

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-104875

(P2017-104875A)

(43) 公開日 平成29年6月15日(2017.6.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B 2 3 K 26/00 (2014.01)</b>	B 2 3 K 26/00 M	4 E 1 6 8
<b>B 2 3 K 26/082 (2014.01)</b>	B 2 3 K 26/082	
<b>B 2 3 K 26/38 (2014.01)</b>	B 2 3 K 26/38 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2015-239147 (P2015-239147)	(71) 出願人	000006747 株式会社リコー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(22) 出願日	平成27年12月8日 (2015.12.8)	(74) 代理人	100134832 弁理士 瀧野 文雄
		(74) 代理人	100060690 弁理士 瀧野 秀雄
		(72) 発明者	遠藤 弘之 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
		(72) 発明者	工藤 譲 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
		Fターム(参考)	4E168 AD07 CB04 CB08 DA32 DA45 EA15 EA16 JA25 KA17

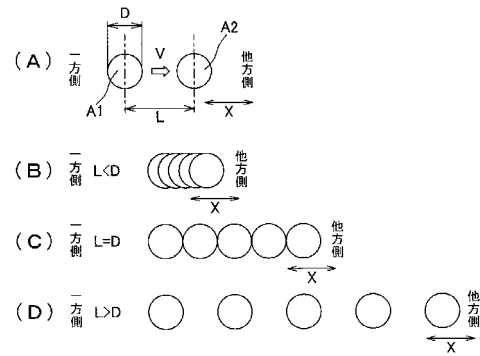
(54) 【発明の名称】 レーザー加工装置及びレーザー加工方法

(57) 【要約】

【課題】レーザービームの照射による対象物への熱影響を効果的に低減することができるレーザー加工装置を提供する。

【解決手段】ワークWに対してレーザー走査を複数回実行し、照射痕をワークWの加工ラインLN全体に亘って形成する。各レーザー走査において、レーザービームの走査速度Vをレーザービームの発振周波数Fと照射直径Dとの積以上とし、照射痕同士が重ならないようにすることで、レーザービームによるワークWへの熱影響を効果的に低減することができる。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

パルス幅が 1 ナノ秒以下のレーザービームを対象物に照射して該対象物を加工するレーザー加工装置であって、

前記レーザービームを発生させる発生手段と、

前記対象物に対して前記レーザービームを走査する走査手段と、

前記走査手段を制御する制御手段と、を備え、

前記制御手段は、前記レーザービームの走査速度を当該レーザービームの発振周波数と照射直径との積以上とし、前記レーザービームによる照射痕が前記対象物における所定の加工ラインの全体に亘って形成されるように、前記加工ラインに沿って前記レーザービームを走査させるレーザー走査を、前記走査手段に複数回実行させることを特徴とするレーザー加工装置。

10

**【請求項 2】**

複数回の前記レーザー走査のそれぞれにおける最初の前記照射痕の中心が、直前の前記レーザー走査における最初の前記照射痕の中心に対し、前記照射直径よりも小さい距離だけ前記加工ラインに沿ってずれていくように前記レーザービームを照射することを特徴とする請求項 1 に記載のレーザー加工装置。

**【請求項 3】**

前記走査手段は、可動式の反射ミラーを有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のレーザー加工装置。

20

**【請求項 4】**

前記反射ミラーは、ポリゴンミラー又はガルバノミラーであることを特徴とする請求項 3 に記載のレーザー加工装置。

**【請求項 5】**

前記走査手段は、前記対象物を移動させるステージを有することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のレーザー加工装置。

**【請求項 6】**

パルス幅が 1 ナノ秒以下のレーザービームを対象物に照射して該対象物を加工するレーザー加工方法であって、

前記レーザービームを発生させ、

前記対象物に対して前記レーザービームを走査し、

前記レーザービームの走査速度を当該レーザービームの発振周波数と照射直径との積以上とし、前記レーザービームによる照射痕が前記対象物における所定の加工ラインの全体に亘って形成されるように、前記加工ラインに沿って前記レーザービームを複数回走査することを特徴とするレーザー加工方法。

30

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、レーザー加工装置及びレーザー加工方法に関する。

**【背景技術】**

40

**【0002】**

従来、金属や樹脂を対象物としてレーザーを照射することにより、対象物に切断等の加工を施す装置や方法が知られている。

**【0003】**

このようなレーザー加工装置として、パルス状のレーザービームをワーク（対象物）に対して走査するものが提案されている（例えば、特許文献 1）。特許文献 1 に記載されたレーザー加工装置では、光を等速で角移動させながら放射することにより、レーザービームを等速で移動させるように構成されている。

