

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5104912号
(P5104912)

(45) 発行日 平成24年12月19日(2012.12.19)

(24) 登録日 平成24年10月12日(2012.10.12)

(51) Int. Cl.	F I		
B 2 3 K 26/38 (2006.01)	B 2 3 K 26/38	3 2 0	
B 2 3 K 26/40 (2006.01)	B 2 3 K 26/40		
B 2 3 K 26/10 (2006.01)	B 2 3 K 26/10		
B 2 8 D 5/00 (2006.01)	B 2 8 D 5/00	Z	
H O 1 L 21/301 (2006.01)	H O 1 L 21/78	B	
請求項の数 14 (全 32 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2010-146249 (P2010-146249)
 (22) 出願日 平成22年6月28日(2010.6.28)
 (65) 公開番号 特開2012-6065 (P2012-6065A)
 (43) 公開日 平成24年1月12日(2012.1.12)
 審査請求日 平成23年3月10日(2011.3.10)

(73) 特許権者 390000608
 三星ダイヤモンド工業株式会社
 大阪府摂津市香露園32番12号
 (74) 代理人 100088672
 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
 大阪府吹田市南金田2丁目12番12号
 三星ダイヤモンド工業株式会社内
 (72) 発明者 中谷 郁祥
 大阪府吹田市南金田2丁目12番12号
 三星ダイヤモンド工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー加工装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

パルスレーザー光を発する光源と、
 被加工物が載置されるステージと、
 を備えるレーザー加工装置であって、
 前記被加工物の加工に用いるパルスレーザー光に対して実質的に透明である透明部材を、
 前記ステージに載置された前記被加工物の被加工面に隣り合わせて配置可能な透明部材
 配置手段をさらに備え、

前記ステージに前記被加工物を載置し、かつ、前記透明部材を前記被加工面に隣り合
 わせて配置した状態で、前記パルスレーザー光の個々の単位パルス光ごとの被照射領域が前
 記被加工面において離散的に形成されるように、かつ、異なる前記単位パルス光によって
 形成される少なくとも2つの被照射領域が、前記被加工物の劈開もしくは裂開容易方向に
 おいて隣り合うように、前記ステージを移動させつつ前記パルスレーザー光を前記被加工
 物に照射することによって、前記被照射領域同士の間で被加工物の劈開もしくは裂開を順
 次に生じさせることにより、前記被加工物に分割のための起点を形成する、
 ことを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項2】

パルスレーザー光を発する光源と、
 被加工物が載置されるステージと、
 を備えるレーザー加工装置であって、

前記被加工物の加工に用いるパルスレーザー光に対して実質的に透明である透明部材を、前記ステージに載置された前記被加工物の被加工面に隣り合わせて配置可能な透明部材配置手段をさらに備え、

前記ステージに前記被加工物を載置し、かつ、前記透明部材を前記被加工面に隣り合わせて配置した状態で、前記パルスレーザー光の個々の単位パルス光が前記被加工面に離散的に照射されるように、かつ、異なる前記単位パルス光によって形成される少なくとも2つの被照射領域が、前記被加工物の劈開もしくは裂開容易方向において隣り合うように、前記ステージを移動させつつ前記パルスレーザー光を前記被加工物に照射し、前記個々の単位パルス光が被照射位置に照射される際の衝撃もしくは応力によって直前にもしくは同時に照射された前記単位パルス光の被照射位置との間に劈開もしくは裂開を生じさせることにより、前記被加工物に前記分割のための起点を形成する、
ことを特徴とするレーザー加工装置。

10

【請求項3】

請求項1または請求項2に記載のレーザー加工装置であって、
前記少なくとも2つの被照射領域の形成を、前記被加工物の相異なる2つの前記劈開もしくは裂開容易方向において交互に行う、
ことを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項4】

請求項1または請求項2に記載のレーザー加工装置であって、
全ての前記被照射領域を、前記被加工物の劈開もしくは裂開容易方向に沿って形成する、
ことを特徴とするレーザー加工装置。

20

【請求項5】

パルスレーザー光を発する光源と、
被加工物が載置されるステージと、
を備えるレーザー加工装置であって、
前記被加工物の加工に用いるパルスレーザー光に対して実質的に透明である透明部材を、前記ステージに載置された前記被加工物の被加工面に隣り合わせて配置可能な透明部材配置手段をさらに備え、

前記ステージに前記被加工物を載置し、かつ、前記透明部材を前記被加工面に隣り合わせて配置した状態で、前記パルスレーザー光の個々の単位パルス光ごとの被照射領域が前記被加工面において前記被加工物の相異なる2つの劈開もしくは裂開容易方向に対して等価な方向に離散的に形成されるように前記ステージを移動させつつ前記パルスレーザー光を前記被加工物に照射することによって、前記被照射領域同士の間で被加工物の劈開もしくは裂開を順次に生じさせることにより、前記被加工物に分割のための起点を形成する、
ことを特徴とするレーザー加工装置。

30

【請求項6】

パルスレーザー光を発する光源と、
被加工物が載置されるステージと、
を備えるレーザー加工装置であって、
前記被加工物の加工に用いるパルスレーザー光に対して実質的に透明である透明部材を、前記ステージに載置された前記被加工物の被加工面に隣り合わせて配置可能な透明部材配置手段をさらに備え、

前記ステージに前記被加工物を載置し、かつ、前記透明部材を前記被加工面に隣り合わせて配置した状態で、前記パルスレーザー光の個々の単位パルス光が、前記被加工面における前記被加工物の相異なる2つの劈開もしくは裂開容易方向に対して等価な方向に離散的に照射されるように、前記ステージを移動させつつ前記パルスレーザー光を前記被加工物に照射し、前記個々の単位パルス光が被照射位置に照射される際の衝撃もしくは応力によって直前にもしくは同時に照射された前記単位パルス光の被照射位置との間に劈開もしくは裂開を生じさせることにより、前記被加工物に前記分割のための起点を形成する、

40

50

ことを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 7】

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれかに記載のレーザー加工装置であって、前記パルスレーザー光が、パルス幅が p s e c オーダーの超短パルス光である、

ことを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 8】

請求項 1 ないし請求項 7 のいずれかに記載のレーザー加工装置であって、前記透明部材配置手段が、前記透明部材を所定の配置位置に固定的に配置して保持する固定手段である、

ことを特徴とするレーザー加工装置。

10

【請求項 9】

請求項 8 に記載のレーザー加工装置であって、前記透明部材および前記固定手段が着脱自在に設けられてなる、

ことを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 10】

請求項 1 ないし請求項 7 のいずれかに記載のレーザー加工装置であって、前記透明部材配置手段が、前記透明部材を前記被加工面に対して進退自在に移動させることによって前記透明部材を任意の位置に配置可能な配置位置調整機構である、

ことを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のレーザー加工装置であって、前記透明部材が、前記移動手段の可動部にて保持可能な板状部材であり、前記配置位置調整機構は、前記板状部材を保持させた状態で前記可動部を移動させることにより、前記板状部材を任意の位置に配置可能とされてなる、

ことを特徴とするレーザー加工装置。

20

【請求項 12】

請求項 10 に記載のレーザー加工装置であって、前記配置位置調整機構が、前記透明部材を券回可能な第 1 と第 2 の巻回手段を備える、かつ、一の前記透明部材を前記第 1 と第 2 の巻回手段に巻回させるとともに前記第 1 と第 2 の巻回手段の間で張設させた状態で、前記第 1 と第 2 の巻回手段を移動させることにより、前記透明部材を任意の位置に配置可能とされてなる、

ことを特徴とするレーザー加工装置。

30

【請求項 13】

請求項 8 ないし請求項 12 のいずれかに記載のレーザー加工装置であって、前記被加工物に分割起点を形成する際に、前記透明部材を前記被加工面と接触させて配置する、

ことを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 14】

請求項 8 ないし請求項 12 のいずれかに記載のレーザー加工装置であって、前記被加工物に分割起点を形成する際に、前記透明部材と前記被加工面とを $100\ \mu\text{m}$ 以下の距離で離間配置させる、

ことを特徴とするレーザー加工装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザー光を照射して被加工物を加工するレーザー加工装置に関する。

【背景技術】

【0002】

パルスレーザー光を照射して被加工物を加工する技術（以下、単にレーザー加工もしくはレーザー加工技術とも称する）として種々のものがすでに公知である（例えば、特許文

50

献 1 ないし特許文献 4 参照)。

【 0 0 0 3 】

特許文献 1 に開示されているのは、被加工物たるダイを分割する際に、レーザーアブレーションにより分割予定線に沿って断面 V 字形の溝 (ブレイク溝) を形成し、この溝を起点としてダイを分割する手法である。一方、特許文献 2 に開示されているのは、デフォーカス状態のレーザー光を被加工物 (被分割体) の分割予定線に沿って照射することにより被照射領域に周囲よりも結晶状態の崩れた断面略 V 字形の融解改質領域 (変質領域) を生じさせ、この融解改質領域の最下点を起点として被加工物を分割する手法である。

【 0 0 0 4 】

特許文献 1 および特許文献 2 に開示の技術を用いて分割起点を形成する場合はいずれも、その後の分割が良好に行われるために、レーザー光の走査方向である分割予定線方向に沿って均一な形状の V 字形断面 (溝断面もしくは変質領域断面) を形成することが、重要である。そのための対応として、例えば、1 パルスごとのレーザー光の被照射領域 (ビームスポット) が前後で重複するようにレーザー光の照射が制御される。

【 0 0 0 5 】

例えば、レーザー加工の最も基本的なパラメータである、繰り返し周波数 (単位 kHz) を R とし、走査速度 (単位 mm/sec) を V とするとき、両者の比 V/R がビームスポットの中心間隔となるが、特許文献 1 および特許文献 2 に開示の技術においては、ビームスポット同士に重なりが生じるよう、 V/R が $1\ \mu\text{m}$ 以下となる条件で、レーザー光の照射および走査が行われる。

【 0 0 0 6 】

また、特許文献 3 には、表面に積層部を有する基板の内部に集光点を合わせてレーザー光を照射することによって基板内部に改質領域を形成し、この改質領域を切断の起点とする態様が開示されている。

【 0 0 0 7 】

また、特許文献 4 には、1 つの分離線に対して複数回のレーザー光走査を繰り返し、分離線方向に連続する溝部および改質部と、分離線方向に連続しない内部改質部とを深さ方向の上下に形成する態様が開示されている。

【 0 0 0 8 】

一方、特許文献 5 には、パルス幅が psec オーダーという超短パルスのレーザー光を用いた加工技術であって、パルスレーザー光の集光スポット位置を調整することにより、被加工物 (板体) の表層部位から表面に至って微小クラックが群生した微小な溶解痕を形成し、これらの溶解痕の連なった線状の分離容易化領域を形成する態様が開示されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 9 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 4 - 9 1 3 9 号公報

【 特許文献 2 】 国際公開第 2 0 0 6 / 0 6 2 0 1 7 号

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 7 - 8 3 3 0 9 号公報

【 特許文献 4 】 特開 2 0 0 8 - 9 8 4 6 5 号公報

【 特許文献 5 】 特開 2 0 0 5 - 2 7 1 5 6 3 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 0 】

レーザー光により分割起点を形成し、その後、ブレーカーにより分割を行うという手法は、従来より行われている機械的切断法であるダイヤモンドスクライビングと比較して、自動性・高速性・安定性・高精度性において有利である。

【 0 0 1 1 】

しかしながら、レーザー光による分割起点の形成を従来の手法にて行った場合、レーザ

10

20

30

40

50

ー光が照射された部分に、いわゆる加工痕（レーザー加工痕）が形成されることが不可避であった。加工痕とは、レーザー光が照射された結果、照射前とは材質や構造が変化した変質領域である。加工痕の形成は、通常、分割されたそれぞれの被加工物（分割素片）の特性等に悪影響を与えるために、なるべく抑制されることが好ましい。

【0012】

例えば、サファイアなどの硬脆性かつ光学的に透明な材料からなる基板の上にLED構造などの発光素子構造を形成した被加工物を、特許文献2に開示されているような従来のレーザー加工によってチップ単位に分割することで得られた発光素子のエッジ部分（分割の際にレーザー光の照射を受けた部分）においては、幅が数 μm 程度で深さが数 μm ～数十 μm 程度の加工痕が連続的に形成されてなる。係る加工痕が、発光素子内部で生じた光を吸収してしまい、素子からの光の取り出し効率を低下させてしまうという問題がある。特に、屈折率の高いサファイア基板を用いた発光素子構造の場合に係る問題が顕著である。

10

【0013】

本発明の発明者は、鋭意検討を重ねた結果、被加工物にレーザー光を照射して分割起点を形成するにあたって、該被加工物の劈開性もしくは裂開性を利用することで、加工痕の形成が好適に抑制されとの知見を得た。加えて、係る加工には超短パルスのレーザー光を用いることが好適であるとの知見を得た。

【0014】

特許文献1ないし特許文献5においては、被加工物の劈開性もしくは裂開性を利用する分割起点の形成態様について、何らの開示も示唆もなされてはいない。

20

【0015】

また、一方で、レーザー光を用いて分割起点を形成した上で、被加工物をチップ単位に分割するプロセスを行うにあたっては、分割起点の先端部分が被加工物のできるだけ深いところまで達している方が、分割の確実性が高まるために好ましい。これは、超短パルスのレーザー光を用いる場合も同様である。

