

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4583955号  
(P4583955)

(45) 発行日 平成22年11月17日(2010.11.17)

(24) 登録日 平成22年9月10日(2010.9.10)

(51) Int.Cl.

F 1

B 2 3 K 26/04 (2006.01)

B 2 3 K 26/04

A

請求項の数 4 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2005-31673 (P2005-31673)	(73) 特許権者	390000608
(22) 出願日	平成17年2月8日(2005.2.8)		三星ダイヤモンド工業株式会社
(65) 公開番号	特開2006-218482 (P2006-218482A)		大阪府吹田市南金田2丁目12番12号
(43) 公開日	平成18年8月24日(2006.8.24)	(74) 代理人	100088672
審査請求日	平成20年1月11日(2008.1.11)		弁理士 吉竹 英俊
		(74) 代理人	100088845
			弁理士 有田 貴弘
		(72) 発明者	長友 正平
			京都市南区東九条南石田町5番地 株式会
			社レーザーソリューションズ内
		(72) 発明者	小川 純一
			京都市南区東九条南石田町5番地 株式会
			社レーザーソリューションズ内

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】

被加工物の被照射部位にレーザ光を集光して照射することによって被加工物の加工を行うレーザ加工装置であって、

レーザ光の照射手段と、

前記照射手段に対して照射対象物を相対的に走査させる走査手段と、

前記照射手段と前記走査手段とを制御して、前記レーザ光で前記照射対象物を相対的に走査しつつ、前記レーザ光を前記照射対象物に照射することによって、前記照射対象物にライン状の調整用加工痕を形成させる調整用加工痕作成制御手段と、

前記調整用加工痕を撮像する撮像手段と、

前記撮像手段により得られた撮像結果を用いて、前記レーザ光の光軸の傾き度合を特定する光軸傾き特定手段と、

を備え、

前記調整用加工痕作成制御手段が、

前記照射手段と前記走査手段とを制御して、前記レーザ光で前記照射対象物を相対的に走査しつつ、前記レーザ光を前記照射対象物に照射することを、前記照射手段と前記照射対象物との離間距離を変化させつつ実行させることにより、前記照射対象物に前記レーザ光の合焦状態が相異なるライン状の複数の調整用加工痕を形成させ、

前記光軸傾き特定手段が、

前記複数の調整用加工痕のそれぞれについて前記走査方向に直角な方向における幅か

10

20

ら特定される、前記複数の調整用加工痕のそれぞれの当該方向における中心位置について  
 の比較を行い、当該比較結果に基づいて前記レーザ光の光軸の傾き度合を特定する、  
 ことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のレーザ加工装置であって、

前記複数の調整用加工痕を形成するための前記離間距離が異なる状態での複数回の前記  
 レーザ光の照射を、前記走査手段による前記レーザ光の走査位置を一直線上に保ちつつ行  
 う、

ことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載のレーザ加工装置であって、

前記撮像手段により得られた撮像結果を用いて、前記複数の調整用加工痕の鮮鋭度比較  
 を行い、当該比較結果に基づいて前記レーザ光の合焦状態が実現される前記照射手段の配  
 置位置を特定する配置位置特定手段、

をさらに備えることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載のレーザ加工装置であって、

前記撮像手段により得られた撮像結果を用いて、前記レーザ光の光軸のずれ度合を特定  
 する光軸ずれ特定手段、

をさらに備え、

前記光軸ずれ特定手段が、

前記照射対象物の前記撮像手段の視野中に前記レーザ光の走査方向に沿って設定され  
 た所定の基準線分と前記調整用加工痕との間で前記レーザ光の走査方向に直角な方向につ  
 いての位置比較を行い、当該比較結果に基づいて当該方向についての前記レーザ光の光軸  
 のずれ度合を特定する、

ことを特徴とするレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

レーザ光を用いて微細加工を行う加工装置におけるレーザ光の調整方法に関する。

【背景技術】

【0002】

YAGレーザなどのレーザ光を利用した溶接や切断、穴あけなどの加工は、従来より広  
 く用いられている（例えば、特許文献 1 参照。）。

【0003】

特許文献 1 に開示された加工装置は、波長域が紫外から可視域で、出力が数百 mW ~ 数  
 十 W、パルス幅が数 ns ~ 数百 ns、発振周波数が数 kHz ~ 数百 kHz のパルスレーザ  
 を用い、レーザ光を集光光学系で基板表面付近に集光し、これを基板表面で（相対的に）  
 走査させることで、サファイアなどの硬脆な材質よりなる基板や該基板を用いて作製され  
 たデバイスに対するスクライブラインの形成や切断、貫通穴形成などに好適に用いられる  
 。例えば、サファイアなど硬度が高く、かつ脆性を有する基板材料や、該基板材料上に G  
 aN などのワイドバンドギャップ化合物半導体薄膜により短波長 LED（レーザダイオード  
 ）、LED（発光ダイオード）をなどのデバイスを形成したものの切削・加工に好適に利  
 用される。

【0004】

【特許文献 1】特開 2004 - 114075 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 に開示されているようなレーザ加工装置を用いる場合をはじめ、被加工部位

10

20

30

40

50

上に焦点が形成されるように対物レンズにてレーザ光を集光することによって加工を行う場合、一般に、対物レンズの開口数  $NA$  が大きいほど、光学系の調整に対して高い精度が要求される。例えば、レーザ光の焦点位置と被加工部位とを一致させるための調整や、あるいは被加工部位と照射されるレーザ光との直交性を確保するための調整、さらには加工位置精度を得るための調整などにおいて、その必要がある。その一方で、調整が厳密であればあるほど、その良否を判断することの困難さは増すことになる。

【0006】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、レーザ加工装置において簡易かつ確実にできるレーザ光の調整方法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】

【0007】

上記課題を解決するため、請求項1の発明は、被加工物の被照射部位にレーザ光を集光して照射することによって被加工物の加工を行うレーザ加工装置であって、レーザ光の照射手段と、前記照射手段に対して照射対象物を相対的に走査させる走査手段と、前記照射手段と前記走査手段とを制御して、前記レーザ光で前記照射対象物を相対的に走査しつつ、前記レーザ光を前記照射対象物に照射することによって、前記照射対象物にライン状の調整用加工痕を形成させる調整用加工痕作成制御手段と、前記調整用加工痕を撮像する撮像手段と、前記撮像手段により得られた撮像結果を用いて、前記レーザ光の光軸の傾き度を特定する光軸傾き特定手段と、を備え、前記調整用加工痕作成制御手段が、前記照射手段と前記走査手段とを制御して、前記レーザ光で前記照射対象物を相対的に走査しつつ、前記レーザ光を前記照射対象物に照射することを、前記照射手段と前記照射対象物との離間距離を変化させつつ実行させることにより、前記照射対象物に前記レーザ光の合焦状態が異なるライン状の複数の調整用加工痕を形成させ、前記光軸傾き特定手段が、前記複数の調整用加工痕のそれぞれについて前記走査方向に直角な方向における幅から特定される、前記複数の調整用加工痕のそれぞれの当該方向における中心位置についての比較を行い、当該比較結果に基づいて前記レーザ光の光軸の傾き度合を特定する、ことを特徴とする。

