(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 8 月 10 日(10.08.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/134964 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 26/382 (2014.01) *B23K 26/08* (2014.01)
B23K 26/00 (2014.01) *B23K 26/38* (2014.01)
B23K 26/064 (2014.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/088688

(22) 国際出願日: 2016 年 12 月 26 日(26.12.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-020458 2016 年 2 月 5 日(05.02.2016) JP

(71) 出願人: 村田機械株式会社 (MURATA MACHINERY, LTD.) [JP/JP]; 〒6018326 京都府京都市南区吉祥院南落合町３番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 松本 圭太 (MATSUMOTO, Keita); 〒4848502 愛知県犬山市大字橋爪字中島２番地村田機械株式会社犬山事業所内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 西 和哉, 外 (NISHI, Kazuya et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋３－９－７ 東池袋織本ビル６Ｆ Tokyo (JP).

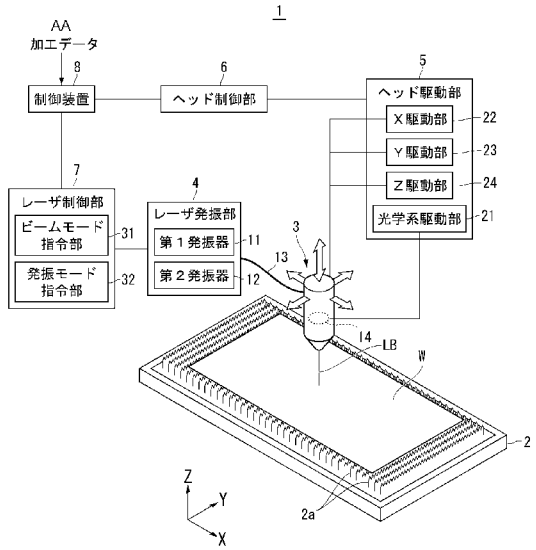
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) **Title**: LASER PROCESSING MACHINE AND LASER PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称 : レーザ加工機およびレーザ加工方法



4 Laser oscillating unit
5 Head driving unit
6 Head control unit
7 Laser control unit
8 Control device
11 First oscillator
12 Second oscillator
21 Optical system driving unit
22 X driving unit
23 Y driving unit
24 Z driving unit
31 Beam mode commanding unit
32 Oscillation mode commanding unit
AA Processed data

(57) **Abstract**: [Problem] To suppress the generation of processing defects in cutting with a laser beam. [Solution] This laser processing machine is provided with: a laser oscillating unit (4) which generates a laser beam (LB1) emitted to a first area (AR1) of a workpiece (W) and a laser beam (LB2) emitted to a second area (AR2) of the workpiece around the first area; and a control unit (7) which changes, on the basis of the board thickness of the workpiece, the output of the laser beam emitted to the first area and the output of the laser beam emitted to the second area in a period in which a pierce hole is formed in the workpiece and a period in which the workpiece is cut.

(57) 要約: 【課題】レーザ光による切断加工において加工不良の発生を抑制する。 【解決手段】レーザ加工機は、ワーク（Ｗ）の第１領域（ＡＲ１）に照射されるレーザ光（ＬＢ１）、及びワークのうち第１領域の周囲の第２領域（ＡＲ２）に照射されるレーザ光（ＬＢ２）を発生するレーザ発振部（４）と、第１領域に照射されるレーザ光の出力および第２領域に照射されるレーザ光の出力を、ワークの板厚に基づいて、ワークにピアス穴を形成する期間とワークを切断する期間とで変化させる制御部（７）と、を備える。

WO 2017/134964 A1

MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： レーザ加工機およびレーザ加工方法

技術分野

[0001] 本発明は、レーザ加工機およびレーザ加工方法に関する。

背景技術

[0002] レーザ加工機は、ワークを切断することに利用されている（例えば、下記の特許文献１参照）。レーザ加工機によってワークを切断する場合、ワークにピアス穴を形成した後に、ワークとレーザヘッドとを相対移動させながらピアス穴を起点としてワークを切断する。切断加工の対象となるワークは、例えば、薄板の場合もあれば、中厚板の場合もあるし、厚板の場合もある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１４－１８８００号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述のようにレーザ光によって切断加工を行う場合、ワークの板厚によっては加工品質あるいは加工速度が低下することがある。例えば、レーザ光の出力（強度）を薄板に合わせて設定すると、厚板を切断する場合に、アシストガスがワークの下面側へ効率よく流れないこと等により切断面が揺らいでしまうことで加工品質が低下し、また切断速度が低下する。また、レーザ光の出力を厚板に合わせて設定すると、薄板にピアス穴を形成する際にスパッタ（溶融物）のワーク表面への付着が増加することで、加工品質が低下する。

[0005] 本発明は、上述の事情に鑑み、ワークの板厚に応じたレーザ光に制御して、最適な加工品質、加工速度を実現することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明のレーザ加工機は、ワークの第１領域に照射されるレーザ光、及び

ワークのうち第１領域の周囲の第２領域に照射されるレーザ光を発生するレーザ発振部と、第１領域に照射されるレーザ光の出力および第２領域に照射されるレーザ光の出力を、ワークの板厚に基づいて、ワークにピアス穴を形成する期間とワークを切断する期間とで変化させる制御部と、を備える。

[0007] 本発明のレーザ加工方法は、ワークの第１領域に照射されるレーザ光を発生することと、ワークのうち第１領域の周囲の第２領域に照射されるレーザ光を発生することと、第１領域に照射されるレーザ光の出力および第２領域に照射されるレーザ光の出力を、ワークの板厚に基づいて、ワークにピアス穴を形成する期間とワークを切断する期間とで変化させることと、を含む。

[0008] また、制御部は、第１の板厚のワークにピアス穴を形成する期間に第２領域に照射されるレーザ光の出力と比較して、第１の板厚よりも厚い第２の板厚のワークにピアス穴を形成する期間に第２領域に照射されるレーザ光の出力を増加させてもよい。また、制御部は、ワークにピアス穴を形成する期間内で第２領域に照射されるレーザ光の出力を増加させてもよい。また、制御部は、第１領域に照射されるレーザ光の出力を、ワークを切断する期間においてワークにピアス穴を形成する期間よりも減少させてもよい。また、制御部は、ワークを切断する際の切断幅に対してピアス穴の径が同寸法以上になるように、ワークに照射されるレーザ光のビーム径を調整してもよい。また、レーザ照射部は、第１領域に照射されるレーザ光を発生する第１発振器と、第２領域に照射されるレーザ光を発生する第２発振器と、を備え、制御部は、第１発振器の出力および第２発振器の出力を制御してもよい。また、第１発振器は、光ファイバのうち内側の内層にレーザ光を供給し、第２発振器は、光ファイバのうち内層の外側の外層にレーザ光を供給してもよい。また、制御部は、ワークに対する加工条件を定めた加工データに基づいて、第１領域に照射されるレーザ光の出力および第２領域に照射されるレーザ光の出力を制御してもよい。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、ワークの第１領域に照射されるレーザ光の出力と、第２

領域に照射されるレーザ光の出力とを、ワークの板厚に基づいて、ピアス穴を形成する期間とワークを切断する期間とで変化させるので、レーザ光の強度分布をピアス穴の形成に適した分布とワークの切断に適した分布とに切り替えることができ、板厚、材質に適したレーザ光に制御して、最適な加工品質、加工速度を実現することができる。

