

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5086687号
(P5086687)

(45) 発行日 平成24年11月28日(2012.11.28)

(24) 登録日 平成24年9月14日(2012.9.14)

(51) Int.Cl.	F 1
B 23 K 26/04	(2006.01) B 23 K 26/04 A
B 23 K 26/06	(2006.01) B 23 K 26/06 Z
B 23 K 26/03	(2006.01) B 23 K 26/03
G 02 B 26/08	(2006.01) G 02 B 26/08 E

請求項の数 9 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2007-120812 (P2007-120812)
 (22) 出願日 平成19年5月1日 (2007.5.1)
 (65) 公開番号 特開2008-272806 (P2008-272806A)
 (43) 公開日 平成20年11月13日 (2008.11.13)
 審査請求日 平成22年4月30日 (2010.4.30)

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
 (74) 代理人 100106909
 弁理士 棚井 澄雄
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100101465
 弁理士 青山 正和
 (74) 代理人 100094400
 弁理士 鈴木 三義
 (74) 代理人 100086379
 弁理士 高柴 忠夫
 (74) 代理人 100129403
 弁理士 増井 裕士

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

矩形状の変調領域内に互いに直交する2辺に沿って複数の微小ミラーが2次元的に配列され、前記各微小ミラーが前記変調領域の互いに直交する2辺と交差する回転軸を有する空間変調素子と、

レーザ光を出射するレーザ光源と、

前記レーザ光の光軸を反射して前記レーザ光の前記空間変調素子に対する入射光軸を、前記微小ミラーの回転軸に直交し且つ前記空間変調素子の基準面の法線に対して前記微小ミラーの振り角の2倍の角度に設定するため、前記レーザ光源と前記空間変調素子との間の第1の光路上に配置された反射部材と、

前記空間変調素子で反射されて所定形状に整形された前記レーザ光を修正対象となる基板に結像させる対物レンズと、

前記被加工面に向かう前記レーザ光の光軸を反射して前記レーザ光を前記対物レンズの光軸に沿って入射させるため前記空間変調素子と前記対物レンズとの間の第2の光路上に配置された反射部材を含み、前記対物レンズを介して前記レーザ光を前記基板に照射する照射光学系と、

を備え、

前記第1の光路に配置された反射部材と、前記第2の光路に配置された反射部材とが、全て、前記対物レンズの光軸に直交する一つの軸線回りに傾斜して配置されることにより

10

—

20

前記空間変調素子に入射する光軸と、前記空間変調素子と前記対物レンズとの間の光軸との全てが前記対物レンズの光軸を通る同一平面内に配置されたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 2】

前記照射光学系は、前記レーザ光源および前記空間変調素子を一体に組み込んだ第1の光学ブロックと、前記対物レンズを組み込んだ第2の光学ブロックとで構成され、

前記第1の光学ブロックと前記第2の光学ブロックとの間に前記第1の光学ブロックを前記対物レンズの光軸回りに回転させる回転機構が設けられることを特徴とする請求項1に記載のレーザ加工装置。

【請求項 3】

10

前記第1の光学ブロックは、前記第2の光路に配置された反射部材として前記対物レンズの光軸延長上に前記照明光学系を水平方向に分岐させる半透鏡を有し、該半透鏡を介して撮像部が組み込まれ、前記対物レンズと前記半透鏡との間の共通光軸回りに前記回転機構により前記第1の光学ブロックが回転可能に設けられることを特徴とする請求項2記載のレーザ加工装置。

【請求項 4】

前記回転機構は、前記撮像部で撮像された欠陥画像データを解析して得た欠陥の延在方向が前記撮像部の矩形撮像面の辺に平行になるように前記第1の光学ブロックの回転角度を設定することを特徴とする請求項3に記載のレーザ加工装置。

【請求項 5】

20

前記回転機構は、前記撮像部で撮像された欠陥画像データを解析して得た欠陥を囲む矩形の辺が前記撮像部の矩形撮像面の辺に平行になるように前記第1の光学ブロックの回転角度を設定することを特徴とする請求項3に記載のレーザ加工装置。

【請求項 6】

前記回転機構は、前記基板の載置位置のずれ量に合わせて前記第1の光学ブロックを回転させて前記ずれ量補正することを特徴とする請求項3に記載のレーザ加工装置。

【請求項 7】

前記回転機構は、前記欠陥の形状に応じて前記第1の光学ブロックを回転させて前記撮像部の回転方向を調整することを特徴とする請求項3に記載のレーザ加工装置。

【請求項 8】

30

前記回転機構は、前記基板に形成される回路パターンの縦横の配置に応じて前記第1の光学ブロックを前記対物レンズの光軸回りに90°回転させることを特徴とする請求項3記載のレーザ加工装置。

【請求項 9】

前記空間変調素子は、基板に対応した加工形状に基いて変調データを生成することを特徴とする請求項1または2に記載のレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザ加工装置に関する。例えば、微小ミラーアレイからなる空間変調素子を用いて、液晶基板、半導体基板やプリント基板等の欠陥のレーザ加工（リペア加工）を行うレーザ加工装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来、例えば、液晶表示デバイス（LCD）の製造工程などでは、フォトリソグラフィ処理工程で処理されるガラス基板に対して各種検査が行われる。この検査の結果、ガラス基板上に形成されたレジストパターンやエッチングパターンに欠陥部が検出されると、レーザ加工装置を用いて、欠陥部にレーザ光を照射して欠陥部を除去するレーザ加工、いわゆるリペア加工を施す場合が多い。

このようなレーザ加工装置として、特許文献1には、ガラス基板上の欠陥部を撮像して

50

取得された欠陥画像データから欠陥部の形状データを抽出し、この形状データに従って DMD (Digital Micro mirror Device) ユニットの各微小ミラーを高速に角度制御し、これら微小ミラーで反射したレーザ光の断面形状を欠陥部の形状に略一致させて欠陥部に照射するリペア装置が記載されている。

【特許文献 1】特開 2005 - 103581 号公報 (図 1)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、上記のような従来のレーザ加工装置には以下のような問題があった。

特許文献 1 に記載の技術では、DMD ユニットを用いることにより、欠陥部の形状に応じて空間変調されたレーザ光を照射するため、効率よくレーザ加工できるが、DMD では、微小ミラーを高速に回動するために、微小ミラーの対角線方向に回動軸を設定したデバイスが一般的となっている。

この場合、反射光を被加工面に向けて反射するオン状態の微小ミラーの入射面、すなわち、DMD に入射するまでの光軸、DMD で反射されてから被加工面に向かう光軸、および微小ミラーの法線を含む平面は、微小ミラーの回動軸に直交しなければならぬので、微小ミラーが配列された DMD ユニットの矩形領域の 4 つの辺、または長辺および短辺の方向に対して、それぞれの光軸が捩れの位置関係にあるレイアウトを採用しなければならない。

このようなレイアウトでは、被加工面に矩形状の加工可能領域を設定し、DMD ユニットをこの加工可能領域の配置に合わせて配置すると従来の構成では、光源やミラーなどを配置するメカレイアウトがきわめて複雑となり、部品加工や組立が複雑になる。その結果、部品加工費や組立工数が増大し、コストのアップの要因となるという問題がある。

【0004】

このような微小ミラーが配列された DMD ユニットの矩形領域の 4 つの辺の方向に対してそれぞれの光軸が捩れの位置関係にあるレーザ加工装置の主要部のメカレイアウトの一例について、図 12、図 13 (a)、(b) を参照して簡単に説明する。図 12 は、レーザ加工装置の主要部の構成を示す斜視図である。図 13 (a)、(b) は、図 12 の A 視正面図および B 視側面図である。

