転角度位置との相関状態を誇張して表したグラフである。図９において、縦軸はカウンタ回路部６０からの情報Ｉｃａを表わし、横軸は、Ｙｔ方向におけるスリット開口ＳＳａの位置ＹＪｓ、中心位置ＹＪｏ、及びスリット開口ＳＳｃの位置ＹＪｅを表わす。中心位置ＹＪｏに対して、位置ＹＪｓと位置ＹＪｅとは間隔ＬＪｓで精密に配置されているものとする。

[0073] ポリゴンミラーＰＭの各反射面が精密な角度を成して、精密な平面で理想的に加工されている場合、位置ＹＪｓ、中心位置ＹＪｏ、位置ＹＪｅの各々は、理想的な線形特性ＦＭに則って、情報Ｉｃａから特定される回転角度位置ＩＣｓ、ＩＣｏ、ＩＣｅとして計測される。しかしながら、ポリゴンミラーＰＭの反射面に加工誤差があると、線形特性ＦＭは特性Ｆｍａのように僅かに歪むことになる。即ち、スポット光ＳＰの走査開始部の位置ＹＪｓを基準にして、走査中央部の中心位置ＹＪｏでは、理想的な回転角度位置ＩＣｏに対して、－Δεｏだけ誤差を持った回転角度位置ＩＣｏ’として計測され、走査終了部の位置ＹＪｅでは、理想的な回転角度位置ＩＣｅに対して、＋Δεｅだけ誤差を持った回転角度位置ＩＣｅ’として計測される。

[0074] この図９の特性Ｆｍａは、ポリゴンミラーＰＭが、例え精密に等速回転していたとしても、ポリゴンミラーＰＭの反射面の加工誤差、或いは、描画ユニットＵ１内のｆθレンズ系ＦＴの残存歪曲収差（理想的なｆ－θ特性からの誤差）等によって、スポット光ＳＰの１回の走査中での等速性に僅かな誤差が生じていることを意味する。図９の特性Ｆｍａは、ポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａ～ＭＲｈの各々で異なる傾向を示すので、検査工具装置ＭＴ

Ｕを使って、反射面ＭＲａ～ＭＲｈ毎に図９のような特性Ｆｍａを取得する。

[0075] 特性Ｆｍａのようなスポット光ＳＰの等速性の僅かな誤差は、パターンを描画する際のＹｔ方向の部分的（ローカル）な倍率誤差、或いは全体的な倍率誤差として現れる。そのような倍率誤差の補正は、例えば、国際公開第２０１７／０５７４１５号に開示されたように、光源装置（ファイバーアンプレーザ光源）のパルス発光の周期（例えば、２．５ｎＳ＝１／４００ＭＨｚ）を、スポット光ＳＰの走査中に部分的に微調整する手法で実現することができる。但し、その為には、スポット光ＳＰの最大走査長２ＬＹｓの範囲のどの部分で、どれくらいＹｔ方向の倍率を変えるかが予め判明している必要がある。

[0076] 本実施の形態による検査工具装置ＭＴＵを用いることで、ポリゴンミラーＰＭの反射面毎の特性Ｆｍａが判るので、ポリゴンミラーＰＭのどの反射面でパターン描画（スポット走査）が行われるかのフラグに基づいて、ポリゴンミラーＰＭの反射面毎の特性Ｆｍａによる描画倍率の誤差をミクロンオーダーで補正することが可能となる。なお、ポリゴンミラーＰＭの反射面を特定するフラグは、例えば、ポリゴンミラーＰＭの１回転毎に１パルスの検出信号を発生する回転検出センサを用いて、その検出信号の１パルスと、図４、図５で示した光源部ＢＤａと受光部ＢＤｂで構成される原点センサからの原点信号とに基づいて容易に作成することができる。なお、ｆθレンズ系ＦＴのＹｔ方向の残存歪曲収差（理想的なｆ－θ特性からの誤差）による誤差分は、ポリゴンミラーＰＭの反射面毎の特性Ｆｍａに共通に含まれている。

[0077] 〔変形例１〕

図１０Ａは、スポット光ＳＰの光電検出の為にセンサーユニット部２４の検出面２４Ａ上に設けられるスリット開口の変形例を示し、先の図８Ａに示したセンサーユニット部２４を構成する部材や寸法と同じものには同じ符号を付してある。図１０Ａにおいて、走査開始位置ＰＬｓの近傍に配置される遮光領域２４ｓには、図８Ａと同じスリット開口ＳＳａと共に、Ｙｔ方向に

細長く形成され、Ｘｔ方向の幅がスポット光ＳＰの寸法（直径）φｓｐとほぼ等しいスリット開口ＳＸｓが形成されている。スリット開口ＳＳａとスリット開口ＳＸｓとはＹｔ方向に所定の間隔で離して形成される。

[0078] 同様に、走査終了位置ＰＬｅの近傍に配置される遮光領域２４ｅには、図８Ａと同じスリット開口ＳＳｃと共に、Ｙｔ方向に細長く形成され、Ｘｔ方向の幅がスポット光ＳＰの寸法（直径）φｓｐとほぼ等しいスリット開口ＳＸｅが形成されている。スリット開口ＳＳｃとスリット開口ＳＸｅとはＹｔ方向に所定の間隔で離して形成される。さらに、中心位置ＹＪｏに配置される遮光領域２４ｃには、図８Ａに示したスリット開口ＳＳｂの３本がＹｔ方向に一定のスペースで形成されている。スリット開口ＳＳｂの本数は３本に限定されず、ライン＆スペース状に複数本が形成される。以上の構成において、スリット開口ＳＸｓとスリット開口ＳＸｅは、Ｙｔ軸と平行な直線上に配置される。

[0079] 遮光領域２４ｓの下部には、図８Ａと同様の光検出器ＤＴａが設けられ、光検出器ＤＴａはスリット開口ＳＳａ又はスリット開口ＳＸｓを透過したスポット光ＳＰの光強度に応じた光電信号を出力する。遮光領域２４ｃの下部には、図８Ａと同様の光検出器ＤＴｂが設けられ、光検出器ＤＴｂは複数本のスリット開口ＳＳｂの各々を透過したスポット光ＳＰの光強度に応じた光電信号を出力する。遮光領域２４ｅの下部には、図８Ａと同様の光検出器ＤＴｃが設けられ、光検出器ＤＴｃはスリット開口ＳＳｃ又はスリット開口ＳＸｅを透過したスポット光ＳＰの光強度に応じた光電信号を出力する。

[0080] サーボモータ３０の回転によるポリゴンミラーＰＭの１つの反射面（例えば、反射面ＭＲａ）の角度変化により、スポット光ＳＰが黒点ＯＮＰ（図６）のようにオン状態で遮光領域２４ｓ上をＹｔ方向に移動すると、光検出器ＤＴａからの光電信号（検出信号ＳＳ２）の強度は、図１０Ｂに示した波形Ｗｆ３ａ、Ｗｆ３ｂのように変化する。図１０Ｂにおいて、横軸はエンコーダ計測システムのカウンタ回路部６０から出力される回転角度位置の情報Ｉｃａを表し、縦軸は光検出器ＤＴａからの光電信号の強度を表す。図１０Ｂ

中の波形Ｗｆ３ａは、先の図８Ｂに示した波形Ｗｆ１と同じものであり、図１０Ｂ中の波形Ｗｆ３ｂは、スポット光ＳＰが正確にスリット開口ＳＸｓ上を移動したときに得られる波形である。

[0081] スポット光ＳＰの寸法（直径）φｓｐとスリット開口ＳＸｓのＸｔ方向の幅とは、ミクロンオーダーである為、描画ユニットＵ１（又はＵ２～Ｕ６のいずれか）を検査工具装置ＭＴＵに搭載した時点では、スポット光ＳＰの検出面２４Ａ上のＸｔ方向の位置が、必ずしもスリット開口ＳＸｓのＸｔ方向の位置と一致しているとは限らない。そこで、図１０Ａのセンサーユニット部２４を使う場合は、初期設定として、スポット光ＳＰが遮光領域２４ｓ上で繰り返し複数回移動するように、サーボモータ３０の回転を制御する。その間に、光検出器ＤＴａからの光電信号（検出信号ＳＳ２）の強度をモニターしつつ、波形Ｗｆ３ｂのレベルが最大になるように、図２に示した描画ユニットＵ１内の平行平板ＨＶの傾斜量を徐々に変化させて、描画ラインＳＬ１を±Ｘｔ方向に微動させて位置調整する。

[0082] 次に、図１０Ｄに示すように、光検出器ＤＴｃからの光電信号（検出信号ＳＳ２）の強度を計測する。図１０Ｄにおいて、横軸はエンコーダ計測システムのカウンタ回路部６０から出力される回転角度位置の情報Ｉｃａを表し、縦軸は光検出器ＤＴｃからの光電信号の強度を表す。図１０Ｄ中の波形Ｗｆ５ａは、先の図８Ｂに示した波形Ｗｆ１と同じものであり、図１０Ｄ中の波形Ｗｆ５ｂは、スポット光ＳＰが正確にスリット開口ＳＸｅ上を移動したときに得られる波形である。しかしながら、描画ユニットＵ１（描画ラインＳＬ１）とセンサーユニット部２４とのＸｔＹｔ面内での相対的な微小回転誤差によって、平行平板ＨＶで調整された後の描画ラインＳＬ１とスリット開口ＳＸｅとがＸｔ方向に位置ずれしている場合があり、波形Ｗｆ５ｂが波形Ｗｆ５ｂ’のようにレベル低下したり、或いは波形Ｗｆ５ｂ’自体が得られないことがある。

[0083] そこで、図２、図３に示したマウント部材２５には、遮光領域２４ｓの中心を通るＺｔ軸と平行な軸線の回りに、センサーユニット部２４の全体を微

小回転させるセンサー微動機構を設け、スリット開口ＳＸｓとスリット開口ＳＸｅとを結ぶ線分と描画ラインＳＬ１との相対的な傾きを補正する。具体的には、スポット光ＳＰが遮光領域２４ｅ上で繰り返し複数回移動するように、サーボモータ３０の回転を制御する。その間に、光検出器ＤＴｃからの光電信号（検出信号ＳＳ２）の強度をモニターしつつ、波形Ｗｆ５ｂ’のレベルが波形Ｗｆ５ｂのような最大になるまで、マウント部材２５のセンサー微動機構によりセンサーユニット部２４の傾斜を徐々に変化させて位置調整する。

[0084] また、図１０Ａの光検出器ＤＴｂは、図１０Ｃに示した波形Ｗｆ４となるような光電信号（検出信号ＳＳ２）を出力する。図１０Ｃにおいても、横軸はエンコーダ計測システムのカウンタ回路部６０から出力される回転角度位置の情報Ｉｃａを表し、縦軸は光検出器ＤＴｂからの光電信号の強度を表す。図１０Ｃ中の波形Ｗｆ４は、先の図８Ｂに示した波形Ｗｆ１と同じものであり、３本のスリット開口ＳＳｂの各々に対応して、位置の情報Ｉｃｂの方向に沿った３カ所の位置の各々に発生する。波形解析によって、３つの波形Ｗｆ４の各々の中心位置を求め、その平均位置を求めることで、中心位置ＹＪｏがエンコーダ計測システムによる計測座標系内で特定される。

[0085] 以上、本変形例では、センサーユニット部２４のスリット開口ＳＳａ、ＳＳｂ、ＳＳｃ（及び光検出器ＤＴａ、ＤＴｂ、ＤＴｃ）を用いて、先の図９のように、ポリゴンミラーＰＭの反射面毎に、ポリゴンミラーＰＭの回転角度位置とスポット光ＳＰの走査位置との相関状態の誤差を検査する際に、センサーユニット部２４の検出面２４Ａ上での描画ラインＳＬ１の傾きを実質的にゼロにすることができる。その為、ポリゴンミラーＰＭの回転角度位置とスポット光ＳＰの走査位置との相関状態の誤差計測がより正確に行われる。

[0086] 〔変形例２〕

図１１Ａは、センサーユニット部２４の検出面２４Ａ上の遮光領域２４ｓ（２４ｃ、２４ｅも同様）に形成されるスリット開口の変形例を示す図であ

る。図１１Ａにおいて、座標系ＸｔＹｔＺｔは図１０Ａと同じに設定され、図１１Ａの遮光領域２４ｓ（及び２４ｃ、２４ｅ）は、図１０Ａと同様に、検出面２４Ａ上のＹｔ方向に沿った３ヶ所に形成される。先に説明したように、検査工具装置ＭＴＵに描画ユニットＵ１を搭載した段階では、スポット光ＳＰのポリゴンミラーＰＭの回転による描画ラインＳＬ１と、センサーユニット部２４の検出面２４Ａ上に設定されるＹｔ軸とが、相対的に微少に傾いている場合が有る。