[0010] また、制御部は、第１の板厚のワークにピアス穴を形成する期間に第２領域に照射されるレーザ光の出力と比較して、第１の板厚よりも厚い第２の板厚のワークにピアス穴を形成する期間に第２領域に照射されるレーザ光の出力を増加させる場合、例えば、第１の板厚のワークを加工する際に溶融物の飛散を抑制することができ、第２の板厚のワークを加工する際にアシストガスをワークの下面側へ効率よく流すことができるので、最適な加工品質、加工速度を実現することができる。また、制御部は、ワークにピアス穴を形成する期間内で第２領域に照射されるレーザ光の出力を増加させる場合、第１領域の外側の第２領域に照射されるレーザ光の出力が増加するので、ピアス穴の径を次第に広げるようにピアス穴を形成することができ、ピアス穴を最適な加工品質で形成することができる。また、制御部は、第１領域に照射されるレーザ光の出力を、ワークを切断する期間においてワークにピアス穴を形成する期間よりも減少させる場合、例えば、第１領域に照射されるレーザ光による溶融物が外側に広がることを抑制することができ、切断線を最適な加工品質で形成することができる。また、制御部は、ワークを切断する際の切断幅に対してピアス穴の径が同寸法以上になるように、ワークに照射されるレーザ光のビーム径を調整する場合、ワークの切断を開始する際の溶融物の飛散を抑制することなどができ、最適な加工品質、加工速度を実現することができる。また、レーザ照射部は、第１領域に照射されるレーザ光を発生する第１発振器と、第２領域に照射されるレーザ光を発生する第２発振器と、を備え、制御部は、第１発振器の出力および第２発振器の出力を制御する場合、第１領域と第２領域とで別の発振器を用いるので、レーザ光の出力を第１領域と第２領域とで独立して制御することが容易になる。また、第１発

振器は、光ファイバのうち内側の内層にレーザ光を供給し、第２発振器は、光ファイバのうち内層の外側の外層にレーザ光を供給する場合、光ファイバの内層を介して第１領域に照射されるレーザ光の出力と、光ファイバの外層を介して第２領域に照射されるレーザ光の出力とを簡易な構成で調整することができる。また、制御部は、ワークに対する加工条件を定めた加工データに基づいて、第１領域に照射されるレーザ光の出力および第２領域に照射されるレーザ光の出力を制御する場合、例えば、第１領域に照射されるレーザ光の出力および第２領域に照射されるレーザ光の出力を自動的に制御することができ、生産性が高くなる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施形態に係るレーザ加工機を示す概念図である。

[図2]実施形態に係るレーザ加工機における光路、照射領域を示す概念図である。

[図3]レーザ加工機のビームモードを示す説明図である。

[図4]薄板用の加工モード、厚板用の加工モードの動作説明図である。

[図5]パルス発振を用いる際の発振器の動作を示す説明図である。

[図6]実施形態に係るレーザ加工方法を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、図面を参照しながら実施形態について説明する。以下の各図において、ＸＹＺ座標系を用いて図中の方向を説明する。このＸＹＺ座標系においては、鉛直方向をＺ方向とし、水平方向をＸ方向、Ｙ方向とする。

[0013] 図１は、実施形態に係るレーザ加工機を示す概念図である。レーザ加工機１は、板状のワークＷに対してレーザ光ＬＢを照射し、ワークＷを切断することができる。レーザ加工機１は、ワークＷを切断する際に、まずピアス穴（貫通孔）を形成し、ピアス穴を起点としてワークＷを切断する。レーザ加工機１は、加工パレット２、加工ヘッド３、レーザ発振部４、ヘッド駆動部５、ヘッド制御部６、レーザ制御部７、及び制御装置８を備える。

[0014] 加工パレット２は、例えば、矩形板状の基台上に複数の支持プレート２ａ

が起立した状態で形成されている。複数の支持プレート２ａは、Ｘ方向に並んで配置され、それぞれの上端が鋸歯状である。ワークＷは、複数の支持プレート２ａ上に載置され、水平面（ＸＹ平面）に沿って支持される。加工パレット２は、不図示の駆動装置によって例えばＸ方向に移動可能である。

[0015] 加工パレット２は、例えば、レーザ加工を行う加工領域（加工ヘッド３の可動範囲）から離れた位置で未加工のワークＷが載置される、加工パレット２は、ワークＷを載置したまま移動することにより加工領域にワークＷを搬入する。加工ヘッド３によるレーザ加工は、加工パレット２に載置された状態のワークＷに対して行われる。レーザ加工後のワークＷは、加工パレット２に載置されたまま、加工パレット２の移動により加工領域から搬出される。なお、上記した加工パレット２は一例であって、他の形態であってもよい。例えば、鋸歯状の支持プレートに代えて、上端が波形の支持プレートでもよく、また、複数のピンが加工パレット２の基台上に形成され、これらピンの上端でワークＷを支持してもよい。

[0016] レーザ発振部４は、例えばファイバレーザなどであり、レーザ光ＬＢを発生する。レーザ発振部４は、第１発振器１１および第２発振器１２を備える。レーザ発振部４からのレーザ光ＬＢは、光ファイバ１３を介して加工ヘッド３に導入される。加工ヘッド３は、加工パレット２に載置されたワークＷの上方（Ｚ方向）に配置可能である。加工ヘッド３は、レーザ発振部４からのレーザ光ＬＢをワークＷ上に集光する光学系１４を内部に有し、光学系１４を介してレーザ光ＬＢをワークＷに向けて照射する。

[0017] 図２は、実施形態に係るレーザ加工機におけるレーザ光の光路、及び照射領域を示す概念図である。図２（Ａ）には、光ファイバ１３からワークＷまでの光路を示した。また、図２（Ｂ）には、レーザ発振部４からワークＷまでの光路を直線的に展開して概念的に示した。光学系１４は、光ファイバ１３からワークＷに向かう順に、レンズ１４ａ、折り曲げミラー１５、レンズ１４ｂ、及び保護ガラス１６を備える。光ファイバ１３から出射したレーザ光ＬＢは、レンズ１４ａでコリメートされた後、折り曲げミラー１５で反射

して光路が折れ曲がり、レンズ１４ｂによって集光された後に保護ガラス１６を通ってワークＷに照射される。

[0018] 図２（Ｂ）に示すように、第１発振器１１および第２発振器１２は、それぞれ、レーザ光を発生する。第１発振器１１が発生するレーザ光ＬＢ１と、第２発振器１２が発生するレーザ光ＬＢ２とは、同じ波長であるが、異なる波長でもよい。図２（Ａ）に示したレーザ光ＬＢは、図２（Ｂ）のレーザ光ＬＢ１およびレーザ光ＬＢ２の一方のレーザ光または双方を含むレーザ光である。

[0019] 光ファイバ１３は、レーザ光が伝搬する層を２以上含む多層構造である。光ファイバ１３は、円柱状の内層１３ａと、内層１３ａの外周を覆う中間層１３ｂと、中間層１３ｂの外周を覆う円環状の外層１３ｃとを有する。中間層１３ｂは、内層１３ａとの界面でレーザ光ＬＢ１が反射し、外層１３ｃとの界面でレーザ光ＬＢ２が反射するドープ層である。第１発振器１１からのレーザ光ＬＢ１は、内層１３ａに導入（供給）され、内層１３ａと中間層１３ｂとの界面で繰り返し反射しながら、加工ヘッド３（図１参照）へ導かれる。第２発振器１２からのレーザ光ＬＢ２は、外層１３ｃに導入（供給）され、外層１３ｃと中間層１３ｂとの界面および外層１３ｃの外周面で繰り返しながら、加工ヘッド３へ導かれる。