レーザ加工装置 200 は、図 12 に示すように、筐体 201 に、投影レンズ 204、ミラー 205、207、空間変調素子 206、半透鏡 209、対物レンズ 208、および撮像ユニット 210 などが一体に設けられている。

これにより、投影レンズ 204 に入射したレーザ光は、光軸 Q₁、Q₂、Q₃、Q₄、Q₅ のように屈曲された光路を経て、被加工物に照射され、一方、被加工物は、光軸 Q₅ 上に配置された撮像ユニット 210 によって撮像される。

空間変調素子 206 は、図 12 に示すように、長辺方向が B 矢視方向、短辺方向が A 矢視方向に配置され、それに合わせて、光軸 Q₃、Q₄、Q₅ が同一平面上に配置されている。ところが、空間変調素子 206 は、DMD を用いるため、例えば、長边方向に対して 45° に延びる方向を回転軸としているので、このような光学レイアウトを実現するためには、空間変調素子 206 に入射する光軸 Q₂ を空間変調素子 206 の長辺および短辺に対して交差する斜入射方向に配置するようにしている。すなわち、図 12 の A 視方向において、光軸 Q₃ に対して角度 a (図 13 (a) 参照)、同じく B 視方向において、光軸 Q₃ に対して角度 b (図 13 (b) 参照) だけそれぞれ傾斜させて、光軸 Q₃、Q₄、Q₅ を含む平面に対して、光軸 Q₁、Q₂ が捩れの位置となるように配置している。

このため、投影レンズ 204、ミラー 205 などの、空間変調素子 206 に入射前の光学系の配置が、きわめて複雑となり、筐体 201 の形状も複雑となり、光軸 Q₁、Q₂ 上に配置される部材が、斜めに傾斜するため、コンパクトなユニットを構成できないという問題がある。

【0005】

本発明は、上記のような問題に鑑みてなされたものであり、一定方向に整列された回動

10

20

30

40

50

軸を中心としてそれぞれ回動可能に設けられた複数の微小ミラーが回動軸と交差する方向に延びる4つの辺で囲まれた矩形領域に配列された微小ミラーアレイを有する空間変調素子を用いたレーザ加工装置において、構成部品の部品加工や組立効率を向上することができるレーザ加工装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するために、本発明のレーザ加工装置は、矩形状の変調領域内に互いに直交する2辺に沿って複数の微小ミラーが2次元的に配列され、前記各微小ミラーが前記変調領域の互いに直交する2辺と交差する回動軸を有する空間変調素子と、レーザ光を出射するレーザ光源と、前記レーザ光の光軸を反射して前記レーザ光の前記空間変調素子に対する入射光軸を、前記微小ミラーの回転軸に直交し且つ前記空間変調素子の基準面の法線に対して前記微小ミラーの振り角の2倍の角度に設定するため、前記レーザ光源と前記空間変調素子との間の第1の光路上に配置された反射部材と、前記空間変調素子で反射されて所定形状に整形された前記レーザ光を修正対象となる基板に結像させる対物レンズと、前記被加工面に向かう前記レーザ光の光軸を反射して前記レーザ光を前記対物レンズの光軸に沿って入射させるため前記空間変調素子と前記対物レンズとの間の第2の光路上に配置された反射部材を含み、前記対物レンズを介して前記レーザ光を前記基板に照射する照射光学系と、を備え、前記第1の光路に配置された反射部材と、前記第2の光路の配置された反射部材とが、全て、前記対物レンズの光軸に直交する一つの軸線回りに傾斜して配置されることにより、前記空間変調素子に入射する光軸と、前記空間変調素子と前記対物レンズとの間の光軸との全てが前記対物レンズの光軸を通る同一平面内に配置されたことを特徴とする。

10

この発明によれば、レーザ光源と前記空間変調素子との間の光軸と、前記空間変調素子と前記対物レンズとの間の照射光学系の全ての光軸を同一平面上にあるように構成することで、この光学系を構成する光学素子や光学デバイスなどの光学部品を一平面上に配列することができ、光路の折り曲げ、部品配置、取付けが容易となり、一平面に交差する方向への部材の突出を抑えてコンパクトな構成とすることができます。

20

【発明の効果】

【0007】

本発明のレーザ加工装置によれば、照射光学系を構成する光学部品を一平面上に配列することができるので、光路の折り曲げや部品配置が容易となり、各構成部品の部品加工や組立効率を向上することができるという効果を奏する。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

以下では、本発明の実施の形態について添付図面を参照して説明する。すべての図面において、実施形態が異なる場合であっても、同一または相当する部材には同一の符号を付し、共通する説明は省略する。

【0009】

[第1の実施形態]

本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置について説明する。

40

図1は、本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の概略構成を示す光軸を含む断面における模式説明図である。図2(a)は、本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の主要部の外観を示す模式的な正面図である。図2(b)は、本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の主要部の外観を示す模式的な側面図である。図3は、本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の空間変調素子の光軸を含む断面における模式的な断面図である。図4は、本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の空間変調素子の模式的な平面図である。図5(a)は、本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の空間変調素子の近傍の正面視の模式図である。図5(b)は、図5(a)のC視平面図である。図6は、本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の空間変調素子の基準面と入射面

50

との位置関係を示す模式的な斜視図である。図7は、本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の制御ユニットの概略構成を示す機能ブロック図である。

なお、図中のXYZ座標系は、方向参照の便宜のために各図共通の位置関係に設けたもので、鉛直方向がZ軸、水平面がXY平面であり、Y軸負方向からY軸正方向に向かう方向が、正面視の方向に一致されている（以下、他の図でも同様）。

また、図中の光束を示す線は、試料のある1点にレーザ光を照射する場合を模式的に描いたものである。

【0010】

本実施形態のレーザ加工装置100は、レーザ光でリペア加工を行う装置である。例えばLCD（液晶ディスプレイ）のガラス基板や半導体ウエハ基板など、フォトリソグラフィ処理工程で基板上に回路パターンなどが形成された被加工物において、例えば配線部分のショート、フォトレジストのはみ出し等の欠陥部が検出された場合に欠陥部を除去するといったリペア加工に好適に用いることができるものである。

レーザ加工装置100の概略構成は、図1、2に示すように、レーザ光源50、加工ヘッド20、加工ヘッド移動機構31、載置台21、制御ユニット22、表示部30、およびユーザインタフェース（図7参照）からなり、被加工物である基板11は、加工時には、加工ヘッド20の下方に設置された載置台21上に被加工面11aを上側に向けて水平に載置される。

【0011】

レーザ光源50は、リペア加工用の光源である。本実施形態では、レーザ発振器1、結合レンズ2、およびファイバ3からなる構成を採用している。

レーザ発振器1は、基板11上の欠陥を除去できるように、波長、出力が設定されたレーザ光を発振するもので、例えば、パルス発振可能なYAGレーザなどを好適に採用することができる。発振波長は、リペア対象に応じて複数の発振波長を切り換えられるようになっている。

レーザ発振器1は、制御ユニット22に電気的に接続され、制御ユニット22からの制御信号に応じて発振が制御されるようになっている。

結合レンズ2は、レーザ発振器1から出射されるレーザ光をファイバ3に光結合するための光学素子である。

ファイバ3は、結合レンズ2により、ファイバ端面3aに光結合されたレーザ光を内部で伝搬させて加工ヘッド20内に導き、レーザ光60として、ファイバ端面3bから出射するものである。レーザ光60は、ファイバ3の内部を伝搬してから出射されるので、レーザ発振器1のレーザ光がガウシアン分布であっても、光量分布が均一化された拡散光となっている。