[0087] その傾きを計測して補正する為に、先の図１０Ａでは、Ｙｔ軸と平行なスリット開口ＳＸｓ、ＳＸｅを設けたが、本変形例では、検出面２４Ａ（ＸｔＹｔ面）上で、Ｘｔ軸とＹｔ軸の各々に対して逆向きに４５°傾いた１対のスリット開口ＳＫａ、ＳＫｂが遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅの各々に形成される。１対のスリット開口ＳＫａ、ＳＫｂは、遮光領域２４ｓ（及び２４ｃ、２４ｅ）上の中心点ＣＣｏを通ってＸｔ軸と平行な中心線ＣＣｘに関して線対称に配置されている。従って、スリット開口ＳＫａ、ＳＫｂの各々の延長線は、９０°で交差することになる。

[0088] また、中心点ＣＣｏを通ってＹｔ軸と平行な線を中心線ＣＣｙとすると、スリット開口ＳＫａ、ＳＫｂの各々の長手方向の中心点のＹｔ方向の間隔はＹＲｏに設定されているものとする。初期段階では、描画ユニットＵ１によるスポット光ＳＰの描画ラインＳＬ１と、センサーユニット部２４側のＹｔ軸との相対的な傾斜量が不明なので、サーボモータ３０によるポリゴンミラーＰＭの回転により、スポット光ＳＰは、中心線ＣＣｙから＋Ｘｔ方向にずれた描画ラインＳＬ１ａ、或いは－Ｘｔ方向にずれた描画ラインＳＬ１ｂに沿って移動する。従って、遮光領域２４ｓの下に配置された光検出器ＤＴａは、図１１Ｂ、或いは図１１Ｃのような光電信号（検出信号ＳＳ２）を出力する。

[0089] 図１１Ｂ、図１１Ｃにおいて、横軸はエンコーダ計測システムのカウンタ回路部６０から出力される回転角度位置の情報Ｉｃａを表わし、縦軸は検出信号ＳＳ２の信号強度を表わす。図１１Ａに示した描画ラインＳＬ１ａに沿

ってスポット光ＳＰが移動した場合、図１１Ｂのように、検出信号ＳＳ２は、スリット開口ＳＫａと描画ラインＳＬ１ａとが交差する位置ＰＹａでピークとなる波形Ｗｆ６ａと、スリット開口ＳＫｂと描画ラインＳＬ１ａとが交差する位置ＰＹｂでピークとなる波形Ｗｆ６ｂとを発生する。位置ＰＹａと位置ＰＹｂのＹｔ方向の間隔をＹＲａとすると、間隔ＹＲａは間隔ＹＲｏよりも短い為、描画ラインＳＬ１ａが中心線ＣＣｙよりも＋Ｘｔ方向にΔＸａだけ変位していることが判る。

[0090] その変位量ΔＸａは、１対のスリット開口ＳＫａ、ＳＫｂの延長線が９０°を成していることから、ΔＸａ＝（ＹＲｏ－ＹＲａ）／２で求められる。同様に、図１１Ａに示した描画ラインＳＬ１ｂに沿ってスポット光ＳＰが移動した場合、図１１Ｃのように、検出信号ＳＳ２は、スリット開口ＳＫａと描画ラインＳＬ１ｂとが交差する位置ＰＹｃでピークとなる波形Ｗｆ６ａと、スリット開口ＳＫｂと描画ラインＳＬ１ｂとが交差する位置ＰＹｄでピークとなる波形Ｗｆ６ｂとを発生する。位置ＰＹｃと位置ＰＹｄのＹｔ方向の間隔をＹＲｂとすると、描画ラインＳＬ１ｂの中心線ＣＣｙからの変位量ΔＸｂは、ΔＸｂ＝（ＹＲｏ－ＹＲｂ）／２で求められる。このように、９０°で交差する１対のスリット開口ＳＫａ、ＳＫｂを用いることで、中心線ＣＣｙに対する描画ラインＳＬ１の変位方向と大きさとが簡単に計測できる。なお、図１１Ａに示したスリット開口ＳＫａ、ＳＫｂの延長線が成す交差角度は９０°に限られず、任意の既知の角度（例えば、６０°、１２０°、１５０°等）にすることができる。

[0091] 検出面２４Ａ上の遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅの各々に、図１１Ａのような１対のスリット開口ＳＫａ、ＳＫｂを設けることにより、遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅの各々の中心点ＣＣｏの位置における描画ラインＳＬ１のＸｔ方向の変位方向と変位量とを計測することができる。それにより、中心線ＣＣｙと描画ラインＳＬ１とのＸｔＹｔ面内での相対的な傾き誤差量を確認することができる。その傾き誤差量が大きいときは、マウント部材２５のセンサー微動機構を駆動させて、傾き誤差量が許容範囲内になるように

調整する。

[0092] 〔変形例３〕

図１１Ａのような１対のスリット開口ＳＫａ、ＳＫｂが形成された遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅを設けたセンサーユニット部２４を用いると、先の図２で示した描画ユニットＵ１（Ｕ２～Ｕ６も同様）内に設けられた平行平板ＨＶの傾斜量と描画ラインＳＬ１のＸｔ方向のシフト量との対応関係を容易にキャリブレーションすることができる。例えば、平行平板ＨＶの傾斜量を単位量ずつ変化させては、センサーユニット部２４のうちの中央の遮光領域２４ｃに形成された１対のスリット開口ＳＫａ、ＳＫｂと光検出器ＤＴｂとにより、描画ラインＳＬ１のＸｔ方向の変位量を図１１Ａのように求めることを繰り返すことで、平行平板ＨＶの傾斜量と描画ラインＳＬ１のシフト量との対応関係のマップ（キャリブレーションマップ）を作成することができる。

[0093] 〔変形例４〕

図１２Ａは、センサーユニット部２４の検出面２４Ａ上の遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅに形成されるスリット開口の変形例を示す図である。図１２Ａにおいて、座標系ＸｔＹｔＺｔは図１０Ａと同じに設定され、図１２Ａの遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅには、いずれも図１０Ａ中に示した遮光領域２４ｃと同様に、３本（それ以上の本数でも良い）のスリット開口ＳＳｂ（ＳＳａ、ＳＳｃでも良い）が形成されている。本変形例において、スポット光ＳＰが遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅの各々を横切るようにＹｔ方向に移動すると、光検出器ＤＴａ、ＤＴｂ、ＤＴｃの各々からの光電信号（検出信号ＳＳ２）は、それぞれ、図１２Ｂ、図１２Ｃ、図１２Ｄに示すように、スリット開口ＳＳｂの本数に対応したピークを有する波形Ｗｆ７ａ、Ｗｆ７ｂ、Ｗｆ７ｃとなる。

[0094] 図１２Ｂ、図１２Ｃ、図１２Ｄの各々の横軸は、エンコーダ計測システムのカウンタ回路部６０から出力される回転角度位置の情報Ｉｃａを表し、縦軸は光検出器ＤＴａ、ＤＴｂ、ＤＴｃの各々からの検出信号ＳＳ２の信号強

度を表す。そこで、光検出器ＤＴａからの検出信号ＳＳ２の波形Ｗｆ７ａの平均的な強度値ＩＶａ、光検出器ＤＴｂからの検出信号ＳＳ２の波形Ｗｆ７ｂの平均的な強度値ＩＶｂ、及び、光検出器ＤＴｃからの検出信号ＳＳ２の波形Ｗｆ７ｃの平均的な強度値ＩＶｃの各々を求めて比較すると、描画ラインＳＬ１に沿ったスポット光ＳＰの照度ムラを計測することができる。図１２Ａに示したセンサーユニット部２４では、スポット光ＳＰの最大走査長２ＬＹｓ内の走査開始位置ＰＬｓの近傍、中心位置ＹＪｏ、走査終了位置ＰＬｅの近傍の３ヶ所のみに、スリット開口付の遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅを設けたが、更に多くのスリット開口付の遮光領域と光検出器とをＹｔ方向の決まった位置に配置しても良い。

[0095] また、図１２Ｂ～１２Ｄに示すような波形Ｗｆ７ａ、Ｗｆ７ｂ、Ｗｆ７ｃを、ポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａ～ＭＲｈ（図５参照）の各々について取得することにより、描画ラインＳＬ１（ＳＬ２～ＳＬ６）上でのスポット光ＳＰの反射面ＭＲａ～ＭＲｈ毎の照度値の差異や描画ラインＳＬ１（ＳＬ２～ＳＬ６）に沿った照度ムラを計測して、補正する（キャリブレーションする）ことが可能となる。その補正は、例えば、国際公開第２０１９／０６５２２４号に開示されているように、光源装置からのビームＬＢ１の描画ユニットＵ１（Ｕ２～Ｕ６）への供給状態と非供給状態とを高速に切り換える音響光学変調素子（ＡＯＭ）を用いて容易に実施可能である。

[0096] 〔変形例５〕

図１３は、ポリゴンミラーＰＭの１つの反射面ＭＲａ（他の反射面ＭＲｂ～ＭＲｈでも同様）上に投射されるビームＬＢ１の様子を説明する図である。先の図２に示した描画ユニットＵ１中の第１シリンドリカルレンズＣＹａとレンズ系Ｇ３、Ｇ４とによって、ポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａ上に投射されるビームＬＢ１は、ポリゴンミラーＰＭの回転の周方向（ここでは便宜上、Ｙｔ方向とする）にスリット状に細長く延びて分布する。反射面ＭＲａ上のビームＬＢ１は、図５に示したポリゴンミラーＰＭの回転角度θｖの回転の間、反射面ＭＲａ上のＹｔ方向の位置ｍ１から位置ｍ２まで変位す

る。図１３において、位置ｍ１は、図５、図８Ａ、図１０Ａ、図１２Ａの各々に示したスポット光ＳＰの走査開始位置ＰＬｓに対応し、位置ｍ２は走査終了位置ＰＬｅに対応する。

[0097] 反射面ＭＲａ（ＭＲｂ～ＭＲｈ）に反射率のムラが無ければ、描画ラインＳＬ１に沿ったスポット光ＳＰの照度は一定であるが、反射率にムラがあることで、スポット光ＳＰの照度が描画ラインＳＬ１に沿った位置に応じて変動する。ところで、図２に示した描画ユニットＵ１内の平行平板ＨＶを傾斜させて、スポット光ＳＰによる描画ラインＳＬ１をＸｔ方向に微少シフトさせる場合、ポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａ～ＭＲｈの各々に投射されるビームＬＢ１は、図１３中では、ポリゴンミラーＰＭの中心軸ＡＸｐ（ＡＸｐ’）に沿った方向にシフトする。ポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａ～ＭＲｈの各々の反射率のムラは２次元に生じ得る為、平行平板ＨＶの傾斜位置に応じて、反射面ＭＲａ～ＭＲｈの各々で反射されるビームＬＢ１の照度（スポット光ＳＰの照度）が変化することもある。

[0098] そこで、例えば、図１２Ａのセンサーユニット部２４の中心位置ＹＪｏに配置される遮光領域２４ｃのスリット開口と光検出器ＤＴｂとを利用することによって、平行平板ＨＶの傾斜角度の変化に伴うスポット光ＳＰの照度変化をポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａ～ＭＲｈ毎に計測することができる。この計測の場合、検査工具装置ＭＴＵのサーボモータ３０によるポリゴンミラーＰＭの回転は、反射面ＭＲａ～ＭＲｈの各々について、図１２Ａに示した遮光領域２４ｃのみをスポット光ＳＰがＹｔ方向に繰り返し往復移動するように制御される。また、スポット光ＳＰの移動速度は１ｍｍ／秒以下でも良い。

[0099] 図１４は、平行平板ＨＶの傾斜位置に応じたスポット光ＳＰの照度の変化を、ポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａ～ＭＲｈ毎に求めた計測例を誇張して表したグラフである。図１４において、横軸は平行平板ＨＶの傾斜位置を表し、傾斜位置ｈｃ０は中立位置（傾斜角０°で平行平板ＨＶが光軸と垂直な状態）を表し、傾斜位置＋ｈｃ２、－ｈｃ２の各々は平行平板ＨＶを傾斜