【0016】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、加工痕の形成が抑制されるとともに、被加工物の分割がより確実に実現される分割起点の形成が可能となる、レーザー加工装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記課題を解決するため、請求項1の発明は、パルスレーザー光を発する光源と、被加工物が載置されるステージと、を備えるレーザー加工装置であって、前記被加工物の加工に用いるパルスレーザー光に対して実質的に透明である透明部材を、前記ステージに載置された前記被加工物の被加工面に隣り合わせて配置可能な透明部材配置手段をさらに備え、前記ステージに前記被加工物を載置し、かつ、前記透明部材を前記被加工面に隣り合わせて配置した状態で、前記パルスレーザー光の個々の単位パルス光ごとの被照射領域が前記被加工面において離散的に形成されるように、かつ、異なる前記単位パルス光によって形成される少なくとも2つの被照射領域が、前記被加工物の劈開もしくは裂開容易方向において隣り合うように、前記ステージを移動させつつ前記パルスレーザー光を前記被加工物に照射することによって、前記被照射領域同士の間で被加工物の劈開もしくは裂開を順次に生じさせることにより、前記被加工物に分割のための起点を形成する、ことを特徴とする。

40

【0018】

請求項2の発明は、パルスレーザー光を発する光源と、被加工物が載置されるステージと、を備えるレーザー加工装置であって、前記被加工物の加工に用いるパルスレーザー光に対して実質的に透明である透明部材を、前記ステージに載置された前記被加工物の被加工面に隣り合わせて配置可能な透明部材配置手段をさらに備え、前記ステージに前記被加工物を載置し、かつ、前記透明部材を前記被加工面に隣り合わせて配置した状態で、前記

50

パルスレーザー光の個々の単位パルス光が前記被加工面に離散的に照射されるように、かつ、異なる前記単位パルス光によって形成される少なくとも2つの被照射領域が、前記被加工物の劈開もしくは裂開容易方向において隣り合うように、前記ステージを移動させつつ前記パルスレーザー光を前記被加工物に照射し、前記個々の単位パルス光が被照射位置に照射される際の衝撃もしくは応力によって直前にもしくは同時に照射された前記単位パルス光の被照射位置との間に劈開もしくは裂開を生じさせることにより、前記被加工物に前記分割のための起点を形成する、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に記載のレーザー加工装置であって、前記少なくとも2つの被照射領域の形成を、前記被加工物の相異なる2つの前記劈開もしくは裂開容易方向において交互に行う、ことを特徴とする。

10

請求項4の発明は、請求項1または請求項2に記載のレーザー加工装置であって、全ての前記被照射領域を、前記被加工物の劈開もしくは裂開容易方向に沿って形成する、ことを特徴とする。

請求項5の発明は、パルスレーザー光を発する光源と、被加工物が載置されるステージと、を備えるレーザー加工装置であって、前記被加工物の加工に用いるパルスレーザー光に対して実質的に透明である透明部材を、前記ステージに載置された前記被加工物の被加工面に隣り合わせて配置可能な透明部材配置手段をさらに備え、前記ステージに前記被加工物を載置し、かつ、前記透明部材を前記被加工面に隣り合わせて配置した状態で、前記パルスレーザー光の個々の単位パルス光ごとの被照射領域が前記被加工面において前記被加工物の相異なる2つの劈開もしくは裂開容易方向に対して等価な方向に離散的に形成されるように前記ステージを移動させつつ前記パルスレーザー光を前記被加工物に照射することによって、前記被照射領域同士の間で被加工物の劈開もしくは裂開を順次に生じさせることにより、前記被加工物に分割のための起点を形成する、ことを特徴とする。

20

請求項6の発明は、パルスレーザー光を発する光源と、被加工物が載置されるステージと、を備えるレーザー加工装置であって、前記被加工物の加工に用いるパルスレーザー光に対して実質的に透明である透明部材を、前記ステージに載置された前記被加工物の被加工面に隣り合わせて配置可能な透明部材配置手段をさらに備え、前記ステージに前記被加工物を載置し、かつ、前記透明部材を前記被加工面に隣り合わせて配置した状態で、前記パルスレーザー光の個々の単位パルス光が、前記被加工面における前記被加工物の相異なる2つの劈開もしくは裂開容易方向に対して等価な方向に離散的に照射されるように、前記ステージを移動させつつ前記パルスレーザー光を前記被加工物に照射し、前記個々の単位パルス光が被照射位置に照射される際の衝撃もしくは応力によって直前にもしくは同時に照射された前記単位パルス光の被照射位置との間に劈開もしくは裂開を生じさせることにより、前記被加工物に前記分割のための起点を形成する、ことを特徴とする。

30

【0019】

請求項7の発明は、請求項1ないし請求項6のいずれかに記載のレーザー加工装置であって、前記パルスレーザー光が、パルス幅がpsecオーダーの超短パルス光である、ことを特徴とする。

【0020】

請求項8の発明は、請求項1ないし請求項7のいずれかに記載のレーザー加工装置であって、前記透明部材配置手段が、前記透明部材を所定の配置位置に固定的に配置して保持する固定手段である、ことを特徴とする。

40

【0021】

請求項9の発明は、請求項8に記載のレーザー加工装置であって、前記透明部材および前記固定手段が着脱自在に設けられてなる、ことを特徴とする。

【0022】

請求項10の発明は、請求項1ないし請求項7のいずれかに記載のレーザー加工装置であって、前記透明部材配置手段が、前記透明部材を前記被加工面に対して進退自在に移動させることによって前記透明部材を任意の位置に配置可能な配置位置調整機構である、ことを特徴とする。

50

【0023】

請求項11の発明は、請求項10に記載のレーザー加工装置であって、前記透明部材が、前記移動手段の可動部にて保持可能な板状部材であり、前記配置位置調整機構は、前記板状部材を保持させた状態で前記可動部を移動させることにより、前記板状部材を任意の位置に配置可能とされてなる、ことを特徴とする。

【0024】

請求項12の発明は、請求項10に記載のレーザー加工装置であって、前記配置位置調整機構が、前記透明部材を巻回可能な第1と第2の巻回手段を備える、かつ、一の前記透明部材を前記第1と第2の巻回手段に巻回させるとともに前記第1と第2の巻回手段の間で張設させた状態で、前記第1と第2の巻回手段を移動させることにより、前記透明部材を任意の位置に配置可能とされてなる、ことを特徴とする。

10

【0025】

請求項13の発明は、請求項8ないし請求項12のいずれかに記載のレーザー加工装置であって、前記被加工物に分割起点を形成する際に、前記透明部材を前記被加工面と接触させて配置する、ことを特徴とする。

【0026】

請求項14の発明は、請求項8ないし請求項12のいずれかに記載のレーザー加工装置であって、前記被加工物に分割起点を形成する際に、前記透明部材と前記被加工面とを100 μ m以下の距離で離間配置させる、ことを特徴とする。

【発明の効果】

20

【0031】

請求項1ないし請求項14の発明によれば、被加工物の変質による加工痕の形成や被加工物の飛散などを局所的なものに留める一方、被加工物の劈開もしくは裂開を積極的に生じさせることにより、従来よりも極めて高速に、被加工物に対して分割起点を形成することができる。しかも、透明部材を配置することで、パルスレーザー光のエネルギーをより効率的に分割起点の形成に寄与させることができるので、分割起点の先端部をより深くまで到達させることができる。

【0032】

特に、請求項3、請求項5、および請求項6の発明によれば、形成した分割起点に沿って被加工物を分割した場合の分割断面であって被分割体の表面近傍に、隣り合う劈開もしくは裂開面同士による凹凸が形成されるように、分割起点を形成することができる。被加工物が、サファイアなどの硬脆性かつ光学的に透明な材料からなる基板の上に、LED構造などの発光素子構造を形成したものである場合に、基板の分割断面にこのような凹凸形状を形成することで、発光素子の発光効率を向上させることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】第1加工パターンによる加工について説明するための図である。

【図2】第1加工パターンでの劈開/裂開加工により分割起点を形成した被加工物の表面についての光学顕微鏡像である。

【図3】第1加工パターンに係る加工によって分割起点を形成したサファイアC面基板を、該分割起点に沿って分割した後の、表面(c面)から断面にかけてのSEM像である。

40

【図4】第2加工パターンによる加工態様を模式的に示す図である。

【図5】第2加工パターンでの劈開/裂開加工により分割起点を形成した被加工物の表面についての光学顕微鏡像である。

【図6】第2加工パターンに係る加工によって分割起点を形成したサファイアc面基板を、該分割起点に沿って分割した後の、表面(c面)から断面にかけてのSEM像である。

【図7】第3加工パターンによる加工態様を模式的に示す図である。

【図8】第3加工パターンにおける加工予定線と被照射領域の形成予定位置との関係を示す図である。

【図9】本発明の実施の形態に係るレーザー加工装置50の構成を概略的に示す模式図で

50

ある。

【図10】光学系5の構成を例示する模式図である。

【図11】光路設定手段5cの構成を模式的に示す図である。

【図12】劈開/裂開加工の高効率化を実現する手法の概要図である。

【図13】透明部材104の第1の配置態様を例示する側断面図である。

【図14】透明部材104の第2の配置態様を例示する側断面図である。

【図15】透明部材104の第3の配置態様を示す側面図である。

【図16】透明部材104の第3の配置態様を示す側面図である。

【図17】透明部材104の第4の配置態様を示す側面図である。

【図18】透明部材104の第4の配置態様を示す側面図である。

【図19】透明部材104の第4の配置態様を示す側面図である。

【図20】透明部材104の第5の配置態様を例示する側断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0034】

<加工の原理>

まず、以下に示す本発明の実施の形態において実現される加工の原理を説明する。本発明において行われる加工は、概略的に言えば、パルスレーザー光（以下、単にレーザー光とも称する）を走査しつつ被加工物の上面（被加工面）に照射することによって、個々のパルスごとの被照射領域の間で被加工物の劈開もしくは裂開を順次に生じさせていき、それぞれにおいて形成された劈開面もしくは裂開面の連続面として分割のための起点（分割起点）を形成するものである。

【0035】

なお、本実施の形態において、裂開とは、劈開面以外の結晶面に沿って被加工物が略規則的に割れる現象を指し示すものとし、当該結晶面を裂開面と称する。なお、結晶面に完全に沿った微視的な現象である劈開や裂開以外に、巨視的な割れであるクラックがほぼ一定の結晶方位に沿って発生する場合もある。物質によっては主に劈開、裂開もしくはクラックのいずれか1つのみが起こるものもあるが、以降においては、説明の煩雑を避けるため、劈開、裂開、およびクラックを区別せずに劈開/裂開などと総称する。さらに、上述のような態様の加工を、単に劈開/裂開加工などとも称することがある。

【0036】

以下においては、被加工物が六方晶の単結晶物質であり、そのa1軸、a2軸、およびa3軸の各軸方向が、劈開/裂開容易方向である場合を例に説明する。例えば、c面サファイア基板などがこれに該当する。六方晶のa1軸、a2軸、a3軸は、c面内において互いに120°ずつの角度をなして互いに対称の位置にある。本発明の加工には、これらの軸の方向と加工予定線の方向（加工予定方向）との関係によって、いくつかのパターンがある。以下、これらについて説明する。なお、以下においては、個々のパルスごとに照射されるレーザー光を単位パルス光と称する。

【0037】

<第1加工パターン>

第1加工パターンは、a1軸方向、a2軸方向、a3軸方向のいずれかと加工予定線とが平行な場合の劈開/裂開加工の態様である。より一般的に言えば、劈開/裂開容易方向と加工予定線の方向とが一致する場合の加工態様である。

【0038】

図1は、第1加工パターンによる加工態様を模式的に示す図である。図1においては、a1軸方向と加工予定線Lとが平行な場合を例示している。図1(a)は、係る場合のa1軸方向、a2軸方向、a3軸方向と加工予定線Lとの方位関係を示す図である。図1(b)は、レーザー光の1パルス目の単位パルス光が加工予定線Lの端部の被照射領域RE1に照射された状態を示している。

【0039】

一般に、単位パルス光の照射は、被加工物の極微小領域に対して高いエネルギーを与え

10

20

30

40

50

ることから、係る照射は、被照射面において単位パルス光の（レーザー光の）の被照射領域相当もしくは被照射領域よりも広い範囲において物質の変質・溶融・蒸発除去などを生じさせる。

【0040】

ところが、単位パルス光の照射時間つまりはパルス幅を極めて短く設定すると、レーザー光のスポットサイズより狭い、被照射領域RE1の略中央領域に存在する物質が、照射されたレーザー光から運動エネルギーを得ることで被照射面に垂直な方向に飛散したり変質したりする一方、係る飛散に伴って生じる反力を初めとする単位パルス光の照射によって生じる衝撃や応力が、該被照射領域の周囲、特に、劈開/裂開容易方向であるa1軸方向、a2軸方向、a3軸方向に作用する。これにより、当該方向に沿って、見かけ上は接触状態を保ちつつも微小な劈開もしくは裂開が部分的に生じたり、あるいは、劈開や裂開にまでは至らずとも熱的な歪みが内在される状態が生じる。換言すれば、超短パルスの単位パルス光の照射が、劈開/裂開容易方向に向かう上面視略直線状の弱強度部分を形成するための駆動力として作用しているともいえる。

10

【0041】

図1(b)においては、上記各劈開/裂開容易方向において形成される弱強度部分のうち、加工予定線Lの延在方向と合致する+a1方向における弱強度部分W1を破線矢印にて模式的に示している。

【0042】

続いて、図1(c)に示すように、レーザー光の2パルス目の単位パルス光が照射されて、加工予定線L上において被照射領域RE1から所定距離だけ離れた位置に被照射領域RE2が形成されると、1パルス目と同様に、この2パルス目においても、劈開/裂開容易方向に沿った弱強度部分が形成されることになる。例えば、-a1方向には弱強度部分W2aが形成され、+a1方向には弱強度部分W2bが形成されることになる。