なお、図1は模式図のため、レーザ発振器1をZ方向に沿って配置しているが、レーザ発振器1の配置位置・姿勢は、これに限定されるものではなく、ファイバ3を適宜配回すことにより適宜の配置位置・姿勢に設定することができる。また、ファイバのモードを安定させるためのモードスクランblerを組み込んでもよい。

また、レーザ光の均一化手段は、このようにファイバ3を用いることなく、他の光学素子、例えば、フライアイレンズ、回折素子、非球面レンズや、カレイド型ロッドを用いたものなどの種々の構成のホモジナイザなどを用いた構成としてもよい。

【0012】

加工ヘッド20は、適宜の駆動手段を備える加工ヘッド移動機構31（図2（b）参照）によって、載置台21に対してXYZ軸方向に相対移動可能に保持された筐体20a内に、投影レンズ4、空間変調素子6、照射光学系8、観察用光源16、観察用結像レンズ12、撮像素子13などの光学素子、デバイスなどを保持してなる。

本実施形態では、相対移動は、加工ヘッド移動機構31によって加工ヘッド20を被加工面11aに平行なX軸方向および被加工面11aに直交する方向（Z軸方向）に移動し、載置台21によって、基板11をY軸方向に移動する場合の例で説明するが、例えば、加工ヘッド20がZ軸方向に移動して載置台21がXY方向に移動したり、載置台21が

10

20

30

40

50

固定され加工ヘッド 20 が X Y Z 軸方向に移動したり、というように適宜の組合せの相対移動を採用することができる。

【0013】

投影レンズ 4 は、筐体 20a に固定されたファイバ 3 のファイバ端面 3b と空間変調素子 6 の後述する基準面 M を共役な関係とする配置とされ、ファイバ端面 3b の像を空間変調素子 6 の変調領域全体を照射できるように投影倍率が設定されたレンズまたはレンズ群である。

本実施形態では、投影レンズ 4 の光軸 P₁ は、ZX 平面において、X 軸正方向から負方向に向かうにつれて、Z 軸正方向から負方向に向かう斜め方向に設定されている。

【0014】

空間変調素子 6 は、投影レンズ 4 から投射されたレーザ光 61 を空間変調するもので、微小ミラーアレイである DMD からなる。すなわち、空間変調素子 6 は、図 3 に示すように、基準面 M に対して、回転軸 R を中心として、角度 $\pm \theta$ だけ傾斜できる複数の微小ミラー 6a が、図 4 に示すように、長辺 W × 短辺 H の矩形状の変調領域内に、長辺および短辺に延びる方向を配列方向として 2 次元的に配列されている。

各微小ミラー 6a の回転軸 R は、図 4 に示すように、基準面 M 内で、変調領域の長辺に対して角度 θ_1 (ただし、 $\theta_1 > 0^\circ$)、短辺に対して角度 θ_2 (ただし、 $\theta_2 > 0^\circ$ 、かつ、 $\theta_1 + \theta_2 = 90^\circ$) だけ傾斜されている。

本実施形態では、一例として、 $\theta_1 = 12^\circ$ 、 $\theta_2 = 45^\circ$ であるような DMD を採用している。

なお、本実施形態では、空間変調素子 6 は長辺 W × 短辺 H の矩形状としたが、正方形でもよく、その場合は、4 つの辺のうち、互いに直交する 2 辺の一方を長辺、他方を短辺と便宜上名付けることにすれば、下記の説明が同様に成り立つ。

【0015】

空間変調素子 6 の各微小ミラー 6a は、制御ユニット 22 からの制御信号に応じて発生する静電電界によって、オン状態では、例えば、基準面 M から $+12^\circ$ 回転され、オフ状態では、基準面 M から -12° 回転される。以下では、オン状態の微小ミラー 6a によって反射された光をオン光 (図 3 の L_{ON})、オフ状態の微小ミラー 6a によって反射された光をオフ光 (図 3 の L_{OFF}) と称する。

各微小ミラー 6a の位置は、長辺方向の列番号 m、短辺方向の行番号 n (m, n は、0 以上の整数) として、(m, n) で表すことができる。

【0016】

空間変調素子 6 の配置位置は、図 5 (a)、(b) に示すように、基準面 M を Z 軸負方向側に向けて、XY 平面に平行な平面に整列させるとともに、基準面 M において、変調領域の長辺方向を、光軸 P₁ を含む、ZX 平面に平行な平面と角度 θ だけ傾斜させた配置としている。角度 θ は、微小ミラー 6a の回転軸 R に直交する角度であり、本実施形態では $\theta = 45^\circ$ である。

本実施形態では、レーザ光 61 の光路上にミラー 5 を配置して、レーザ光 61 の光軸 P₁ を光軸 P₂ の方向に反射し、レーザ光 61 が、空間変調素子 6 の基準面 M の法線に対して角度 θ で入射する配置としている。このため、オン光 62 は、基準面 M の法線に沿う光軸 P₃ に沿って反射される。

このように空間変調素子 6 を、回転軸 R の方向に応じて角度 θ だけ回転した配置とすることで、図 6 に示すように、光軸 P₁、P₂ を含む、ZX 平面に平行な平面が、ミラー 5 で反射されて微小ミラー 6a に入射するレーザ光 61 の軸上光の入射面 S と一致する。そのため、光軸 P₁、P₂、および微小ミラー 6a で反射されるオン光 62 の光軸 P₃ とは、同一平面上に位置することになる。

【0017】

照射光学系 8 は、空間変調素子 6 で空間変調され、一定方向に向けて反射されたオン光 62 による像を、基板 11 の被加工面 11a 上に倍率 M で結像する結像光学系を構成する光学素子群であり、空間変調素子 6 側に結像レンズ 8A が、基板 11 側に対物レンズ 8B

10

20

30

40

50

がそれぞれ配置されている。

本実施形態では、対物レンズ8Bは、倍率が異なる複数個がレボルバ機構によって切り替え可能に保持されている。そのため、レボルバ機構を回転させて対物レンズ8Bを切り替えることで、照射光学系8の倍率₁₀を変更できるようになっている。以下では、特に断らない限り、対物レンズ8Bは、照射光学系8を構成するために選択されたレンズを指すものとする。

また本実施形態では、結像レンズ8Aの光軸P₄は、X軸方向に平行に配置され、対物レンズ8Bの光軸P₅は、Z軸方向に平行に配置されている。

このため、空間変調素子6と、結像レンズ8Aとの間には、オン光62を反射して、光軸P₄に沿って入射させるミラー7が設けられている。そして、結像レンズ8Aと対物レンズ8Bとの間には、結像レンズ8Aを透過した光を反射して、光軸P₅に沿って入射させる半透鏡9が設けられている。

このようにして、光軸P₄、P₅は、光軸P₁、P₂、P₃と同一平面上に位置している。すなわち、レーザ光源1からオン状態の微小ミラー6aで反射し照射光学系8を経て被加工面11aに至る第1の光軸を構成する光軸P₁～P₅は、すべて同一平面上に位置している。

また、ミラー7、半透鏡9は、いずれもY軸回りにのみ傾斜されている。

【0018】

照射光学系8の投影倍率₂₀は、被加工面11aでの必要な加工精度に応じて適宜設定することができる。例えば、変調領域全体のW×Hの大きさの画像が、被加工面11a上で、W'×H'となるような倍率とする。