可能な最大ストロークの範囲を表す。傾斜位置＋ｈｃ１、－ｈｃ１は最大ストロークの半分の傾斜位置を表す。また、図１４の縦軸は、光検出器ＤＴｂからの光電信号（検出信号ＳＳ２）の波形Ｗｆ７ｂ（図１２Ｃ参照）の平均的な強度値を表す。

[0100] 図１４のグラフは、平行平板ＨＶの傾斜位置を－ｈｃ２、－ｈｃ１、ｈｃ０、＋ｈｃ１、＋ｈｃ２の各々に設定し、各傾斜位置でポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａ～ＭＲｈ毎に検出信号ＳＳ２の強度値を例示的にプロットしたものである。このような計測結果が得られた場合、全体的な傾向として、反射率の程度は、反射面ＭＲｇ、ＭＲｈ、ＭＲｆ、ＭＲｅ、ＭＲｃ、ＭＲａ、ＭＲｄ、ＭＲｂの順に低下している。しかしながら、反射面ＭＲａについては、平行平板ＨＶの傾斜位置に応じたスポット光ＳＰの照度変動が大きくなっている。

[0101] その為、反射面ＭＲａによってビームＬＢ１が偏向されて、スポット光ＳＰの走査が行われる際には、その時点での平行平板ＨＶの傾斜位置に応じた照度補正（調整）が必要になることがある。反射面ＭＲａ～ＭＲｈのうち、平行平板ＨＶの傾斜位置に応じたスポット光ＳＰの照度変動が小さい反射面（例えば、図１４中の反射面ＭＲｂ、ＭＲｃ、ＭＲｅ、ＭＲｆ、ＭＲｇ、ＭＲｈ）については、平行平板ＨＶの傾斜位置をパラメータとした照度補正はせずに、反射面の反射率をパラメータとした照度補正のみとする。一方、平行平板ＨＶの傾斜位置に応じたスポット光ＳＰの照度変動が大きい反射面（例えば、図１４中の反射面ＭＲａ、ＭＲｄ）については、反射面の反射率をパラメータとした照度補正と共に、平行平板ＨＶの傾斜位置をパラメータとした照度補正が加味される。反射面毎の反射率の違いによる照度補正は、スポット光ＳＰの照度が、例えば±数％の範囲から逸脱する反射面に対して行えば良い。なお、平行平板ＨＶの傾斜位置をパラメータとした照度補正については、例えば、国際公開第２０１９／０６５２２４号にも開示されている。

[0102] なお、本変形例では、光検出器ＤＴｂからの検出信号ＳＳ２の強度と平行

平板ＨＶの傾斜位置とが判明すれば計測可能なので、エンコーダ計測システムのカウンタ回路部６０からの回転角度位置の情報Ｉｃａは利用しない。その為、本変形例による計測は、サーボモータ３０の回転シャフト２０のポリゴンミラーＰＭとの結合を一時的に切り離して、図４の駆動回路ＤＶＣが制御可能な低い速度で本来のモータＭＤを回転駆動し、ポリゴンミラーＰＭを低速回転（例えば、１０００ｒｐｍ）させた状態で実行しても良い。

[0103] 〔変形例６〕

図２に示した検査工具装置（検査装置）ＭＴＵは、検査すべき描画ユニットＵ１～Ｕ６のいずれか１つを、ｆθレンズ系ＦＴの光軸ＡＸｆ１が、ＸｔＹｔ面（重力方向と垂直な面）と平行になるように搭載する構成とした。しかしながら、描画ユニットＵ１～Ｕ６は、パターン描画装置ＥＸ内では、図１に示すように中心面ＣＰｏに対して角度θｃだけ傾けて取り付けられる。その為、描画ユニットＵ１～Ｕ６の実装状態と同じになるように、検査工具装置ＭＴＵの全体を図２中でＹｔ軸回りに水平状態から角度θｃだけ傾けても良い。或いは、検査工具装置ＭＴＵのコマ部材２１Ａ、２１Ｂ、２１Ｃが設けられる搭載面（描画ユニットの載置部）と回転シャフト２０とを、Ｙｔ軸回りに水平状態から角度θｃだけ傾けても良い。

[0104] 〔変形例７〕

以上の実施の形態や各変形例に示したセンサーユニット部２４では、スリット開口付の遮光領域２４ｓ、２４ｃ、２４ｅ等と光検出器ＤＴａ、ＤＴｂ、ＤＴｃ等とによって、スポット光ＳＰの移動位置を光電検出するようにした。光検出器ＤＴａ、ＤＴｂ、ＤＴｃの代わりに、スポット光ＳＰの走査による描画ラインＳＬ１に沿ったＹｔ方向の特定の位置に、１次元又は２次元の撮像素子を設け、スポット光ＳＰの投射位置を撮像素子の画素位置で特定するようにしても良い。その場合、撮像素子の撮像面がセンサーユニット部２４の検出面２４Ａと一致するように設定される。

[0105] 〔変形例８〕

一般的に、高速回転が要求されるポリゴンミラーＰＭの回転軸と軸受部と

の間には、磁気反発力を利用した磁気ベアリング、又は動圧気体を利用した流体ベアリング等の非接触式のベアリング機構が設けられている。特に、動圧気体を利用したベアリングは、ポリゴンミラーＰＭの回転軸を高速回転させたときに発生するので、低速回転、或いは回転停止時にはベアリング機能が発現しない。

[0106] 図２～図４に示した検査工具装置ＭＴＵの回転シャフト２０の当接部２０Ａをポリゴンミラーの接触子ＣＳに当接させて、ポリゴンミラーＰＭを極低速で回転、又は所定の回転角度位置で停止させる場合、ポリゴンミラーＰＭのモータＭＤ内の回転軸と軸受部の間には動圧気体ベアリングが形成されないことになる。そこで、検査工具装置ＭＴＵのモータＭＤによってポリゴンミラーＰＭを回転駆動させる際は、回転軸と対向する軸受部の面に形成されたポート部を介して、ポリゴンミラーＰＭの回転軸と軸受部との間の隙間に外部から加圧気体を供給して、静圧気体ベアリングを形成する構成にしても良い。

[0107] 〔変形例９〕

図４に示したように、描画ユニットＵ１（Ｕ２～Ｕ６も同様）内には、原点信号ＢＤＳを出力する原点センサ部（光源部ＢＤａ、受光部ＢＤｂ）が設けられている。原点信号ＢＤＳは、パターン描画時にポリゴンミラーＰＭが高速回転している間、反射面ＭＲａ～ＭＲｈ（図５参照）の各々が所定の角度位置になった瞬間にパルス状に発生する。原点センサ部の受光部ＢＤｂの構成として、例えば、国際公開第２０１８／０６１６３３号に開示されているものを利用すると、ポリゴンミラーＰＭを検査工具装置ＭＴＵのモータＭＤで低速回転させた場合でも、原点信号ＢＤＳの降下のタイミングは良好に得られる。

[0108] そこで、図１５に示すように、原点信号ＢＤＳの降下のタイミングで、エンコーダ計測システムのカウンタ回路部６０（図４参照）で計測される回転角度位置に関する情報Ｉｃａを、原点信号ＢＤＳの発生位置ＰＬｏとしてラッチして記憶する。引き続き、例えば、図８Ａに示したセンサーユニット部

２４の遮光領域２４ｓ（原点信号ＢＤＳの発生後に最初にスポット光ＳＰで走査される）のスリット開口ＳＳａをスポット光ＳＰが横切るように、ポリゴンミラーＰＭを、検査工具装置ＭＴＵのモータＭＤで図５のように時計回りに低速回転させる。そして、光検出器ＤＴａが出力する図８Ｂのような検出信号ＳＳ２の波形Ｗｆ１の中心を、カウンタ回路部６０で計測される回転角度位置に関する情報Ｉｃａに基づいて位置ＰＬｆとして求める。

[0109] 計測された位置ＰＬｏと位置ＰＬｆとの差分値ΔＴＰは、本来、ポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａ～ＭＲｈの各々について、公差の範囲内で揃っているものである。しかしながら、図５に示したように、原点センサ部（ＢＤａ、ＢＤｂ）が検出するポリゴンミラーＰＭの反射面は、描画用のビームＬＢ１が反射される反射面の１つ手前になっている為、隣接する反射面同士が成す角度（頂角）に製造上の誤差が生じていた場合、差分値ΔＴＰはポリゴンミラーＰＭの反射面によっては公差の範囲を超えた値になることがある。

[0110] そこで、本変形例では、ポリゴンミラーＰＭの反射面毎に、図１５のような計測を行い、反射面毎の差分値ΔＴＰを求め、差分値ΔＴＰが公差の範囲から外れているか否かを検査する。ポリゴンミラーＰＭの反射面が、図５に示したような８面の場合、隣接する反射面同士が成す頂角は１３５．０°である。図５に示した構成の場合、差分値ΔＴＰが所期の値よりも大きいときは、頂角が１３５．０°よりも僅かに大きくなっていることを意味し、差分値ΔＴＰが所期の値よりも小さいときは、頂角が１３５．０°よりも僅かに小さくなっていることを意味する。

[0111] 図１６は、ポリゴンミラーＰＭの８つの反射面ＭＲａ～ＭＲｈの各々に対応した差分値ΔＴＰａ～ΔＴＰｈを、原点信号ＢＤＳの発生位置ＰＬｏを揃えて例示的に並べた図である。図１６において、横軸はエンコーダ計測システムのカウンタ回路部６０からの情報Ｉｃａに対応し、０点は差分値ΔＴＰが所期の値のときに得られる回転角度位置を表わす。また、図１６において、０点から＋方向と－方向とに並べた破線の各々は、カウンタ回路部６０でデジタル計数される最下位ビット（ＬＳＢ）の分解能に対応した位置を表わ

す。本変形例では、差分値ΔＴＰａ～ΔＴＰｈの各々が、０点を中心に±１ビットの誤差内にあれば、公差範囲内（ハッチング部）とする。従って、図１６の場合、ポリゴンミラーＰＭの反射面ＭＲａ、ＭＲｄ、ＭＲｅの各々は公差範囲から外れている。

[0112] 反射面ＭＲａ、ＭＲｅの各々に対応した差分値ΔＴＰａ、ΔＴＰｅは、公差範囲よりも小さい為、原点信号ＢＤＳの発生時（波形の降下時）の瞬間から一定の遅延時間ΔＴｄの後に、ビームＬＢ１によるパターン描画を開始すると、基板Ｐ上の主走査方向に関する描画開始時点が、本来のタイミングよりも僅かに早くなってしまう。その為、原点センサ部が反射面ＭＲａ、ＭＲｅの各々を検出したときは、遅延時間ΔＴｄを少しだけ長く設定すれば良い。一方、反射面ＭＲｄに対応した差分値ΔＴＰｄは、公差範囲よりも大きい為、原点信号ＢＤＳの発生時（波形の降下時）の瞬間から遅延時間ΔＴｄの後に、ビームＬＢ１によるパターン描画を開始すると、基板Ｐ上の主走査方向に関する描画開始時点が、本来のタイミングよりも僅かに遅くなってしまう。その為、原点センサ部が反射面ＭＲｄを検出したときは、遅延時間ΔＴｄを少しだけ短く設定すれば良い。

[0113] このように、本変形例では、検査工具装置ＭＴＵを用いることによって、描画ユニットＵ１～Ｕ６の各々のポリゴンミラーＰＭによるパターン描画の開始タイミングの誤差を反射面毎に定量的に、高い分解能で検査することが可能となる。その為、パターン描画装置によって基板Ｐ上に描画されるパターンの忠実度や微細度を、長期間に亘って維持することが可能となる。また、本変形例のような計測方法を、ポリゴンミラーＰＭをモータＭＤで高速回転させた状態で描画ユニットＵ１（又はＵ２～Ｕ６）を一定時間だけ稼働させた直後に実施すると、温度上昇で発生するポリゴンミラーＰＭの変形による誤差（差分値ΔＴＰの変動）を確認することもできる。

請求の範囲

[請求項1] 描画データに基づいて強度変調されたビームを一次元に偏向する回転多面鏡（ＰＭ）と、前記回転多面鏡を回転させる第１のモータ（ＭＤ）と、前記回転多面鏡で偏向された前記ビームを基板上に一次元走査されるスポット光として投射する走査用光学系（ＦＴ）と、を有する描画ユニット（Ｕｎ）を検査する検査装置（ＭＴＵ）であって、