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】**

50

## 【 0 0 0 4 】

このようにレーザー照射によって対象物を加工すると、対象物がレーザービームによって加熱され、熱による影響を受けてしまうことがあった。例えば対象物が金属である場合には熱によって酸化してしまったり、樹脂である場合には黒色化してしまったり、さらに対象物が薄板である場合には変形が生じてしまったりすることがあった。そこで、レーザービームのパルス幅を小さくする（例えばピコ秒やフェムト秒とする）ことにより、熱影響を低減する対応が考えられる。しかしながら、例えば高い加工速度が要求される場合や、加工に必要なエネルギーが大きい場合には、熱影響が大きくなりやすく、熱影響のさらなる低減が望まれていた。

## 【 0 0 0 5 】

本発明の目的は、レーザービームの照射による対象物への熱影響を効果的に低減することができるレーザー加工装置を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 6 】

請求項 1 に係る発明は、上記課題を解決するために、パルス幅が 1 ナノ秒以下のレーザービームを対象物に照射して該対象物を加工するレーザー加工装置であって、前記レーザービームを発生させる発生手段と、前記対象物に対して前記レーザービームを走査する走査手段と、前記走査手段を制御する制御手段と、を備え、前記制御手段は、前記レーザービームの走査速度を当該レーザービームの発振周波数と照射直径との積以上とし、前記レーザービームによる照射痕が前記対象物における所定の加工ラインの全体に亘って形成されるように、前記加工ラインに沿って前記レーザービームを走査させるレーザー走査を、前記走査手段に複数回実行させることを特徴とするレーザー加工装置である。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 0 7 】

本発明のレーザー加工装置によれば、レーザービームの走査速度を発振周波数と照射直径との積以上とすることで、レーザービームの照射による対象物への熱影響を効果的に低減することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 0 8 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係るレーザー加工装置の概略構成図である。

【図 2】前記レーザー加工装置によって対象物に形成された照射痕を模式的に示す平面図である。

【図 3】前記照射痕の例を模式的に示す平面図である。

【図 4】本発明の第 2 実施形態に係るレーザー加工装置の概略構成図である。

【図 5】本発明の第 3 実施形態に係るレーザー加工装置の概略構成図である。

【図 6】本発明の実施例 3 ~ 7 及び比較例 4、5 における熱影響層幅と走査速度との関係を示すグラフである。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 0 9 】

以下、本発明の各実施形態を図面に基づいて説明する。尚、第 2、3 実施形態においては、第 1 実施形態で説明する構成部材と同じ構成部材及び同様な機能を有する構成部材には、第 1 実施形態と同じ符号を付すとともに説明を省略する。

## 【 0 0 1 0 】

## [ 第 1 実施形態 ]

以下、本発明の第 1 実施形態を図面に基づいて説明する。本実施形態のレーザー加工装置 1 A は、レーザービームを対象物としてのワーク W に照射してワーク W を加工するものであって、図 1 に示すように、発生手段としてのレーザー発振器 2 と、走査手段 3 A と、制御手段と、を備える。本実施形態において、ワーク W は平面状の被加工面を有し、被加工面に沿う方向を X 方向及び Y 方向とし、被加工面に略直交する方向を Z 方向とする。

## 【 0 0 1 1 】

本実施形態のレーザー加工装置 1 A は、例えば、後述するような直線状の加工ラインに沿ってワーク W にレーザービームを照射することにより、この加工ラインに沿ってワーク W を切断するために用いられる。

【 0 0 1 2 】

レーザー発振器 2 は、パルス幅が 1 ナノ秒以下のレーザービームを発生させるように構成され、X 方向を出射方向としてレーザービームを出射する。レーザービームのパルス幅や波長、出力、ビーム径は、ワーク W の材質や形状、加工の種類等に応じて適宜に設定されればよい。また、レーザー発振器 2 は、固体レーザーやガスレーザー等であればよく、誘導放出のための媒質は適宜なものであればよい。

【 0 0 1 3 】

走査手段 3 A は、ポリゴンミラー（可動式の反射ミラー）3 1 と、f レンズ 3 2 と、ステージ 3 3 と、を備え、ワーク W に対してレーザービームを走査するように構成されている。

【 0 0 1 4 】

ポリゴンミラー 3 1 は、レーザー発振器 2 と X 方向に対向するとともにステージ 3 3 と Z 方向に対向する位置に設けられ、複数の反射面 3 1 A ~ 3 1 F を有し、Y 方向に沿った回転軸を中心に回転するように構成されている。即ち、レーザー発振器 2 によって X 方向を進行方向として出射されたレーザービームは、ポリゴンミラー 3 1 によって等角度運動するように反射され、ステージ 3 3 に向かって進行する。