20

【0043】

ただし、この時点においては、1パルス目の単位パルス光の照射によって形成された弱強度部分W1が弱強度部分W2aの延在方向に存在する。すなわち、弱強度部分W2aの延在方向は他の箇所よりも小さなエネルギーで劈開または裂開が生じ得る箇所となっている。そのため、実際には、2パルス目の単位パルス光の照射がなされると、その際に生じる衝撃や応力が劈開/裂開容易方向およびその先に存在する弱強度部分に伝播し、弱強度部分W2aから弱強度部分W1にかけて、完全な劈開もしくは裂開が、ほぼ照射の瞬間に生じる。これにより、図1(d)に示す劈開/裂開面C1が形成される。なお、劈開/裂開面C1は、被加工物の図面視垂直な方向において数 μm ~数十 μm 程度の深さにまで形成され得る。しかも、後述するように、劈開/裂開面C1においては、強い衝撃や応力を受けた結果として結晶面の滑りが生じ、深さ方向に起伏が生じる。

30

【0044】

そして、図1(e)に示すように、その後、加工予定線Lに沿ってレーザー光を走査することにより被照射領域RE1、RE2、RE3、RE4・・・に順次に単位パルス光を照射していくと、これに応じて、劈開/裂開面C2、C3・・・が順次に形成されていくことになる。係る態様にて劈開/裂開面を連続的に形成するのが、第1加工パターンにおける劈開/裂開加工である。

40

【0045】

すなわち、第1加工パターンにおいては、加工予定線Lに沿って離散的に存在する複数の被照射領域と、それら複数の被照射領域の間に形成された劈開/裂開面とが、全体として、被加工物を加工予定線Lに沿って分割する際の分割起点となる。係る分割起点の形成後は、所定の治具や装置を用いた分割を行うことで、加工予定線Lに概ね沿う態様にて被加工物を分割することができる。

【0046】

なお、このような劈開/裂開加工を実現するには、パルス幅の短い、短パルスのレーザー光を照射する必要がある。具体的には、パルス幅が100ps以下

50

用いることが必要である。例えば、 $1 \text{ p s e c} \sim 50 \text{ p s e c}$ 程度のパルス幅を有するレーザー光を用いるのが好適である。

【0047】

一方、単位パルス光の照射ピッチ（被照射スポットの中心間隔）は、 $4 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ の範囲で定められればよい。これよりも照射ピッチが大きいと、劈開／裂開容易方向における弱強度部分の形成が劈開／裂開面を形成し得るほどにまで進展しない場合が生じるため、上述のような劈開／裂開面からなる分割起点を確実に形成するという観点からは、好ましくない。なお、走査速度、加工効率、製品品質の点からは、照射ピッチは大きい方が好ましいが、劈開／裂開面の形成をより確実なものとするには、 $4 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$ の範囲で定めるのが望ましく、 $4 \mu\text{m} \sim 15 \mu\text{m}$ 程度であるのがより好適である。

10

【0048】

いま、レーザー光の繰り返し周波数が $R \text{ (kHz)}$ である場合、 $1/R \text{ (msec)}$ ごとに単位パルス光がレーザー光源から発せられることになる。被加工物に対してレーザー光が相対的に速度 $V \text{ (mm/sec)}$ で移動する場合、照射ピッチ（ μm ）は、 $= V/R$ で定まる。従って、レーザー光の走査速度 V と繰り返し周波数は、 \quad が数 μm 程度となるように定められる。例えば、走査速度 V は $50 \text{ mm/sec} \sim 3000 \text{ mm/sec}$ 程度であり、繰り返し周波数 R が $1 \text{ kHz} \sim 200 \text{ kHz}$ 、特には $10 \text{ kHz} \sim 200 \text{ kHz}$ 程度であるのが好適である。 V や R の具体的な値は、被加工物の材質や吸収率、熱伝導率、融点などを勘案して適宜に定められてよい。

【0049】

20

レーザー光は、約 $1 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 程度のビーム径にて照射されることが好ましい。係る場合、レーザー光の照射におけるピークパワー密度はおおよそ $0.1 \text{ TW/cm}^2 \sim$ 数 10 TW/cm^2 となる。

【0050】

また、レーザー光の照射エネルギー（パルスエネルギー）は $0.1 \mu\text{J} \sim 50 \mu\text{J}$ の範囲内で適宜に定められてよい。

【0051】

図2は、第1加工パターンでの劈開／裂開加工により分割起点を形成した被加工物の表面についての光学顕微鏡像である。具体的には、サファイア c 面基板を被加工物とし、その c 面上に、 a 1 軸方向を加工予定線 L の延在方向として $7 \mu\text{m}$ の間隔にて被照射スポットを離散的に形成する加工を行った結果を示している。図2に示す結果は、実際の被加工物が上述したメカニズムで加工されていることを示唆している。

30

【0052】

また、図3は、第1加工パターンに係る加工によって分割起点を形成したサファイア c 面基板を、該分割起点に沿って分割した後の、表面（ c 面）から断面にかけての SEM（走査電子顕微鏡）像である。なお、図3においては、表面と断面との境界部分を破線にて示している。

【0053】

図3において観察される、当該表面から $10 \mu\text{m}$ 前後の範囲に略等間隔に存在する、被加工物の表面から内部に長手方向を有する細長い三角形状あるいは針状の領域が、単位パルス光の照射によって直接に変質や飛散除去等の現象が生じた領域（以下、直接変質領域と称する）である。そして、それら直接変質領域の間に存在する、図面視左右方向に長手方向を有する筋状部分がサブミクロンピッチで図面視上下方向に多数連なっているように観察される領域が、劈開／裂開面である。これら直接変質領域および劈開／裂開面よりも下方が、分割によって形成された分割面である。

40

【0054】

劈開／裂開面が形成された領域は、レーザー光の照射を受けた領域ではないので、この第1加工パターンに係る加工においては、離散的に形成された直接変質領域のみが加工痕となっている。しかも、直接変質領域の被加工面におけるサイズは、数百 $\text{nm} \sim 1 \mu\text{m}$ 程度に過ぎない。すなわち、第1加工パターンでの加工を行うことで、従来に比して加工痕

50

の形成が好適に抑制された分割起点の形成が実現される。

【 0 0 5 5 】

なお、SEM像において筋状部分として観察されているのは、実際には、劈開/裂開面に形成された、 $0.1\ \mu\text{m} \sim 1\ \mu\text{m}$ 程度の高低差を有する微小な凹凸である。係る凹凸は、サファイアのような硬脆性の無機化合物を対象に劈開/裂開加工を行う際に、単位パルス光の照射によって被加工物に強い衝撃や応力が作用することによって、特定の結晶面に滑りが生じることにより形成されたものである。

【 0 0 5 6 】

このような微細な凹凸は存在するものの、図3からは、波線部分を境に表面と断面とが概ね直交していると判断されることから、微細な凹凸が加工誤差として許容される限りに
10
おいて、第1加工パターンにより分割起点を形成し、被加工物を、該分割起点に沿って分割することで、被加工物をその表面に対して概ね垂直に分割することができるといえる。

【 0 0 5 7 】

なお、後述するように、係る微細な凹凸を積極的に形成することが好ましい場合もある。例えば、次述する第2加工パターンによる加工によって顕著に得られる光取り出し効率の向上という効果を、第1加工パターンによる加工によってもある程度は奏することがある。

【 0 0 5 8 】

< 第2加工パターン >

第2加工パターンは、a1軸方向、a2軸方向、a3軸方向のいずれかと加工予定線と
20
が垂直な場合の劈開/裂開加工の態様である。なお、第2加工パターンにおいて用いるレーザー光の条件は、第1加工パターンと同様である。より一般的にいえば、相異なる2つの劈開/裂開容易方向に対して等価な方向(2つの劈開/裂開容易方向の対称軸となる方向)が加工予定線
の方向となる場合の加工態様である。

【 0 0 5 9 】

図4は、第2加工パターンによる加工態様を模式的に示す図である。図4においては、a1軸方向と加工予定線Lとが直交する場合を例示している。図4(a)は、係る場合のa1軸方向、a2軸方向、a3軸方向と加工予定線Lとの方位関係を示す図である。図4(b)は、レーザー光の1パルス目の単位パルス光が加工予定線Lの端部の被照射領域RE11に照射された状態を示している。
30

【 0 0 6 0 】

第2加工パターンの場合も、超短パルスの単位パルス光を照射することで、第1加工パターンと同様に、弱強度部分が形成される。図4(b)においては、上記各劈開/裂開容易方向において形成される弱強度部分のうち、加工予定線Lの延在方向に近い-a2方向および+a3方向における弱強度部分W11a、W12aを破線矢印にて模式的に示している。

【 0 0 6 1 】

そして、図4(c)に示すように、レーザー光の2パルス目の単位パルス光が照射されて、加工予定線L上において被照射領域RE11から所定距離だけ離れた位置に被照射領域RE12が形成されると、1パルス目と同様に、この2パルス目においても、劈開/裂開容易方向に沿った弱強度部分が形成されることになる。例えば、-a3方向には弱強度部分W11bが形成され、+a2方向には弱強度部分W12bが形成され、+a3方向には弱強度部分W11cが形成され、-a2方向には弱強度部分W12cが形成されることになる。
40

【 0 0 6 2 】

係る場合も、第1加工パターンの場合と同様、1パルス目の単位パルス光の照射によって形成された弱強度部分W11a、W12aがそれぞれ、弱強度部分W11b、W12bの延在方向に存在するので、実際には、2パルス目の単位パルス光の照射がなされると、その際に生じる衝撃や応力が劈開/裂開容易方向およびその先に存在する弱強度部分に伝播する。すなわち、図4(d)に示すように、劈開/裂開面C11a、C11bが形成さ
50

れる。なお、係る場合も、劈開／裂開面 C 1 1 a、C 1 1 b は、被加工物の図面視垂直な方向において数 μm ~ 数十 μm 程度の深さにまで形成され得る。

【 0 0 6 3 】

引き続き、図 4 (e) に示すように加工予定線 L に沿ってレーザー光を走査し、被照射領域 RE 1 1、RE 1 2、RE 1 3、RE 1 4・・・に順次に単位パルス光を照射していくと、その照射の際に生じる衝撃や応力によって、図面視直線状の劈開／裂開面 C 1 1 a および C 1 1 b、C 1 2 a および C 1 2 b、C 1 3 a および C 1 3 b、C 1 4 a および C 1 4 b・・・が加工予定線 L に沿って順次に形成されていくことになる。

【 0 0 6 4 】

この結果、加工予定線 L に関して対称に劈開／裂開面が位置する状態が実現される。第 2 加工パターンにおいては、加工予定線 L に沿って離散的に存在する複数の被照射領域と、それら千鳥状に存在する劈開／裂開面とが、全体として、被加工物を加工予定線 L に沿って分割する際の分割起点となる。

10

【 0 0 6 5 】

図 5 は、第 2 加工パターンでの劈開／裂開加工により分割起点を形成した被加工物の表面についての光学顕微鏡像である。具体的には、サファイア C 面基板を被加工物とし、その C 面上に、a 1 軸方向に直交する方向を加工予定線 L の延在方向として 7 μm の間隔にて被照射スポットを離散的に形成する加工を行った結果を示している。図 5 からは、実際の被加工物においても、図 4 (e) に模式的に示したものと同様に表面視千鳥状の（ジグザグ状の）劈開／裂開面が確認される。係る結果は、実際の被加工物が上述したメカニズムで加工されていることを示唆している。

20

【 0 0 6 6 】

また、図 6 は、第 2 加工パターンに係る加工によって分割起点を形成したサファイア C 面基板を、該分割起点に沿って分割した後の、表面（c 面）から断面にかけての SEM 像である。なお、図 6 においては、表面と断面との境界部分を破線にて示している。

【 0 0 6 7 】

図 6 からは、分割後の被加工物の断面の表面から 1 0 μm 前後の範囲においては、被加工物の断面が、図 4 (e) に模式的に示した千鳥状の配置に対応する凹凸を有していることが確認される。係る凹凸を形成しているのが、劈開／裂開面である。なお、図 6 における凹凸のピッチは 5 μm 程度である。第 1 加工パターンによる加工の場合と同様、劈開／裂開面は平坦ではなく、単位パルス光の照射に起因して特定の結晶面に滑りが生じたことに伴うサブミクロンピッチの凹凸が生じている。

30

【 0 0 6 8 】

また、係る凹凸の凸部の位置に対応して表面部分から深さ方向にかけて延在するのが、直接変質領域の断面である。図 3 に示した第 1 加工パターンによる加工により形成された直接変質領域と比べると、その形状は不均一なものとなっている。そして、これら直接変質領域および劈開／裂開面よりも下方が、分割によって形成された分割面である。

【 0 0 6 9 】

第 2 加工パターンの場合も、離散的に形成された直接変質領域のみが加工痕となっている点では第 1 加工パターンと同様である。そして、直接変質領域の被加工面におけるサイズは、数百 nm ~ 2 μm 程度に過ぎない。すなわち、第 2 加工パターンでの加工を行う場合も、加工痕の形成が従来よりも好適にされた分割起点の形成が実現される。