前記描画ユニットを脱着可能に搭載する載置部と、

前記載置部から突出し、前記回転多面鏡の回転軸と同軸に結合可能な回転シャフト（２０）と、

前記回転シャフトと同軸に取り付けられたスケール円盤（３２）を有し、前記スケール円盤の回転角度位置を計測するエンコーダ計測システム（３２、３４、６０）と、

前記スポット光を受光し、前記スポット光の走査位置に応じた検出信号を出力するセンサーユニット部（２４）と、を備え、

前記エンコーダ計測システムで計測される前記回転角度位置の情報と、前記センサーユニット部から出力される前記検出信号とに基づいて、前記回転多面鏡の反射面の各々の回転角度位置と前記スポット光の走査位置との相関状態を検査する、検査装置。

[請求項2] 請求項１に記載の検査装置であって、

前記回転シャフトに取り付けられ、前記回転シャフトを介して前記回転多面鏡を回転駆動させる第２のモータ（３０）を更に備える、検査装置。

[請求項3] 請求項２に記載の検査装置であって、

前記エンコーダ計測システムで計測される前記回転角度位置の情報に基づいて、前記第２のモータの回転駆動及び回転停止位置をサーボ制御するサーボ制御回路部（６４）を、更に備える、検査装置。

[請求項4] 請求項１～３のいずれか１項に記載の検査装置であって、

前記スケール円盤は、前記回転シャフトの中心線から半径Ｒｓの位

置に、回転の周方向に沿ってピッチΔＧｐで形成された格子目盛（３２Ｇ）を有し、

前記エンコーダ計測システムは、前記格子目盛に対向して配置され、前記格子目盛の周方向への移動を読み取るエンコーダヘッド（３４）からの信号を入力して、前記回転角度位置の情報をデジタル値で出力するカウンタ回路部（６０）を有する、検査装置。

[請求項5] 請求項４に記載の検査装置であって、

前記格子目盛は、最大径が前記半径Ｒｓで構成された前記スケール円盤の外周面に形成される、検査装置。

[請求項6] 請求項４または５に記載の検査装置であって、

前記カウンタ回路部は、内挿倍率をＫｅ（整数）としたとき、前記格子目盛のピッチΔＧｐの１／Ｋｅが最小の計数分解能になるように内挿して前記回転角度位置の情報を出力する内挿処理部を備える、検査装置。

[請求項7] 請求項６に記載の検査装置であって、

前記内挿処理部から出力される前記回転角度位置の情報の最小の計数分解能は、前記描画データ中で設定される前記画素の寸法よりも小さく設定される、検査装置。

[請求項8] 請求項４～７のいずれか１項に記載の検査装置であって、

前記回転多面鏡の反射面の数をＮｒ、前記回転多面鏡の１つの反射面で偏向される前記ビームの走査効率をα（α＜１）、前記回転多面鏡の１つの反射面によって一次元走査される前記スポット光による１つの描画ライン内に含まれる前記描画データ中の画素の数をＮｐｐ、２以上の整数をｅとしたとき、

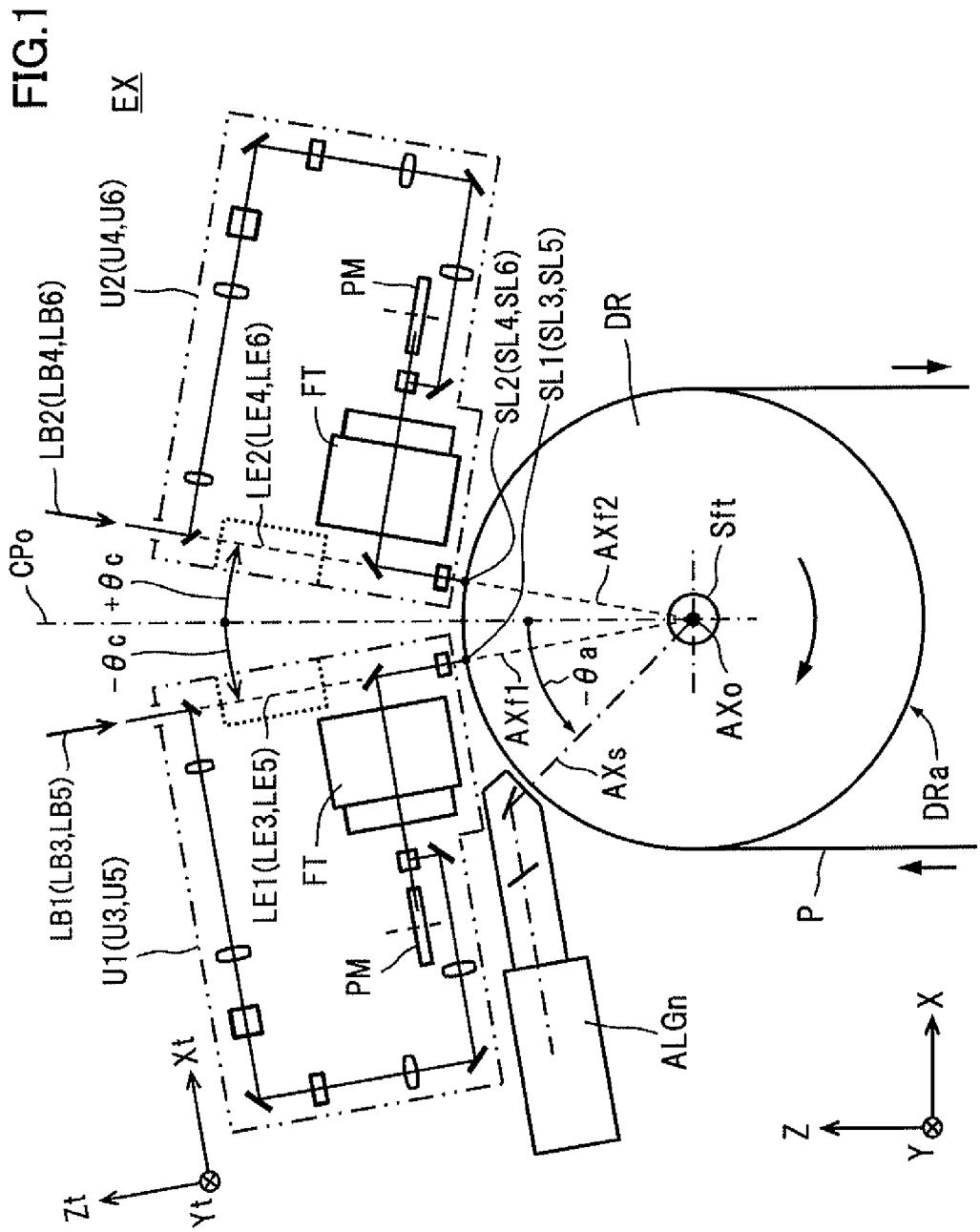
前記格子目盛のピッチΔＧｐは、

$$\Delta Gp = 2\pi \cdot Rs \cdot Ke \cdot (\alpha / Nr) / (e \cdot Npp)$$

の関係になるように設定される、検査装置。

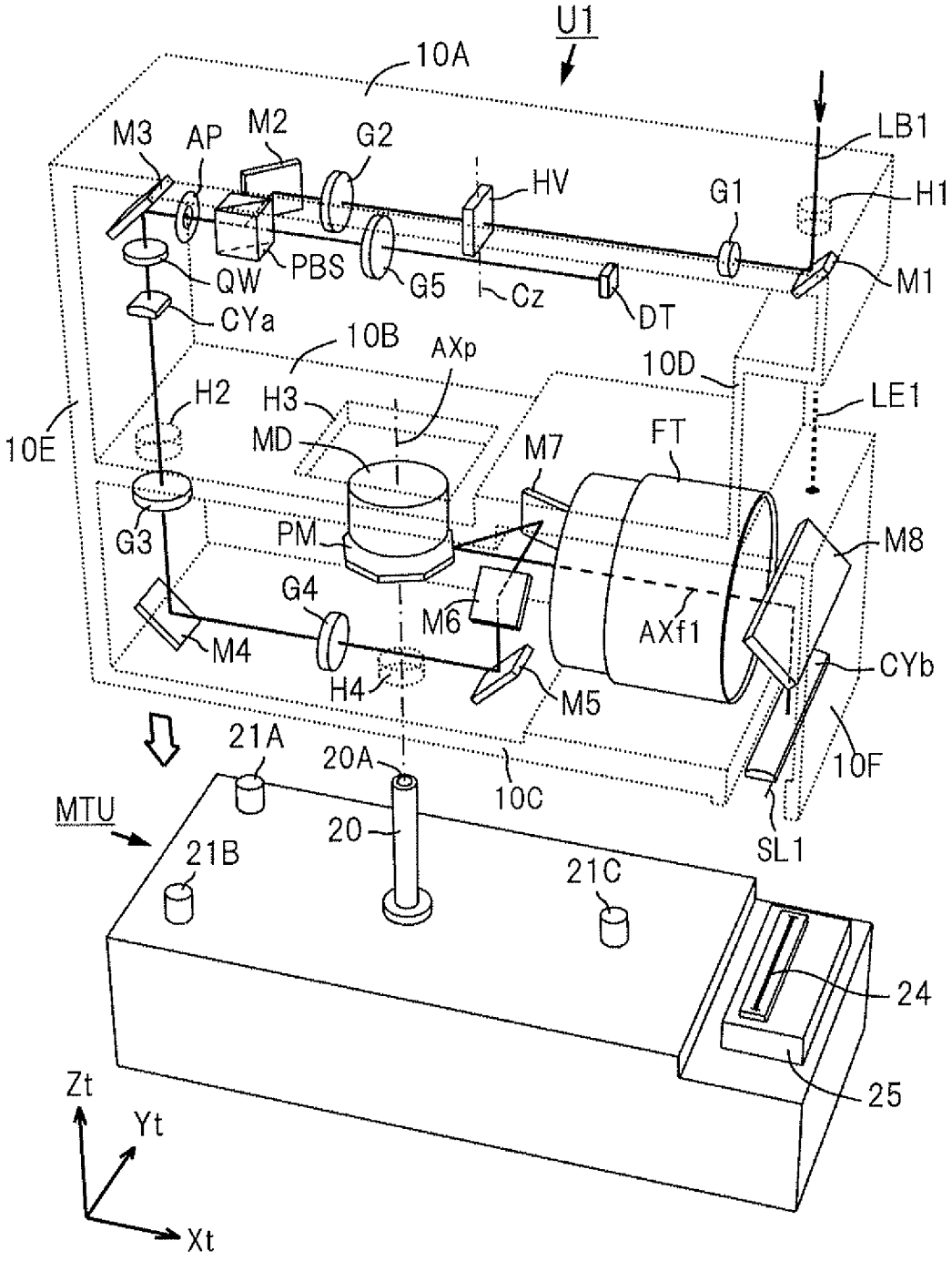
[図1]

FIG.1


EX
U2(U4,U6)
LB2(LB4,LB6)
LE2(LE4,LE6)
PM
FT
SL2(SL4,SL6)
SL1(SL3,SL5)
DR
CPo
+θc
-θc
AXf2
Sft
AXf1
-θa
AXs
AXo
DRa
P
LB1(LB3,LB5)
U1(U3,U5)
LE1(LE3,LE5)
ALGn
Xt
Zt
Yt
X
Z
Y