【 0 0 1 5 】

f レンズ 3 2 は、ポリゴンミラー 3 1 とステージ 3 3 との間に設けられ、回転するポリゴンミラー 3 1 によって等角度運動するように反射されたレーザービームを等速直線運動に変更する。即ち、レーザー発振器 2 が発生したレーザービームは、X 方向を走査方向としてステージ 3 3 に対して走査される。また、f レンズ 3 2 は、ワーク W に照射される際のレーザービームが適宜な照射直径を有するように集光する。

【 0 0 1 6 】

ステージ 3 3 は、ワーク W を載置可能であるとともに、Y 方向に沿って平行移動可能に構成されている。即ち、レーザー発振器 2 が発生したレーザービームは、ステージ 3 3 上のワーク W に対して走査される。また、ステージ 3 3 を移動させることにより、ワーク W の Y 方向におけるレーザービームの照射位置を調節可能になっている。

【 0 0 1 7 】

尚、走査手段 3 は、レーザー発振器 2 とポリゴンミラー 3 1 との間にビームエキスパンダーを備え、ビームエキスパンダーによって照射直径を調節する構成であってもよい。

【 0 0 1 8 】

制御手段は、例えばレーザー加工装置全体を制御するマイクロコンピュータの CPU（中央演算処理装置）であって、ポリゴンミラー 3 1 の回転を制御するように構成されている。

【 0 0 1 9 】

ここで、制御手段がポリゴンミラー 3 1 を回転させた際のレーザービームの移動について説明する。本実施形態では、ポリゴンミラー 3 1 が図 1 における反時計回りに回転するものとし、反射面 3 1 A ~ 3 1 F がこの順番でレーザービームを反射する。また、レーザー発振器 2 から見てポリゴンミラー 3 1 側（図 1 における左側）を X 方向の一方側とし、その反対側を他方側とする。

【 0 0 2 0 】

まず、ポリゴンミラー 3 1 における最初の反射面 3 1 A の第 1 端部（反射面 3 1 F 側の端部）近傍がレーザー発振器 2 と X 方向において対向する（即ち、第 1 端部近傍においてレーザービームが反射される）場合、反射されたレーザービームは、Z 方向から X 方向一方側に傾斜した方向に進行する。ポリゴンミラー 3 1 を回転させ、反射面 3 1 A におけるレーザービームの反射位置が第 2 端部（反射面 3 1 B 側の端部）側に移動すると、レーザービームの進行方向の Z 方向に対する傾斜が小さくなっていき、ワーク W における照射位

10

20

30

40

50

置が X 方向他方側に移動していく。

【 0 0 2 1 】

ポリゴンミラー 3 1 の回転を続けると、レーザービームが Z 方向から X 方向他方側に傾斜した方向に進行するようになり、ワーク W における照射位置がさらに X 方向他方側に移動する。さらにポリゴンミラー 3 1 を回転させると、反射面 3 1 A の第 2 端部近傍においてレーザービームが反射された後、次の反射面 3 1 B の第 3 端部（反射面 3 1 A 側の端部）近傍においてレーザービームが反射されるようになり、ワーク W における照射位置が再び X 方向一方側に戻る。

【 0 0 2 2 】

上記のようにポリゴンミラー 3 1 を回転させることにより、X 方向一方側から他方側に向かう方向を走査方向として、ワーク W に対するレーザービームの走査（レーザー走査）が複数回実行される。このとき、ポリゴンミラー 3 1 の回転速度とレーザービームの照射位置の移動速度とが比例関係を有する。レーザービームの照射位置の移動速度を、以下では単に「レーザービームの走査速度」と呼ぶ。

10

【 0 0 2 3 】

ここで、ワーク W におけるレーザービームの照射位置の詳細について説明する。レーザー発振器 2 はパルスレーザーを発生させる、即ち、間欠的にレーザービームを発生させるものであり、図 2 ( A ) に示すように、1 のパルスによる照射痕 A 1 に対し、次のパルスの照射痕 A 2 は X 方向他方側に位置する。このとき、レーザービームの走査速度を V とし、レーザー発振器 2 によるレーザービームの発振周波数を F とすると、隣り合う 2 つの照射痕 A 1、A 2 の照射中心間の距離 L は、 $L = V / F$  で表される。

20

【 0 0 2 4 】

距離 L がレーザービームの照射直径 D よりも小さい場合の照射痕の様子を図 2 ( B ) に示し、距離 L が照射直径 D と等しい場合の照射痕の様子を図 2 ( C ) に示し、距離 L が照射直径 D よりも大きい場合の照射痕の様子を図 ( D ) に示す。尚、図 2 ( B ) ~ ( D ) のそれぞれにおいて、走査速度 V は略一定であるものとする。