なお、結像レンズ8AのNAは、オフ光63として反射された光が、入射しない大きさとされる。

【0019】

観察用光源16は、被加工面11a上の加工可能領域内を照明するための観察用光70を発生する光源であり、半透鏡9と対物レンズ8Bとの間の光路の側方に設けられている。

半透鏡9と対物レンズ8Bとの間の光路上において観察用光源16に対向する位置には、半透鏡9で反射されたオン光62を透過し、観察用光70を対物レンズ8Bに向けて反射する半透鏡14が設けられている。そして、観察用光源16と半透鏡14との間には、観察用光70を適宜径の照明光束に集光する集光レンズ15が設けられている。なお、集光レンズ15の光軸P₆は、第1の光軸が位置する平面上にあってもよいし、交差する位置にあってもよい。₃₀

観察用光源16としては、例えば、可視光を発生するキセノンランプやLEDなど適宜の光源を採用することができる。

【0020】

観察用結像レンズ12（撮像光学系）は、半透鏡9の上方側に、対物レンズ8Bの光軸P₅と同軸に配置され、観察用光70によって照明された被加工面11aから反射され、対物レンズ8Bによって集光された光を撮像素子13（撮像部）の撮像面上に結像するための光学素子である。このため、光軸P₅は、被加工面から撮像光学系を経て撮像部に至る第2の光軸を兼ねている。₄₀

【0021】

撮像素子13は、撮像面上に結像された画像を光電変換するもので、例えば、CCDなどからなる。本実施形態では、長辺w×短辺hの撮像面の長辺に沿う配列方向にx個、短辺に沿う配列方向にy個の合計x×y個の受光画素（光電変換要素）が配列されたものを採用している。

そして、撮像素子13の光軸P₅回りの回転位置は、撮像面の長辺および短辺が、被加工面11a上の加工可能領域の長辺および短辺の方向と平行となるように調整されている。

ただし、本実施形態では、後述するように画像処理部44が、加工データを算出する際₅₀

、撮像素子 13 と被加工面 11a 上の加工可能領域との位置関係を補正する画像処理を行えるようになっているため、撮像素子 13 の光軸 P₅ 回りの回転位置の調整精度は、撮像面の長辺および短辺が、被加工面 11a 上の加工可能領域の長辺および短辺と補正処理が可能な範囲で略平行になつていればよい。

なお、本実施形態では、撮像素子 13 は長辺 w × 短辺 h の矩形状としたが、正方形でもよく、その場合は、4 つの辺のうち、互いに直交する 2 辺の一方を長辺、他方を短辺と便宜上名付けることすれば、下記の説明が同様に成り立つ。

【0022】

撮像素子 13 が、加工可能領域に対してこのような位置関係に配置されているため、対物レンズ 8B、観察用結像レンズ 12 で構成される結像光学系の倍率を適宜設定することで、撮像面上に投影された加工可能領域の長辺または短辺がそれぞれ撮像面の長辺または短辺と一致、もしくは実質的に一致させることができる。特に、加工可能領域と撮像面との縦横比が一致する場合には、それぞれの長辺および短辺とともに、一致、もしくは実質的に一致させることができるとなる。この場合、撮像素子 13 の各受光画素、加工可能領域に対応する各微小ミラー 6a の各座標の原点や配列方向が一致するように配置することが好みしい。10

撮像素子 13 で光電変換された画像信号は、撮像素子 13 に電気的に接続された制御ユニット 22 に送出される。

【0023】

制御ユニット 22 は、レーザ加工装置 100 の動作を制御するためのもので、図 7 に示すように、画像取込部 40、データ記憶部 43、空間変調素子駆動部 41、装置制御部 42、画像処理部 44、および補正データ記憶部 47 からなる。20

制御ユニット 22 の装置構成は、本実施形態では、CPU、メモリ、入出力部、外部記憶装置などで構成されたコンピュータと適宜のハードウェアとの組合せからなる。データ記憶部 43、補正データ記憶部 47 は、このコンピュータのメモリや外部記憶装置を用いて実現している。また、他の構成は、それぞれの制御機能、処理機能に対応して作成されたプログラムを CPU で実行することにより実現している。

【0024】

画像取込部 40 は、撮像素子 13 で取得された画像信号を取り込んで被加工面 11a の 2 次元画像を得るものである。取り込まれた 2 次元画像は、モニタなどからなる表示部 30 に送出されて表示されるとともに、画像データ 150 として、画像メモリからなるデータ記憶部 43 に送出されて記憶されるようになっている。30

空間変調素子駆動部 41 は、画像処理部 44 で生成された加工データに基づいて、空間変調素子 6 の各微小ミラー 6a のオン / オフ状態を制御するものである。

【0025】

装置制御部 42 は、例えば、操作パネル、キーボード、マウスなどの適宜の操作入手段を備えるユーザインタフェース 32 からの操作入力に基づいて、レーザ加工装置 100 の動作を制御するものであり、画像取込部 40、空間変調素子駆動部 41、加工ヘッド移動機構 31、レーザ発振器 1、観察用光源 16 に電気的に接続され、それぞれの動作や動作タイミングを制御できるようになっている。40

【0026】

画像処理部 44 は、データ記憶部 43 に記憶された画像データ 150 を呼び出して適宜の画像処理を施すものであり、本実施形態では、欠陥抽出部 45 と加工データ生成部 46 とを備える。

欠陥抽出部 45 は、画像データ 150 に対して欠陥抽出処理を行い、加工形状情報を欠陥画像データ 151 として、加工データ生成部 46 に送出するものである。

この欠陥抽出処理は、周知のいかなる欠陥抽出アルゴリズムを用いてもよい。例えば、取得された画像データと、あらかじめ記憶された正常な被加工面 11a のパターン画像データとの輝度の差分をとり、その差分データをあるしきい値で 2 値化したデータから欠陥を抽出することができる。50

加工データ生成部46は、欠陥抽出部45から送出された加工形状情報に対応して、被加工面11aにオン光62を照射できるように、空間変調素子6の各微小ミラー6aのオン／オフを制御する加工データ152（変調データ）を生成するものである。

【0027】

加工データ152を生成する際、本実施形態では、撮像面の、加工可能領域に対する光軸P₅回りの回転位置がズれて、それぞれの長辺および短辺が平行になっていない場合でも、その回転ずれ量を、補正データ記憶部47に記憶しておくことにより、撮像素子13が取得した欠陥画像データ151を回転変換し、回転位置の補正処理ができるようになっている。したがって、加工データ生成部46は、撮像部が取得した像を、第2の光軸を中心として回転変換する座標変換手段を構成している。

10

【0028】

ここで、倍率、回転、位置ずれのキャリブレーション方法の一例について説明する。

載置台21に、位置設定用の基板11を載置し、加工データ152として、不図示のLEDなどの参照用光源に切り替えて、位置設定用のパターン、例えば、加工可能領域の外周を示す矩形や、加工可能領域の中心位置に対応する十字などの幾何学的なパターンを設定して、位置設定用の基板11の被加工面11aに位置設定用パターンを照射する。

次に、撮像素子13で被加工面11aを撮像し、位置設定用のパターンが照射された被加工面11aの画像を取得する。そして、画像処理部44によって、この画像の撮像面上の位置座標を解析し、撮像素子13の撮像面の加工可能領域に対する位置ずれを検出し、撮像素子13の回転量を算出する。

20

【0029】

次に、レーザ加工装置100の動作について説明する。

レーザ加工装置100で、レーザ加工を行うには、まず、載置台21上に被加工物として、基板11を載置する。

次に、加工ヘッド移動機構31によって、加工ヘッド20を移動して、最初の加工位置に設定し、被加工面11aの加工可能領域の画像を取得する。すなわち、観察用光源16を点灯し、観察用光70を発生させる。観察用光70は、半透鏡14で一部が反射され、この反射光が対物レンズ8Bで集光されて被加工面11a上の加工可能領域を照明する。