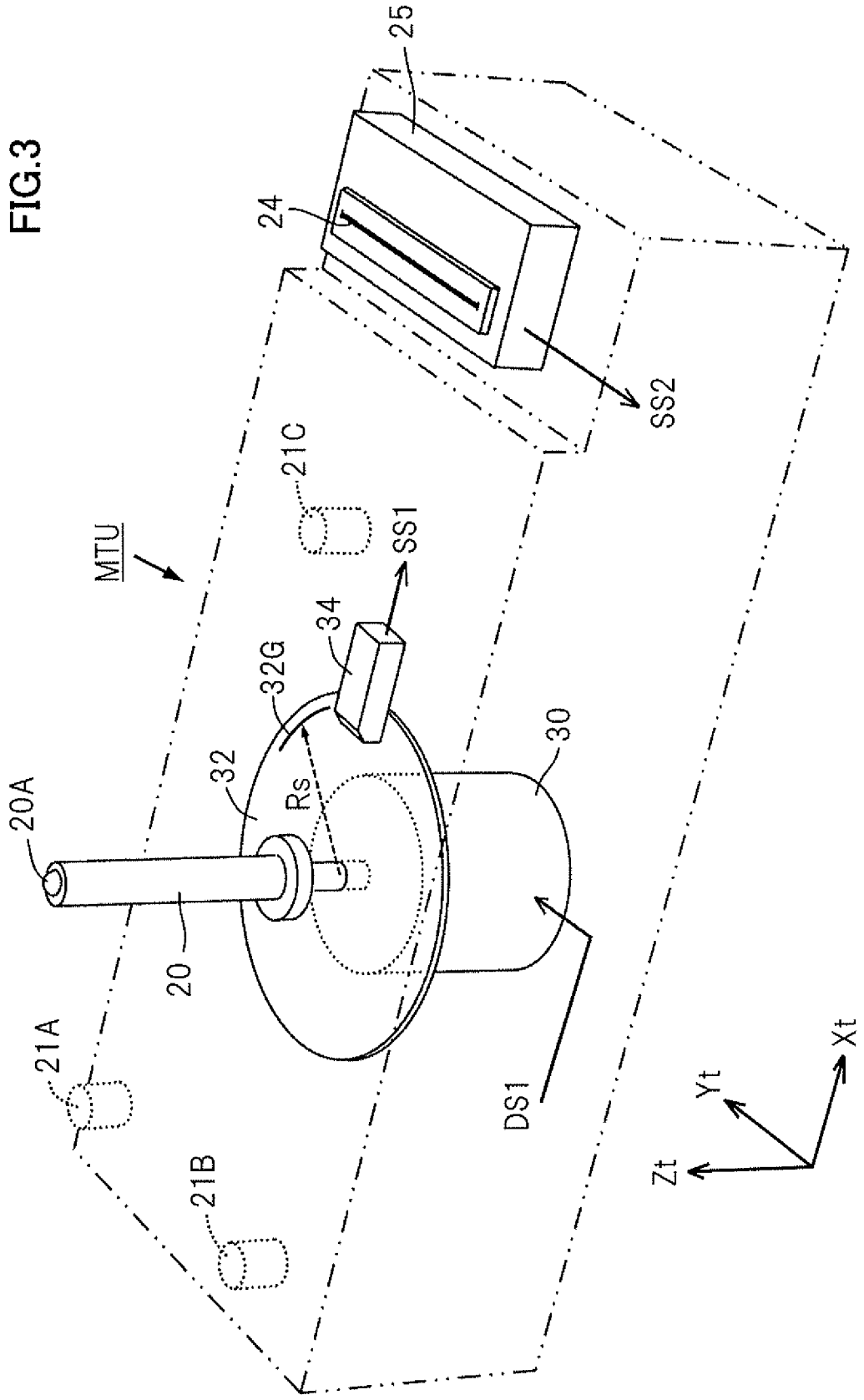
[図2]

FIG.2


U1
10A
M3
AP
M2
G2
HV
G1
LB1
H1
QW
PBS
G5
Cz
DT
M1
CYa
10B
AXp
10D
LE1
H2
H3
10E
MD
M7
FT
G3
PM
M8
G4
M6
AXf1
M4
H4
M5
CYb
21A
20A
10F
MTU
20
10C
SL1
21B
21C
24
25
Zt
Yt
Xt

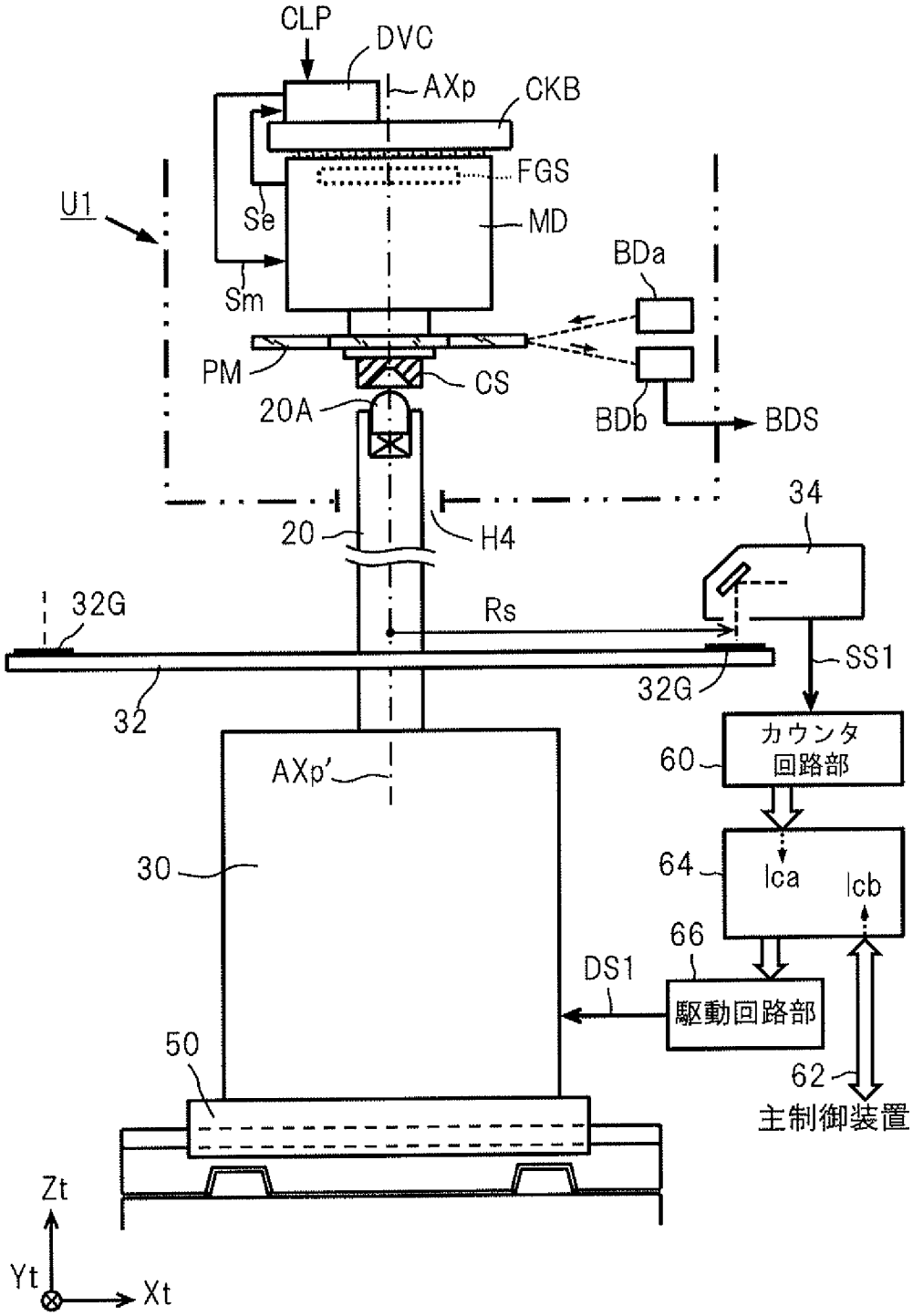
[図3]

FIG.3



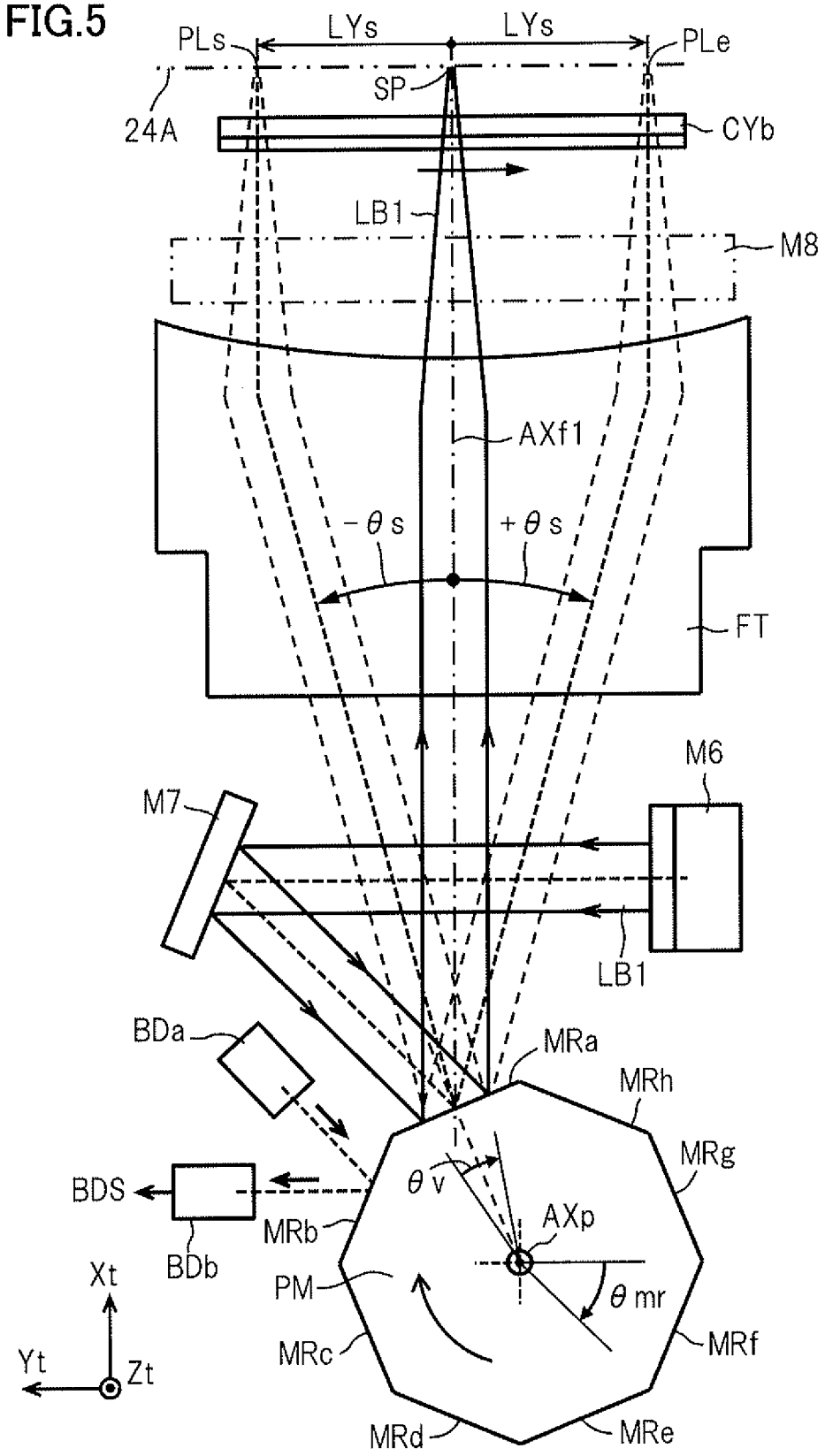
[図4]

FIG.4


CLP
DVC
AXp
CKB
FGS
U1
Se
MD
BDa
Sm
PM
CS
20A
BDb
BDS
34
20
H4
32G
Rs
SS1
32G
32
カウンタ
回路部
60
AXp'
30
64
Ica
Icb
66
DS1
駆動回路部
50
62
主制御装置
Zt
Yt
Xt