30

【 0 0 2 5 】

尚、本実施形態において、レーザー発振器 2 が発生するパルスレーザーの直径（光学的な直径）をビーム径とする。ビーム径は、例えばレーザービームの強度が、ガウシアンビームとして得られる空間的なパルス形状（ビームプロファイル）のピーク強度値の  $1 / e^2$  以上の強度を有する範囲を意味する。また、1 パルスのレーザービームの照射によってワークに形成される加工痕を照射痕とし、照射痕の直径（実際に照射された直径）を照射直径 D とする。

【 0 0 2 6 】

距離 L が照射直径 D よりも小さい（走査速度 V が発振周波数 F と照射直径 D との積よりも小さい）場合、図 2 ( B ) に示すように、隣り合う照射痕同士が互いに重なる。即ち、1 のパルスによって照射痕が形成された直後に、この照射痕に重なるように次のパルスによって新たな照射痕が形成される。

【 0 0 2 7 】

距離 L が照射直径 D と等しい（走査速度 V が発振周波数 F と照射直径 D との積に等しい）場合、図 2 ( C ) に示すように、隣り合う照射痕の端部同士が互いに接する。また、距離 L が照射直径 D よりも大きい（走査速度 V が発振周波数 F と照射直径 D との積よりも大きい）場合、図 2 ( D ) に示すように、隣り合う照射痕同士は互いに離隔して形成される。即ち、距離 L が照射直径 D 以上であれば、隣り合う照射痕同士が重ならない。

40

【 0 0 2 8 】

本実施形態においては、距離 L が照射直径 D 以上となるように、制御手段がポリゴンミラー 3 1 を制御する。即ち、ポリゴンミラー 3 1 の回転速度が所定値以上となるようにする。以下、X 方向に沿った加工ライン L N に沿ってワーク W にレーザービームを照射する場合の具体的な方法（レーザー加工方法）について、図 3 に基づいて説明する。

【 0 0 2 9 】

50

まず、距離  $L$  が照射直径  $D$  と等しくなるようにして 10 回のレーザー走査を繰り返した際の照射痕を図 3 (A) に示し、このときの各レーザー走査による照射痕を図 3 (B) に示す。

【0030】

このような例では、各レーザー走査における照射痕は、図 2 (C) と同様に互いに重ならず、端部同士が接する。また、1 回目のレーザー走査における最初の照射痕の中心 (照射中心) に対し、2 回目のレーザー走査における最初の照射中心は、照射直径  $D$  よりも小さいずれ量  $X1$  だけ  $X$  方向他方側に (加工ライン  $LN$  に沿って) ずれている。3 回目以降のレーザー走査においても同様に、 $n+1$  回目の最初の照射中心が、 $n$  回目の最初の照射中心に対して一定のずれ量  $X1$  だけ  $X$  方向他方側にずれている。

10

【0031】

また、走査速度  $V$  が略一定であることから、 $n+1$  回目の 2 つ目以降の照射中心も、 $n$  回目の対応する照射中心に対してずれ量  $X1$  だけ  $X$  方向他方側にずれている。このようにレーザー走査を繰り返すことにより、各レーザー走査においては照射痕同士が重ならず、且つ、連続するレーザー走査における対応する照射痕同士が重なり、加工ライン  $LN$  全体に亘って照射痕が形成される。

【0032】

距離  $L$  が照射直径  $D$  よりも大きくなるようにして 4 回のレーザー走査を繰り返した際の照射痕を図 3 (C) に示し、このときの各レーザー走査による照射痕を図 3 (D) に示す。

20

【0033】

次に、このような例では、各レーザー走査における照射痕は、図 2 (D) と同様に互いに離隔している。また、1 回目のレーザー走査における最初の照射中心に対し、2 回目のレーザー走査における最初の照射中心は、照射直径  $D$  よりも小さいずれ量  $X2$  だけ  $X$  方向他方側に (加工ライン  $LN$  に沿って) ずれている。3 回目以降のレーザー走査においても同様に、 $m+1$  回目の最初の照射中心が、 $m$  回目の最初の照射中心に対して一定のずれ量  $X2$  だけ  $X$  方向他方側にずれている。

【0034】

また、走査速度  $V$  が略一定であることから、 $m+1$  回目の 2 つ目以降の照射中心も、 $m$  回目の対応する照射中心に対してずれ量  $X2$  だけ  $X$  方向他方側にずれている。このようにレーザー走査を繰り返すことにより、各レーザー走査においては照射痕同士が重ならず、且つ、連続するレーザー走査における対応する照射痕同士が重なり、加工ライン  $LN$  全体に亘って照射痕が形成される。