[0020] 光ファイバ１３から射出されたレーザ光ＬＢ１、レーザ光ＬＢ２は、それぞれ、光学系１４に入射する。光学系１４のレンズ１４ａは、コリメータであり、レーザ光ＬＢ１、レーザ光ＬＢ２をそれぞれ平行化する。光学系１４のレンズ１４ｂは、コンデンサであり、レンズ１４ａからのレーザ光ＬＢ１、レーザ光ＬＢ２をそれぞれワークＷ上に集光する。

[0021] 図２（Ｃ）は、ワークＷ上におけるレーザ光の照射領域ＡＲを示す図である。照射領域ＡＲは、ワークＷの第１領域（以下、内側領域ＡＲ１という）と、ワークのうち第１領域の周囲の第２領域（以下、外側領域ＡＲ２という）とを含む。内側領域ＡＲ１は、例えば、照射領域ＡＲの中心部に配置される円状の領域である。外側領域ＡＲ２は、内側領域ＡＲ１の周囲に配置され

る円環状の領域である。内側領域ＡＲ１は、光ファイバ１３の内層１３ａに対応する領域である。第１発振器１１からのレーザ光ＬＢ１は、光ファイバ１３の内層１３ａを通って、内側領域ＡＲ１に照射される。外側領域ＡＲ２は、光ファイバ１３の外層１３ｃに対応する領域である。第２発振器１２からのレーザ光ＬＢ２は、光ファイバ１３の外層１３ｃを通って、外側領域ＡＲ２に照射される。

[0022] 光学系駆動部２１は、光学系１４のフォーカス位置を調整可能である。例えば、光学系駆動部２１は、光学系１４に含まれるレンズの少なくとも一部を、光学系１４の光軸ＡＸと平行な方向に移動させ、フォーカス位置を調整する。図２（Ｂ）に示す内側領域ＡＲ１の直径Ｄ１および外側領域ＡＲ２の直径Ｄ２は、それぞれ、ワークWが光学系１４のフォーカス位置から離れるほど、大きくなる。ワークW上のレーザ光（図１のレーザ光ＬＢ）のスポットサイズは、第１発振器１１と第２発振器１２とのうち第１発振器１１のみからレーザ光ＬＢ１が照射される場合、直径Ｄ１で表される。この場合、ピアス穴の直径、及び切断加工時の切断幅は、直径Ｄ１に応じた値になる。また、ワークW上のレーザ光のスポットサイズは、第２発振器１２からレーザ光ＬＢ２が照射される場合、直径Ｄ２で表される。この場合、ピアス穴の直径、及び切断加工時の切断幅は、直径Ｄ２に応じた値になる。光学系駆動部２１は、光学系１４のフォーカス位置を変更することで、ワークW上のレーザ光のスポットサイズを変化させることができる。すなわち、光学系駆動部２１は、ピアス穴の直径、切断幅を調整可能である。なお、ピアス穴の直径、切断幅は、第１発振器１１からレーザ光ＬＢ１を照射し、かつ第２発振器１２からレーザ光ＬＢ２を照射しない状態と、第２発振器１２からレーザ光ＬＢ２を照射する状態とで切り替えることもできる。

[0023] 図１の説明に戻り、ヘッド駆動部５は、光学系駆動部２１、Ｘ駆動部２２、Ｙ駆動部２３、及びＺ駆動部２４、を備える。Ｘ駆動部２２、Ｙ駆動部２３、Ｚ駆動部２４、及び光学系駆動部２１は、それぞれアクチュエータを含む。Ｘ駆動部２２は、ワークWに対して加工ヘッド３をＸ方向に移動させる

。Ｙ駆動部２３は、ワークＷに対して加工ヘッド３をＹ方向に移動させる。Ｚ駆動部２４は、ワークＷに対して加工ヘッド３をＺ方向に移動させる。ヘッド駆動部５は、ワークＷにピアス穴を形成する際に、Ｘ駆動部２２、Ｙ駆動部２３、及びＺ駆動部２４によってワークＷに対して加工ヘッド３を位置決めする。また、ヘッド駆動部５は、ワークＷを切断する際に、Ｘ駆動部２２およびＹ駆動部２３によって、加工ヘッド３をワークＷに対して相対的に移動させる。

[0024] ヘッド制御部６は、制御装置８からの指令に基づいて、ヘッド駆動部５を制御する。例えば、ヘッド制御部６は、加工ヘッド３の目標位置および目標速度をヘッド駆動部５に供給する。ヘッド駆動部５のＸ駆動部２２、Ｙ駆動部２３、及びＺ駆動部２４は、加工ヘッドの位置、速度がそれぞれ目標位置、目標速度に近づくように、加工ヘッド３を移動させる。また、ヘッド制御部６は、光学系１４のフォーカス位置の目標値をヘッド駆動部５に供給する。ヘッド駆動部５の光学系駆動部２１は、光学系１４のフォーカス位置が目標値に近づくように、光学系１４に含まれるレンズを移動させる。

[0025] レーザ制御部７は、レーザ発振部４を制御する。レーザ制御部７は、ビームモード指令部３１および発振モード司令部３２を備える。レーザ加工機１は、ワークＷに照射されるレーザ光の強度分布が異なる複数のビームモード（後に図３に示す）を備え、ビームモード指令部３１は、複数のビームモードを切替可能である。

[0026] ビームモード指令部３１は、例えば、ビームモードを指定する指令として、第１発振器１１の出力（レーザ光ＬＢ１の強度）の目標値と、第２発振器１２の出力（レーザ光ＬＢ２の強度）の目標値とをレーザ発振部４に供給する。レーザ発振部４は、第１発振器１１の出力がビームモード指令部３１から供給された目標値に近づくように、第１発振器１１をレーザ発振させる（駆動する）。同様に、レーザ発振部４は、第２発振器１２の出力がビームモード指令部３１から供給された目標値に近づくように、第２発振器１２をレーザ発振させる（駆動する）。このように、ビームモード指令部３１は、各

発振器の出力の目標値を調整することによって、ワークＷに照射されるレーザ光ＬＢの強度分布を調整可能である。

[0027] 発振モード司令部３２は、第１発振器１１の発振方式および第２発振器１２の発振方式をそれぞれ制御する。第１発振器１１および第２発振器１２は、それぞれ、発振方式をパルス発振および連続発振（ＣＷ）から選択可能であり、発振モード司令部３２は、パルス発振および連続発振のいずれを選択するかを示す発振モード指令を、レーザ発振部４に供給する。レーザ発振部４は、第１発振器１１および第２発振器１２を、発振モード指令に指定された発振方式で発振させる。なお、第１発振器１１の発振方式および第２発振器１２は、パルス発振と連続発振の一方のみが可能でもよい。この場合、発振モード司令部３２は、省略可能である。