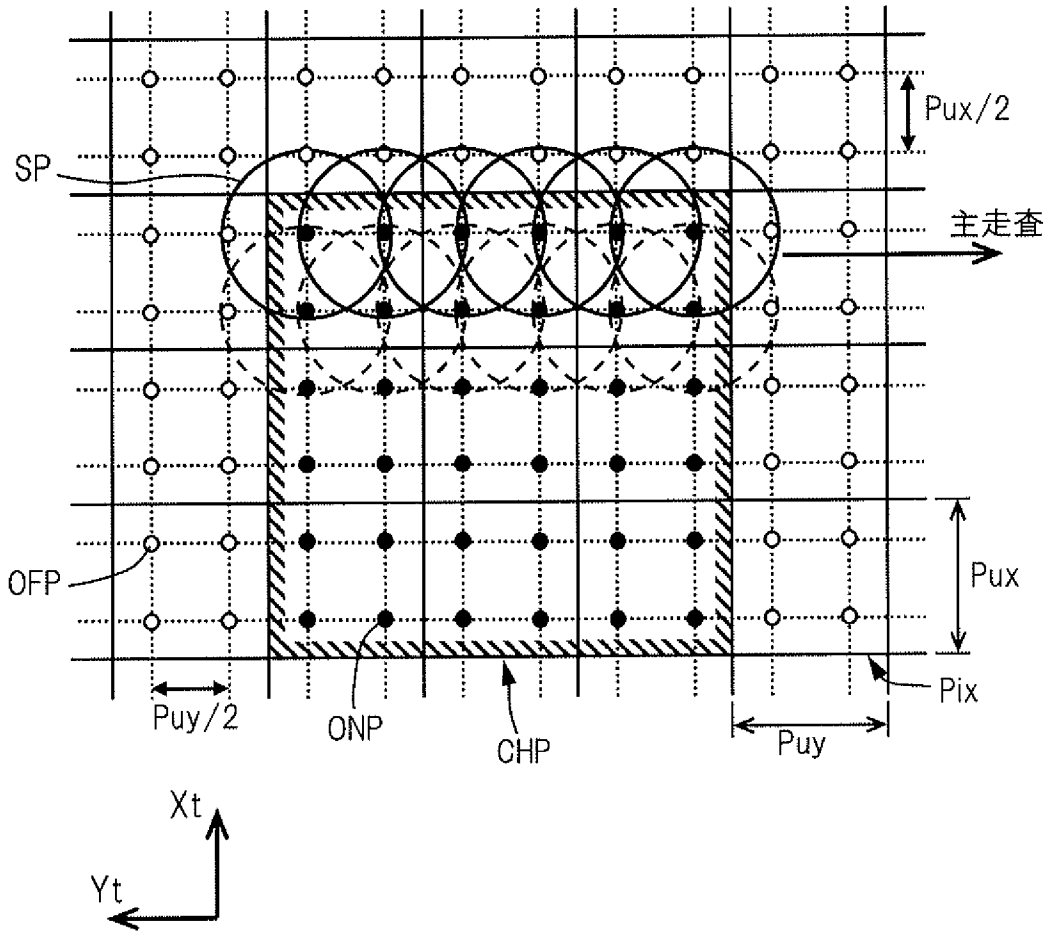
[図5]

FIG.5


PLs
LYs
LYs
PLe
SP
24A
CYb
LB1
M8
AXf1
−θs
+θs
FT
M6
M7
LB1
BDa
MRa
MRh
MRg
θv
BDS
MRb
AXp
BDb
PM
θmr
Xt
Yt
Zt
MRc
MRf
MRd
MRe

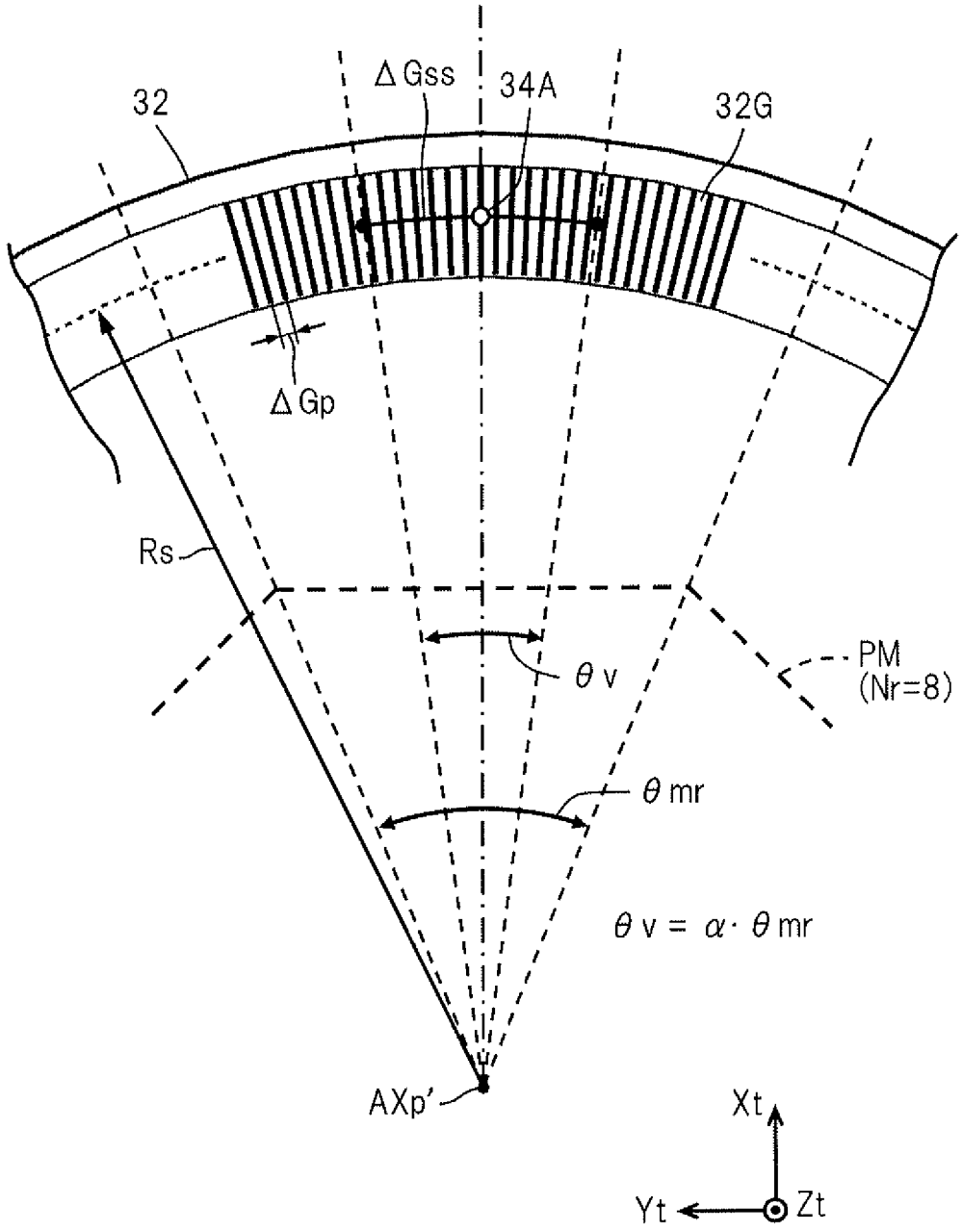
[図6]

FIG.6



[図7]

FIG.7



[図8]

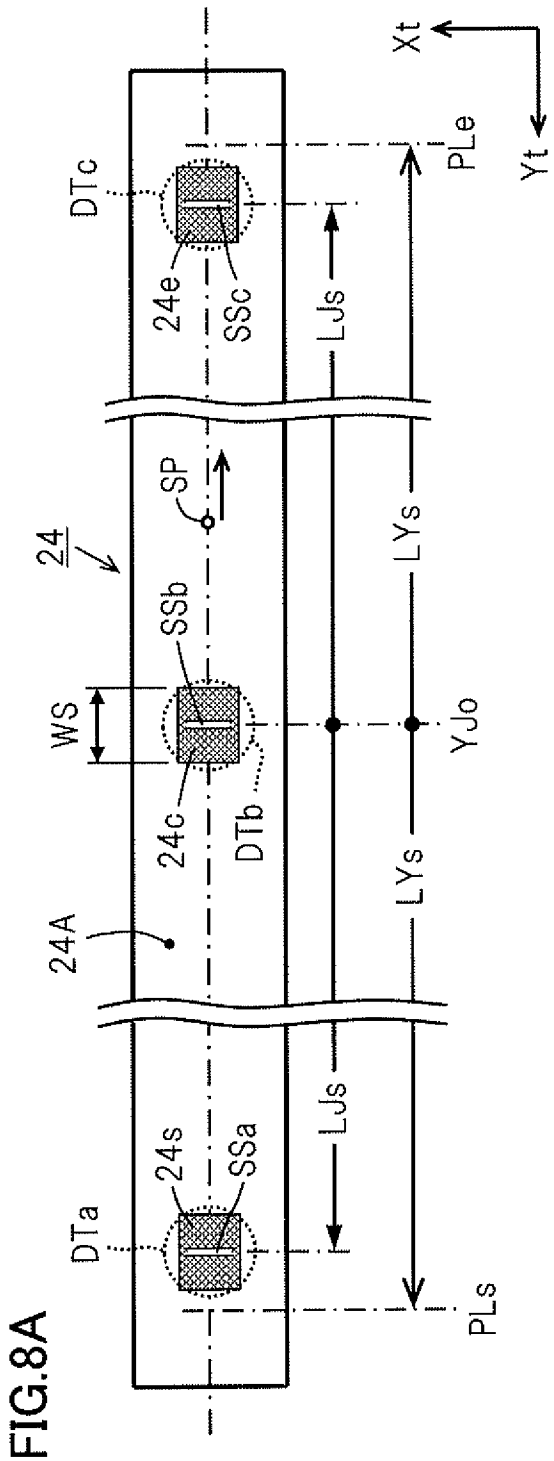


FIG.8A

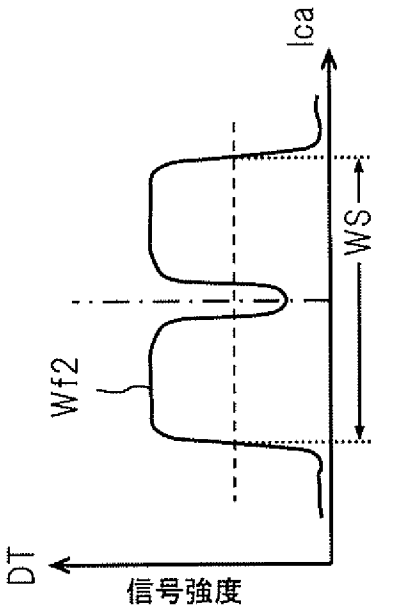


FIG.8C

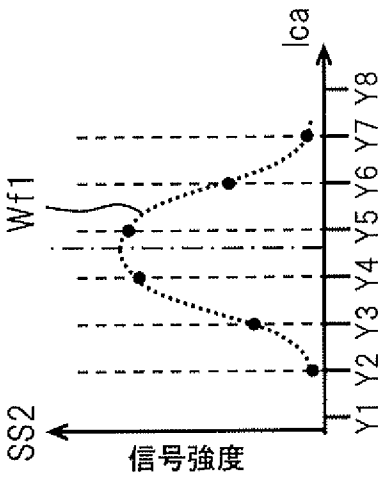
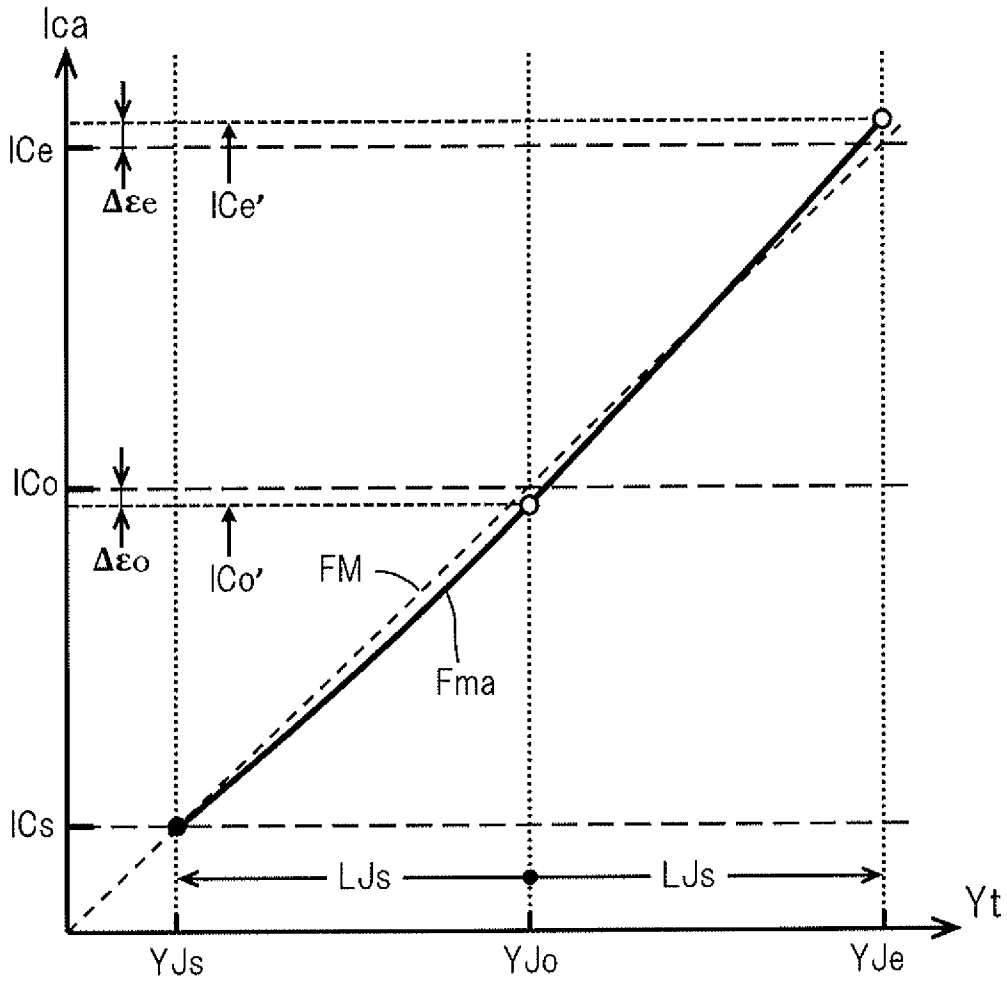