請求項2の発明は、請求項1に記載のレーザ加工装置であって、前記複数の調整用加工痕を形成するための前記離間距離が異なる状態での複数回の前記レーザ光の照射を、前記走査手段による前記レーザ光の走査位置を一直線上に保ちつつ行う、ことを特徴とする。

請求項3の発明は、請求項1または請求項2に記載のレーザ加工装置であって、前記撮像手段により得られた撮像結果を用いて、前記複数の調整用加工痕の鮮鋭度比較を行い、当該比較結果に基づいて前記レーザ光の合焦状態が実現される前記照射手段の配置位置を特定する配置位置特定手段、をさらに備えることを特徴とする。

請求項4の発明は、請求項1ないし請求項3のいずれかに記載のレーザ加工装置であって、前記撮像手段により得られた撮像結果を用いて、前記レーザ光の光軸のずれ度合を特定する光軸ずれ特定手段、をさらに備え、前記光軸ずれ特定手段が、前記照射対象物の前記撮像手段の視野中に前記レーザ光の走査方向に沿って設定された所定の基準線分と前記調整用加工痕との間で前記レーザ光の走査方向に直角な方向についての位置比較を行い、当該比較結果に基づいて当該方向についての前記レーザ光の光軸のずれ度合を特定する、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0017】

請求項1ないし請求項4の発明によれば、対物レンズの開口数  $NA$  が大きい場合であっても、撮像手段によって得られた調整用加工痕の撮像結果に基づいて、レーザ光の光軸傾きの調整を簡易かつ確実に行うことができる。

【0018】

特に、請求項3および請求項8の発明によれば、レーザ光の合焦を簡易かつ確実に行うことができる。

【0019】

10

20

30

40

50

特に、請求項 4 および請求項 9 の発明によれば、被加工部位と照射されるレーザ光との直交性を、簡易かつ確実に確保することができる。

【 0 0 2 0 】

特に、請求項 4 の発明によれば、レーザ光の照射位置と観察視野中心とのズレが解消されるので、高い加工精度で加工をすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 1 】

<レーザ加工装置の概要>

図 1 は本発明の実施の形態に係るレーザ加工装置 1 0 0 の構成を示す図である。レーザ加工装置 1 0 0 は、レーザ光源 1 からレーザ光 L B を発し、鏡筒 2 内に備わるハーフミラー 3 にて反射させた後、該レーザ光をステージ 5 に載置された被加工物 S の被加工部位にて合焦するよう集光レンズ 4 にて集光し、被加工部位に照射することによって、該被加工部位のアブレーション加工を行う装置である。レーザ加工装置 1 0 0 の動作は、コンピュータ 6 の記憶手段 6 m に記憶されているプログラム 1 0 が当該コンピュータによって実行されることにより、プログラム 1 0 に従って後述する各部の動作が制御されることで実現される。コンピュータ 6 には、汎用のパーソナルコンピュータ ( P C ) を用いることができる。なお、記憶手段 6 m は、例えばメモリや所定のストレージデバイスなどで構成され、レーザ加工装置を動作させるために必要な種々のデータを、記憶する役割を担うものである。

【 0 0 2 2 】

レーザ光源 1 としては、N d : Y A G レーザを用いるのが好適な態様である。また、レーザ光源 1 から発せられるレーザ光 L B の波長や出力、パルス幅の調整は、コンピュータ 6 に接続されたコントローラ 7 により実現される。コンピュータ 6 から所定の設定信号がコントローラ 7 に対し発せられると、コントローラ 7 は、該設定信号に従って、レーザ光 L B の照射条件を設定する。本実施の形態においては、レーザ光 L B は 2 1 0 n m ~ 5 3 3 n m の波長範囲に属する波長を有するが、なかでも N d : Y A G レーザの 3 倍高調波 ( 波長約 3 5 5 n m ) を用いるのが好適な態様である。また、パルス幅は、5 n s e c ~ 5 0 n s e c の中から選択することができる。すなわち、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 0 0 は、紫外線線り返しパルスレーザを用いて加工を行うものである。レーザ光 L B は、集光レンズ 4 によって数  $\mu$  m 程度のビーム径に絞られて照射される。これにより、レーザ光 L B の照射におけるエネルギー密度はおおよそ  $1 0 0 \text{ J} / \text{cm}^2 \sim 1 0 0 \text{ kJ} / \text{cm}^2$ 、ピークパワー密度はおおよそ  $1 \text{ GW} / \text{cm}^2 \sim 5 0 0 \text{ GW} / \text{cm}^2$  となる。

【 0 0 2 3 】

レーザ加工装置 1 0 0 におけるレーザの合焦は、被加工物 S はステージ 5 に固定し、鏡筒 2 を高さ方向 ( z 軸方向 ) に移動させることにより実現される。鏡筒 2 の移動 ( 高さ調整 ) は、垂直移動機構 M v と、該垂直移動機構 M v に昇降可能に設けられた鏡筒 2 とをコンピュータ 6 に接続された駆動手段 8 によって駆動することにより実現されている。これにより、垂直移動機構 M v を駆動することによる粗動動作と、垂直移動機構 M v に対し鏡筒 2 を昇降させることによる微動動作との 2 段階動作が可能であり、駆動手段 8 がコンピュータ 6 からの駆動信号に応答することにより、スピーディかつ高精度の合焦動作が実現される。

【 0 0 2 4 】

図 2 は、ステージ 5 の上面側の構造を例示的に示す図である。図 2 には、粘着テープ 5 1 ( 後述 ) が貼付された被加工物 S がステージ 5 に固定された場合に被加工物 S および粘着テープ 5 1 がステージ上を占める状態を併せて示している。

【 0 0 2 5 】

図 2 に示すステージ 5 の上面には、ステージ 5 の中心から外周に向けて、複数の吸引孔 5 2 が同心円状に設けられている。被加工物 S をステージ 5 の上面に載置した状態で、吸引孔 5 2 と配管 P L 1 および P L 2 にて接続された例えば吸引ポンプなどの吸引手段 9 を

動作させることにより、被加工物 S に対して吸引力が作用し、被加工物 S がステージ 5 に固定される。なお、図 2 においては、最内周の半径を  $a$  とするとき、 $a$ 、 $2a$ 、 $4a$ 、 $6a$ 、 $7a$  および  $10a$  の位置に吸引孔 52 が設けられているが、吸引孔 52 の配置は係る態様に限定されるものではない。また、各同心円上の吸引孔 52 が、その前後の円上の吸引孔と 52 と位相をずらした位置に設けられてなるのが、効果的な吸引固定を実現する上では好ましい。また、吸着による被加工物 S の変形を防止するという観点からは、それぞれの吸引孔 52 の孔径を  $1\text{ mm}$  以下にすることが好ましい。

#### 【0026】

被加工物 S が半導体基板等のように加工後に分割されるようなものの場合や、 $100\text{ }\mu\text{ m}$  程度と薄い場合などにおいては、所定の粘着テープ 51 を被加工物 S の底面に貼付したうえで、図 2 に示すように粘着テープ 51 ごと吸引固定がなされる。あるいは化合物半導体をサファイア基板にエピタキシャル成長させたもののよう反りがある場合も、同様に取扱われる。後者の場合、反りによる凹凸差がレーザ光 LB の焦点位置許容範囲内である数  $\mu\text{ m}$  から数十  $\mu\text{ m}$  程度であれば、加工が可能である。なお、反りのある被加工物 S の加工に際しては、加工の確実性の点から、図 2 に示すように、被加工物 S に対し貼付面からはみ出るように粘着テープ 51 を貼付したうえで、吸着固定に供する態様をとるのが好ましい。