[0028] 制御装置８は、外部から供給される加工データに基づいて、レーザ加工機１の各部を包括的に制御する。加工データは、例えば、加工条件を定めたＮＣデータである。加工条件は、ワークＷの材質、板厚、切断線の位置、各工程の内容などである。加工データには、各工程の内容（切断線の始点、終点、切断速度）が工程順に並んでいる。制御装置８は、加工データに基づいて、ヘッド制御部６およびレーザ制御部７のそれぞれに指令を供給する。レーザ制御部７の発振モード司令部３２は、制御装置８からの指令に基づいて、レーザ発振部４の発振方式を設定する。

[0029] また、レーザ制御部７のビームモード指令部３１は、制御装置８からの指令に基づいて、ビームモード（第１発振器１１の出力および第２発振器１２の出力）を、ワークＷの板厚に基づいて設定する。すなわち、レーザ制御部７のビームモード指令部３１は、ワークＷに対する加工条件を定めた加工データに基づいて、第１発振器１１の出力および第２発振器１２の出力を制御する。ビームモード指令部３１は、ワークＷにピアス穴を形成する期間（ピアス加工）と、ワークＷを切断する期間（切断加工）とでビームモードを変化させる。

[0030] 図３は、複数のビームモードを示す説明図である。ここでは、複数のビー

ムモードとして、モードＡ、モードＢ、モードＣ、モードＤ、及びモードＥの５つのモードが設けられる例を説明する。図３には、内側領域ＡＲ１および外側領域ＡＲ２におけるレーザ光の出力（強度）の空間的な分布を示した。図３の縦軸は、レーザ光の出力の最大出力に対する比率である。ＰＷ０は、例えば０％（オフ状態）であり、ＰＷ３は、例えば１００％（最大出力）である。また、ＰＷ１、ＰＷ２は、それぞれ、ＰＷ０よりも大きくＰＷ３よりも小さい出力（第１中間出力、第２中間出力）である。ＰＷ２は、ＰＷ１よりも大きく、例えば、ＰＷ１が２５％であり、ＰＷ２が５０％である。

[0031] モードＡにおいて、内側領域ＡＲ１におけるレーザ光の出力はＰＷ３であり、外側領域ＡＲ２におけるレーザ光の出力はＰＷ０である。モードＢは、モードＡに比べて、外側領域ＡＲ２のレーザ光の出力を大きくしたモードである。モードＢにおいて、内側領域ＡＲ１におけるレーザ光の出力はＰＷ３であり、外側領域ＡＲ２におけるレーザ光の出力はＰＷ３である。モードＣは、モードＢに比べて、内側領域ＡＲ１のレーザ光の出力を小さくしたモードである。モードＣにおいて、内側領域ＡＲ１におけるレーザ光の出力がＰＷ２であり、外側領域ＡＲ２におけるレーザ光の出力がＰＷ３である。モードＤは、モードＣと比べて、内側領域ＡＲ１のレーザ光の出力をさらに小さくしたモードである。モードＤにおいて、内側領域ＡＲ１におけるレーザ光の出力がＰＷ１であり、外側領域ＡＲ２におけるレーザ光の出力がＰＷ３である。モードＥは、モードＤと比べて、内側領域ＡＲ１のレーザ光の出力をさらに小さくしたモードである。モードＥにおいて、内側領域ＡＲ１におけるレーザ光の出力がＰＷ０であり、外側領域ＡＲ２におけるレーザ光の出力がＰＷ３である。

[0032] 上述の内側領域ＡＲ１におけるレーザ光の出力は第１発振器１１の出力に対応し、外側領域ＡＲ２におけるレーザ光の出力は、第２発振器１２の出力に対応する。ビームモード指令部３１は、ワークＷの板厚に基づいて、第１発振器１１の出力および第２発振器１２の出力を変化させる。ここでは、第１の板厚のワーク（例、薄板）に対する加工モード（薄板用の加工モード）

、及び第１の板厚よりも厚い第２の板厚のワーク（例、厚板）に対する加工モード（厚板用の加工モード）を例に挙げて説明する。例えば、薄板は、板厚が１ｍｍ以上３ｍｍ以下の板材であり、厚板は、板厚が１０ｍｍ以上あるいは１２ｍｍ以上の板材である。

[0033] ビームモード指令部３１は、例えば、加工データに含まれるワークＷの板厚に基づいて、薄板用の加工モードを適用するか、厚板用の加工モードを適用するかを判定する。例えば、ビームモード指令部３１は、加工データに含まれるワークＷの板厚が閾値以上である場合に厚板用の加工モードを適用すると判定し、それ以外の場合に薄板用の加工モードを適用すると判定する。なお、ビームモード指令部３１は、加工データに含まれるワークＷの板厚が閾値以下である場合に薄板用の加工モードを適用すると判定し、それ以外の場合に厚板用の加工モードを適用すると判定してもよい。また、薄板用の加工モードを用いるのか、厚板用の加工モードを用いるのかについては、例えば、オペレータが制御装置８を介して指定してもよい。この場合、ビームモード指令部３１は、いずれの加工モードを用いるのかを判定しなくてもよい。また、レーザ加工機１は、薄板用の加工モードと厚板用の加工モードと以外の加工モードを有してもよく、例えば、極薄板用の加工モードあるいは中厚板用の加工モードを有してもよい。

[0034] 図４（Ａ）は、薄板用の加工モードの説明図であり、図４（Ｂ）は、厚板用の加工モードの説明図である。ここでは、連続発振である場合とし、パルス発振の場合については後に図５で説明する。まず、薄板用の加工モードについて説明する。ヘッド駆動部５は、ヘッド制御部６に制御され、加工データに定められたワークＷ上の切断線の起点の位置（ピアス穴の形成位置）に、加工ヘッド３を位置決めする。ビームモード指令部３１は、図４（Ａ）に示すように、ビームモードをモードＡに設定して、第１発振器１１に出力がＰＷ３のレーザ光ＬＢ１を発生させ、レーザ光ＬＢ１を内側領域ＡＲ１に照射させる。また、ビームモード指令部３１は、第２発振器１２にレーザ発振を行わない状態を維持する。レーザ光ＬＢ１が内側領域ＡＲ１に所定の時間

だけ照射されることで、ワークWにピアス穴が形成される。

[0035] なお、薄板用の加工モードにおいて、ピアス穴の直径は、ワークW上のレーザ光ＬＢ１のスポットサイズに対応する。レーザ光ＬＢ１の照射に先立ち、光学系駆動部２１は、ヘッド制御部６に制御され、光学系１４のフォーカス位置をワークWからずらすこと（デフォーカス）によって、切断幅に対してピアス穴の直径が大きくなるように、ワークW上のレーザ光ＬＢ１のスポットサイズを広げる。

[0036] また、光学系駆動部２１は、ヘッド制御部６に制御され、ピアス穴が形成された後（上記の所定の時間の経過後）に、ワークW上のレーザ光ＬＢ１のスポットサイズを切断幅に合わせるように、光学系１４のフォーカス位置を調整する。ヘッド駆動部５は、光学系１４のフォーカス位置が調整された後に、ワークW上のレーザ光ＬＢ１が切断線に沿って移動するように、加工ヘッド３を移動させる。この際、ビームモード指令部３１は、ビームモードをモードＡに維持しておく。すなわち、薄板用の加工モードを適用する場合、ビームモード指令部３１は、ピアス加工および切断加工のそれぞれにおいて、ビームモードをモードＡに設定する。