被加工面11aで反射された反射光は、対物レンズ8Bで集光され、一部が、半透鏡14を透過する。そして、半透鏡9により、さらに一部が透過されて、観察用結像レンズ12に導かれる。観察用結像レンズ12に入射した光は、撮像素子13の撮像面に結像される。

30

撮像素子13は、結像された被加工面11aの画像を光電変換し、画像取込部40に送出する。

画像取込部40では、送出された画像信号を、必要に応じて、ノイズ除去、輝度補正などの処理を施して表示部30に表示する。また、装置制御部42の制御信号に応じて、適宜のタイミングにおける画像信号を、画像データ150に変換し、データ記憶部43に記憶する。このようにして、被加工面11aの加工可能領域の画像が取得される。

【0030】

次に、画像処理部44では、データ記憶部43に記憶された画像データ150を欠陥抽出部45に読み出して欠陥抽出を行う。そして、抽出された欠陥の種類や大きさなどを判定し、リペア加工すべき欠陥と判断された場合に、欠陥画像データ151として加工データ生成部46に送出する。

40

加工データ生成部46では、欠陥画像データ151の回転位置の補正処理を行う必要がある場合には、まず補正データ記憶部47から補正データを読み出して、欠陥画像データ151の回転移動を行う。

この状態では、欠陥画像データ151における2次元の配列方向と、加工可能領域の長辺および短辺の方向とが一致している。

また、被加工面11aの加工可能領域と空間変調素子6の変調領域とは、照射光学系8によって、共役の関係とされており、照射光学系8の投影倍率が であるため、加工可能

50

領域上の位置座標を $1/2$ 倍することで、空間変調素子6の変調領域上の位置に対応させることができる。

このようにして、加工データ生成部46では、欠陥画像データ151から、欠陥画像データ151で表される被加工面11a上の各位置に、オン光62を照射するためオン状態に制御すべき微小ミラー6aを決定し、それらの微小ミラー6aをオン状態とし、他の微小ミラー6aをオフ状態とするように空間変調素子6を駆動する加工データ152を生成する。例えば、各微小ミラー6aの位置(m, n)に対応して、オン状態が1、オフ状態が0の数値が対応する表データとして、加工データ152が生成される。

生成された加工データ152は、空間変調素子駆動部41に送出する。

【0031】

空間変調素子駆動部41は、装置制御部42の制御信号と送出された加工データ152とに基づいて、空間変調素子6の各微小ミラー6aの回転角を制御する。

次に、装置制御部42は、レーザ発振器1に対して、レーザ光を発振させる制御信号を出し、基板11に応じて予め選択された照射条件に基づいて、レーザ発振器1からレーザ光を発振させる。レーザ光の照射条件としては、例えば、波長、光出力、発振パルス幅などが挙げられる。

発振されたレーザ光は、結合レンズ2でファイバ3のファイバ端面3aに光結合され、ファイバ端面3bから、光強度分布が略均一化された発散光であるレーザ光60として出射される。

【0032】

レーザ光60は、投影レンズ4によって、光軸P₁に沿って進み、ミラー5で反射されて光軸P₂に沿って進んで、空間変調素子6上に投影される。そして、空間変調素子6上の各微小ミラー6aで反射される。

傾斜角がオフ状態とされた微小ミラー6aで反射されるオフ光63(図6参照)は、結像レンズ8AのNAの範囲外に反射される。

傾斜角がオン状態とされた微小ミラー6aで反射されたオン光62は、光軸P₃に沿って進み、ミラー7で反射されて光軸P₄に沿って進み、結像レンズ8Aに入射し、集光されて、半透鏡9に到達し、半透鏡9で反射される。

半透鏡9で反射されたオン光62は、光軸P₅に沿って進み、対物レンズ8Bによって被加工面11a上に結像される。

このようにして、加工データ152に基づくオン光62による変調領域の画像が、被加工面11a上に投影される。その結果、オン光62が、被加工面11aの欠陥に照射され、欠陥が除去される。

【0033】

以上で1回のレーザ加工を終了する。

この加工後、撮像素子13により再度被加工面11aの画像を取得し、必要に応じて、上記を繰り返して、未除去部があれば再度レーザ加工したり、あるいは、加工可能領域を移動して他の部分のレーザ加工をしたりする。

【0034】

このようなレーザ加工装置100によれば、光軸P₁～P₅が同一平面上にあるので、光路上の光学素子や光学デバイスなどの光学部品を一平面上に配列することができ、光路の折り曲げ、部品配置、取付が容易となり、光学部品の保持部材などを含む各構成部品の部品加工や組立効率を向上することができる。

例えば、各光学部品の光軸傾き調整は、すべて1軸回り(本実施形態では、Y軸回り)の調整のみとなり、調整が容易となる。また、光軸傾きの精度に影響する部品加工も、1軸回りの精度のみを高精度に加工すればよいので、加工が容易となる。

また、光軸P₁～P₅が整列する平面に交差する方向に延ばして、構成部品を配置しなくてよいので、光軸P₁～P₅が整列する平面に交差する方向において、加工ヘッド20からの構成部材の突出を抑えることができ、光軸P₁～P₅が整列する平面の法線方向における加工ヘッド20の厚さを低減することができる。そのため、装置構成をコンパク

10

20

30

40

50

トなものとすることができます。

【0035】

[第2の実施形態]

本発明の第2の実施形態に係るレーザ加工装置について説明する。

図8は、本発明の第2の実施形態に係るレーザ加工装置の概略構成を示す光軸を含む断面における模式説明図である。図9(a)は、本発明の第2の実施形態に係るレーザ加工装置の主要部の外観を示す模式的な正面図である。図9(b)は、本発明の第2の実施形態に係るレーザ加工装置の主要部の外観を示す模式的な平面図である。図10は、本発明の第2の実施形態に係るレーザ加工装置の制御ユニットの概略構成を示す機能ブロック図である。

10

【0036】

本実施形態のレーザ加工装置110は、上記第1の実施形態のレーザ加工装置100の加工ヘッド20に代えて、第1光学ブロック25、回転機構26(回転保持機構)、および第2光学ブロックからなる加工ヘッド24を備え、制御ユニット22に代えて、制御ユニット23を備えるものである。以下、上記第1の実施形態と異なる点を中心に説明する。

【0037】

第1光学ブロック25は、上記第1の実施形態の加工ヘッド20のうち、投影レンズ4、ミラー5、空間変調素子6、ミラー7、結像レンズ8A、半透鏡9、撮像素子13、および観察用結像レンズ12を、上記第1の実施形態と同様の位置関係に配置して筐体25a(保持部材)に固定したものである。

20

回転機構26は、第1光学ブロック25をその下端側で光軸P₅回りに回転可能に保持するものである。本実施形態では、回転角が制御可能なモータなどを備えることで、ユーザインターフェース32からの操作により回転できるようになっている。

第2光学ブロック27は、上記第1の実施形態の加工ヘッド20のうち、半透鏡14、対物レンズ8B、集光レンズ15、および観察用光源16を上記第1の実施形態と同様の位置関係に配置して第2光学ブロックと異なる筐体27aに固定したもので、筐体27aの上面側に回転機構26を保持してなる。そして、加工ヘッド移動機構31によって、載置台21に対して3軸方向に相対移動可能に保持されている。

【0038】

30

制御ユニット23は、図10に示すように、上記第1の実施形態の制御ユニット22の画像処理部44に代えて、画像処理部44に回転量算出部48を追加した画像処理部44Aを備え、さらに、装置制御部42が、回転機構26に電気的に接続され、回転機構26の回転角を制御できるようになっている。