#### 【0027】

ステージ 5 は、例えば石英、サファイア、窒化ガリウム、水晶など、レーザ光 LB の波長に対して実質的に透明な材料で形成される。これにより、被加工物を透過したレーザ光 LB や被加工物をはずれて照射されたレーザ光がステージ 5 の表面で吸収されないので、該余剰レーザ光によってステージ 5 がダメージを受けることがない。

#### 【0028】

さらに、ステージ 5 は、水平移動機構 Mh の上に設けられている。水平移動機構 Mh は、駆動手段 8 の作用により XY 2 軸方向に水平に駆動される。

#### 【0029】

コンピュータ 6 からの駆動信号に応答して駆動手段 8 が水平移動機構 Mh を駆動することにより、所定の被加工部位をレーザ光 LB の照射位置まで移動させることができる。加工時には、レーザ光 LB を被加工物 S に対し相対的に走査することができる。

#### 【0030】

一方、加工を行う際、被加工部位の物質が融解あるいは蒸発した後に再固化したり、あるいは固体のまま飛散したりすることで生じる、パーティクル等の加工副産物は、被加工物 S の表面や集光レンズ等を汚染する要因となる。そこで、本実施形態に係るレーザ加工装置 100 には、こうした加工副産物を除去することを目的とする集塵ヘッド 11 が、支持体 111 により支持されて垂直移動機構 Mv の最下部に付設されている。

#### 【0031】

図 3 は、集塵ヘッド 11 を示す図である。図 3 (a) は集塵ヘッド 11 および支持体 111 の上面図、図 3 (b) および (c) は、集塵ヘッド 11 の側面図である。集塵ヘッド 11 は、平板状かつ中空の構造を有する集塵部 112 と、それぞれが該集塵部 112 の端部かつ上部に設けられ、集塵部 112 の内部と通じた吸気口 113 と排気口 114 とからなる。

#### 【0032】

集塵部 112 は、被加工物 S と鏡筒 2 の最下部に備わる集光レンズ 4 との間に位置するように設けられる。そして集塵部 112 には、上面からみた場合に中央部となる位置の上下にそれぞれ、上部開口 115 および下部開口 116 が設けられている (図 3 (b))。これらの上部開口 115 および下部開口 116 は、その中心がちょうどレーザ光 LB の光軸と一致するように設けられているので、集塵ヘッド 11 によってレーザ光 LB の進路が遮られることはない。また、集塵ヘッド 11 は、垂直移動機構 Mv に付設されているので、垂直移動機構 Mv が上下すると共に、集塵ヘッド 11、つまりは集塵部 112 も上下するが、前述したように鏡筒 2 は単独で上下動することも可能であるので、集塵部 112 の

10

20

30

40

50

配置により、レーザ光 L B の合焦位置が制限されることもない。

【 0 0 3 3 】

吸気口 1 1 3 は、例えばレーザ加工装置 1 0 0 が設置される工場等のユーティリティとして備わる不活性ガス供給手段 1 2 と、配管 P L 3 により接続されている。排気口 1 1 4 は、例えば排気ポンプ等により実現される排気手段 1 3 と、配管 P L 4 により接続されている。配管 P L 3 および P L 4 の途中にはそれぞれ、フィルタ 1 2 1 および 1 3 1 が設けられている。

【 0 0 3 4 】

不活性ガス供給手段 1 2 は、不活性ガス（例えば窒素ガス）を連続的に供給することができるものである。矢印 A R 1（図 1）のように、不活性ガス供給手段 1 2 から供給される不活性ガスは、集塵ヘッド 1 1 において吸気口 1 1 3 から矢印 A R 3 のように集塵部 1 1 2 へ供給され、排気手段 1 3 の排気動作によって、矢印 A R 2（図 1）および A R 4 に示すように、排気口 1 1 4 を経て排気される。よって集塵部 1 1 2 の内部には、矢印 A R 5 のように吸気口 1 1 3 から排気口 1 1 4 へ向けた不活性ガスの流れが生じることになるが、これに伴って、例えば上部開口 1 1 5 や下部開口 1 1 6 の近傍に引圧が発生するので、付近に存在するパーティクル 1 1 7 が、集塵部 1 1 2 へと引き込まれて、矢印 A R 6 のように不活性ガスとともに排気口 1 1 4 から排出されることになる。このような態様によって、レーザ加工により発生したパーティクル等の加工副産物が、被加工物 S の表面や、あるいは集光レンズ 4 に付着することが防止され、加工効率の低下が防止される。いわば、不活性ガスは、加工の際のアシストガスとして作用することになる。

【 0 0 3 5 】

あるいは、図 3（c）に示すように、例えば石英など、レーザ光 L B に対し透明な物質を材質とする蓋体板材 1 1 8 によって、上部開口 1 1 5 を着脱可能に覆う態様をとることにより、集光レンズ 4 に対するパーティクルの付着を防止する態様をとってもよい。

【 0 0 3 6 】

図 1 に戻り、レーザ加工装置 1 0 0 に備わる、レーザ光の調整や被加工部位の位置決めを行ったり、加工中の状況を知るための構成要素について説明する。レーザ加工装置 1 0 0 には、これらの目的のために、照明光源 1 4 と、該照明光源 1 4 から発せられた照明光 I L を反射して被加工物 S に照射するために鏡筒 2 内に設けられたハーフミラー 1 5 と、鏡筒 2 の上方に設けられ被加工物 S の表面を撮像する C C D カメラ 1 6 と、C C D カメラ 1 6 にて得られるリアルタイムの観察画像（モニタ画像）や記憶手段 6 m に画像データとして記録された画像（記録画像）、さらには種々の処理メニュー等を表示するためのモニタ 1 7 とが備わっている。C C D カメラ 1 6 とモニタ 1 7 とは、コンピュータ 6 に接続され、該コンピュータ 6 によって制御される。これらを備えることにより、被加工物 S の表面の状態をモニタ 1 7 にて確認しつつ、レーザ光の調整や被加工部位の位置決めを行ったり、あるいは加工中の被加工物表面の状況を知ることが可能となっている。

【 0 0 3 7 】

< レーザ光の焦点位置調整 >

図 4 および図 5 は、レーザ加工装置 1 0 0 におけるレーザ光の焦点位置の調整方法について説明する図である。本実施の形態においては、レーザ光によって照射対象物を相対的に走査するプロセスを、照射手段と照射対象物との幾何学的関係を変化させつつ実行することにより、照射対象物にライン状の複数の調整用加工痕を形成し、その複数の調整用加工痕の幾何学的状態について相対的な比較を行い、当該比較結果に基づいて照射手段の光学的状況を判断することによって、焦点位置の調整を行う。より具体的には、集光レンズ 4 をピント位置に配置した場合にレーザ光が最も十分に集光され、レーザ光がデフォーカスされるに従って、加工ラインが太くなっていくことを利用して、焦点位置の調整を行う。