40

【 0 0 7 0 】

第 2 加工パターンによる加工の場合、劈開／裂開面に形成されたサブミクロンピッチの凹凸に加えて、隣り合う劈開／裂開面同士が数 μm 程度のピッチで凹凸を形成している。このような凹凸形状を有する断面を形成する態様は、サファイアなどの硬脆性かつ光学的に透明な材料からなる基板の上に、LED 構造などの発光素子構造を形成した被加工物をチップ（分割素片）単位に分割する場合に有効である。発光素子の場合、レーザー加工によって基板に形成された加工痕の箇所において、発光素子内部で生じた光が吸収されてしまうと、素子からの光の取り出し効率が低下してしまうことになるが、第 2 加工パターン

50

による加工を行うことによって基板の加工断面にこの図 6 に示したような凹凸を意図的に形成した場合には、当該位置での全反射率が低下し、発光素子においてより高い光取り出し効率を実現されることになる。

【 0 0 7 1 】

< 第 3 加工パターン >

第 3 加工パターンは、超短パルスのレーザー光を用いる点、a 1 軸方向、a 2 軸方向、a 3 軸方向のいずれかと加工予定線とが垂直である（相異なる 2 つの劈開 / 裂開容易方向に対して等価な方向が加工予定線の方向となる）点では、第 2 加工パターンと同様であるが、レーザー光の照射態様が第 2 加工パターンと異なる。

【 0 0 7 2 】

図 7 は、第 3 加工パターンによる加工態様を模式的に示す図である。図 7 においては、a 1 軸方向と加工予定線 L とが直交する場合を例示している。図 7 (a) は、係る場合の a 1 軸方向、a 2 軸方向、a 3 軸方向と加工予定線 L との方位関係を示す図である。

【 0 0 7 3 】

上述した第 2 加工パターンでは、図 7 (a) に示したものと同一方位関係のもと、レーザー光を、加工予定線 L の延在方向である、a 2 軸方向と a 3 軸方向のちょうど真ん中の方向（a 2 軸方向と a 3 軸方向とに対して等価な方向）に沿って、直線的に走査していた。第 3 加工パターンでは、これに代わり、図 7 (b) に示すように、個々の被照射領域が、加工予定線 L を挟む 2 つの劈開 / 裂開容易方向に交互に沿う態様にて千鳥状に（ジグザグに）形成されるように、それぞれの被照射領域を形成する単位パルス光が照射される。図 7 の場合であれば、- a 2 方向と + a 3 方向とに交互に沿って被照射領域 RE 2 1、RE 2 2、RE 2 3、RE 2 4、RE 2 5・・・が形成されている。

【 0 0 7 4 】

係る態様にて単位パルス光が照射された場合も、第 1 および第 2 加工パターンと同様に、それぞれの単位パルス光の照射に伴って、被照射領域の間に劈開 / 裂開面が形成される。図 7 (b) に示す場合であれば、被照射領域 RE 2 1、RE 2 2、RE 2 3、RE 2 4、RE 2 5・・・がこの順に形成されることで、劈開 / 裂開面 C 2 1、C 2 2、C 2 3、C 2 4・・・が順次に形成される。

【 0 0 7 5 】

結果として、第 3 加工パターンにおいては、加工予定線 L を軸とする千鳥状の配置にて離散的に存在する複数の被照射領域と、それぞれの被照射領域の間に形成される劈開 / 裂開面とが、全体として、被加工物を加工予定線 L に沿って分割する際の分割起点となる。

【 0 0 7 6 】

そして、当該分割起点に沿って実際に分割を行った場合には、第 2 加工パターンと同様に、分割後の被加工物の断面の表面から 10 μm 前後の範囲においては、劈開 / 裂開面による数 μm ピッチの凹凸が形成される。しかも、それぞれの劈開 / 裂開面には、第 1 および第 2 加工パターンの場合と同様に、単位パルス光の照射に起因して特定の結晶面に滑りが生じたことに伴うサブミクロンピッチの凹凸が生じる。また、直接変質領域の形成態様も第 2 加工パターンと同様である。すなわち、第 3 加工パターンにおいても、加工痕の形成は第 2 加工パターンと同程度に抑制される。

【 0 0 7 7 】

従って、このような第 3 加工パターンによる加工の場合も、第 2 パターンによる加工と同様、劈開 / 裂開面に形成されたサブミクロンピッチの凹凸に加えて、劈開 / 裂開面同士により数 μm 程度のピッチの凹凸が形成されるので、第 3 加工パターンによる加工を、発光素子を対象に行った場合も、得られた発光素子は、上述したような光の取り出し効率の向上という観点からはより好適なものとなる。

【 0 0 7 8 】

なお、被加工物の種類によっては、より確実に劈開 / 裂開を生じさせるべく、いずれも加工予定線 L 上の位置である、図 7 (b) の被照射領域 RE 2 1 と被照射領域 RE 2 2 の中点、被照射領域 RE 2 2 と被照射領域 RE 2 3 の中点、被照射領域 RE 2 3 と被照射領

10

20

30

40

50

域 R E 2 4 の中点、被照射領域 R E 2 4 と被照射領域 R E 2 5 の中点 にも、被照射領域を形成するようにしてもよい。

【 0 0 7 9 】

ところで、第 3 加工パターンにおける被照射領域の配置位置は、部分的には劈開 / 裂開容易方向に沿っている。上述のように加工予定線 L 上の中点位置にも被照射領域を形成する場合についても同様である。すなわち、第 3 加工パターンは、少なくとも 2 つの被照射領域を、被加工物の劈開 / 裂開容易方向において隣り合わせて形成する、という点で、第 1 加工パターンと共通するということもできる。従って、見方を変えれば、第 3 加工パターンは、レーザー光を走査する方向を周期的に違えつつ第 1 加工パターンによる加工を行っているものであると捉えることもできる。

10

【 0 0 8 0 】

また、第 1 および第 2 加工パターンの場合は、被照射領域が一直線上に位置するので、レーザー光の出射源を加工予定線に沿って一直線上に移動させ、所定の形成対象位置に到達するたびに単位パルス光を照射して被照射領域を形成すればよく、係る形成態様が最も効率的である。ところが、第 3 加工パターンの場合、被照射領域を一直線上にではなく千鳥状に（ジグザグに）形成するので、レーザー光の出射源を実際に千鳥状に（ジグザグに）移動させる手法だけでなく、種々の手法にて被照射領域を形成することができる。なお、本実施の形態において、出射源の移動とは、被加工物と出射源との相対移動を意味しており、被加工物が固定されて出射源が移動する場合のみならず、出射源が固定されて被加工物が移動する（実際には被加工物を載置するステージが移動する）態様も含んでいる。

20

【 0 0 8 1 】

例えば、出射源とステージとを加工予定線に平行に等速で相対移動させつつ、レーザー光の出射方向を加工予定線に垂直な面内にて周期的に変化させることなどによって、上述のような千鳥状の配置関係をみたく態様にて被照射領域を形成することも可能である。

【 0 0 8 2 】

あるいは、複数の出射源を平行に等速で相対移動させつつ、個々の出射源からの単位パルス光の照射タイミングを周期的に変化させることで、上述のような千鳥状の配置関係をみたく態様にて被照射領域を形成することも可能である。

【 0 0 8 3 】

図 8 は、これら 2 つの場合の加工予定線と被照射領域の形成予定位置との関係を示す図である。いずれの場合も、図 8 に示すように、被照射領域 R E 2 1、R E 2 2、R E 2 3、R E 2 4、R E 2 5 . . . の形成予定位置 P 2 1、P 2 2、P 2 3、P 2 4、P 2 5 . . . をあたかも加工予定線 L に平行な直線 L₁、L₂ 上に交互に設定し、直線 L₁ に沿った形成予定位置 P 2 1、P 2 3、P 2 5 . . . での被照射領域の形成と、直線 L₂ に沿った形成予定位置 P 2 2、P 2 4 . . . での被照射領域の形成とを、同時並行的に行うものと捉えることができる。

30

【 0 0 8 4 】

なお、出射源を千鳥状に（ジグザグに）移動させる場合、レーザー光の出射源を直接移動させるにせよ、被加工物が載置されるステージを移動させることによってレーザー光を相対的に走査させるにせよ、出射源あるいはステージの移動は二軸同時動作となる。これに対して、出射源あるいはステージのみを加工予定線に平行に移動させる動作は一軸動作である。従って、出射源の高速移動つまりは加工効率の向上を実現するうえにおいては、後者の方がより適しているといえる。

40

【 0 0 8 5 】

以上の各加工パターンに示すように、本実施の形態において行われる劈開 / 裂開加工は、単位パルス光の離散的な照射を、主に被加工物において連続的な劈開 / 裂開を生じさせるための衝撃や応力を付与する手段として用いる加工態様である。被照射領域における被加工物の変質（つまりは加工痕の形成）や飛散などは、あくまで付随的なものとして局所的に生じるものに過ぎない。このような特徴を有する本実施の形態の劈開 / 裂開加工は、単位パルス光の照射領域をオーバーラップさせつつ、連続的あるいは断続的に変質・溶融

50

・蒸発除去を生じさせることによって加工を行う従来の加工手法とは、そのメカニズムが本質的に異なるものである。

【 0 0 8 6 】

そして、個々の被照射領域に瞬間的に強い衝撃や応力が加わればよいので、レーザー光を高速で走査しつつ照射することが可能である。具体的には、最大で1000mm/secという極めて高速走査つまりは高速加工が実現可能である。従来の加工方法での加工速度はせいぜい200mm/sec程度であることを鑑みると、その差異は顕著である。当然ながら、本実施の形態において実現される加工方法は従来の加工方法に比して各段に生産性を向上させるものであるといえる。

【 0 0 8 7 】

なお、本実施の形態における劈開/裂開加工は、上述の各加工パターンのように被加工物の結晶方位(劈開/裂開容易方向の方位)と加工予定線とが所定の関係にある場合に特に有効であるが、適用対象はこれらに限られず、原理的には、両者が任意の関係にある場合や被加工物が多結晶である場合にも適用可能である。これらの場合、加工予定線に対して劈開/裂開が生じる方向が必ずしも一定しないため、分割起点に不規則な凹凸が生じ得るが、被照射領域の間隔や、パルス幅を初めとするレーザー光の照射条件を適宜に設定することで、係る凹凸が加工誤差の許容範囲内に留まった実用上問題のない加工が行える。

【 0 0 8 8 】

< レーザー加工装置の概要 >

次に、上述した種々の加工パターンによる加工を実現可能なレーザー加工装置について説明する。

【 0 0 8 9 】

図9は、本実施の形態に係るレーザー加工装置50の構成を概略的に示す模式図である。レーザー加工装置50は、レーザー光照射部50Aと、観察部50Bと、例えば石英などの透明な部材からなり、被加工物10をその上に載置するステージ7と、レーザー加工装置50の種々の動作(観察動作、アライメント動作、加工動作など)を制御するコントローラ1とを主として備える。レーザー光照射部50Aは、レーザー光源SLと光学系5とを備え、ステージ7に載置された被加工物10にレーザー光を照射する部位であり、上述した、レーザー光の出射源に相当する。観察部50Bは、該被加工物10をレーザー光が照射される側(これを表面と称する)から直接に観測する表面観察と、ステージ7に載置された側(これを裏面と称する)から該ステージ7を介して観察する裏面観察とを行う部位である。

【 0 0 9 0 】

ステージ7は、移動機構7mによってレーザー光照射部50Aと観察部50Bとの間で水平方向に移動可能とされてなる。移動機構7mは、図示しない駆動手段の作用により水平面内で所定のXY2軸方向にステージ7を移動させる。これにより、レーザー光照射部50A内におけるレーザー光照射位置の移動や、観察部50B内における観察位置の移動や、レーザー光照射部50Aと観察部50Bとの間のステージ7の移動などが実現されてなる。なお、移動機構7mについては、所定の回転軸を中心とした、水平面内における回転(回転)動作も、水平駆動と独立に行えるようになっている。

【 0 0 9 1 】

また、レーザー加工装置50においては、表面観察と裏面観察とを適宜に切り替え可能に行えるようになっている。これにより、被加工物10の材質や状態に応じた最適な観察を柔軟かつ速やかに行うことができる。

【 0 0 9 2 】

ステージ7は、石英など透明な部材で形成されているが、その内部には、被加工物10を吸着固定するための吸気通路となる図示しない吸引用配管が設けられてなる。吸引用配管は、例えば、ステージ7の所定位置を機械加工により削孔することにより設けられる。

【 0 0 9 3 】

10

20

30

40

50

被加工物 10 をステージ 7 の上に載置した状態で、例えば吸引ポンプなどの吸引手段 11 により吸引用配管に対し吸引を行い、吸引用配管のステージ 7 載置面側先端に設けられた吸引孔に対し負圧を与えることで、被加工物 10 (および固定シート 4) がステージ 7 に固定されるようになっている。なお、図 9 においては、加工対象である被加工物 10 が固定シート 4 に貼り付けられている場合を例示しているが、好ましくは、固定シート 4 の外縁部には該固定シート 4 を固定するための図示しない固定リング (図 12 参照) が配置される。

【 0094 】

< 照明系および観察系 >

観察部 50B は、ステージ 7 に載置された被加工物 10 に対してステージ 7 の上方から落射照明光源 S1 からの落射照明光 L1 の照射と斜光照明光源 S2 からの斜光透過照明光 L2 の照射とを重畳的に行いつつ、ステージ 7 の上方側からの表面観察手段 6 による表面観察と、ステージ 7 の下方側からの裏面観察手段 16 による裏面観察とを、行えるように構成されている。