[0037] 次に、厚板用の加工モードについて説明する。ヘッド駆動部５は、ピアス穴の形成位置に、加工ヘッド３を位置決めする。ビームモード指令部３１は、図４（Ｂ）に示すように、ビームモードをモードＡに設定して、第１発振器１１に出力がＰＷ３のレーザ光ＬＢ１を発生させ、レーザ光ＬＢ１を内側領域ＡＲ１に照射させる。ビームモード指令部３１は、モードＡで所定の時間だけレーザ光が照射された時点で、ビームモードをモードＢに設定する。すなわち、ビームモード指令部３１は、第２発振器１２に出力がＰＷ３のレーザ光ＬＢ２を発生させ、レーザ光ＬＢ２を外側領域ＡＲ２に照射させる。

[0038] ビームモード指令部３１は、モードＢで所定の時間だけレーザ光が照射された時点で、ビームモードをモードＣに設定する。すなわち、ビームモード指令部３１は、第１発振器１１に出力をＰＷ２に変更し、出力がＰＷ２のレーザ光ＬＢ２を外側領域ＡＲ２に照射させる。ビームモード指令部３１は、

モードＣで所定の時間だけレーザ光が照射された時点で、ビームモードをモードＤに設定する。すなわち、ビームモード指令部３１は、第１発振器１１に出力をＰＷ１に変更し、出力がＰＷ１のレーザ光ＬＢ２を外側領域ＡＲ２に照射させる。以上のようなモードＡからモードＤでレーザ光が照射されることにより、ピアス穴が形成される。

[0039] 図４（Ａ）および図４（Ｂ）を比較すると分かるように、第２発振器１２の出力は、第１の板厚のワーク（例、薄板）にピアス穴を形成する期間においてＰＷ０に設定されるのに対し、第１の板厚よりも厚い第２の板厚のワーク（例、厚板）にピアス穴を形成する期間においてＰＷ３に設定される。このように、制御部（ビームモード指令部３１）は、薄板にピアス穴を形成する期間における第２発振器１２の出力と比較して、厚板にピアス穴を形成する期間における第２発振器１２の出力を増加させる。

[0040] また、図４（Ｂ）に示すように、第１発振器１１の出力は、モードＡおよびモードＢにおいてＰＷ３に設定されるのに対して、モードＢよりの後のモードＣおよびモードＤでは、ＰＷ２、ＰＷ１と順に減少するように設定される。このように、制御部（ビームモード指令部３１）は、ワークWにピアス穴を形成する期間内で第１発振器１１の出力を減少させる。また、第２発振器１２の出力は、モードＡにおいてＰＷ０に設定されるのに対し、モードＢからモードＤではＰＷ３に設定される。このように、制御部（ビームモード指令部３１）は、ワークWにピアス穴を形成する期間内で第２発振器１２の出力を増加させる。

[0041] なお、厚板用の加工モードにおいて、ピアス穴の直径は、ワークW上のレーザ光ＬＢ２のスポットサイズに対応する。レーザ光ＬＢ２の照射に先立ち、光学系駆動部２１は、ヘッド制御部６に制御され、光学系１４のフォーカス位置をワークWからずらすこと（デフォーカス）によって、切断幅に対してピアス穴の直径が同寸法以上になるように、ワークW上のレーザ光ＬＢ２のスポットサイズを広げる。

[0042] レーザ加工機１は、ピアス穴が形成された後（ピアス加工の終了後）に切

断加工を開始する。光学系駆動部２１は、ヘッド制御部６に制御され、ピアス穴の形成後に、ワークW上のレーザ光ＬＢ２のスポットサイズ（図２の外側領域ＡＲ２の直径）を切断幅に合わせるように、光学系１４のフォーカス位置を調整する。ビームモード指令部３１は、切断加工において、ビームモードをモードＥに設定する。すなわち、ビームモード指令部３１は、第１発振器１１に出力をＰＷ０に変更し、レーザ光ＬＢ２の照射を停止させる。このように、制御部（ビームモード指令部３１）は、第１発振器１１の出力を、ワークWを切断する期間においてワークWにピアス穴を形成する期間よりも減少させる。ヘッド駆動部５は、ビームモードがモードＥに変更された後、ワークW上のレーザ光ＬＢ１が切断線に沿って移動するように、加工ヘッド３を移動させる。

[0043] 次に、レーザ発振部４をパルス発振させる際の動作について説明する。図５は、実施形態に係るレーザ加工機の発振器のパルス発振時の動作を示す説明図である。第１発振器１１および第２発振器は、それぞれ、パルス発振時に予め定められた強度のレーザ光を間欠的に発生する。図５（Ａ）には、各レーザ光の出力（ＰＷ０～ＰＷ３）に対応するレーザ発振のオン、オフのタイミングを示した。ここでは、出力がＰＷ３の場合、連続発振が用いられ、出力がＰＷ１、ＰＷ２の場合、パルス発振が用いられる。

[0044] 出力がＰＷ０に設定される場合、レーザ発振はオフに維持される。出力がＰＷ１に設定される場合、パルス周期Ｔａに対してパルス幅がＴｂ１に設定される。パルス周期Ｔａは、パルスの立ち上がり（レーザ発振が開始する）時点から、次のパルスの立ち上がり時点までの時間である。また、パルス幅Ｔｂ１は、１つのパルスの立ち上がり時点から立ち下り（レーザ発振が終了する）時点までの時間である。レーザ光の単位時間あたりの出力は、パルス周期Ｔａに占めるパルス幅Ｔｂ１の比率（デューティ）と対応する。レーザ光の単位時間あたりの出力は、Ｔｂ１／Ｔａが大きくなるほど、大きい。例えば、ＰＷ１が２５％である場合、Ｔｂ１／Ｔａは０．２５に設定されてもよい。出力がＰＷ２に設定される場合、パルス周期Ｔａに対してパルス幅が

Ｔｂ２に設定される。パルス幅Ｔｂ２は、出力がＰＷ１に設定される場合のパルス幅Ｔｂ１よりも長い。例えば、ＰＷ２が５０％である場合、Ｔｂ１／Ｔａは０．５に設定されてもよい。出力がＰＷ３に設定される場合、発振器を連続発振させ、レーザ発振をオンに維持する。なお、出力がＰＷ３に設定される場合にも、発振器をパルス駆動してもよく、この場合、各出力に対応するパルス幅を適宜調整すればよい。

[0045] 図５（Ｂ）は、各ビームモードにおける第１発振器１１および第２発振器１２の動作を示す図である。モードＡにおいて、第１発振器１１は、連続発振に設定され、第２発振器は、レーザ発振がオフに維持される。モードＢにおいて、第１発振器１１は、連続発振に設定され、第２発振器は、連続発振に設定される。モードＣにおいて、第１発振器１１は、パルス幅がＴｂ２に設定され、第２発振器は、連続発振に設定される。モードＤにおいて、第１発振器１１は、パルス幅がＴｂ１に設定され、第２発振器は、連続発振に設定される。モードＥにおいて、第１発振器１１は、レーザ発振がオフに維持され、第２発振器は、連続発振に設定される。

[0046] 上述のように第１発振器１１および第２発振器１２がパルス発振される場合においても、図４（Ｂ）と同様に、ビームモードを切替ながらピアス加工、切断加工を行うことができる。なお、パルス発振させる場合に、パルス幅を複数のビームモードで一定値とし、パルスの振幅（強度）を変化させることで、レーザ光の出力を変化させてもよい。また、第１発振器１１および第２発振器１２の少なくとも一方は、複数のレーザ光源（例、複数の発振器）を備えてもよく、複数のレーザ光源のうち点灯させるレーザ光源の数を変化させることで、レーザ光の総出力を調整してもよい。例えば、第１発振器１１は、４つのレーザ光源を備え、２つを点灯させ２つを消灯させることで出力を５０％とし、１つを点灯させ３つを消灯させることで出力を２５％にしてもよい。