【 0 0 3 8 】

本実施の形態に係るレーザ光の焦点位置の調整は、調整用治具 S 1 をステージ 5 に吸引固定し、調整用治具 S 1 に対してレーザ光を照射することによって行う。調整用治具 S 1

10

20

30

40

50

は、使用するレーザのパワーやフォーカス状態に応じて、調整に適した加工痕が得られる材質を有する材料にてなるのが好ましい。なお、調整用治具 S 1 の代わりに被加工物 S のサンプルや、製品用の被加工物 S の表面のうちのマージン部分などを用いてもよい。

【 0 0 3 9 】

まず、所定の方法によって集光レンズ 4 の高さ位置（ $z$  方向における位置）を調整することにより、レーザ光の焦点 F を調整用治具 S 1 の表面に概ね合致させる。このときのレーザ光の照射状態を仮合焦状態と称する。図 4 においては、（B）の状態がこれに相当する。集光レンズ 4 の開口数 NA が大きいほど、係る調整によって焦点 F が調整用治具 S 1 の表面に合致する状態、すなわち真の合焦状態を実現することは困難であり、通常の場合、係る仮合焦状態は真の合焦状態とは一致しない。

10

【 0 0 4 0 】

次に、集光レンズ 4 をその位置から任意の距離だけ（ただし、調整用治具 S 1 と接触しない範囲で）下方に移動させ、レーザ光を仮合焦状態よりもマイナスデフォーカスの状態とする。図 4 においては、（A）の状態がこれに相当する。そして、このマイナスデフォーカスの状態で、所定の方向（図 4 の場合は  $x$  軸方向）に所定の距離だけレーザ光を（相対的に）走査させつつ調整用治具 S 1 に照射することによって、調整用治具 S 1 上にライン状の加工痕を形成する。

【 0 0 4 1 】

その後、集光レンズ 4 を所定距離だけ上方に移動させるとともに、調整用治具 S 1 を平行移動（図 4 であれば  $y$  軸方向に平行移動）させ、その位置で同様にレーザ光を照射して、再び加工痕を形成する。

20

【 0 0 4 2 】

以後、このような集光レンズ 4 の上方への移動と加工痕の形成とを、レーザ光が仮合焦状態よりも十分にプラスデフォーカスの状態となるまで繰り返す。図 4 においては、（C）の状態がプラスデフォーカスの状態に相当する。換言すれば、係る繰り返しは、出射位置を段階的に変えつつレーザ光を出射し、調整用治具 S 1 に複数の加工痕を形成するものといえる。

【 0 0 4 3 】

このような加工痕の形成を段階的に繰り返すと、調整用治具 S 1 には複数の加工痕が形成される。図 5 は、レーザ光の合焦状態を 5 段階に変えて加工痕を形成した場合を模式的に示している。（a）が最もマイナスデフォーカスな状態であり、以降、（a）（b）（c）（d）（e）と進むにつれてプラスデフォーカスな状態を示している。なお、図 5 においては、5 段階に加工痕を形成した場合を例示しているが、より多くの異なるステップ数で加工痕を形成する態様であってもよい。また、図 5 においては、各段階の加工痕を平行に示しているが、実際の処理においては、このように加工痕を平行に形成する必要はなく、例えば、一直線上に形成する態様であってもよい。

30

【 0 0 4 4 】

本実施の形態においては、これらの加工痕の中から、最も線幅が細くシャープな一の加工痕を特定し、該特定された加工痕を形成した際の対物レンズの配置位置が、レーザ光の真の合焦状態を実現するものと判断して、該配置位置を加工の際の集光レンズ 4 の配置位置、すなわちピント位置であると定める。図 5 の場合であれば、（c）が最もシャープな状態であると判断されることになる。あるいは、同程度にシャープな加工痕が 2 つ形成されている場合は、それらの加工痕を形成した際の集光レンズ 4 の配置位置の中間位置を、真の合焦状態を実現する位置であると判断して、当該中間位置をピント位置と定める。これらの場合に、レーザ光の焦点位置が、ちょうど調整用治具 S 1 の被加工面に一致することになり、焦点位置が適切に調整されたことになる。ただし、デフォーカスな状態ではレーザ光のパワー密度が低下することから、調整用治具 S 1 その他の加工対象物の材質によっては、加工痕が形成されない場合もある。このような場合は、パワー密度が高いと判断できるフォーカス状態が実現される高さ位置の範囲の中点を、焦点位置と判断すればよい。この場合の処理も、加工痕が形成される場合には有限の幅が存在し、形成されない場合

40

50

にはこれが存在しない、という意味においては、加工痕の幅の比較を行っているものともいえる。

【 0 0 4 5 】

オペレータは、CCDカメラ16にてこれら複数の加工痕を撮像し、モニタ17にてこれらを視認することにより、上述の条件に該当する加工痕を特定して、その特定結果に基づいて、焦点位置を調整する。

【 0 0 4 6 】

すなわち、調整用治具S1に対して実際に加工を行うことで、他の測定器などを使用せず目視確認によって、集光レンズ4の開口径NAが大きい場合であっても、簡易かつ確実に焦点位置を調整することができる。

【 0 0 4 7 】

< 焦点位置調整の自動処理 >

上述した焦点位置の調整は、コンピュータ6において実行される所定の処理プログラムによる制御に従って、加工痕の画像データを取り込み、所定のしきい値条件に従って該画像データを処理することにより、自動的に行うことも可能である。図10および図11は、こうした焦点位置調整の自動処理のフローを例示する図である。ここでは、図10に示す準備処理と、図11に示す本処理とを行うことで、焦点位置調整の自動処理が実現される。

【 0 0 4 8 】

図10に示す準備処理においては、まず、調整用治具S1の表面の所定の対象領域について仮合焦状態を実現したうえで、該対象領域を撮像し、画像データを得る。このとき得られる画像を画像Aと称することとする(ステップS101)。ここで、対象領域とは、以下の工程において図5のように焦点位置調整用の複数の加工痕を形成しようとする領域をいう。次に、1つ目の加工痕の形成の開始位置において集光レンズ4のz軸方向の調整を行うことで、レーザ光をマイナスデフォーカスの状態にし(ステップS102)、レーザ光をx軸方向に走査させつつ照射して加工痕を形成する(ステップS103)。加工痕の形成が終わると、次の加工位置に移動すると共に、デフォーカス値を替えるべく集光レンズ4をz軸方向に所定距離だけ移動させ(ステップS104)、引き続き次の加工痕の形成を行う(ステップS105でNO、ステップS104)。ステップS103およびステップS104を所定の回数だけ繰り返して、図5と同様に複数の加工痕の形成を行った後(ステップS105でYES)、画像Aを得たのと同じ対象領域(加工済領域)を撮像し、画像データを得る。このとき得られる画像を画像Bと称することとする(ステップS106)。画像Bが得られると、画像Aに対する画像Bの差分を得る差分処理を実行し、差分画像のデータを得る(ステップS107)。これで準備処理は終了する。