10

【 0095 】

具体的には、落射照明光源 S1 から発せられた落射照明光 L1 が、図示を省略する鏡筒内に設けられたハーフミラー 9 で反射され、被加工物 10 に照射されるようになっている。また、観察部 50B は、ハーフミラー 9 の上方 (鏡筒の上方) に設けられた CCD カメラ 6a と該 CCD カメラ 6a に接続されたモニタ 6b とを含む表面観察手段 6 を備えており、落射照明光 L1 を照射させた状態でリアルタイムに被加工物 10 の明視野像の観察を行うことができるようになっている。

20

【 0096 】

また、観察部 50B においては、ステージ 7 の下方に、より好ましくは、後述するハーフミラー 19 の下方 (鏡筒の下方) に設けられた CCD カメラ 16a と該 CCD カメラ 16a に接続されたモニタ 16b とを含む裏面観察手段 16 を備えている。なお、モニタ 16b と表面観察手段 6 に備わるモニタ 6b とは共通のものであってもよい。

【 0097 】

また、ステージ 7 の下方に備わる同軸照明光源 S3 から発せられた同軸照明光 L3 が、図示を省略する鏡筒内に設けられたハーフミラー 19 で反射され、集光レンズ 18 にて集光されたうえで、ステージ 7 を介して被加工物 10 に照射されるようになっていてもよい。さらに好ましくは、ステージ 7 の下方に斜光照明光源 S4 を備えており、斜光照明光 L4 を、ステージ 7 を介して被加工物 10 に対して照射できるようになっていてもよい。これらの同軸照明光源 S3 や斜光照明光源 S4 は、例えば被加工物 10 の表面側に不透明な金属層などがあって表面側からの観察が該金属層からの反射が生じて困難な場合など、被加工物 10 を裏面側から観察する際に好適に用いることができる。

30

【 0098 】

< レーザー光源 >

レーザー光源 SL としては、波長が 500 nm ~ 1600 nm のものを用いる。また、上述した加工パターンでの加工を実現するべく、レーザー光 LB のパルス幅は 1 psec ~ 50 psec 程度である必要がある。また、繰り返し周波数 R は 10 kHz ~ 200 kHz 程度、レーザー光の照射エネルギー (パルスエネルギー) は 0.1 μJ ~ 50 μJ 程度であるのが好適である。

40

【 0099 】

なお、レーザー光源 SL から出射されるレーザー光 LB の偏光状態は、円偏光であっても直線偏光であってもよい。ただし、直線偏光の場合、結晶性被加工材料中での加工断面の曲がりエネルギー吸収率の観点から、偏光方向が走査方向と略平行にあるように、例えば両者のなす角が ±1° 以内にあるようにされることが好ましい。

【 0100 】

< 光学系 >

光学系 5 は、レーザー光が被加工物 10 に照射される際の光路を設定する部位である。

50

光学系 5 によって設定された光路に従って、被加工物の所定の照射位置（被照射領域の形成予定位置）にレーザー光が照射される。

【 0 1 0 1 】

図 10 は、光学系 5 の構成を例示する模式図である。光学系 5 は、ビームエキスパンダー 5 1 と対物レンズ系 5 2 とを主として備える。また、光学系 5 には、レーザー光 L B の光路の向きを変換する目的で、適宜の個数のミラー 5 a が適宜に位置に設けられていてもよい。図 10 においては、2 つのミラー 5 a が設けられた場合を例示している。

【 0 1 0 2 】

また、出射光が直線偏光の場合、光学系 5 がアッテネータ 5 b を備えることが好ましい。アッテネータ 5 b はレーザー光 L B の光路上の適宜の位置に配置され、出射されたレーザー光 L B の強度を調整する役割を担う。

【 0 1 0 3 】

なお、図 10 に例示する光学系 5 では、加工処理の間、レーザー光源 S L から発せられたレーザー光 L B は、その光路を固定された状態で被加工物 10 に照射されるように設けられている。これに加えて、レーザー光源 S L から発せられたレーザー光 L B が被加工物 10 に対して照射される際のレーザー光 L B の光路を実際にあるいは仮想的に複数設定するとともに、光路設定手段 5 c（図 11）によって、レーザー光 L B の個々の単位パルス光が被加工物に対して照射される際の光路を、設定した複数の光路の中で順次に切り替えることが可能に構成されていてもよい。後者の場合、被加工物 10 の上面の複数箇所において同時並行的な走査が行われる状態、あるいは、仮想的にそのようにみなされる状態が実現される。換言すれば、これは、レーザー光 L B の光路をマルチ化しているといえる。

【 0 1 0 4 】

なお、図 9 においては、3 つのレーザー光 L B 0、L B 1、L B 2 により 3 箇所走査が行われる場合を例示しているが、光学系 5 による光路のマルチ化の様子は必ずしもこれには限定されない。光学系 5 の具体的な構成例については後述する。

【 0 1 0 5 】

< コントローラ >

コントローラ 1 は、上述の各部の動作を制御し、後述する種々の態様での被加工物 10 の加工処理を実現させる制御部 2 と、レーザー加工装置 50 の動作を制御するプログラム 3 p や加工処理の際に参照される種々のデータを記憶する記憶部 3 とをさらに備える。

【 0 1 0 6 】

制御部 2 は、例えばパーソナルコンピュータやマイクロコンピュータなどの汎用のコンピュータによって実現されるものであり、記憶部 3 に記憶されているプログラム 3 p が該コンピュータに読み込まれ実行されることにより、種々の構成要素が制御部 2 の機能的構成要素として実現される。

【 0 1 0 7 】

具体的には、制御部 2 は、移動機構 7 m によるステージ 7 の駆動や集光レンズ 18 の合焦動作など、加工処理に関係する種々の駆動部分の動作を制御する駆動制御部 2 1 と、C C D カメラ 6 a および 16 a による撮像を制御する撮像制御部 2 2 と、レーザー光源 S L からのレーザー光 L B の照射および光学系 5 における光路の設定態様を制御する照射制御部 2 3 と、吸引手段 11 によるステージ 7 への被加工物 10 の吸着固定動作を制御する吸着制御部 2 4 と、与えられた加工位置データ D 1（後述）および加工モード設定データ D 2（後述）に従って加工対象位置への加工処理を実行させる加工処理部 2 5 とを、主として備える。

【 0 1 0 8 】

記憶部 3 は、R O M や R A M およびハードディスクなどの記憶媒体によって実現される。なお、記憶部 3 は、制御部 2 を実現するコンピュータの構成要素によって実現される態様であってもよいし、ハードディスクの場合など、該コンピュータとは別体に設けられる態様であってもよい。

【 0 1 0 9 】

10

20

30

40

50

記憶部 3 には、被加工物 10 について設定された加工予定線の位置を記述した加工位置データ D1 が外部から与えられて記憶される。また、記憶部 3 には、レーザー光の個々のパラメータについての条件や光学系 5 における光路の設定条件やステージ 7 の駆動条件（あるいはそれらの設定可能範囲）などが加工モードごとに記述された、加工モード設定データ D2 が、あらかじめ記憶されている。

【0110】

なお、レーザー加工装置 50 に対してオペレータが与える種々の入力指示は、コントローラ 1 において実現される GUI を利用して行われるのが好ましい。例えば、加工処理部 25 の作用により加工処理用メニューが GUI にて提供される。オペレータは、係る加工処理用メニューに基づいて、後述する加工モードの選択や、加工条件の入力などを行う。

10

【0111】

<アライメント動作>

レーザー加工装置 50 においては、加工処理に先立ち、観察部 50B において、被加工物 10 の配置位置を微調整するアライメント動作が行えるようになっている。アライメント動作は、被加工物 10 に定められている XY 座標軸をステージ 7 の座標軸と一致させるために行う処理である。係るアライメント処理は、上述した加工パターンでの加工を行う場合に、被加工物の結晶方位と加工予定線とレーザー光の走査方向とが各加工パターンにおいて求められる所定の関係をみたとすようにするうえで重要である。

【0112】

アライメント動作は、公知の技術を適用して実行することが可能であり、加工パターンに応じて適宜の態様にて行われればよい。例えば、1つの母基板を用いて作製された多数個のデバイスチップを切り出す場合など、被加工物 10 の表面に繰り返しパターンが形成されているような場合であれば、パターンマッチングなどの手法を用いることで適切なアライメント動作が実現される。この場合、概略的にいえば、被加工物 10 に形成されている複数のアライメント用マークの撮像画像を CCD カメラ 6a あるいは 16a が取得し、それらの撮像画像の撮像位置の相対的關係に基づいて加工処理部 25 がアライメント量を特定し、駆動制御部 21 が該アライメント量に応じて移動機構 7m によりステージ 7 を移動させることによって、アライメントが実現される。

20

【0113】

係るアライメント動作を行うことによって、加工処理における加工位置が正確に特定される。なお、アライメント動作終了後、被加工物 10 を載置したステージ 7 はレーザー光照射部 50A へと移動し、引き続いてレーザー光 LB を照射することによる加工処理が行われることになる。なお、観察部 50B からレーザー光照射部 50A へのステージ 7 の移動は、アライメント動作時に想定された加工予定位置と実際の加工位置とがずれないように保証されている。

30

【0114】

<加工処理の概略>

次に、本実施の形態に係るレーザー加工装置 50 における加工処理について説明する。レーザー加工装置 50 においては、レーザー光源 SL から発せられ光学系 5 を経たレーザー光 LB の照射と、被加工物 10 が載置固定されたステージ 7 の移動とを組み合わせることによって、光学系 5 を経たレーザー光を被加工物 10 に対して相対的に走査させつつ被加工物 10 の加工を行えるようになっている。

40

【0115】

レーザー加工装置 50 においては、レーザー光 LB を（相対的に）走査することによる加工処理のモード（加工モード）として、基本モードとマルチモードとを択一的に選択可能となっている点で特徴的である。これらの加工モードは、上述した光学系 5 における光路の設定態様に依りて設けられてなる。

【0116】

基本モードは、レーザー光源 SL から発せられたレーザー光 LB の光路を固定的に定めるモードである。基本モードでは、レーザー光 LB は常に 1 つの光路を通り、被加工物 1

50

0を載置したステージ7を所定の速度で移動させることで、レーザー光が被加工物10を一方向に走査する態様での加工が実現される。図10に例示した光学系5の場合は、係る基本モードでの加工のみが可能である。

【0117】

基本モードは、上述の第1および第2加工パターンでの加工を行う場合に好適に用いられる。すなわち、加工予定線Lが劈開/裂開容易方向に平行に設定された被加工物10について、該劈開/裂開容易方向とステージ7の移動方向とが一致するように被加工物10をアライメントしたうえで、基本モードでの加工を行うことで、第1加工パターンの加工が行える。一方、加工予定線Lが劈開/裂開容易方向に垂直に設定された被加工物10について、該劈開/裂開容易方向とステージ7の移動方向とが直交するように被加工物10をアライメントしたうえで、基本モードでの加工を行うことで、第2加工パターンの加工が行える。

10

【0118】

また、原理的には、ステージ7の移動方向を適宜変更することで、第3加工パターンでの加工にも適用可能である。

【0119】

一方、マルチモードは、レーザー光LBの光路を実体的にあるいは仮想的にマルチ化して複数の光路を設定するモードである。これは、例えば、図8に示したような、加工予定線Lに平行な直線L₁、L₂あるいはさらに加工予定線L自体に沿って、実体的にあるいは仮想的に複数のレーザー光を走査させることで、結果として、加工予定線Lに繰り返し交差する態様にてレーザー光を走査した場合と同様の加工を実現するモードである。なお、仮想的に複数のレーザー光を走査させるとは、実際には基本モードと同様に1つの光路にてレーザー光を照射するもののその光路を時間的に変化させることで、複数の光路にてレーザー光を照射する場合と同様の走査態様を実現されることをいう。

20

【0120】

マルチモードは、第3加工パターンでの加工を行う場合に好適に用いられる。すなわち、第2加工パターンの場合と同様に、加工予定線Lが劈開/裂開容易方向に垂直に設定された被加工物10について、該劈開/裂開容易方向とステージ7の移動方向とが直交するように被加工物10をアライメントしたうえで、マルチモードでの加工を行うことで、第3加工パターンの加工が行える。

30

【0121】

加工モードは、例えば、加工処理部25の作用によりコントローラ1においてオペレータに利用可能に提供される加工処理メニューに従って選択できるのが好適である。加工処理部25は、加工位置データD1を取得するとともに選択された加工パターンに対応する条件を加工モード設定データD2から取得し、当該条件に応じた動作が実行されるよう、駆動制御部21や照射制御部23その他を通じて対応する各部の動作を制御する。

【0122】

例えば、レーザー光源SLから発せられるレーザー光LBの波長や出力、パルスの繰り返し周波数、パルス幅の調整などは、コントローラ1の照射制御部23により実現される。加工モード設定データD2に従った所定の設定信号が加工処理部25から照射制御部23に対し発せられると、照射制御部23は、該設定信号に従って、レーザー光LBの照射条件を設定する。

40

【0123】

また、特にマルチモードで加工を行う場合、照射制御部23は、レーザー光源SLからの単位パルス光の出射タイミングに、光路設定手段5cによる光路の切り替えタイミングを同期させる。これにより、個々の被照射領域の形成予定位置に対し、光路設定手段5cが設定した複数の光路のうちの該形成予定位置に対応する光路にて単位パルス光が照射される。

【0124】

なお、レーザー加工装置50においては、加工処理の際、必要に応じて、合焦位置を被

50

加工物 10 の表面から意図的にずらしたデフォーカス状態で、レーザー光 LB を照射することも可能となっている。これは例えば、ステージ 7 と光学系 5 との相対距離を調整することによって実現される。