[0047] なお、本実施形態において、レーザ発振部４は、内側領域ＡＲ１に照射されるレーザ光ＬＢ１を第１発振器１１で発生させ、外側領域ＡＲ２で照射さ

れるレーザ光ＬＢ２を第２発振器１２で発生させており、照射領域ＡＲの領域ごとに担当する発振器を分けた構成であるが、このような構成に限定されない。例えば、レーザ発振器４は、１つの発振器で発生したレーザ光を分岐させ、分岐した一方のレーザ光を光ファイバ１３の内層１３ａに導入し、分岐した他方のレーザ光を光ファイバ１３の外層１３ｃに導入する構成でもよい。レーザ光を分岐させるには、ハーフミラーを用いてもよいし、回折格子などを用いてもよい。また、分岐した片方のレーザ光と、もう片方のレーザ光とで出力を調整するには、例えば、片方のレーザ光をシャッタなどで遮光してもよいし、減光フィルタなどを用いて一方のレーザ光と他方のレーザ光とで光量を調整してもよい。

[0048] 次に、上述のレーザ加工機１の動作に基づき、実施形態に係るレーザ加工方法について説明する。図５は、実施形態に係るレーザ加工方法を示すフローチャートである。ステップＳ１において、制御装置８は、加工条件を取得する。例えば、制御装置８には、加工データが供給され、制御装置８は、加工データに定められた加工条件を取得する。ここでは、ワークＷが厚板である場合について説明する。ステップＳ２において、制御装置８は、アシストガスの噴射を開始させる。ステップＳ３において、ヘッド駆動部５は、ヘッド制御部６に制御されて加工ヘッド３を移動させ、加工ヘッド３をピアス穴の形成位置に対して位置決めする。

[0049] ステップＳ４において、レーザ発振部４は、第１発振器１１の出力および第２発振器１２の出力を定めたビームモード指令を取得する。ステップＳ５において、レーザ発振部４は、第１発振器１１の発振方式および第２発振器の発振方式を定めた発振モード指令を取得する。ビームモード指令は、レーザ制御部７のビームモード指令部３１によって、ワークＷの板厚、及び加工の段階に応じて生成される。

[0050] ステップＳ６において、レーザ発振部４は、第１発振器１１および第２発振器１２のそれぞれの発振条件（出力、発振モード、発振時間）を設定する。そして、レーザ発振部４は、設定した発振条件に従って、第１発振器１１

および第２発振器１２のそれぞれを発振させる。例えば、ピアス加工を開始した際に、レーザ発振部４は、図４（Ｂ）のモードＡで第１発振器１１および第２発振器１２のそれぞれを動作させる。

[0051] レーザ発振部４は、発振条件に定められた発振時間の経過後に、ステップＳ７においてピアス加工が終了したか否かを判定する。レーザ発振部４は、図４（Ｂ）に示したモードＤによる加工が終了していない場合、ピアス加工が終了していないと判定（ステップＳ７；Ｎｏ）し、ステップＳ４に戻り次のビームモード指令を取得する。例えば、ビームモード指令部３１は、モードＡでの加工の次にモードＢのでの加工を行うことを示すビームモード指令を生成し、レーザ発振部４は、このビームモード指令を取得する。以下同様に、レーザ発振部４は、ステップＳ４からステップＳ７の処理を繰り返し行い、モードＡでの加工からモードＤでの加工までを順に行う。

[0052] ステップＳ７において、レーザ発振部４は、図４（Ｂ）に示したモードＤによる加工が終了している場合、ピアス加工が終了した判定（ステップＳ７；Ｎｏ）し、ステップＳ８において、第１発振器１１および第２発振器１２のそれぞれの発振条件を変更する。例えば、レーザ発振部４は、ビームモードを図４（Ｂ）のモードＥに設定し、第１発振器１１からのレーザ発振を停止させる。ステップＳ９において、ヘッド駆動部５は、ヘッド制御部６に制御され、切断線に沿って加工ヘッド３を移動させる。ヘッド制御部６は、加工データに定められた１つの工程（例、１つの切断線の切断）が終了した際に、ステップＳ１０において、切断加工が終了したか否かを判定する。ヘッド制御部６は、制御装置８から指令される次の工程がある場合に、切断加工が終了していないと判定（ステップＳ１０；Ｎｏ）し、ステップＳ９に戻り、次の工程（例、次の切断線の切断）に応じて加工ヘッド３を移動させる。ステップＳ１０において、ヘッド制御部６は、制御装置８から指令される次の工程がない場合に、切断加工が終了したと判定（ステップＳ１０；Ｙｅｓ）し、一連の処理を終了する。なお、レーザ制御部７は、制御装置８から指令に応じて、切断加工の終了時にレーザ光の照射を停止させる。

[0053] なお、図３では複数のビームモードとしてモードＡからモードＥを例示したが、モードＡからモードＤのうち１以上のモードは省略可能である。例えば、上述の実施形態において、ピアス加工を行う際にモードＡからモードＤを順に切り替えることとしたが、モードＡからモードＤのいずれか１つを用いてピアス加工を行ってもよい。また、ＡからモードＤのうち１以上のモードを省略し、２つ以上のモードを用いてピアス加工を行ってもよく、例えば、モードＤを省略し、モードＡからモードＣを順に行ってもよい。また、切断加工を行う際に、内側領域ＡＲ１にレーザ光ＬＢ１を照射してもよく、例えば、モードＥの代わりにモードＤを用いて切断加工を行ってもよい。この場合、レーザ加工機１は、モードＥを備えなくてもよい。また、レーザ加工機１は、モードＡからモードＥのいずれとも違うビームモードを有してもよい。例えば、ピアス加工を開始する際に、上述の実施形態では外側領域ＡＲ２にレーザ光ＬＢ２を照射しないこととしたが、モードＡの代わりに、モードＢよりも出力が小さいモードを設け、レーザ光ＬＢ２を外側領域ＡＲ２に照射してもよい。また、上述の実施形態では、モードＡからモードＥのそれぞれにおいてレーザ光の出力が一定であり、モードＡからモードＥへ切り替えることで、レーザ光の出力を段階的に切り替えることとしたが、レーザ光の出力を連続的に変化させてもよい。例えば、モードＣおよびモードＤの代わりに、レーザ光ＬＢ１の出力がＰＷ３からＰＷ０へ連続的に変化するモードが設けられてもよい。また、ＰＷ１からＰＷ３の出力は、それぞれ、２５％、５０％、１００％であるとして説明したが、０％より大きく１００％以下の任意の値に設定される。

[0054] 上述の実施形態において、レーザ制御部７は、例えばコンピュータシステムを含む。レーザ制御部７は、記憶装置（図示せず）に記憶されているプログラム（制御プログラム）を読み出し、このプログラムに従って各種の処理を実行する。このプログラムは、コンピュータに、ワークＷの内側領域ＡＲ１に照射されるレーザ光ＬＢ１を発生させることと、ワークＷのうち内側領域ＡＲ１の周囲の外側領域ＡＲ２に照射されるレーザ光ＬＢ２を発生させる