30

【0035】

このように、各レーザー走査における照射中心を、直前のレーザー走査における対応する照射中心に対してずらすためには、ポリゴンミラー 31 の各反射面 31A ~ 31F が径方向に対して異なる傾斜角度を有するようによればよい。また、レーザービームを反射する反射面が切り替わる際にポリゴンミラー 31 の回転速度を調節することにより、照射中心をずらしてもよい。

【0036】

このような本実施形態によれば、以下のような効果がある。即ち、各レーザー走査において、レーザービームの走査速度  $V$  をレーザービームの発振周波数  $F$  と照射直径  $D$  との積以上とし、照射痕同士が重ならないようにすることで、レーザービームによるワーク  $W$  への熱影響を効果的に低減することができる。

40

【0037】

さらに、各レーザー走査における照射中心が、直前のレーザー走査において対応する照射中心に対し、照射直径  $D$  よりも小さいずれ量だけ加工ライン  $LN$  に沿ってずれるようにレーザービームを照射している。これにより、対応する照射痕同士を重ねることができ、適宜な回数 of レーザー走査を実行することで、加工ライン  $LN$  全体に亘って照射痕を形成することができる。

50

## 【 0 0 3 8 】

このように、レーザー走査を複数回実行して加工ライン L N 全体に亘って照射痕を形成することで、ワーク W に対し、加工ライン L N に沿った切断等の加工を施すことができる。

## 【 0 0 3 9 】

## [ 第 2 実施形態 ]

以下、本発明の第 2 実施形態を図面に基づいて説明する。本実施形態のレーザー加工装置 1 B は、図 4 に示すように、レーザー発振器 2 と、走査手段 3 B と、制御手段と、を備える。

## 【 0 0 4 0 】

走査手段 3 B は、可動式の反射ミラーとしての 2 つのガルバノミラー 3 4、3 5 と、f レンズ 3 2 と、ステージ 3 6 と、を備える。

## 【 0 0 4 1 】

ガルバノミラー 3 4 は、レーザー発振器 2 と対向するとともに Z 方向に沿った回動軸を中心に回動するように構成されている。即ち、レーザー発振器 2 によって出射されたレーザービームは、ガルバノミラー 3 4 において反射されることで、XY 平面内で進行方向が変化する。

## 【 0 0 4 2 】

ガルバノミラー 3 5 は、ガルバノミラー 3 4 と対向するとともに X 方向に沿った回動軸を中心に回動するように構成されている。即ち、レーザー発振器 2 によって出射されてガルバノミラー 3 4 によって反射されたレーザービームは、ガルバノミラー 3 5 において反射されることで、ステージ 3 6 に向かって進行する。

## 【 0 0 4 3 】

ガルバノミラー 3 4、3 5 を適宜に回動させることで、ステージ 3 6 のワーク W に対し、XY 平面内の適宜な方向を走査方向としてレーザービームを走査することができるようになっている。

## 【 0 0 4 4 】

ステージ 3 6 は、ワーク W を載置可能であるとともに、三次元的に平行移動可能に構成されている。ガルバノミラー 3 4、3 5 によるレーザービームの走査可能領域を超えてレーザービームを走査する際には、ガルバノミラー 3 4、3 5 を回動させるとともにステージ 3 6 を平行移動させればよい。また、必要に応じてステージ 3 6 を Z 方向に平行移動させてもよい。尚、ステージ 3 6 のみを平行移動させてレーザービームを走査してもよい。

## 【 0 0 4 5 】

本実施形態においても、第 1 実施形態と同様に、レーザー走査を複数回実行して加工ライン L N 全体に亘って照射痕を形成し、各レーザー走査において照射痕同士が重ならないようにする。

## 【 0 0 4 6 】

## [ 第 3 実施形態 ]

以下、本発明の第 3 実施形態を図面に基づいて説明する。本実施形態のレーザー加工装置 1 C は、図 5 に示すように、レーザー発振器 2 と、走査手段 3 C と、制御手段と、を備える。走査手段 3 C は、f レンズ 3 2 と、ステージ 3 6 と、を備える。

## 【 0 0 4 7 】

ステージ 3 6 は、ワーク W を載置可能であるとともに、三次元的に平行移動可能に構成されている。即ち、ステージ 3 6 を XY 平面に沿って平行移動させることで、XY 平面内の所定の方向を走査方向としてレーザービームがワーク W に対して走査されるようになっている。

## 【 0 0 4 8 】

本実施形態においても、第 1 実施形態と同様に、レーザー走査を複数回実行して加工ライン L N 全体に亘って照射痕を形成し、各レーザー走査において照射痕同士が重ならないようにする。