FIG.8B

[図9]

FIG.9



[図10]

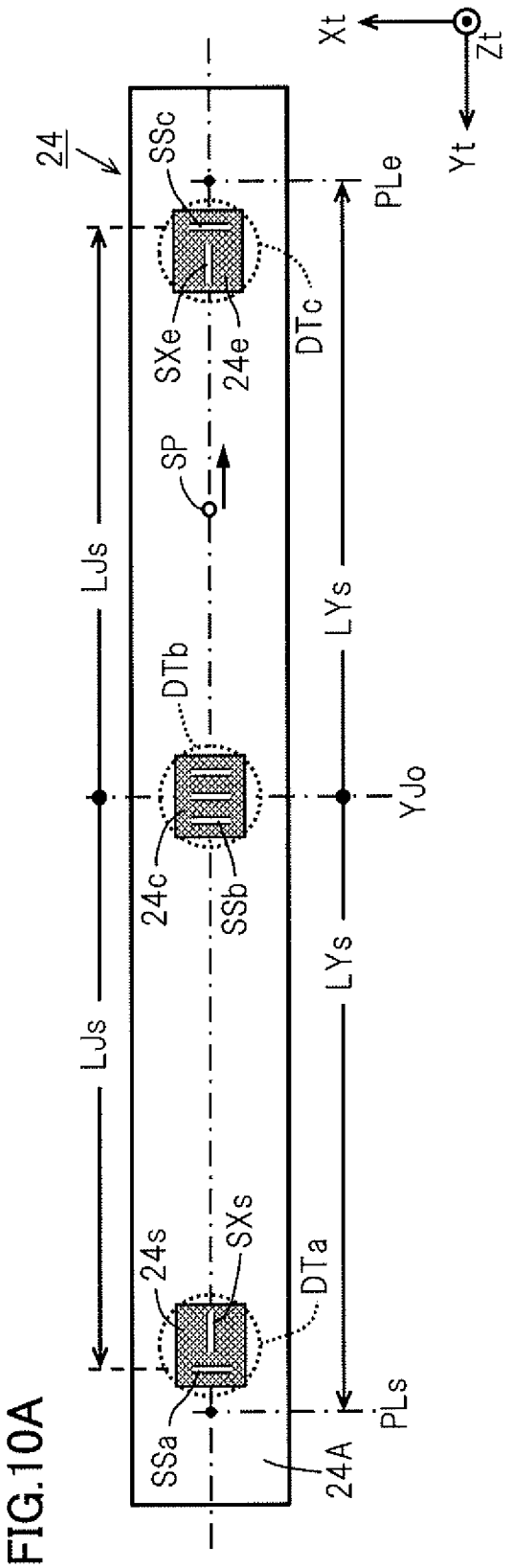


FIG.10A

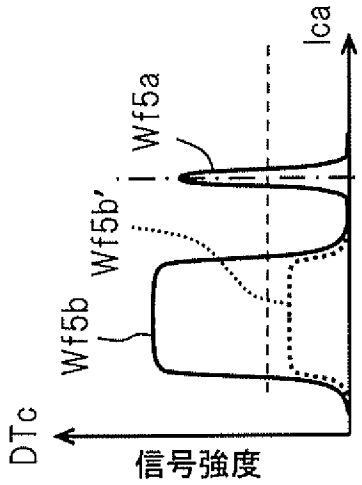


FIG.10D

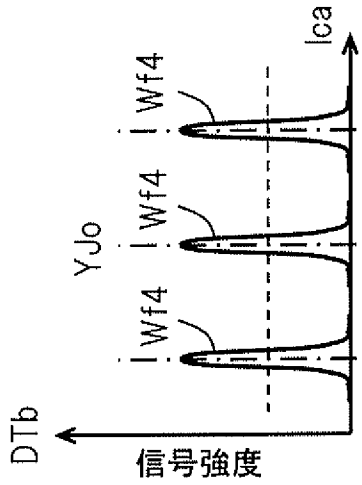


FIG.10C

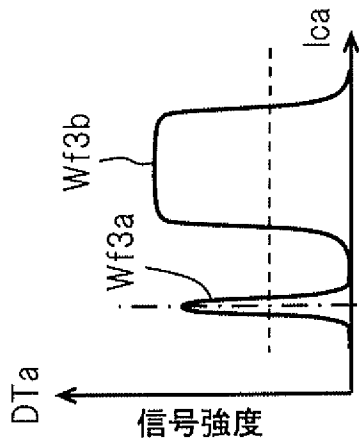


FIG.10B

[図11]

FIG.11A

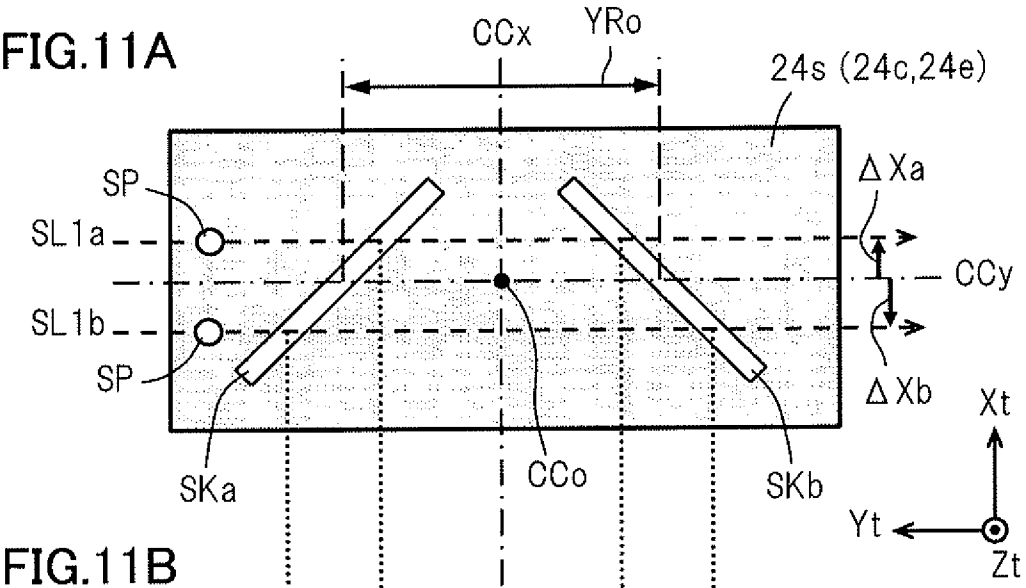


FIG.11B

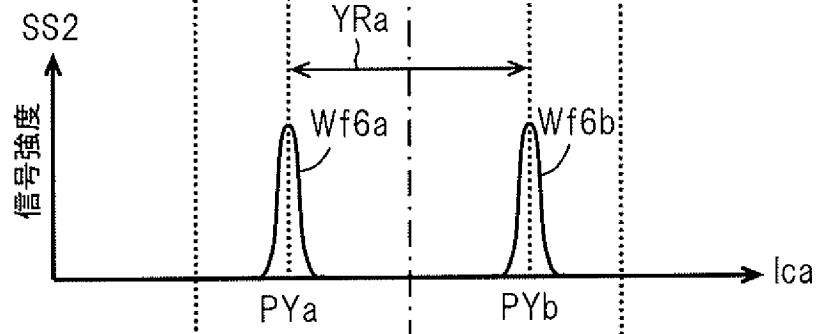
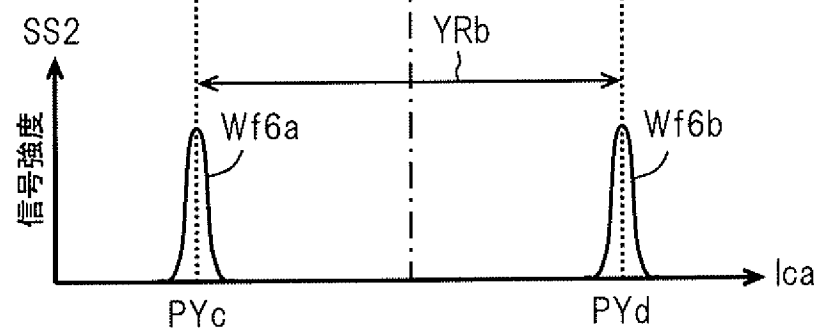


FIG.11C



[図12]

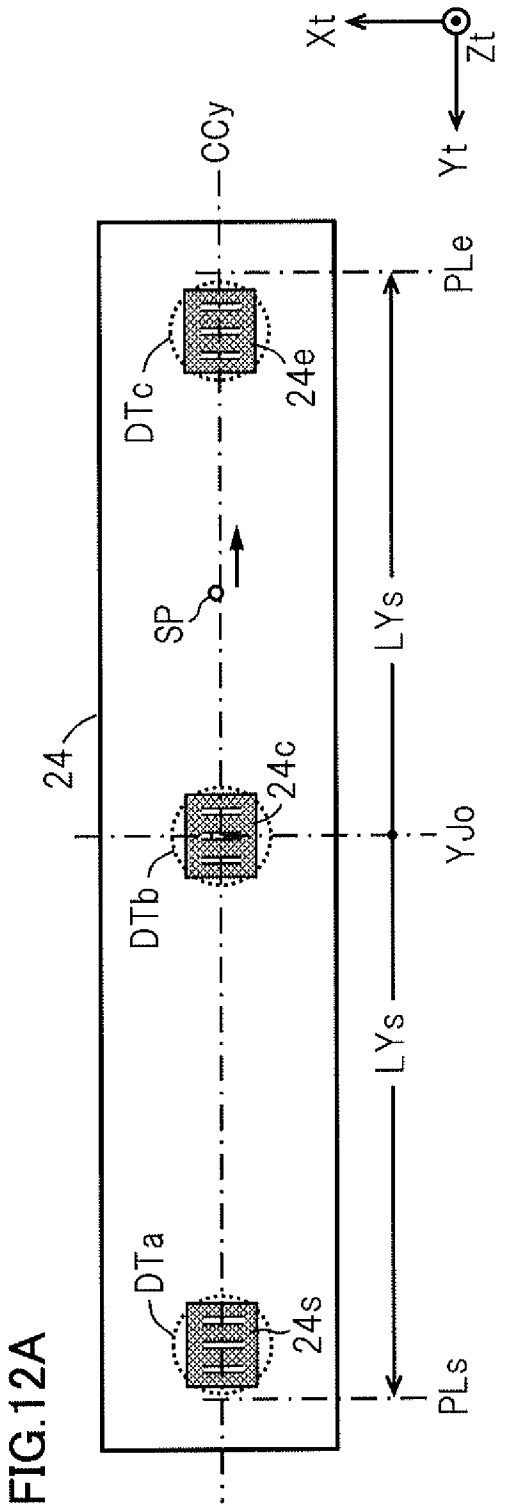


FIG.12A

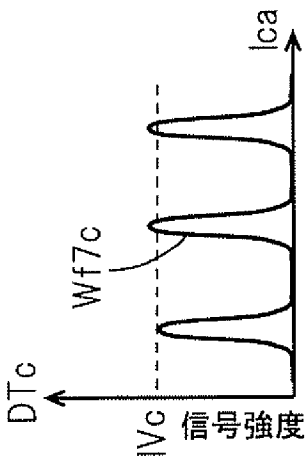


FIG.12D

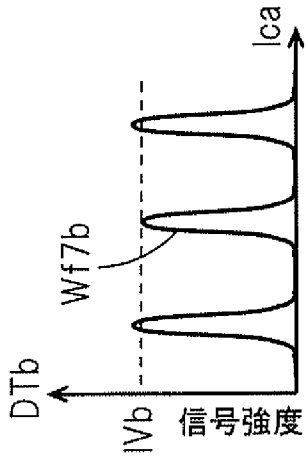


FIG.12C

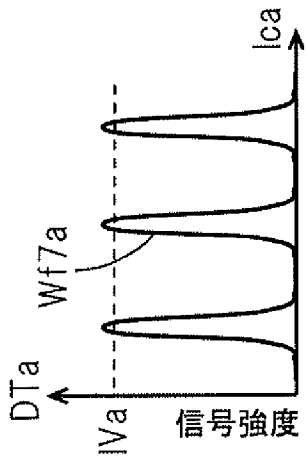
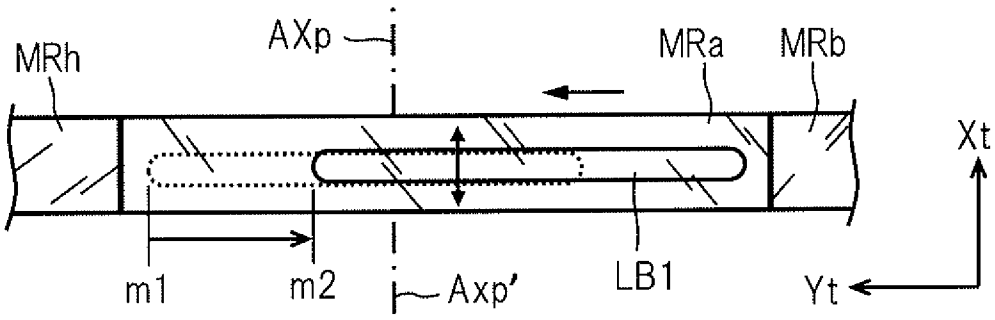