【 0 0 4 9 】

次に、図11に示す本処理においては、まず、レーザを照射した際の照射位置を示す位置データ(照射位置データ)により、加工痕が形成された場所(加工領域)に相当する差分画像上の位置を特定する(ステップS201)。そして、その加工領域に形成されてなる加工痕の鮮鋭度を算出する(ステップS201)。鮮鋭度とは形成された加工痕の形状の鮮鋭さ(明瞭さ)を示す評価値である。例えば、x軸方向、y軸方向のエッジ勾配(着目画素と隣接8画素にSobelオペレータを作用させることで得られる)を画素単位で算出した後に、画像全体でこれを平均することにより得られる平均エッジ勾配の値を、鮮鋭度として用いることが出来る。あるいは、着目画素と隣接する2画素の差分の絶対値を全ての画素について求めこれを加算することにより得られる値を、鮮鋭度としてもよい。

【 0 0 5 0 】

ある加工領域について加工痕の鮮鋭度の算出が終了すると、次の加工領域へと移動して(ステップS203)、引き続きステップS201およびステップS202を繰り返す(ステップS204でNO)。全ての加工領域についての鮮鋭度の算出が完了すると(ステップS204でYES)、集光レンズ4の高さ位置zと鮮鋭度qとの関係を補間する2次の近似関数(補間式)を演算する(ステップS205)。近似関数が得られると、その頂

10

20

30

40

50



点と頂点を与える $z$ の値とを算出する(ステップS206)。そして、この頂点に対応する $z$ の値を加工焦点位置として登録する(ステップS207)。登録された $z$ の値にあたる位置をレーザ光の真の合焦状態が実現される位置(フォーカス状態が実現される位置)として、種々の加工処理が実行されることになる。

【0051】

<レーザ光の光軸傾き検出>

図6および図7は、レーザ加工装置100におけるレーザ光の光軸の傾き検出の方法について説明する図である。本実施の形態においては、レーザ光によって照射対象物を相対的に走査するプロセスを、照射手段と照射対象物との幾何学的関係を変化させつつ実行することにより、照射対象物にライン状の複数の調整用加工痕を形成し、その複数の調整用加工痕の幾何学的状態について相対的な比較を行い、当該比較結果に基づいて照射手段の光学的状況を判断することによって、光軸の傾き(光軸倒れ)の検出を行う。より具体的には、光軸が被加工物Sに対し直交していない状態でレーザ光をデフォーカスしてライン加工した場合の加工ラインの中心位置が、同じ状態でレーザ光がピント位置にある場合の加工ラインの中心位置からずれることを利用して、光軸の傾きの検出を行う。

【0052】

なお、本実施の形態においては、レーザ光の光軸傾きの検出も、調整用治具S1をステージ5に吸引固定し、調整用治具S1に対してレーザ光を照射することによって行う。なお、調整用治具S1の代わりに被加工物Sのサンプルや、製品用の被加工物Sの表面のうちのマージン部分などを用いてもよい。

【0053】

まず、例えば上述の方法などによって、レーザ光の焦点Fを調整用治具S1の表面に合致させる。すなわち、合焦状態を実現する。このとき、レーザ光の光軸が $z$ 方向と平行であれば、図6(a)に示すように、その焦点F1は調整用治具S1の表面において対物レンズの対称軸AXの延長線上に形成される。一方、レーザ光の光軸が $z$ 方向と平行でない場合、図6(c)に示すように、その焦点F2は調整用治具S1の表面において対物レンズの対称軸AXの延長線とは異なる位置に形成される。

【0054】

そして、この状態で、所定の方向に所定の距離だけ、レーザ光を(相対的に)走査させつつ調整用治具S1に照射することによって、調整用治具S1上にライン状の加工痕を形成する。図7は、 $x$ 軸の正方向に加工痕を形成する場合を示している。図7(a)にレーザ光の光軸が $z$ 方向と平行な状態(図6(a)の状態)における加工痕を、図7(c)にレーザ光の光軸が $z$ 方向と平行でない状態(図6(c)の状態)における加工痕を示している。

【0055】

続いて、集光レンズ4をプラスデフォーカスの位置に移動させる。このとき、レーザ光の光軸が $z$ 方向と平行であれば、図6(b)に示すように、そのレーザ光が調整用治具S1の表面において形成する像の中心位置C1は、対物レンズの対称軸AXの延長線上に形成される。すなわち、焦点F1の形成位置と中心位置C1の位置とは一致する。一方、レーザ光の光軸が $z$ 方向と平行でない場合、図6(d)に示すように、レーザ光の像の中心位置C2は、対物レンズの対称軸AXの延長線とは異なる位置に形成される。

【0056】

そして、このプラスデフォーカスの状態において、走査位置(集光レンズ4が相対的に移動する際の通過位置)を合焦状態の場合の延長線上に保ったまま、所定の距離だけ、レーザ光を(相対的に)走査させつつ調整用治具S1に照射する。これにより、調整用治具S1上にライン状の加工痕を形成する。図7(b)がレーザ光の光軸が $z$ 方向と平行な状態(図6(b)の状態)における加工痕を、(d)がレーザ光の光軸が $z$ 方向と平行でない状態(図6(d)の状態)における加工痕を示している。

【0057】

レーザ光の光軸が $z$ 方向と平行であれば、図7(a)および(b)に示すように、合焦

10

20

30

40

50

状態にあった場合の加工痕の中心線  $T_a$  と、プラスデフォーカス状態にあった場合の加工痕の中心線  $T_b$  とは、同一の直線  $L_1$  上に位置することになる。これに対して、レーザ光の光軸が  $z$  方向と平行でない場合、図 7 (c) および (d) に示すように、プラスデフォーカス状態にあった場合の加工痕の中心線  $T_d$  は、合焦状態にあった場合の加工痕の中心線  $T_c$  と同一の直線  $L_2$  上には位置せず、該直線  $L_2$  からある距離  $y_1$  だけずれて位置することになる。

【0058】

すなわち、プラスデフォーカス状態の加工痕の中心が、合焦状態の加工痕の中心からずれているか否かで、光軸が  $z$  方向に対して傾きを有しているか否かが判断されることになる。

【0059】

オペレータは、CCDカメラ16にて撮像されモニタ17に表示された加工痕を視認することは可能であるが、焦点Fの像あるいは合焦状態の加工痕のみをオペレータが肉眼で見ても、レーザ光の光軸が傾きを有するか否かを判断することは困難であるが、係る方法によって、その判断を容易に行うことができる。

【0060】

そして、所定の方法による光軸の調整と、係る傾きの検出とを適宜に繰り返すことにより、図 7 (a) および (b) に示す状態を実現することで、被加工物Sに直交させてレーザ光を照射することができる。

【0061】

< 光軸傾き検出の自動処理 >

上述した光軸傾きの検出は、コンピュータ6において実行される所定の処理プログラムによる制御に従って、加工痕の画像データを取り込み、該画像データを処理することにより、自動処理することも可能である。図12および図13は、こうした光軸傾き（光軸倒れ）検出の自動処理のフローを例示する図である。ここでは、図12に示す準備処理と、図13に示す本処理とを行うことで、光軸傾き検出の自動処理が実現される。