10

20

30

40

50

## 【0049】

ここで、レーザービームを照射してワークWを加工する具体的な条件である実施例及び比較例の加工条件について説明する。各加工条件におけるワークWの材質や寸法、及び、レーザー走査の各種パラメータについて以下に示すが、レーザー走査には上記の第1～第3実施形態のレーザー加工装置1A～1Cのうちいずれを用いてもよい。

## 【0050】

<実施例1、2及び比較例1～3について>

実施例1、2及び比較例1～3の加工条件は、パルスレーザーの照射により、ステンレス鋼で構成されたワークWの表面に直線状の溝を形成するためのものである。各加工条件は、パルス幅が100psであり、レーザービームの波長が1μmであり、発振周波数Fが1MHzであり、平均出力が10Wであり、照射直径Dが30μmであり、レーザー走査の回数が10回であることを共通とする。

10

## 【0051】

レーザービームの走査速度Vは、実施例1では30m/sであり、実施例2では40m/sであり、比較例1では1m/sであり、比較例2では10m/sであり、比較例3では20m/sである。即ち、隣り合う2つの照射痕の照射中心間の距離Lは、実施例1では30μmとなり、実施例2では40μmとなり、比較例1では1μmとなり、比較例2では10μmとなり、比較例3では20μmとなる。

## 【0052】

尚、各レーザー走査における照射中心と、その直前のレーザー走査において対応する照射中心と、のずれ量Xは、照射中心間の距離Lの10分の1とする。即ち、10回のレーザー走査によって加工ライン上に均等に照射痕が形成されるようにする。

20

## 【0053】

以上のような実施例1、2及び比較例3～5の加工条件の主要なパラメータと、加工されたワークWの状態(加工結果)と、について、以下の表1に示す。尚、加工結果の良否は金属の酸化の程度によって判断する。即ち、形成された溝の表面が金属光沢を有していれば加工結果が良好であり、酸化が進んで金属光沢が失われていれば加工結果が不良であると判断する。

## 【0054】

【表1】

	比較例1	比較例2	比較例3	実施例1	実施例2
照射中心間の距離L(μm)	1	10	20	30	40
距離Lと照射直径Dとの関係	L<D	L<D	L<D	L=D	L>D
加工結果	×	×	×	○	○

30

## 【0055】

照射中心間の距離Lが照射直径D以上となる、即ち、各レーザー走査において照射痕同士が重ならない実施例1、2では、加工結果が良好となった。一方、照射中心間の距離Lが照射直径D未満となる、即ち、各レーザー走査において照射痕同士が重なる比較例1～3では、加工結果が不良となった。

40

## 【0056】

<実施例3～7及び比較例4、5について>

実施例3～7及び比較例4、5の加工条件は、パルスレーザーの照射により、ガラス繊維で強化されたエポキシ樹脂(GFRP; Glass Fiber Reinforced Plastic)で構成された厚さ100μmの薄板状のワークWを切断加工するためのものである。各加工条件は、パルス幅が10psであり、レーザービームの波長が344nmであり、発振周波数Fが50kHzであり、平均出力が4Wであり、照射直径Dが7μmであり、レーザー走査の回数が10回であることを共通とする。

## 【0057】

レーザービームの走査速度Vは、実施例3では500mm/sであり、実施例4では6

50

00 mm / s であり、実施例 5 では 1000 mm / s であり、実施例 6 では 1500 mm / s であり、実施例 7 では 3000 mm / s であり、比較例 4 では 100 mm / s であり、比較例 5 では 200 mm / s である。

【0058】

即ち、隣り合う 2 つの照射痕の照射中心間の距離  $L$  は、実施例 3 では  $10\ \mu\text{m}$  となり、実施例 4 では  $12\ \mu\text{m}$  となり、実施例 5 では  $20\ \mu\text{m}$  となり、実施例 6 では  $30\ \mu\text{m}$  となり、実施例 7 では  $60\ \mu\text{m}$  となり、比較例 4 では  $2\ \mu\text{m}$  となり、比較例 5 では  $4\ \mu\text{m}$  となる。従って、実施例 3 ~ 7 では、 $L > D$  となり、比較例 4、5 では  $L < D$  となる。

【0059】

尚、各レーザー走査における照射中心と、その直前のレーザー走査において対応する照射中心と、のずれ量  $X$  は、 $3.5\ \mu\text{m}$  とする。

10

【0060】

以上のような実施例 3 ~ 7 及び比較例 4、5 におけるワーク  $W$  の熱影響層幅と、走査速度  $V$  と、の関係を図 6 に示す。尚、ワーク  $W$  の熱影響層幅とは、レーザービームによって切断加工した際に、切断端面において樹脂が溶融または変色した幅のことを言う。