FIG.12B

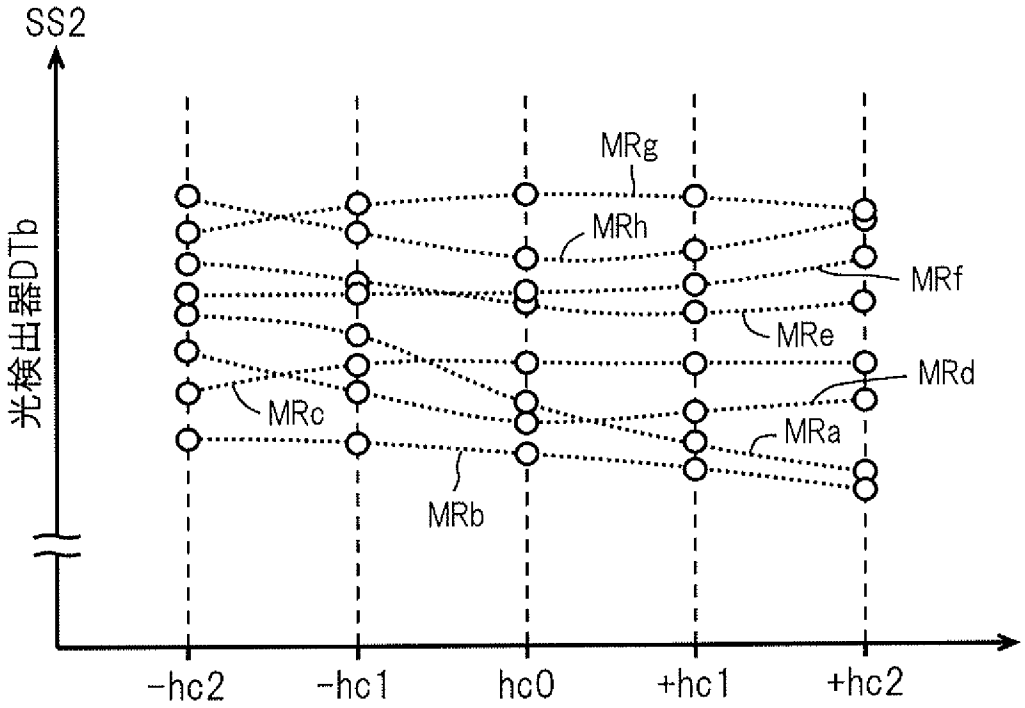
[図13]

FIG.13



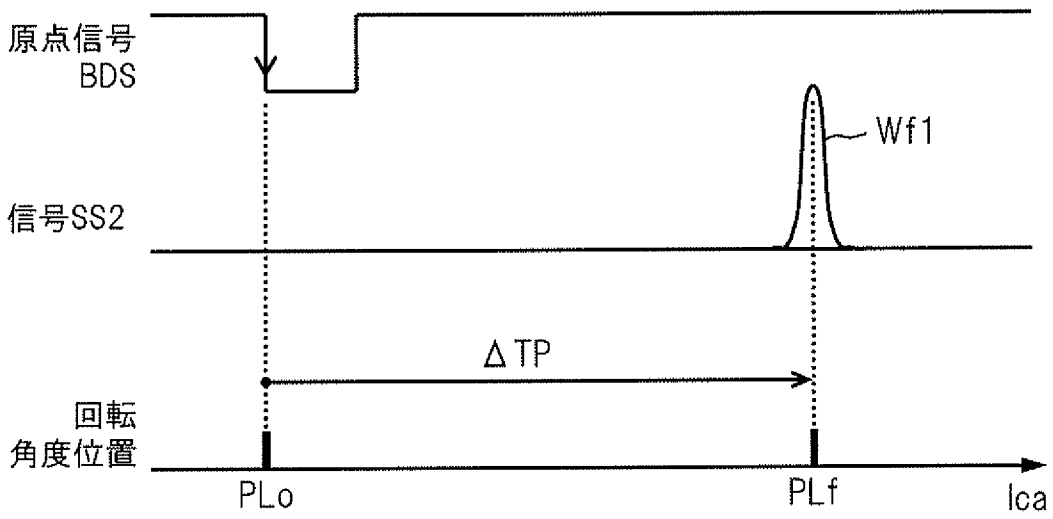
[図14]

FIG.14



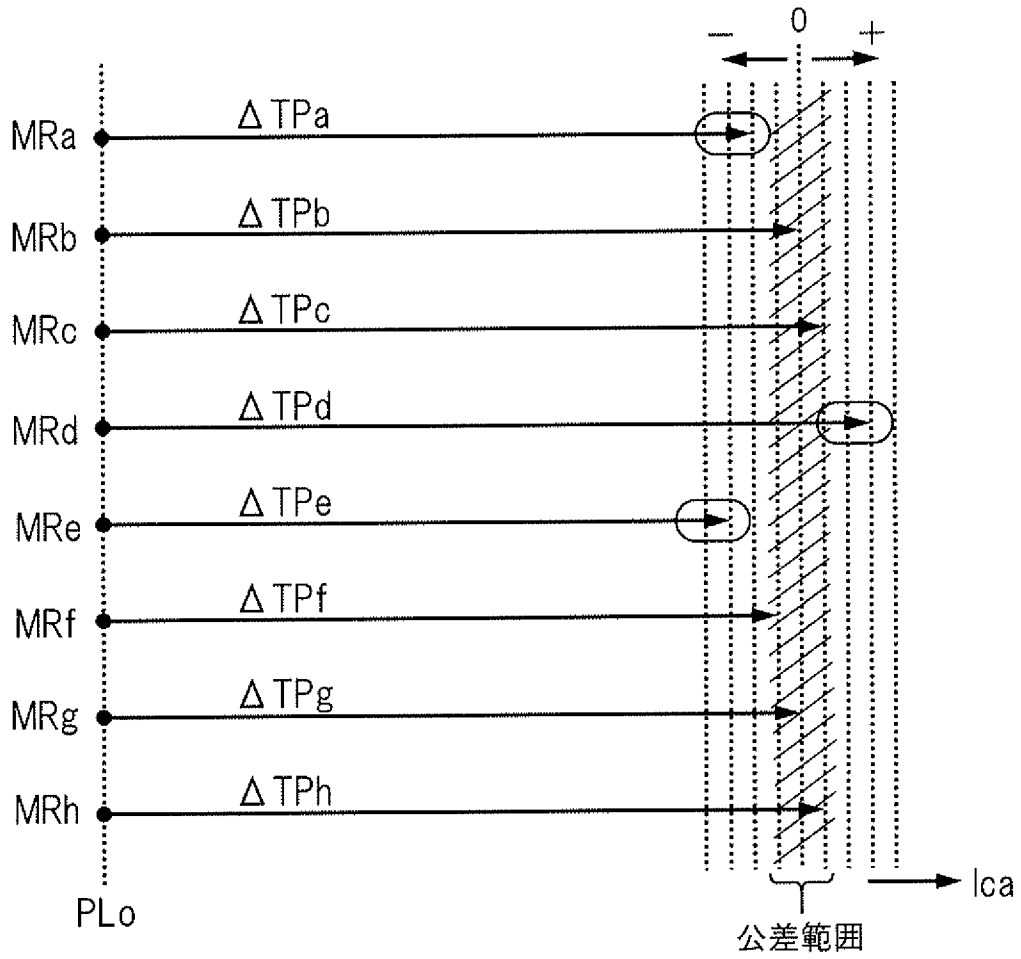
[図15]

FIG.15



[図16]

FIG.16


0
−
+
MRa
MRb
MRc
MRd
MRe
MRf
MRg
MRh
ΔTPa
ΔTPb
ΔTPc
ΔTPd
ΔTPe
ΔTPf
ΔTPg
ΔTPh
PLo
lca
公差範囲

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/030564

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03F 7/24(2006.01)i; ***G02B 26/12***(2006.01)i
FI: G03F7/24 H; G02B26/12

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)

G03F7/20; G02B26/12

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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.
A	JP 62-201412 A (TOSHIBA MACH CO LTD) 05 September 1987 (1987-09-05) page 11, upper right column, lines 3-10, fig. 1-2, 9	1-8
A	WO 2018/061633 A1 (NIKON CORPORATION) 05 April 2018 (2018-04-05) paragraphs [0038]-[0049], fig. 2	1-8
A	JP 2018-167564 A (KYOCERA DOCUMENT SOLUTIONS INC) 01 November 2018 (2018-11-01) paragraphs [0025]-[0032], fig. 2	1-8
A	JP 7-253379 A (ASAHI OPTICAL CO LTD) 03 October 1995 (1995-10-03) paragraphs [0005]-[0012], fig. 1-3	1-8
A	JP 2016-015305 A (USHIO INC) 28 January 2016 (2016-01-28) paragraph [0058], fig. 5	1-8

☐ 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	Date of mailing of the international search report
08 October 2021	**26 October 2021**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/030564

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 62-201412 A	05 September 1987	(Family: none)	
WO 2018/061633 A1	05 April 2018	CN 109804314 A paragraphs [0064]-[0074], fig. 2 KR 10-2019-0053950 A TW 201827936 A	
JP 2018-167564 A	01 November 2018	(Family: none)	
JP 7-253379 A	03 October 1995	(Family: none)	
JP 2016-015305 A	28 January 2016	US 2017/0175968 A1 paragraph [0142], fig. 5 WO 2015/190437 A1 CN 106461184 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/030564

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G03F 7/24(2006.01)i; G02B 26/12(2006.01)i
FI: G03F7/24 H; G02B26/12

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））

G03F7/20; G02B26/12

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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
A	JP 62-201412 A (東芝機械株式会社) 05.09.1987 (1987-09-05) 第11頁右上欄第3-10行, 第1-2,9図	1-8
A	WO 2018/061633 A1 (株式会社ニコン) 05.04.2018 (2018-04-05) 段落[0038]-[0049], 図2	1-8
A	JP 2018-167564 A (京セラドキュメントソリューションズ株式会社) 01.11.2018 (2018-11-01) 段落[0025]-[0032], 図2	1-8
A	JP 7-253379 A (旭光学工業株式会社) 03.10.1995 (1995-10-03) 段落[0005]-[0012], 図1-3	1-8
A	JP 2016-015305 A (ウシオ電機株式会社) 28.01.2016 (2016-01-28) 段落[0058], 図5	1-8

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
08.10.2021	26.10.2021

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
菅原　拓路 2G 4780

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/030564

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 62-201412 A	05.09.1987	（ファミリーなし）	
WO 2018/061633 A1	05.04.2018	CN 109804314 A 段落[0064]-[0074]，図2 KR 10-2019-0053950 A TW 201827936 A	
JP 2018-167564 A	01.11.2018	（ファミリーなし）	
JP 7-253379 A	03.10.1995	（ファミリーなし）	
JP 2016-015305 A	28.01.2016	US 2017/0175968 A1 段落[0142]，図5 WO 2015/190437 A1 CN 106461184 A	