ことと、内側領域ＡＲ１に照射されるレーザ光ＬＢ１の出力および外側領域ＡＲ２に照射されるレーザ光ＬＢ２の出力を、ワークＷの板厚に基づいて、ワークＷにピアス穴を形成する期間とワークＷを切断する期間とで変化させることと、を実行させる。このプログラムは、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記録されて提供されてもよい。

[0055] なお、本発明の技術範囲は、上述の実施形態などで説明した態様に限定されない。上述の実施形態などで説明した要件の１つ以上は、省略されることがある。また、上述の実施形態などで説明した要件は、適宜組み合わせることができる。また、法令で許容される限りにおいて、日本特許出願である特願２０１６－０２０４５８、及び本明細書で引用した全ての文献の開示を援用して本文の記載の一部とする。

符号の説明

[0056] １・・・レーザ加工機

７・・・レーザ制御部（制御部）

１１・・・第１発振器

１２・・・第２発振器

１３・・・光ファイバ

１３ａ・・・内層

１３ｃ・・・外層

１４・・・光学系

ＡＲ１・・・内側領域（第１領域）

ＡＲ２・・・外側領域（第２領域）

ＬＢ１、ＬＢ２・・・レーザ光

Ｗ・・・ワーク

請求の範囲

[請求項1] ワークの第１領域に照射されるレーザ光、及び前記ワークのうち前記第１領域の周囲の第２領域に照射されるレーザ光を発生するレーザ発振部と、

前記第１領域に照射されるレーザ光の出力および前記第２領域に照射されるレーザ光の出力を、前記ワークの板厚に基づいて、前記ワークにピアス穴を形成する期間と前記ワークを切断する期間とで変化させる制御部と、を備えるレーザ加工機。

[請求項2] 前記制御部は、第１の板厚の前記ワークにピアス穴を形成する期間に前記第２領域に照射されるレーザ光の出力と比較して、前記第１の板厚よりも厚い第２の板厚の前記ワークにピアス穴を形成する期間に前記前記第２領域に照射されるレーザ光の出力を増加させる、請求項１に記載のレーザ加工機。

[請求項3] 前記制御部は、前記第２の板厚の前記ワークにピアス穴を形成する期間内で前記第２領域に照射されるレーザ光の出力を増加させる、請求項２に記載のレーザ加工機。

[請求項4] 前記制御部は、前記第２の板厚の前記ワークを切断する期間において前記ワークにピアス穴を形成する期間よりも、前記第１領域に照射されるレーザ光の出力を減少させる、請求項２または請求項３に記載のレーザ加工機。

[請求項5] 前記制御部は、前記ワークを切断する際の切断幅に対して前記ピアス穴の径が同寸法以上になるように、前記ワークに照射されるレーザ光のビーム径を調整する、請求項１から請求項４のいずれか一項に記載のレーザ加工機。

[請求項6] 前記レーザ照射部は、

前記第１領域に照射されるレーザ光を発生する第１発振器と、

前記第２領域に照射されるレーザ光を発生する第２発振器と、を備え、

前記制御部は、前記第１発振器の出力および前記第２発振器の出力を制御する、請求項１から請求項５のいずれか一項に記載のレーザ加工機。

[請求項7] 前記第１発振器は、光ファイバのうち内側の内層にレーザ光を供給し、

前記第２発振器は、前記光ファイバのうち前記内層の外側の外層にレーザ光を供給する、請求項６に記載のレーザ加工機。

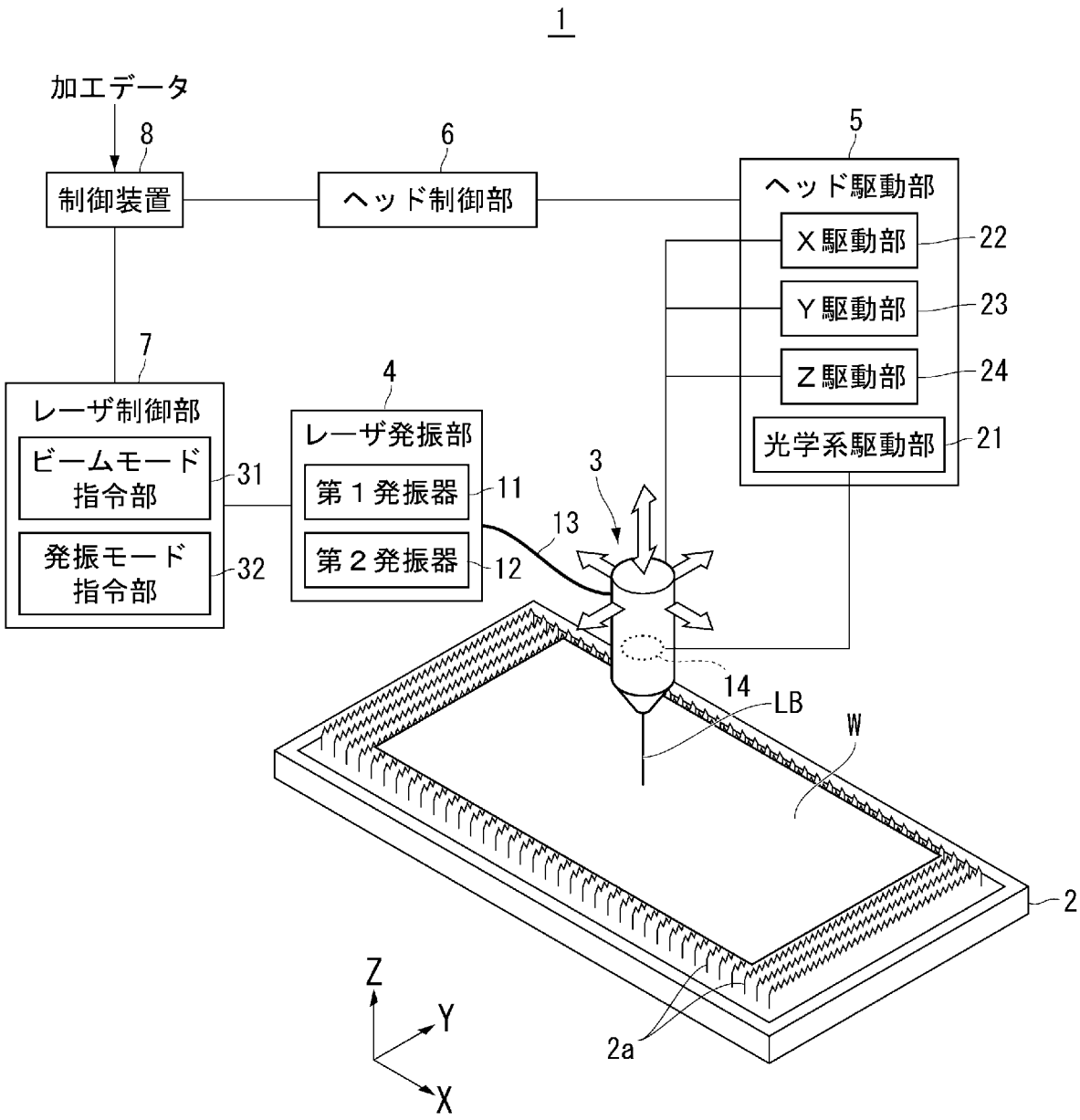
[請求項8] 前記制御部は、前記ワークの板厚を含む加工条件を定めた加工データに基づいて、前記第１領域に照射されるレーザ光の出力および前記第２領域に照射されるレーザ光の出力を決定する、請求項１から請求項６のいずれか一項に記載のレーザ加工機。