【0061】

$L > D$  となる（各レーザー走査において照射痕同士が重ならない）実施例 3 ~ 7 では、熱影響層幅が  $40\ \mu\text{m}$  以下となり、良好な結果が得られた。一方、 $L < D$  となる（各レーザー走査において照射痕同士が重なる）比較例 4、5 では、熱影響層幅が  $40\ \mu\text{m}$  よりも大きくなり、不良となった。

20

【0062】

<実施例 8 及び比較例 6 について>

実施例 8 及び比較例 6 の加工条件は、パルスレーザーの照射により、炭素繊維強化プラスチック（CFRP；Carbon Fiber Reinforced Plastic）で構成された厚さ  $150\ \mu\text{m}$  の薄板状のワーク  $W$  を切断加工するためのものである。各加工条件は、パルス幅が  $260\ \text{fs}$  であり、レーザービームの波長が  $1\ \mu\text{m}$  であり、発振周波数  $F$  が  $50\ \text{kHz}$  であり、平均出力が  $4\ \text{W}$  であり、照射直径  $D$  が  $30\ \mu\text{m}$  であり、レーザー走査の回数が 20 回であることを共通とする。

【0063】

レーザービームの走査速度  $V$  は、実施例 8 では  $2000\ \text{mm/s}$  であり、比較例 6 では  $10\ \text{mm/s}$  である。即ち、隣り合う 2 つの照射痕の照射中心間の距離  $L$  は、実施例 8 では  $40\ \mu\text{m}$  となり、比較例 6 では  $0.2\ \mu\text{m}$  となる。従って、実施例 8 では、 $L > D$  となり、比較例 6 では  $L < D$  となる。尚、各レーザー走査における照射中心と、その直前のレーザー走査において対応する照射中心と、のずれ量  $X$  は、 $1\ \mu\text{m}$  とする。

30

【0064】

$L > D$  となる（各レーザー走査において照射痕同士が重ならない）実施例 8 では、ワーク  $W$  の熱影響層幅が  $3\ \mu\text{m}$  となった。即ち、熱影響層幅が  $40\ \mu\text{m}$  以下となり、良好な結果が得られた。一方、 $L < D$  となる（各レーザー走査において照射痕同士が重なる）比較例 6 では、熱影響層幅が  $100\ \mu\text{m}$  となった。即ち、熱影響層幅が  $40\ \mu\text{m}$  よりも大きくなり、不良となった。

40

【0065】

なお、本発明は、前記実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的が達成できる他の構成等を含み、以下に示すような変形等も本発明に含まれる。

【0066】

例えば、前記第 1 実施形態では、各レーザー走査における照射中心が直前のレーザー走査において対応する照射中心に対し、 $X$  方向他方側に一定のずれ量  $X_1$  又は  $\times 2$  だけずれるものとしたが、ずれの様態はこれに限定されない。即ち、ずれ量が一定でなくてもよいし、 $X$  方向一方側にずれるようにしてもよいし、 $X$  方向一方側へのずれと他方側へのずれとが混在していてもよい。

【0067】

50

また、実施例 1 ~ 8 において、レーザービームについての種々のパラメータについて例示したが、これらのパラメータは、ワーク W の種類や加工の種類に応じて適宜に設定されればよく、走査速度 V が発振周波数 F と照射直径 D との積以上となるようにすればよい。

【 0 0 6 8 】

その他、本発明を実施するための最良の構成、方法などは、以上の記載で開示されているが、本発明は、これに限定されるものではない。すなわち、本発明は、主に特定の実施形態に関して特に図示され、且つ、説明されているが、本発明の技術的思想および目的の範囲から逸脱することなく、以上述べた実施形態に対し、当業者が様々な変形を加えることができるものである。

【 0 0 6 9 】

従って、上記に開示した形状、材質などを限定した記載は、本発明の理解を容易にするために例示的に記載したものであり、本発明を限定するものではない。それらの形状、材質などの限定の一部、もしくは全部の限定を外した部材の名称での記載は、本発明に含まれるものである。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 0 】

- 1 A ~ 1 C レーザー加工装置
- 2 レーザー発振器（発生手段）
- 3 走査手段
- 3 1 ポリゴンミラー（反射ミラー）
- 3 3、3 6 ステージ
- 3 4、3 5 ガルバノミラー（反射ミラー）
- W ワーク（対象物）
- L N 加工ライン