回転量算出部48は、欠陥抽出部45からの欠陥画像データ151を解析して、欠陥の大きさや延在方向に応じて、最適となる撮像面の光軸P₅回りの回転角を設定するためのものである。本実施形態では、欠陥画像データ151の欠陥部分を囲む矩形を求め、この矩形の長辺および短辺が、それぞれ撮像面の長辺および短辺に平行となる回転角を算出するようにしている。ただし、欠陥部分を囲む矩形は、任意方向を向いた矩形でもよいし、例えば、各辺がX軸、Y軸に平行な矩形に限定してもよい。

40

回転量算出部48で算出された回転角は、装置制御部42に送出され、回転する必要がある場合には、回転角に応じた制御信号が、装置制御部42から回転機構26に送出されるようになっている。

【0039】

次に、レーザ加工装置110の作用について説明する。

図11(a)、(b)は、本発明の第2の実施形態に係るレーザ加工装置の動作について説明する動作説明図である。

レーザ加工装置110によれば、回転機構26によって、第2光学ブロック27に対して、第1光学ブロック25が光軸P₅回りに回転されても、常に、光軸P₁～P₅が、同一平面上に位置する。このため、レーザ加工は、上記第1の実施形態と全く同様に行うこ

50

とができる。

本実施形態では、さらに、回転機構26を駆動することにより、基板11に対する撮像素子13を光軸P₅回りに回転し、被加工面11a上の撮像領域、およびそれと対応した加工可能領域を回転させることができる。

図11(a)、(b)に示すように、例えば、基板11の長辺方向がY軸方向、短辺方向がX軸方向に配置されている場合を考える。

この場合に、図11(a)に示すように、第1光学ブロック25を、図示時計回りに、 $\theta_1 = 45^\circ$ 回転させることで、撮像素子13の長辺方向と、基板11の長辺方向とが平行となるように設定することができる。また、第1光学ブロック25を、図示反時計回りに、 $\theta_2 = 45^\circ$ 回転させることで、撮像素子13の短辺方向と、基板11の長辺方向とが平行となるように設定することができる。10

また、もし、基板11の載置精度が悪く、所定位置に対して回転して載置された場合でも、ずれ量に合わせて、第1光学ブロック25を回転することで、基板11のずれ量を補正した状態で、レーザ加工を行うことができるため、高精度のレーザ加工を行うことができる。このずれ量は、例えば、画像処理部44Aによって、画像データ150に含まれる正常画像部分のパターンの方向性を検出することによって求めることができます。また、表示部30に表示される画像において、画像計測を行って求めてよい。

リペア加工する基板11は、矩形状で、矩形の長辺、短辺に沿う方向に回路パターンなどが延ばされることが多いため、このような配置を選択することで、例えば、欠陥抽出に用いる正常画像パターンは、予め縦横を入れ替えた2種類を用意するか、1種類を必要に応じて90°回転して用いることができるため、任意の回転角に応じて正常画像パターンを回転変換してから、欠陥抽出演算を行う場合に比べて、演算処理を迅速に行うことができる。20

【0040】

また、本実施形態では、画像処理部44Aが回転量算出部48を備えるため、次のようにして、第1光学ブロック25の回転量を、被加工面11a上の欠陥の大きさや方向によって決定することもできる。

図10に示すように、欠陥抽出部45から欠陥画像データ151が回転量算出部48に送出されると、回転量算出部48では、欠陥画像データ151を画像処理して、欠陥部分を含む矩形を算出する。そして、この矩形の長辺および短辺の方向から、その長辺および短辺が、撮像素子13の長辺および短辺とそれぞれ平行となる回転角を算出する。30

例えば、図11(a)に示すように、欠陥300を囲む矩形T₁から、回転角 θ_1 を算出し、第1光学ブロック25を θ_1 回転する。また、図11(b)に示すように、欠陥301を囲む矩形T₂から、回転角 θ_2 を算出し、第1光学ブロック25を θ_2 回転する。

このように、欠陥の形状に応じて、撮像素子13の回転方向を調整することで、欠陥を撮像素子13の撮像範囲に効率的よく納めることができるので、高倍率で撮像することができるとなり、高精度のレーザ加工が可能となる。また、撮像面を有効に用いて、近接した複数の欠陥を効率的に撮像し、同時にレーザ加工することもできるため、レーザ加工の効率を向上することができる。

【0041】

第1光学ブロックの回転量は、このように回転量算出部48によって、自動的に算出するだけでなく、操作者が、表示部30に表示される欠陥の画像を参照しつつユーザインターフェース32を通して、手動で指示してもよい。

【0042】

なお、上記の説明では、空間変調素子の変調データを生成するために、被加工面の画像を撮像する撮像部を備える場合の例で説明したが、例えば、被加工物に対応して、加工形状がデータで与えられているような場合には、このような撮像部を有しない構成としてもよい。

【0043】

また、上記の説明では、撮像部で取得された画像に画像処理を施して、被加工面の欠陥50

抽出を行い、抽出された欠陥の情報に基づいて、欠陥部分を除去するための変調データを算出し、空間変調素子の変調制御を行うようにした場合の例で説明したが、本発明では、被加工物をデータに基づいて形状加工する装置であれば、加工対象は欠陥には限定されない。

このように、加工対象が欠陥でない場合には、被加工面の欠陥を抽出する画像処理部を有しない構成としてもよい。

【0044】

また、上記の第2の実施形態の説明では、回転機構26が、装置制御部42によって回転駆動される場合の例で説明したが、回転機構26は、機械的な回転ステージ等で構成して、手動で回転できるようにしてもよい。この場合、回転機構26と装置制御部42とは電気的に接続する必要はない。また、回転量算出部48は、回転ずれ量を検出して、表示部30にずれ量を表示するように変更してもよい。ただし、回転ずれ量を画像処理部44で検出する必要がない場合には、制御ユニット23に代えて、第1の実施形態の制御ユニット22を用いる構成としてもよい。

10

【0045】

また、上記第2の実施形態は、例えば、照射光学系8の途中にズーム変倍部を設けるなどして、照射光学系8の倍率が撮像光学系の倍率より高く設定され、表示部30に表示された視野内に空間変調素子6で決まる矩形の照射領域がある場合にも有効である。この場合、照射光学系8の倍率が高く、空間変調素子6の広い面積を使えるので、エネルギー口スが少なく、欠陥が縦長か横長かといった形状に合わせて修正を行うことできる。

20

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の概略構成を示す光軸を含む断面における模式説明図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の主要部の外観を示す模式的な正面図および側面図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の空間変調素子の光軸を含む断面における模式的な断面図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の空間変調素子の模式的な平面図である。

30

【図5】本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の空間素子近傍の正面視の模式図およびそのC視平面図である。

【図6】本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の空間変調素子の基準面と入射面との位置関係を示す模式的な斜視図である。