【0062】

図12に示す準備処理においては、まず、上述のような所定の焦点調整処理を行った後、調整用治具S1の表面の所定の対象領域を撮像し、画像データを得る。このとき得られる画像を画像A'と称することとする（ステップS301）。次に、集光レンズ4の $z$ 軸方向の調整を行うことで、レーザ光をマイナスデフォーカスの状態にし（ステップS302）、レーザ光を $x$ 軸方向に走査させつつ照射して加工痕を形成する（ステップS303）。加工痕の形成が終わると、その位置で集光レンズ4の $z$ 軸方向の調整を行うことで、レーザ光をフォーカス状態にし（ステップS304）、レーザ光を $x$ 軸方向に走査させつつ照射して加工痕を形成する（ステップS305）。次にいったん開始位置に戻って、今度は $y$ 軸方向について同様の処理を行う。すなわち、集光レンズ4の $z$ 軸方向の調整を行うことで、マイナスデフォーカスの状態、デフォーカス状態の $y$ 軸方向への加工痕の形成を連続して行う（ステップS306～ステップS309）。このような加工痕の形成が終わると、画像A'を得たのと同じ対象領域（加工済領域）を撮像し、画像データを得る。このとき得られる画像を画像B'と称することとする（ステップS310）。画像B'が得られると、画像A'に対する画像B'の差分を得る差分処理を実行し、差分画像のデータを得る（ステップS311）。これで準備処理は終了する。なお、図12に示す準備処理においては、デフォーカス状態での加工痕の形成をフォーカス状態よりも先にマイナスデフォーカス状態で行っているが、上述のように（図7に示すように）フォーカス状態での形成を先に行った後にデフォーカス状態での形成を行う態様でもよいし、マイナスデフォーカス状態ではなく＋デフォーカス状態で形成してもよい。

【0063】

次に、図13に示す本処理においては、 $x$ 軸方向に形成した加工痕についての差分像から $y$ 軸方向の光軸の傾き（光軸倒れ）を算出し、 $y$ 軸方向に形成した加工痕についての差分像から $x$ 軸方向の光軸の傾き（光軸倒れ）を算出する。まず、デフォーカス状態で $x$ 軸

10

20

30

40

50

方向に形成した加工痕に相当する差分画像上の領域（デフォーカス領域）の、上部輪郭位置  $y_1$  と下部輪郭位置  $y_2$  とを算出する（ステップ S 4 0 1）。次に、フォーカス状態で  $x$  軸方向に形成した加工痕に相当する差分画像上の領域（フォーカス領域）の、 $y$  軸方向の中心位置  $y_0$  を算出する（ステップ S 4 0 2）。 $y_1$ 、 $y_2$ 、および  $y_0$  について、

$$y_1 = (y_1 + y_2) / 2 - y_0 \quad (\text{式 1})$$

を算出する（ステップ S 4 0 3）。得られた  $y_1$  の値が  $y$  軸方向の光軸倒れとなる（ステップ S 4 0 4）。式 1 の第 1 項は、デフォーカス領域の中心位置を示している。 $y_1 = 0$  であれば、 $y$  軸方向について光軸の傾きがないことになる。同様に、デフォーカス状態で  $y$  軸方向に形成したデフォーカス領域の、左部輪郭位置  $x_1$  と右部輪郭位置  $x_2$  とを算出し（ステップ S 4 0 5）、フォーカス状態で  $y$  軸方向に形成したフォーカス領域の  $x$  軸方向の中心位置  $x_0$  を算出して（ステップ S 4 0 6）、 $x_1$ 、 $x_2$ 、および  $x_0$  について、

$$x_1 = (x_1 + x_2) / 2 - x_0 \quad (\text{式 2})$$

を算出する（ステップ S 4 0 7）。得られた  $x_1$  の値が  $x$  軸方向の光軸倒れとなる（ステップ S 4 0 8）。なお、式 2 の第 1 項は、デフォーカス領域の中心位置を示している。また、 $x_1 = 0$  であれば、 $x$  軸方向について光軸の傾きがないことになる。このようにして得られた光軸倒れの値を、光軸傾きの修正に利用する。

#### 【 0 0 6 4 】

##### < レーザ光の照射位置の校正 >

図 8 および図 9 は、レーザ加工装置 1 0 0 におけるレーザ光の照射位置の校正の方法について説明する図である。レーザ加工装置 1 0 0 においては、被加工物 S を観察することによって加工位置が定められるが、係る加工位置の設定は、観察中心位置と加工の際に実際にレーザ光が照射される照射位置とが一致していることを前提としてなされるので、これらの間にズレがあると、位置精度の良い加工を行うことができない。従って、その校正を行う必要が生じる。本実施の形態においては、レーザ光によって照射対象物を相対的に走査するプロセスを実行することにより、照射対象物にライン状の調整用加工痕を形成し、その調整用加工痕の幾何学的状態について所定の基準状態との間で比較を行い、当該比較結果に基づいて前記照射手段の状況を判断することによって、レーザ光の照射位置の校正を行う。より具体的には、ライン加工を行った場合の加工痕の形状の安定性を利用して、加工痕の実際の形成位置と、観察視野中の基準線分の位置とのずれを検出して、レーザ光の照射位置の校正を行う。

#### 【 0 0 6 5 】

なお、本実施の形態においては、レーザ光の照射位置の校正も、調整用治具 S 1 をステージ 5 に吸引固定し、調整用治具 S 1 に対してレーザ光を照射することによって行う。なお、調整用治具 S 1 の代わりに被加工物 S のサンプルや、製品用の被加工物 S の表面のうちのマージン部分などを用いてもよい。

#### 【 0 0 6 6 】

まず、例えば上述の方法などによって、レーザ光の焦点 F を調整用治具 S 1 の表面に合致させる。すなわち、合焦状態を実現する。そして、所定の距離だけ、レーザ光を（相対的に）走査させつつ調整用治具 S 1 に照射することによって、調整用治具 S 1 上にライン状の加工痕を形成する。

#### 【 0 0 6 7 】

図 8 は、その際の調整用治具 S 1 の表面をモニタ 1 7 に映し出した状態を示す図であるが、図 8 においては、観察視野中心 I と観察視野の所定の端点 E とを結ぶ線分を加工痕の形成予定位置として定めた上で加工を実行したにもかかわらず、実際に形成されたのは、加工痕 T e であった場合が示されているものとする。これはすなわち、レーザ光の照射位置が、 $y$  軸正方向に距離  $y_2$  だけ観察中心位置からずれている状態を示している。係る場合、距離  $y_2$  のズレを打ち消すために、レーザ光の照射位置を  $y$  軸方向にオフセットさせたうえで加工を行えば、観察視野中心 I の  $y$  方向の位置と、実際のレーザ光照射位置の  $y$  方向の位置とが一致することになる。距離  $y_2$  は、加工痕の画像データを取り込み

10

20

30

40

50

、所定の画像処理プログラムを用いて該画像データを処理することにより、容易に算出できる。

【 0 0 6 8 】

同様のことを x 軸方向についても行えば、x 軸方向についても観察視野中心とレーザ光の照射位置とのズレの程度を特定することができる。

【 0 0 6 9 】

すなわち、上述の方法によって x、y 両軸方向における加工位置のオフセット値をあらかじめ取得しておき、実際の加工に際しては、係るオフセット値だけ被加工物 S の位置をオフセットさせた上で加工を行うことにより、モニタ 17 を通じて加工位置と定めた位置決めしたその位置における加工がなされることになる。