【 0 1 2 5 】

< 光路設定手段の構成例とその動作 >

次に、光路設定手段 5 c の具体的構成と、その動作の例について、主にマルチモードにおける動作を対象に説明する。

【 0 1 2 6 】

なお、以降の説明では、加工処理に際しては、被加工物 10 が載置されたステージ 7 を加工予定線 L の延在方向と一致する移動方向 D に沿って移動させつつ加工が行われるものとする。

10

【 0 1 2 7 】

また、マルチモードでの動作においては、加工予定線 L 上への被照射領域 RE の形成に際し照射されるのがレーザー光 LB0 であり、加工予定線 L に平行な直線 L' 上への被照射領域 RE の形成に際し照射されるのがレーザー光 LB1 であり、同じく加工予定線 L に平行で、加工予定線 L' について対称な位置にある直線 L'' 上への被照射領域 RE の形成に際し照射されるのが、レーザー光 LB2 であるとする。

【 0 1 2 8 】

また、マルチモードでの第 3 加工パターンの加工は、順次にあるいは同時に形成される複数の被照射領域が劈開 / 裂開容易方向に沿って位置するようにすることで実現される。

20

【 0 1 2 9 】

図 11 は、光路設定手段 5 c の構成を模式的に示す図である。光路設定手段 5 c は、光学系 5 の一構成要素として設けられる。光路設定手段 5 c は、複数のハーフミラー 53 と、ミラー 54 と、光路選択機構 55 とを備える。

【 0 1 3 0 】

ハーフミラー 53 とミラー 54 とは、レーザー光源 SL から出射されるレーザー光 LB の光路をステージ 7 の移動方向 D に垂直な面内方向に分岐させて複数の光路（レーザー光 LB0、LB1、LB2 の光路）を形成させるべく設けられる。なお、ハーフミラー 53 の数は、光路の数に応じて定まる。図 11 においては 3 つの光路を得るために 2 つのハーフミラー 53 が設けられている。これらハーフミラー 53 およびミラー 54 を備えることにより、レーザー光 LB を出射させつつステージ 7 を移動させることで、複数のレーザー光が被加工物 10 を走査する状態が実現される。

30

【 0 1 3 1 】

光路選択機構 55 は、複数の光路における被加工物 10 へのレーザー光の出射タイミングを制御するために備わる。より具体的には、光路選択機構 55 は、ハーフミラー 53 およびミラー 54 によって分岐したそれぞれのレーザー光の光路の途中に光学スイッチ SW を備えている。光学スイッチ SW は、例えば AOM（音響光学変調器）や EOM（電気光学器）などで構成され、ON 状態のときに入射したレーザー光を通過させ、OFF 状態のときには入射したレーザー光を遮断あるいは減衰させる（非通過状態とさせる）機能を有する。これにより、光路選択機構 55 においては、ON 状態となっている光学スイッチ SW を通過するレーザー光のみが被加工物 10 に照射されるようになっている。

40

【 0 1 3 2 】

このような構成を有する光路設定手段 5 c を備えるレーザー加工装置 50 のマルチモードでの動作は、照射制御部 23 が、繰り返し周波数 R に従うレーザー光 LB の単位パルス光の出射タイミングに応じてレーザー光 LB0、LB1、LB2 の光路上の光学スイッチ SW が順次にかつ周期的に ON 状態となるように、それぞれの光学スイッチ SW の ON / OFF 動作を制御することによって実現される。係る制御によって、各レーザー光 LB0、LB1、LB2 が被照射領域を形成するタイミングに達するときだけそれぞれのレーザー光 LB0、LB1、LB2 が光路選択機構 55 を通過して被加工物 10 に照射されることになる。

50

【 0 1 3 3 】

すなわち、被加工物 1 0 に対して照射されるレーザー光の光路が実際に複数設けられ、これら複数のレーザー光を、それぞれの単位パルス光の照射タイミングを違えつつ同時並行的に走査させることで、マルチモードでの動作が行われている。

【 0 1 3 4 】

なお、基本モードでの動作は、例えば、レーザー光 L B 0、L B 1、L B 2 のいずれか 1 つの光路上の光学スイッチ S W のみを常に O N 状態としてレーザー光 L B を出射し、ステージ 7 を移動させることによって可能である。

【 0 1 3 5 】

< 劈開 / 裂開加工の高効率化 >

上述の劈開 / 裂開加工は、単位パルス光の照射によって生じる衝撃や応力を利用して、被加工物に劈開 / 裂開を生じさせる手法である。それゆえ、個々の単位パルス光の照射に際して被加工物に作用する衝撃や応力が大きいほど、被加工物のより深いところまで劈開 / 裂開が生じ、被加工物のより深い部分にまで分割起点の先端部分が到達することとなる。このような加工を実現するには、単位パルス光が照射される度に被加工物に与えられるエネルギーをできるだけ逃がさず、劈開 / 裂開面の形成に寄与させることが望ましい。

【 0 1 3 6 】

例えば、パルスレーザー光が照射されることで、被照射領域に存在していた物質の一部は運動エネルギーを得て外部へと高速で飛散する。このような物質の飛散を抑制して当該飛散に際して消費されるはずであったエネルギーをも被加工物における劈開 / 裂開面の形成に寄与させるようにすれば、より効率的に劈開 / 裂開面を形成することができる。

【 0 1 3 7 】

本実施の形態においては、以上の観点を踏まえて、劈開 / 裂開加工の効率化を行う。

【 0 1 3 8 】

図 1 2 は、本実施の形態において採用する、劈開 / 裂開加工の高効率化を実現する手法の概要図である。劈開 / 裂開加工にあたって、被加工物 1 0 1 は、固定シート 1 0 2 に貼り付けられたうえで、該固定シート 1 0 2 ごとステージ (図 1 2 において図示省略) に載置される。そして、固定シート 1 0 2 の周縁部が固定リング 1 0 3 にて固定される。ここまでは通常の一般的なレーザー加工と同じである。

【 0 1 3 9 】

本実施の形態においては、このようにしてステージ上に載置された被加工物 1 0 1 の被加工面 1 0 1 a に隣り合うように、透明部材 1 0 4 を配置する。ここで、透明部材 1 0 4 は、劈開 / 裂開加工に用いるパルスレーザー光に対して透明な部材である。パルスレーザー光に対して透明であるとは、照射されたパルスレーザー光を実質的に吸収しないということの意味する。例えば、サファイアや石英などからなる透明板や、P E T (ポリエチレンテレフタレート) などからなるフィルムなどを透明部材 1 0 4 として用いることができる。具体的な透明部材 1 0 4 の選択は、使用するパルスレーザー光の波長その他の要件に応じて適宜になされてよい。

【 0 1 4 0 】

透明部材 1 0 4 を被加工面 1 0 1 a に隣り合うように配置する態様には、透明部材を被加工面 1 0 1 a に接触させて配置する場合を含む。これは、例えば、水平に固定された被加工物 1 0 1 の上に透明部材 1 0 4 を載置することや、被加工面 1 0 1 a に透明部材 1 0 4 を接着することなどによって実現される。

【 0 1 4 1 】

このように透明部材 1 0 4 を配置した状態で、上述の各加工パターンにて劈開 / 裂開加工を行った場合、被照射領域からの物質の飛散は該透明部材 1 0 4 によって抑制されて事実上起こらないため、単位パルス光によって与えられたエネルギーの劈開 / 裂開面の形成に対する寄与が、透明部材 1 0 4 を設けない場合に比して高まる。その結果、透明部材 1 0 4 を設けない場合よりも、先端部が深い位置にまで達した分割起点が、形成される。

【 0 1 4 2 】

また、透明部材 104 を被加工面 101 a に隣り合うように配置する態様には、透明部材と被加工面 101 a とを離間配置する場合を含む。具体的には、両者の距離が 100 μm 以下の範囲であれば、離間配置させた場合でも、両者を接触させて配置した場合と同様の効果を得ることができる。

【0143】

<透明部材の配置>

以下、上述のような透明部材 104 の配置を実現する種々の態様について、順次説明する。

【0144】

(第1の配置態様)

図13は、透明部材 104 の第1の配置態様を例示する側断面図である。図13においては、図12にて示した例と同様に、被加工物 101 を貼り付けた固定シート 102 がステージ7に載置され、かつその外縁部に固定リング 103 が載置されている。そして、被加工物 101 の上に板状の透明部材 104 が載置されている。なお、図13においては、被加工物 101 がサファイア基板 1011 とその上にIII族窒化物などによって形成されたLED構造 1012 とからなる場合を例示している(以降の各図においても同様)。

【0145】

透明部材 104 の外側には、透明部材 104 を固定するための固定部材 111 が配置されている。固定部材 111 は、その一方端部に内側への突出部 111 a を有する、断面視L字型の略筒型の部材である。

【0146】

固定部材 111 は、突出部 111 a とは反対側の端部である脚部 111 b を、固定シート 102 の余白部分 102 a (被加工物 101 が貼り付けられた部分と固定リング 103 が載置された部分の間)に載置し、突出部 111 a を透明部材 104 の端縁部 104 e においてその上面 104 a に当接させ、かつ、内面 111 c を透明部材 104 の側周面 104 b に略当接させた状態で配置される。なお、突出部 111 a は、レーザー加工を行う際に、被加工面 101 a における加工対象領域をレーザー光LBに対して塞ぐことにならない範囲で透明部材 104 と当接するように、設けられていればよい。

【0147】

固定部材 111 を上述のように配置することで、透明部材 104 の上下左右方向の動きが拘束されるので、レーザー加工の際に、被加工面 101 a に載置された透明部材 104 が位置ずれを起こすことが防止される。すなわち、固定部材 111 を用いて透明部材 104 を固定することにより、パルスレーザー光のエネルギーの利用効率を高めた良好な劈開/裂開加工が実現される。

【0148】

また、固定部材 111 の材質は、固定シート 102 の上に安定的に載置され、透明部材 104 の位置ずれ防止という機能が好適に達成されるものであれば、特に限定されない。

【0149】

なお、透明部材 104 および固定部材 111 はそれぞれ、加工に先立って配置されて加工後には取り除かれる、レーザー加工装置 50 に対して自在に配置可能な別体品として用意されるのが好適な一例であるが、ネジ止めや接着その他で両者を一体化してなる一体品として、レーザー加工装置 50 に対して着脱自在とされていてもよい。また、固定部材 111 が分解および組み立て可能に構成されていてもよい。

【0150】

また、上述した略筒型の固定部材 111 は透明部材 104 の側周面 104 b の全体と当接するが、係る態様は必須ではない。同様のL字型断面を有する複数の固定部材 111 を透明部材 104 の外周に沿って適宜の間隔で離間させて配置し、それぞれを側周面 104 b に部分的に当接させることによって、透明部材 104 を固定することが可能である。

【0151】

(第2の配置態様)

10

20

30

40

50

図14は、透明部材104の第2の配置態様を例示する側断面図である。第2の配置態様においては、図14に示すように、図13に示した固定部材111に類似する固定部材112を用いて、透明部材104が配置される。

【0152】

固定部材112は、固定部材111と同様に略筒形の形状を有しているが、その一方端部に突出部111aと同様の突出部112aを有するだけでなく、内面112cの中間部分に支持部112dを備えた断面F字型をなしている点で、固定部材111とは相違する。

【0153】

固定部材112は、第1の態様と同様に被加工物101が固定シート102ごとステージ7の上に載置された状態において、脚部112bを固定シート102の余白部分102aに載置し、支持部112dによって透明部材104の端縁部104eを下面104cの側から支持し、かつ、内面112cを透明部材104の側周面104bに略当接させた状態で、配置される。さらには、突出部112aが透明部材104の上面104aに近接あるいは隣接するように構成されてなる。なお、支持部112dは、レーザー加工を行う際に、被加工物101と干渉しない範囲で設けられていけばよく、突出部112aは、同じくレーザー加工を行う際に、被加工面101aにおける加工対象領域をレーザー光LBに対して塞ぐことにならない範囲で設けられていけばよい。また、固定部材112の材質は、固定部材111と同様でよい。

【0154】

また、図14においては被加工面101aと離間する態様にて透明部材104が配置されているが、支持部112dの形成位置によっては、両者が接触する態様にて透明部材104を配置することも可能である。

【0155】

いずれの場合も、固定部材112を上述のように配置することで、透明部材104の上下左右方向の動きが拘束されるので、レーザー加工の際に、被加工面101aに載置された透明部材104が位置ずれを起こすことが防止される。ゆえに、固定部材112を用いて透明部材104を被加工面101aから100 μ m以下の距離で離間配置させるかあるいは被加工面101aに接触させるようにすることで、パルスレーザー光のエネルギーの利用効率を高めた良好な劈開/裂開加工が実現される。

【0156】

なお、透明部材104および固定部材112はそれぞれ、加工に先立って配置されて加工後には取り除かれる、レーザー加工装置50に対して自在に配置可能な別体品として用意されるのが好適な一例であるが、ネジ止めや接着その他で両者を一体化してなる一体品として、レーザー加工装置50に対して着脱自在とされていてもよい。前者の場合は、固定部材112の支持部112dに対して透明部材104を着脱可能な構成を適宜備えることになる。また、固定部材112が分解および組み立て可能に構成されていてもよい。

【0157】

また、上述した略筒型の固定部材112は透明部材104の側周面104bの全体と当接するが、係る態様は必須ではない。同様のF字型断面を有する複数の固定部材112を透明部材104の外周に沿って適宜の間隔で離間させて配置し、それぞれを側周面104bに部分的に当接させることによっても、透明部材104を固定することが可能である。