【図7】本発明の第1の実施形態に係るレーザ加工装置の制御ユニットの概略構成を示す機能プロック図である。

【図8】本発明の第2の実施形態に係るレーザ加工装置の概略構成を示す光軸を含む断面における模式説明図である。

【図9】本発明の第2の実施形態に係るレーザ加工装置の主要部の外観を示す模式的な正面図および平面図である。

40

【図10】本発明の第2の実施形態に係るレーザ加工装置の制御ユニットの概略構成を示す機能プロック図である。

【図11】本発明の第2の実施形態に係るレーザ加工装置の動作について説明する動作説明図である。

【図12】レーザ加工装置の主要部の構成の一例を示す斜視図である。

【図13】図12のA視正面図およびB視側面図である。

【符号の説明】

【0047】

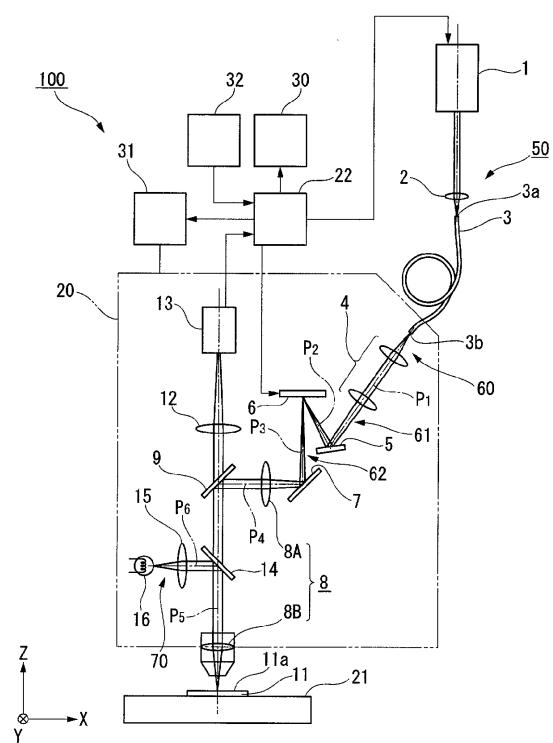
4 投影レンズ

6 空間変調素子

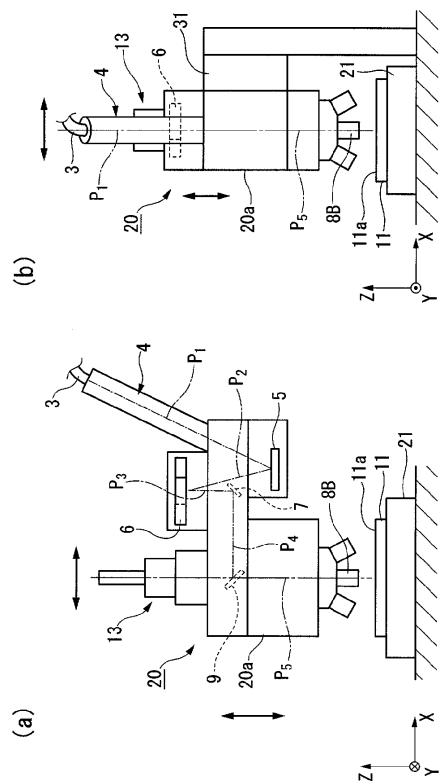
50

6 a	微小ミラー
8	照射光学系
8 A	結像レンズ
8 B	対物レンズ
1 1	基板
1 1 a	被加工面
1 2	観察用結像レンズ(撮像光学系)
1 3	撮像素子(撮像部)
2 0、2 4	加工ヘッド
2 0 a、2 7 a	筐体
	10
2 2、2 3	制御ユニット
2 5	第1光学ブロック
2 5 a	筐体(保持部材)
2 6	回転機構(回転保持機構)
2 7	第2光学ブロック
3 1	加工ヘッド移動機構
4 0	画像取込部
4 4	画像処理部
4 5	欠陥抽出部
4 6	加工データ生成部(座標変換手段)
	20
4 7	補正データ記憶部
4 8	回転量算出部
5 0	レーザ光源
6 2	オン光
1 0 0、1 1 0	レーザ加工装置
1 5 0	画像データ
1 5 2	加工データ(変調データ)
P ₁ 、P ₂ 、P ₃ 、P ₄ 、P ₅	光軸