【 0 0 7 0 】

なお、レーザ光を走査させることなく照射（スポット照射）して加工痕を形成し、オフセット値を算出する態様も考えられる。しかしながら、ライン加工の場合は図 9（a）に示すように端部 P1 では加工痕に広がりが生じてしまうものの、ライン状の部分 P2 においては、加工痕の形状が安定しているため、正確にその位置を特定することができるのに対し、スポット照射の場合、レーザ光のパワーが略一点に与えられるため、図 9（b）に示すように形成される加工痕 P3 の径は不安定で、かつライン状の加工痕を形成する場合よりも大きくなる。従って、スポット照射による校正では正確にオフセット値を定めることは困難であり、好ましくないといえる。

【 0 0 7 1 】

< 照射位置オフセットの自動処理 >

上述した照射位置のオフセット値の算出とその結果に基づく照射位置の校正は、コンピュータ 6 において実行される所定の処理プログラムによる制御に従って、加工痕の画像データを取り込み、該画像データを処理することにより、自動処理することも可能である。図 14 および図 15 は、こうしたオフセット値算出の自動処理のフローを例示する図である。ここでは、図 14 に示す準備処理と、図 15 に示す本処理とを行うことで、照射位置校正の自動処理が実現される。

【 0 0 7 2 】

図 14 に示す準備処理においては、まず、上述のような所定の焦点調整処理や光軸傾きの修正を行った後、調整用治具 S1 の表面の原点（仮原点）の位置にステージ 5 を移動させる（ステップ S501）。なお、ここでいう仮原点とは、観察視野中心にあつて照射位置校正前の状態で原点とされている位置、すなわち調整用治具 S1 の表面において集光レンズ 4 からレーザ光が照射されるはずの位置をいう。そして、仮原点を含む所定の対象領域を撮像し、画像データを得る。このとき得られる画像を画像 A' と称することとする（ステップ S502）。次に、レーザ光を x 軸方向に走査させつつ照射して加工痕を形成する（ステップ S503）。引き続き、y 軸方向にも同様の処理を行う。すなわち、いったん仮原点にステージ 5 を移動させた後、レーザ光を y 軸方向に走査させつつ照射して加工痕を形成する（ステップ S504、S505）。このような加工痕の形成が終わると、画像 A' を得たのと同じ対象領域（加工済領域）を撮像し、画像データを得る。このとき得られる画像を画像 B' と称することとする（ステップ S506）。画像 B' が得られると、画像 A' に対する画像 B' の差分を得る差分処理を実行し、差分画像のデータを得る（ステップ S507）。これで準備処理は終了する。

【 0 0 7 3 】

次に、図 15 に示す本処理においては、x 軸方向に形成した加工痕についての差分像から y 軸方向の照射位置のズレを算出し、y 軸方向に形成した加工痕についての差分像から x 軸方向の照射位置のズレを算出して、照射位置のオフセットを行う。まず、図 8 の場合と同様に、x 軸方向に形成した加工痕の、y 軸方向の座標値、つまりは仮原点を通る x 軸方向に平行な線分（基準線分）からのズレ  $y_2$  を算出する（ステップ S601）。この  $y_2$  を、y 軸方向のオフセット値として取得する（ステップ S602）。次に、y 軸方向に形成した加工痕の、x 軸方向の座標値、つまりは仮原点を通る y 軸方向に平行な線分

(基準線分)からのズレ  $\times 2$  を算出する(ステップ S 6 0 3)。この  $\times 2$  を、 $x$  軸方向のオフセット値として取得する(ステップ S 6 0 4)。これらの  $x$ 、 $y$  だけステージ 5 を移動させると、集光レンズ 4 の直下の位置が原点位置と一致する。すなわち、照射位置の校正がなされたことになる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 7 4 】