【0158】

あるいはまた、支持部112dを設けて透明部材104を下方から支持する代わりに、透明部材104の端縁部104eにおいて、上面104aをネジ止めや接着などによって突出部112aに固定する態様であってもよいし、内面112cに透明部材104の側周面104bを当接させることによって内面112cと側周面104bとの間に作用する摩擦力(抗力)にて、透明部材104を支持する態様であってもよい。

【0159】

(第3の配置態様)

10

20

30

40

50

図15および図16は、透明部材104の第3の配置態様を示す側面図である。図15は、加工を行う前の状態を示し、図16は加工を行っているときの状態を示している。なお、図15および図16においては図示を省略しているが、被加工物101のステージ7に対する載置の態様は第1および第2の配置態様の場合と同様である。

【0160】

第3の配置態様においては、図15および図16に示すように、透明部材104の端縁部104eがレーザー加工装置50に備わる昇降機構121に固設されている。そして、ステージ7に被加工物101が載置固定されている状態で、昇降機構121が駆動制御部21の制御のもと、透明部材104を鉛直方向に昇降させることによって、所定位置への透明部材104の配置が実現される。すなわち、昇降機構121は、透明部材104を被加工面101aに対して進退自在に移動させることによって、透明部材104を任意の位置に配置可能な配置位置調整機構である。

10

【0161】

この第3の配置態様においては、透明部材104は、昇降機構121による昇降動作の間、略水平を保つことができる程度に硬質の板状体であることが好ましい。例えば、サファイアや石英などをを用いるのが好適である。また、昇降機構121への透明部材104の固設は、ネジ止めや接着など、透明部材104を安定的に固設できる適宜の手法によってなされればよい。

【0162】

図16においては透明部材104が被加工物101の被加工面101aに接触した状態でレーザー光LBが照射されて加工が行われているが、この第3の配置態様においても、透明部材104と被加工面101aとを100 μ m以下の距離で離間配置させた状態で加工を行うようにしてもよい。いずれの場合も、パルスレーザー光のエネルギーの利用効率を高めた良好な劈開/裂開加工が実現される。なお、加工が行われないときは、昇降機構121は、ステージ7への被加工物101の載置が可能な程度に、透明部材104を上方へと退避させる。

20

【0163】

また、図15および図16においては、透明部材104の一方の端縁部104eのみが昇降機構121に固設されているが、他の端縁部104eも同時に昇降機構121に固設されてなる態様であってもよいし、あるいは端縁部104e全体が、昇降機構121に固設されてなる態様であってもよい。

30

【0164】

また、図15および図16においては、被加工面101aの図面視左右方向の全般にわたって透明部材104が配置される態様を例示しているが、これは必須の態様ではない。紙面に垂直な方向も含め、レーザー光LBの被照射領域の近傍にのみ透明部材104が配置される態様であってもよい。

【0165】

また、図15および図16においては、昇降機構121と光学系5とが一の基部122に支持されている態様を例示しているが、実際の両者の配置態様はこれに限られるものではない。

40

【0166】

(第4の配置態様)

図17ないし図19は、透明部材104の第4の配置態様を示す側面図である。図17は、加工を行う前の状態を示している。図18は加工を行っているときの状態を示している。図19は、加工前後における透明部材104の移動態様について示している。なお、図17ないし図19においては図示を省略しているが、被加工物101のステージ7に対する載置の態様は第1および第2の配置態様の場合と同様である。

【0167】

第4の配置態様においては、図17および図18に示すように、両端部(端部104pおよび端部104q)がレーザー加工装置50に備わる第1券回手段131と第2券回手

50

段 1 3 2 とにそれぞれ巻回されてなる帯状の透明部材 1 0 4 が、第 1 巻回手段 1 3 1 と第 2 巻回手段 1 3 2 との間で水平に張設保持されている。そして、ステージ 7 に被加工物 1 0 1 が載置固定されている状態で、図示しない昇降機構が駆動制御部 2 1 の制御のもと、第 1 巻回手段 1 3 1 と第 2 巻回手段 1 3 2 とを同期したタイミングで鉛直方向に昇降させることによって、所定位置への透明部材 1 0 4 の配置が実現される。すなわち、第 4 の配置態様においても、第 3 の配置態様と同様に、透明部材 1 0 4 を被加工面 1 0 1 a に対して進退自在に移動させることによって透明部材 1 0 4 を任意の位置に配置可能とされてなる。

【 0 1 6 8 】

この第 4 の配置態様においては、透明部材 1 0 4 は、第 1 巻回手段 1 3 1 および第 2 巻回手段 1 3 2 にて巻回可能な材料および厚みに形成されてなることが好ましい。例えば、PET フィルムなどを用いるのが好適である。

【 0 1 6 9 】

図 1 8 においては透明部材 1 0 4 が被加工物 1 0 1 の被加工面 1 0 1 a に接触した状態でレーザー光 L B が照射されて加工が行われているが、この第 4 の配置態様においても、透明部材 1 0 4 と被加工面 1 0 1 a とを 1 0 0 μ m 以下の距離で離間配置させた状態で加工を行うようにしてもよい。いずれの場合も、パルスレーザー光のエネルギーの利用効率を高めた良好な劈開 / 裂開加工が実現される。

【 0 1 7 0 】

なお、図 1 7 および図 1 8 においては、被加工面 1 0 1 a の図面視左右方向の全般にわたって透明部材 1 0 4 が張設される態様を例示しているが、これは必須の態様ではない。紙面に垂直な方向（つまりは透明部材 1 0 4 の張設方向に垂直な方向）も含め、レーザー光 L B の被照射領域の近傍にのみ透明部材 1 0 4 が配置される態様であってもよい。

【 0 1 7 1 】

例えば、図 1 9 は、透明部材 1 0 4 の張設方向に垂直な方向において、透明部材 1 0 4 が被加工面 1 0 1 a の上方の一部にのみ配置されている態様を例示している。係る場合、透明部材 1 0 4 を矢印 A R 1 にて示すように下降させた状態でその張設方向（図 1 9 においては紙面に垂直な方向）についての加工、つまりは当該方向に沿った加工予定線を対象とするパルスレーザー光の走査が行われるが、係る位置に対するパルスレーザー光の走査が完了すると、透明部材 1 0 4 は、矢印 A R 2 に示すように所定の距離だけ透明部材 1 0 4 の張設方向に垂直な方向にシフトさせつつ上昇させられる。これはすなわち、パルスレーザー光の被照射位置の遷移に応じて透明部材 1 0 4 の配置位置を遷移させていることになる。このような透明部材 1 0 4 の下降、パルスレーザー光の走査、および透明部材 1 0 4 の上昇を繰り返すことで、被加工物 1 0 1 に対するレーザー加工が実現される。なお、加工を行わないときは、ステージ 7 への被加工物 1 0 1 の載置が可能な程度に、透明部材 1 0 4 を側方あるいは上方へと退避できるようになっている。

【 0 1 7 2 】

（第 5 の配置態様）

図 2 0 は、透明部材 1 0 4 の第 5 の配置態様を例示する側断面図である。第 5 の配置態様においては、透明部材 1 0 4 を被加工物 1 0 1 に接着固定することにより、透明部材 1 0 4 を被加工面 1 0 1 a に接触させた状態が実現される。

【 0 1 7 3 】

具体的には、図 2 0 に示すように、透明部材 1 0 4 を被加工面 1 0 1 a に載置した状態で、被加工物 1 0 1 の側面 1 0 1 b と透明部材 1 0 4 の端縁部 1 0 4 e とを接着材 1 4 1 にて接着する。ハンドリングの容易さを考えると、あらかじめ係る接着を行ったうえで被加工物 1 0 1 をステージ 7 に固定するのが好ましいが、必ずしもこれには限られない。また、加工後には透明部材 1 0 4 を被加工物 1 0 1 から引き離す必要があるため、接着材 1 4 1 としては、所定の溶剤等によって容易に除去可能なものを用いるのが好ましい。

【 0 1 7 4 】

透明部材 1 0 4 をこのように接着固定することで、透明部材 1 0 4 の上下左右方向の動

10

20

30

40

50

きが拘束されるので、レーザー加工の際に、被加工面 101a に載置された透明部材 104 が位置ずれを起こすことが防止される。ゆえに、パルスレーザー光のエネルギーの利用効率を高めた良好な劈開 / 裂開加工が実現される。

【0175】

なお、透明部材 104 を被加工物 101 に接着固定する態様は、上述のものには限られない。例えば、パルスレーザー光に対して実質的に透明な接着材を用いて、透明部材 104 と被加工面 101a とを接着するようにしてもよい。係る場合、透明部材 104 と接着材が固化することにより形成された透明層とが、全体として一の透明部材として機能することになる。ただし、この場合も、加工後に透明部材 104 と被加工物 101 とを分離する必要があるため、用いる接着材は所定の溶剤等によって容易に除去可能なものを用いるのが好ましい。

10

【符号の説明】

【0176】

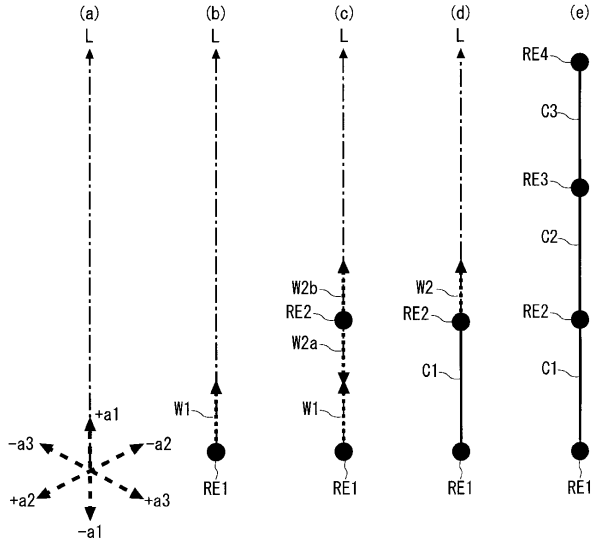
- 1 コントローラ
- 2 制御部
- 3 記憶部
- 4、102 固定シート
- 5 光学系
- 5c 光路設定手段
- 7 ステージ
- 7m 移動機構
- 10、101 被加工物
- 50 レーザー加工装置
- 51 ビームエキスパンダー
- 52 対物レンズ系
- 53 ハーフミラー
- 5a、54 ミラー
- 55 光路選択機構
- 101a (被加工物の)被加工面
- 102 固定シート
- 103 固定リング
- 104 透明部材
- 111、112 固定部材
- 121 昇降機構
- 131 第1券回手段
- 132 第2券回手段
- 141 接着材
- C1 ~ C3、C11a、C11b、C21 ~ C24 劈開 / 裂開面
- D (ステージの)移動方向
- L 加工予定線
- LB、LB0、LB1、LB2 レーザー光
- RE、RE1 ~ RE4、RE11 ~ RE15、RE21 ~ RE25 被照射領域
- SL レーザー光源
- SW 光学スイッチ