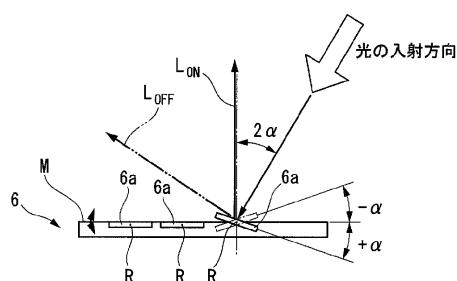
【図1】



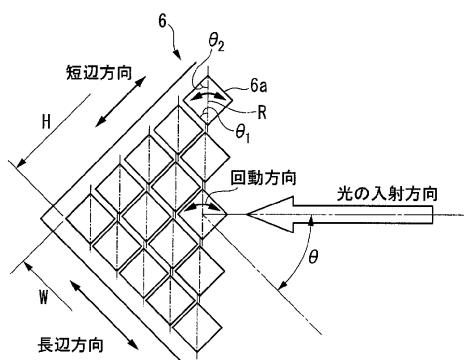
【図2】



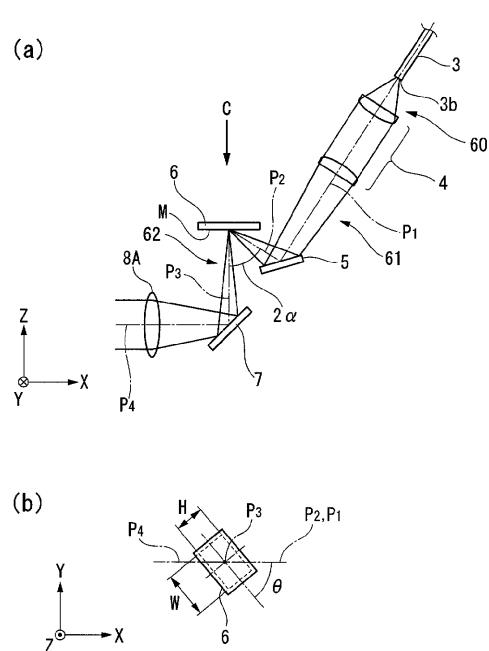
【図3】



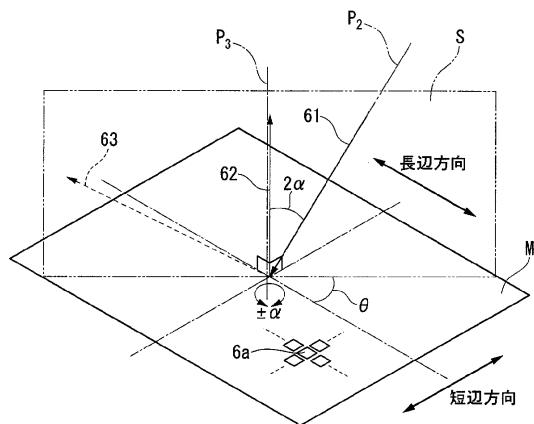
【図4】



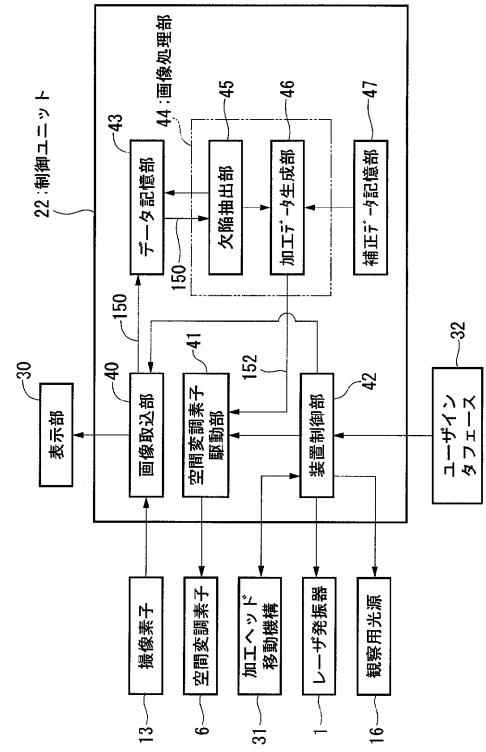
【図5】



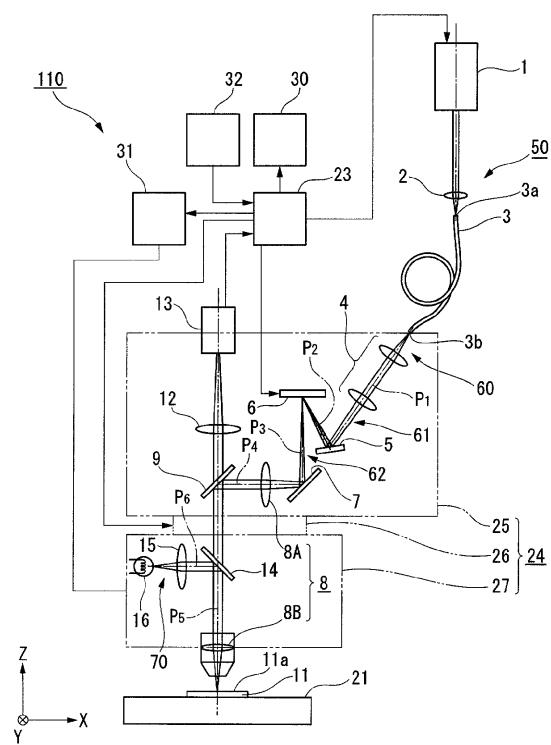
【図6】



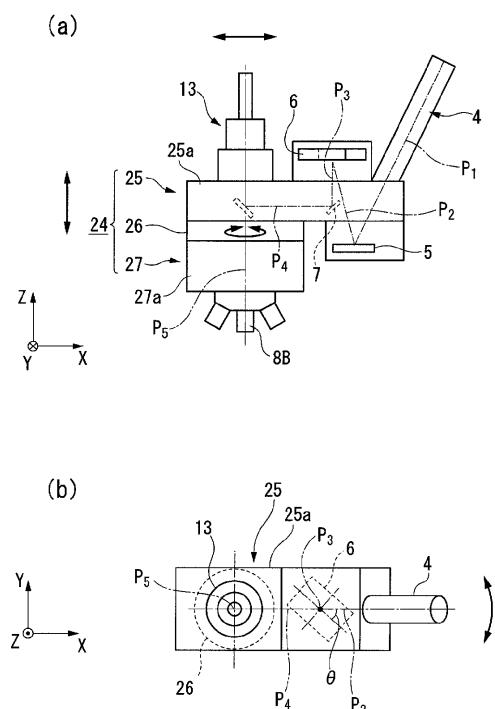
【図7】



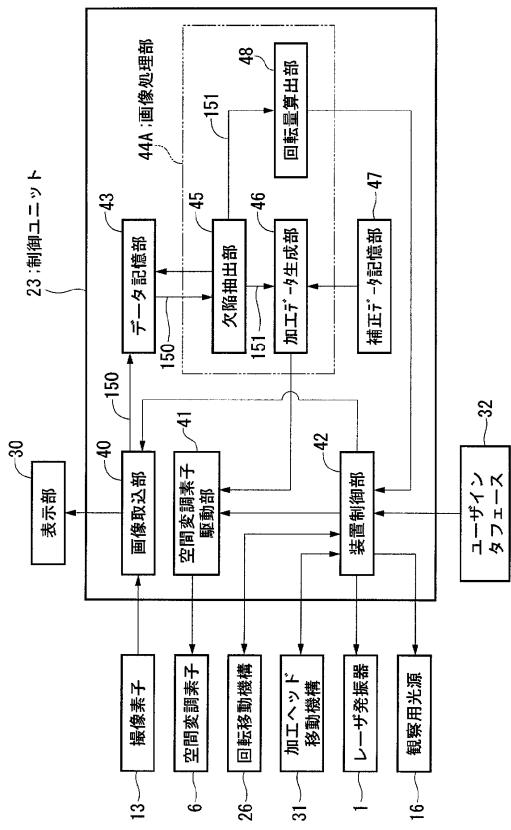
【図8】



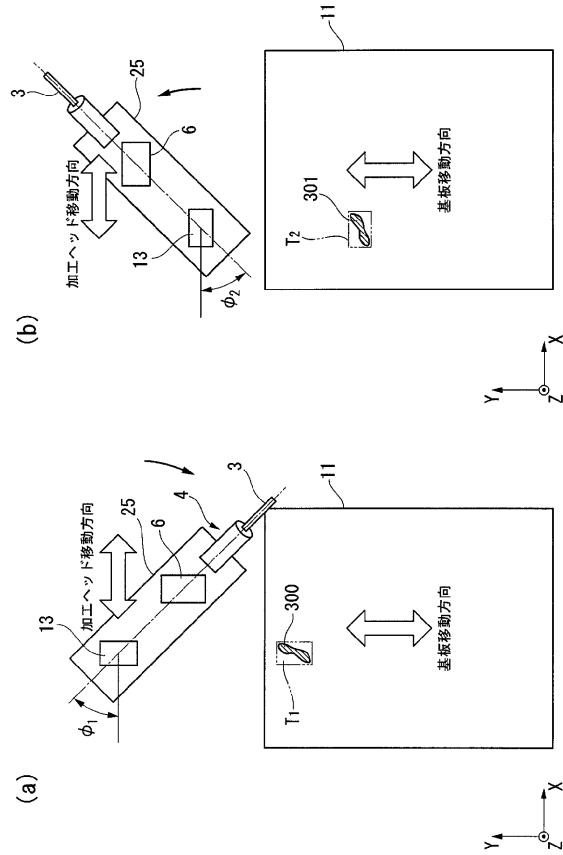
【図9】



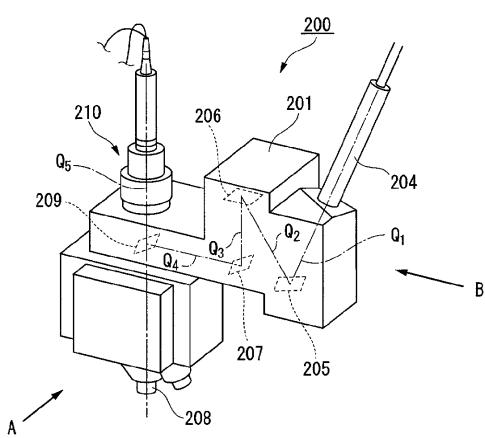
【図10】



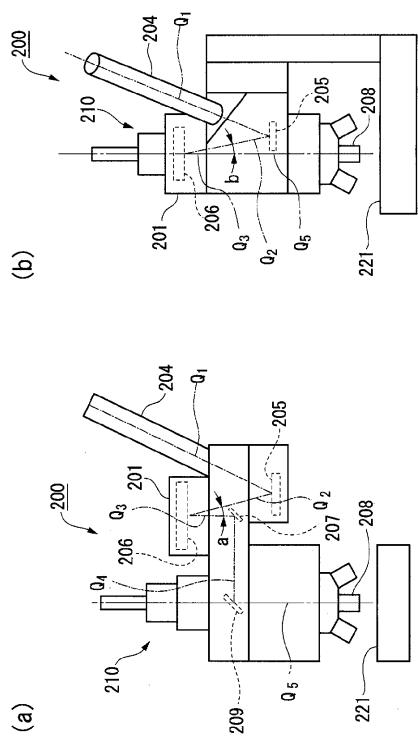
【 図 1 1 】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 中村 達哉

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

(72)発明者 高橋 浩一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

(72)発明者 高橋 潤子

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

審査官 青木 正博

(56)参考文献 特開平09-206965(JP,A)

特開2006-227198(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 26/00 - 26/42

G02B 26/08