【図 1】本発明の実施の形態に係るレーザ加工装置 1 0 0 の構成を示す図である。

【図 2】ステージ 5 の上面側の構造を例示的に示す図である。

【図 3】集塵ヘッド 1 1 を示す図である。

【図 4】レーザ加工装置 1 0 0 におけるレーザ光の焦点位置の調整方法について説明する図である。 10

【図 5】レーザ加工装置 1 0 0 におけるレーザ光の焦点位置の調整方法について説明する図である。

【図 6】レーザ加工装置 1 0 0 におけるレーザ光の光軸の傾き検出の方法について説明する図である。

【図 7】レーザ加工装置 1 0 0 におけるレーザ光の光軸の傾き検出の方法について説明する図である。

【図 8】レーザ加工装置 1 0 0 におけるレーザ光の照射位置の校正の方法について説明する図である。

【図 9】レーザ加工装置 1 0 0 におけるレーザ光の照射位置の校正の方法について説明する図である。 20

【図 1 0】焦点位置調整の自動処理のうち準備処理のフローを例示する図である。

【図 1 1】焦点位置調整の自動処理のうち本処理のフローを例示する図である。

【図 1 2】光軸傾き検出の自動処理のうち準備処理のフローを例示する図である。

【図 1 3】光軸傾き検出の自動処理のうち本処理のフローを例示する図である。

【図 1 4】オフセット値算出の自動処理のうち準備処理のフローを例示する図である。

【図 1 5】オフセット値算出の自動処理のうち本処理のフローを例示する図である。

【符号の説明】

【 0 0 7 5 】

1 レーザ光源 30

2 鏡筒

3 ハーフミラー

4 集光レンズ

5 ステージ

1 4 照明光源

1 5 ハーフミラー

1 6 C C D カメラ

5 1 粘着テープ

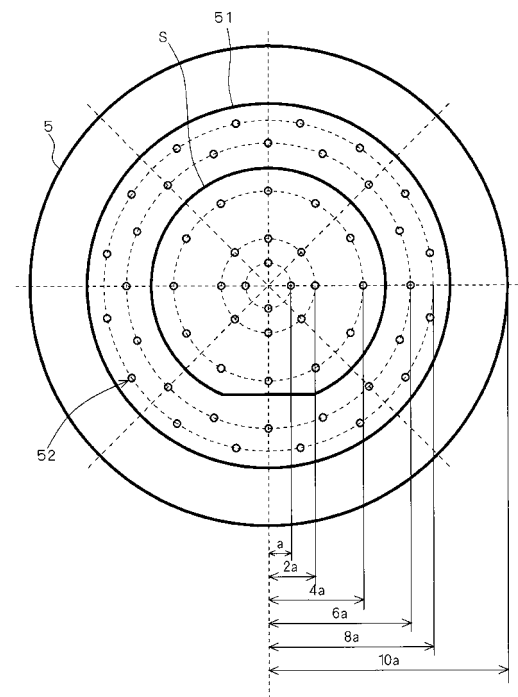
5 2 吸引孔

1 0 0 レーザ加工装置 40

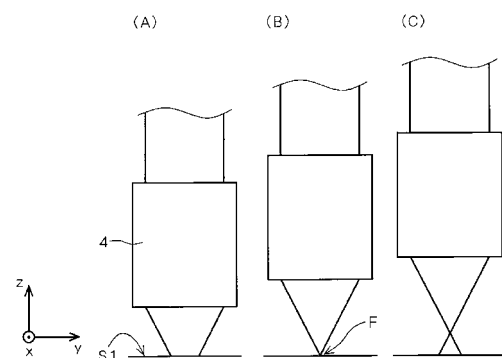
S 被加工物

S 1 調整用治具

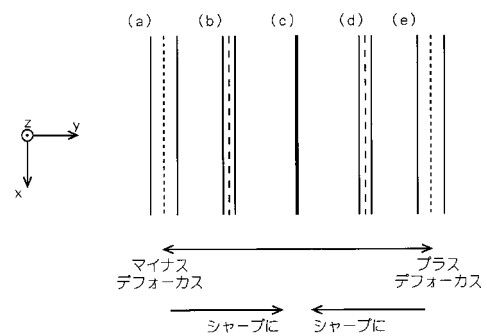
【 図 2 】



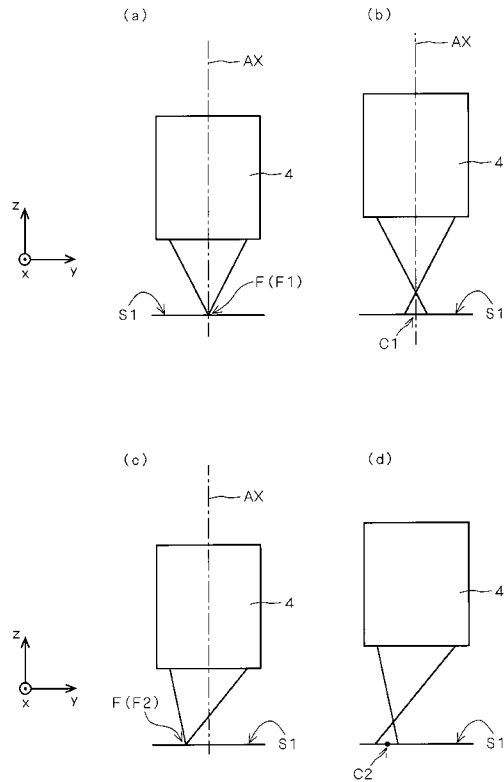
【圖 4】



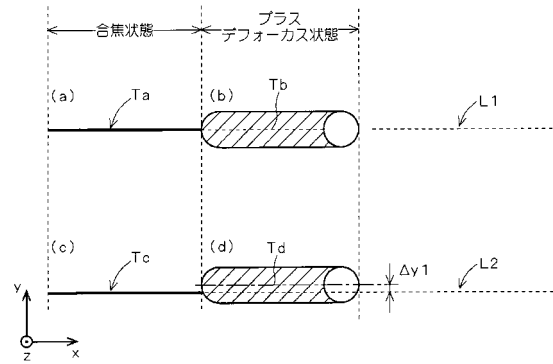
【圖 5】



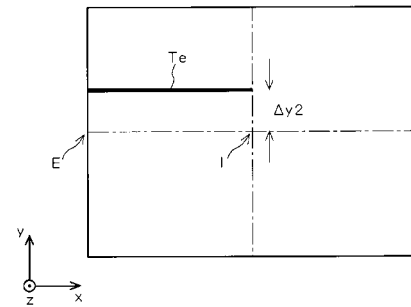
【 図 6 】



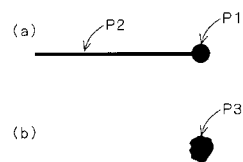
【圖 7】



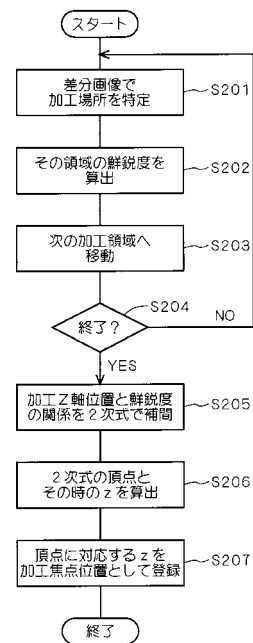
【 図 8 】



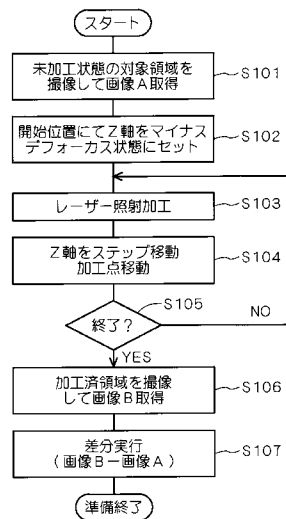
【圖 9】



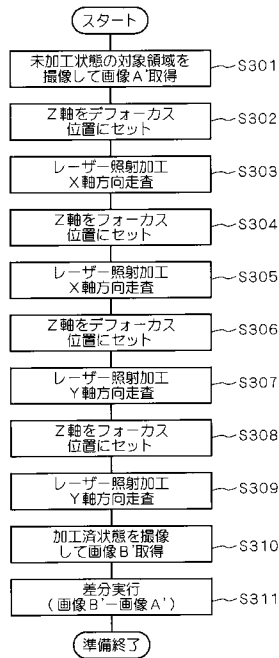
【 図 1 1 】



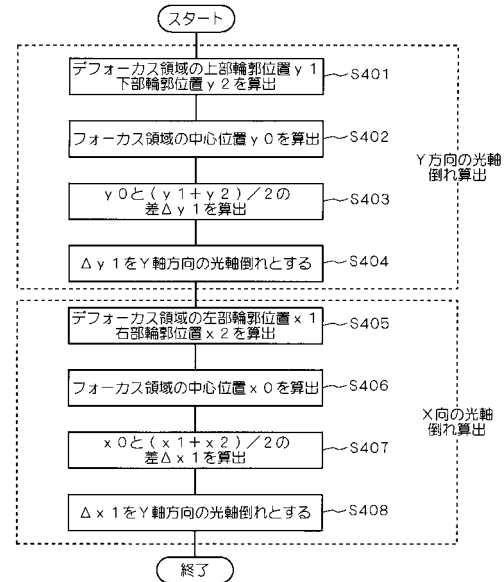
【 図 1 0 】



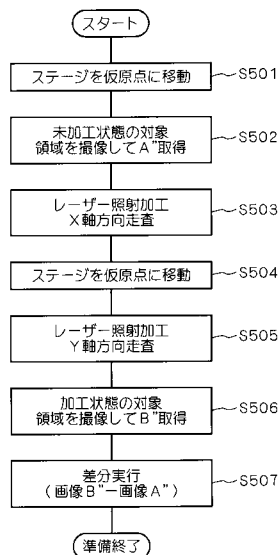
【図 12】



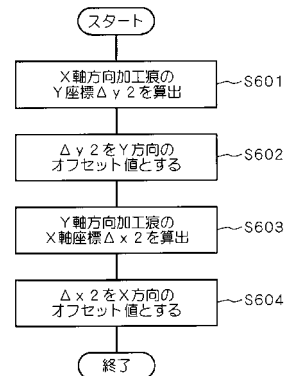
【図 13】



【図 14】



【図 15】





---

フロントページの続き

(72)発明者 藤本 博己

京都市南区東九条南石田町5番地 株式会社レーザーソリューションズ内

審査官 山崎 孔徳

(56)参考文献 特開平2-160191(JP,A)

特開平7-177414(JP,A)

特開2004-158569(JP,A)

特開平10-193155(JP,A)

特開2001-321974(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 26/00 - 26/42