20

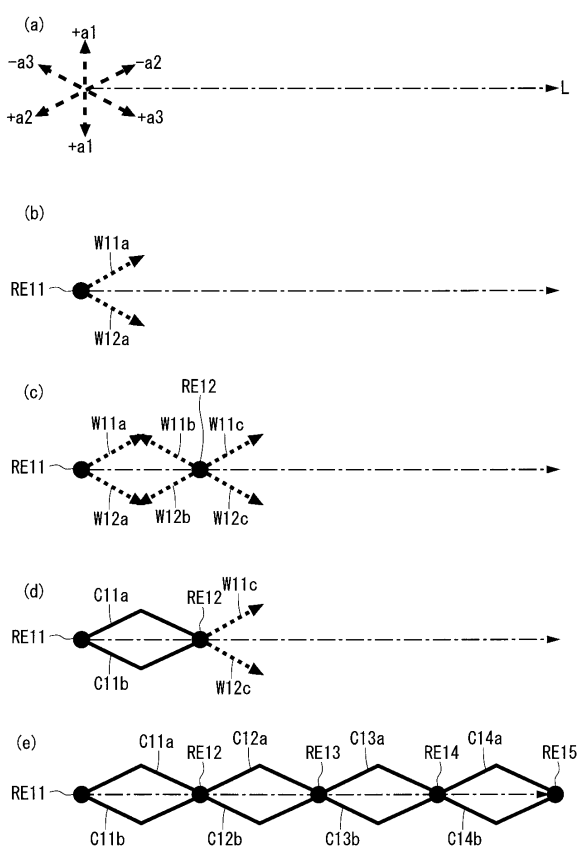
30

40

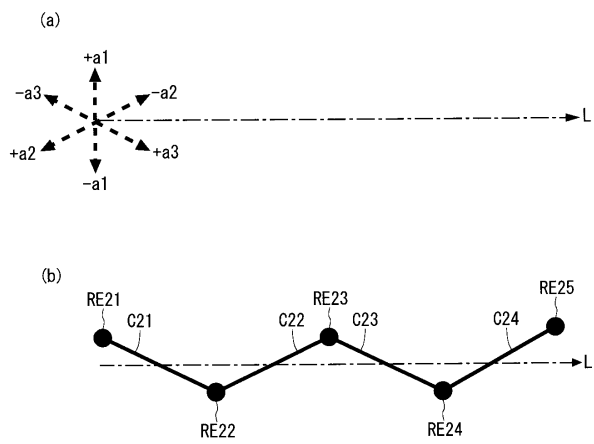
【 図 1 】



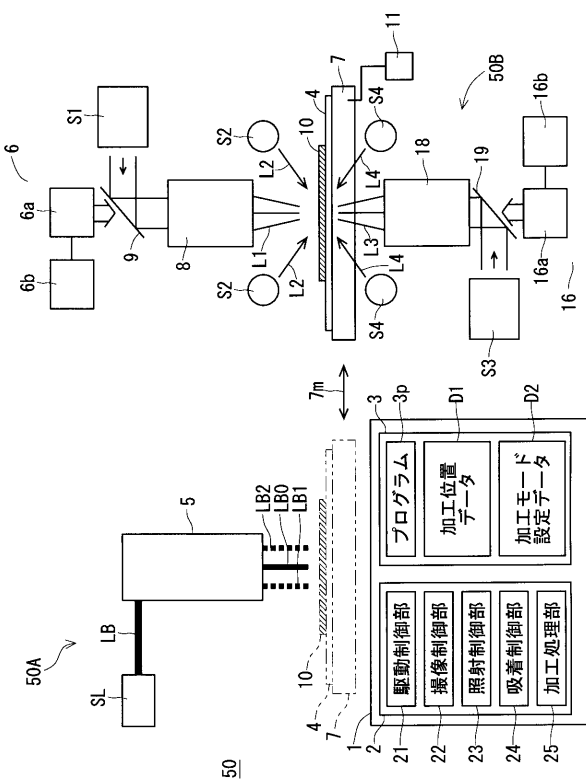
【 図 4 】



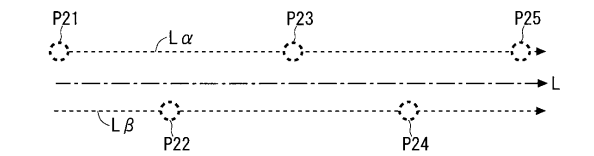
【 図 7 】



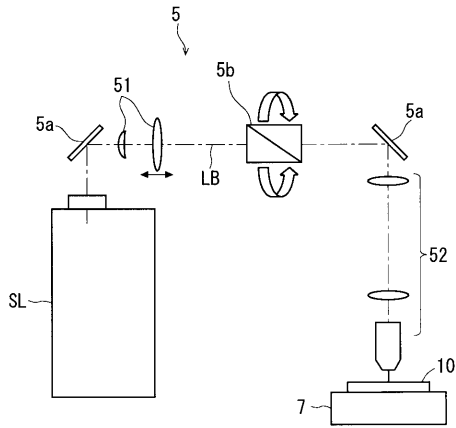
【 図 9 】



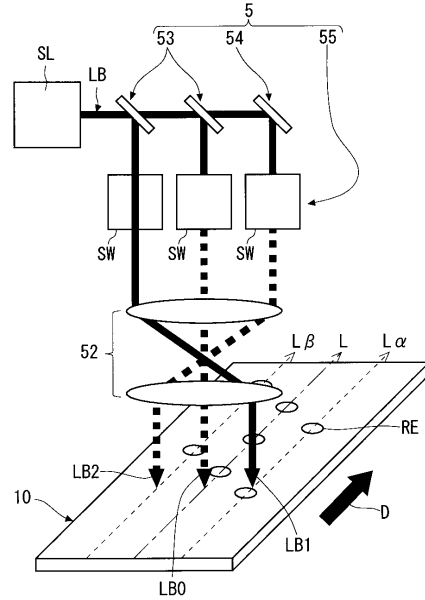
【 図 8 】



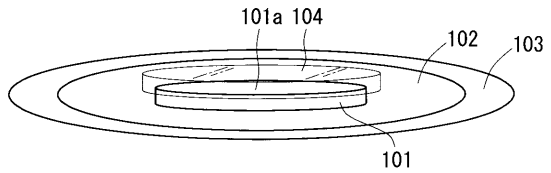
【図10】



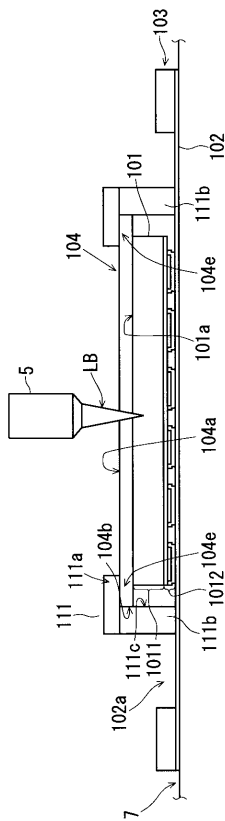
【図11】



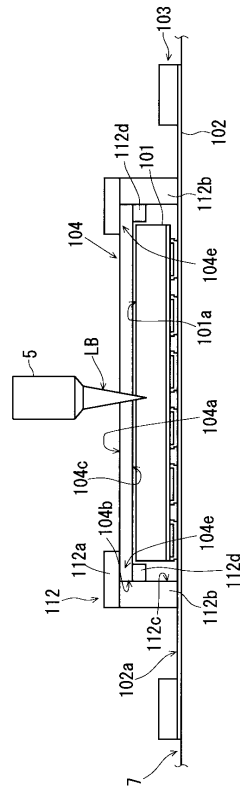
【図12】



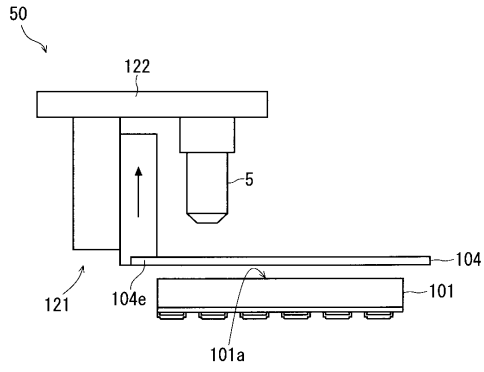
【図13】



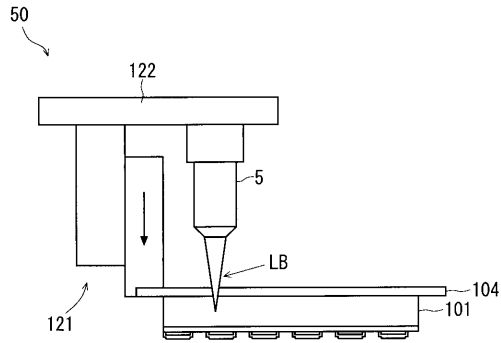
【図14】



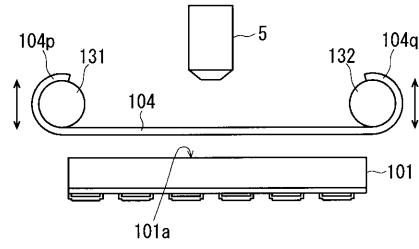
【図15】



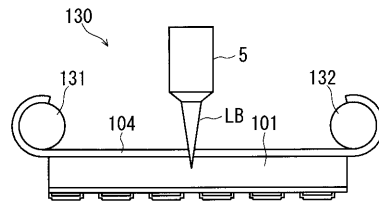
【図16】



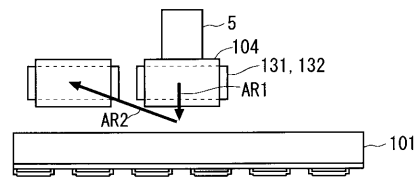
【図17】



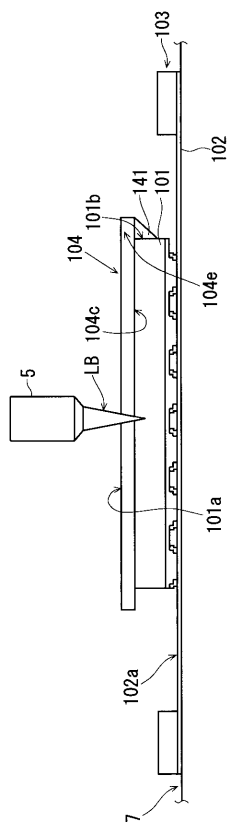
【図18】



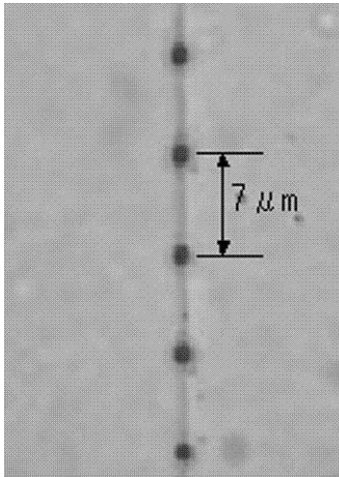
【図19】



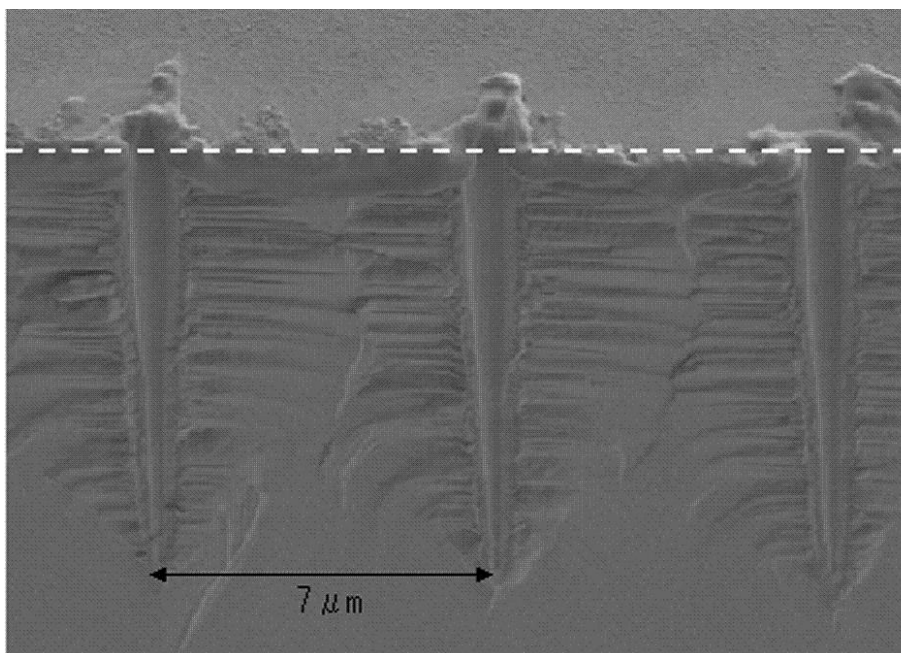
【図20】



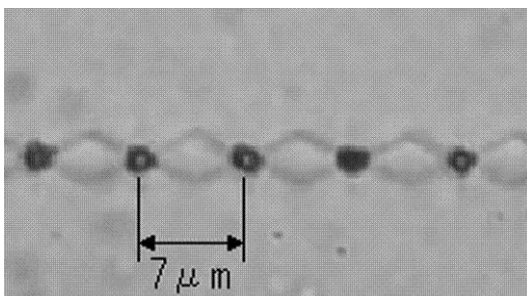
【 図 2 】



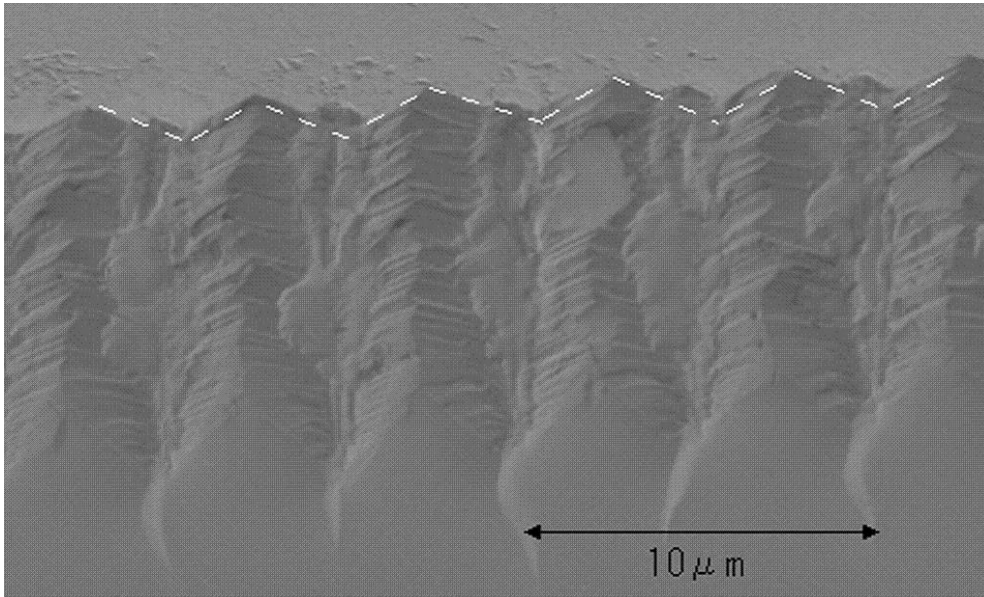
【 図 3 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
C 0 4 B 41/91 (2006.01) H 0 1 L 21/78 T
C 0 4 B 41/91 E

(72)発明者 菅田 充
大阪府吹田市南金田2丁目12番12号 三星ダイヤモンド工業株式会社内

審査官 福島 和幸

(56)参考文献 国際公開第2005/102638(WO,A1)
特開昭61-283486(JP,A)
特開2009-214182(JP,A)
特開平07-100670(JP,A)
特開2010-082645(JP,A)
特開2008-006492(JP,A)
特開2007-284310(JP,A)
特開2006-150499(JP,A)
特開2001-259867(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
B 2 3 K 2 6 / 3 8
B 2 3 K 2 6 / 1 0
B 2 3 K 2 6 / 4 0
B 2 8 D 5 / 0 0