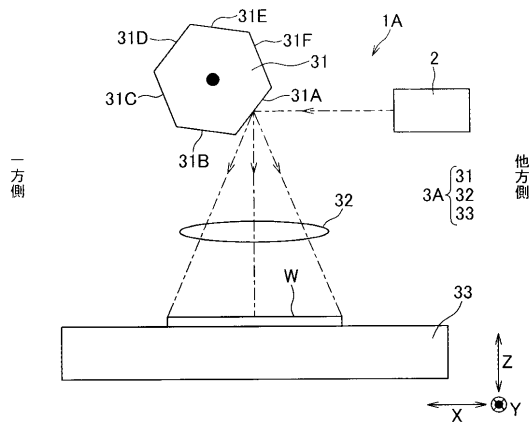
【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

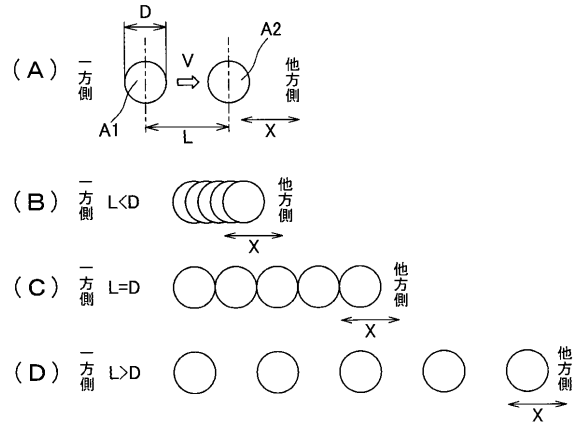
【 0 0 7 1 】

【 特許文献 1 】 国際公開第 2 0 1 2 / 1 2 0 8 9 2 号

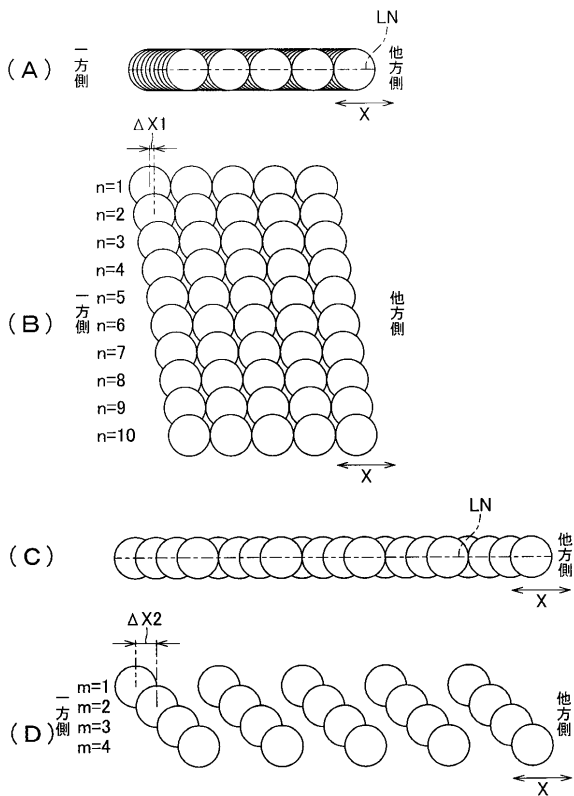
【 図 1 】



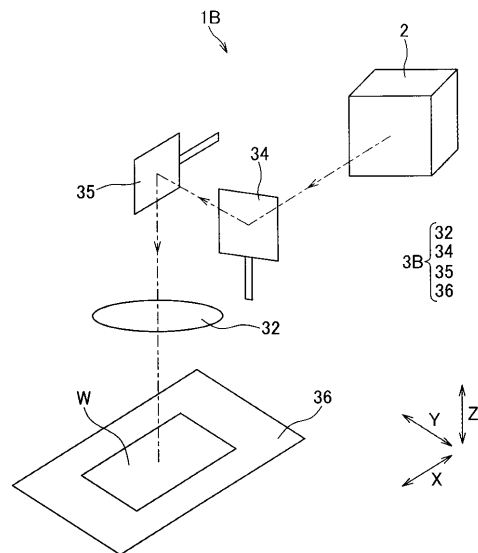
【 図 2 】



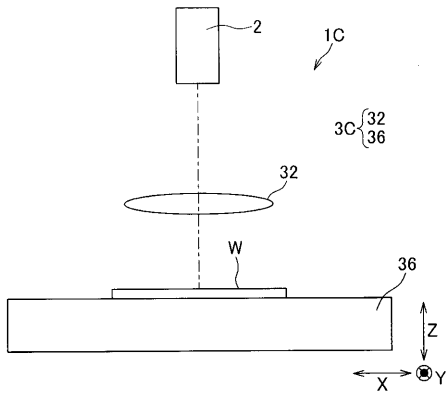
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