[請求項9] ワークの第１領域に照射されるレーザ光を発生することと、

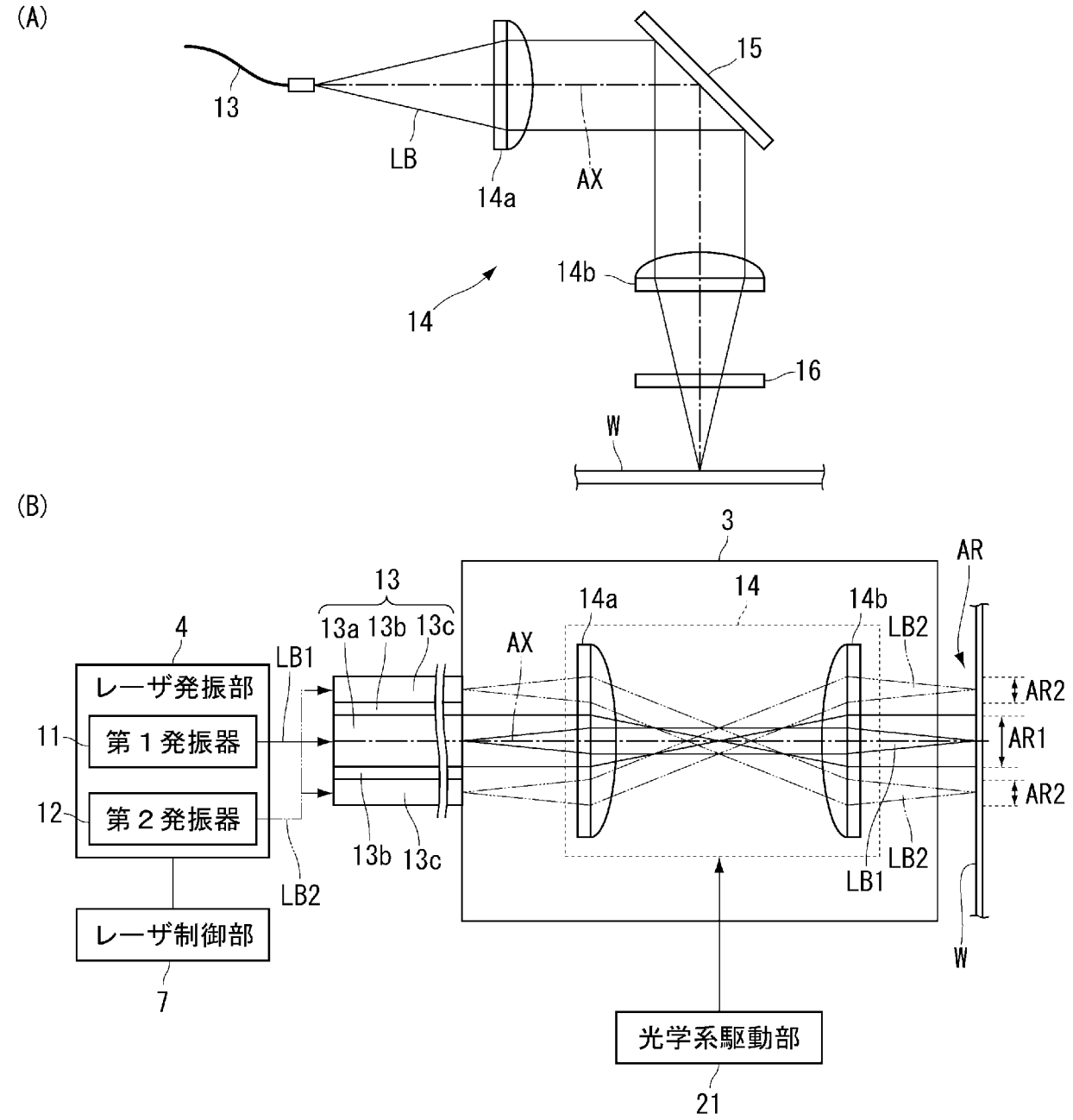
前記ワークのうち前記第１領域の周囲の第２領域に照射されるレーザ光を発生することと、

前記第１領域に照射されるレーザ光の出力および前記第２領域に照射されるレーザ光の出力を、前記ワークの板厚に基づいて、前記ワークにピアス穴を形成する期間と前記ワークを切断する期間とで変化させることと、を含むレーザ加工方法。

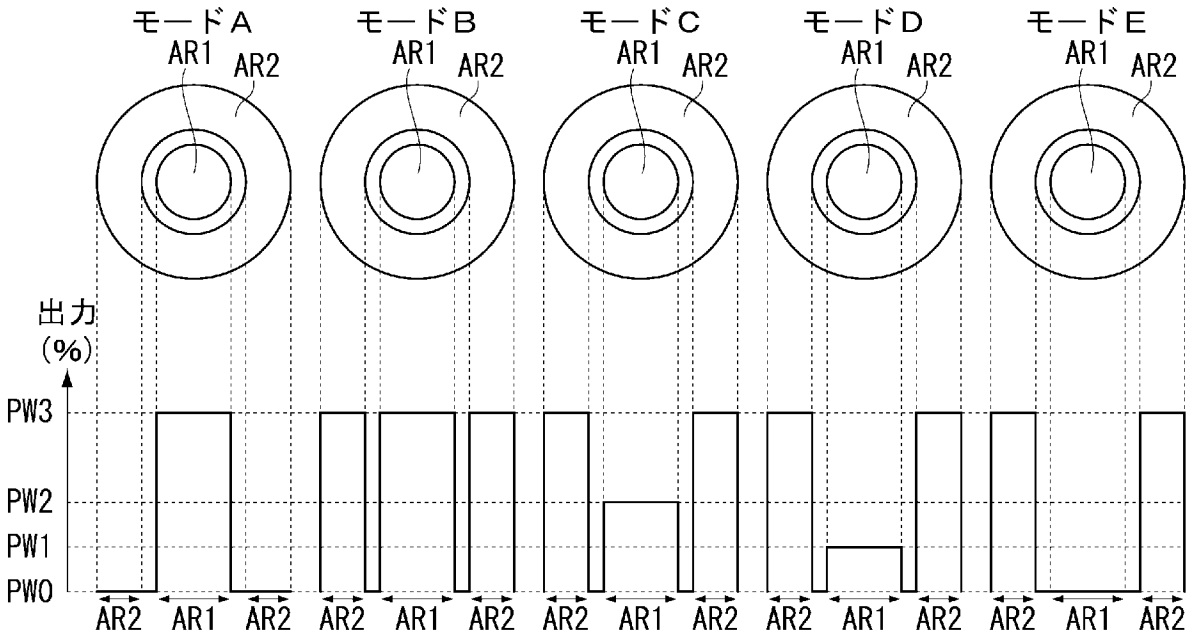
[図1]


1
加工データ
8
制御装置
6
ヘッド制御部
5
ヘッド駆動部
X駆動部
22
Y駆動部
23
Z駆動部
24
光学系駆動部
21
7
レーザ制御部
ビームモード指令部
31
発振モード指令部
32
4
レーザ発振部
第１発振器
11
第２発振器
12
13
3
14
LB
W
2
2a
Z
Y
X

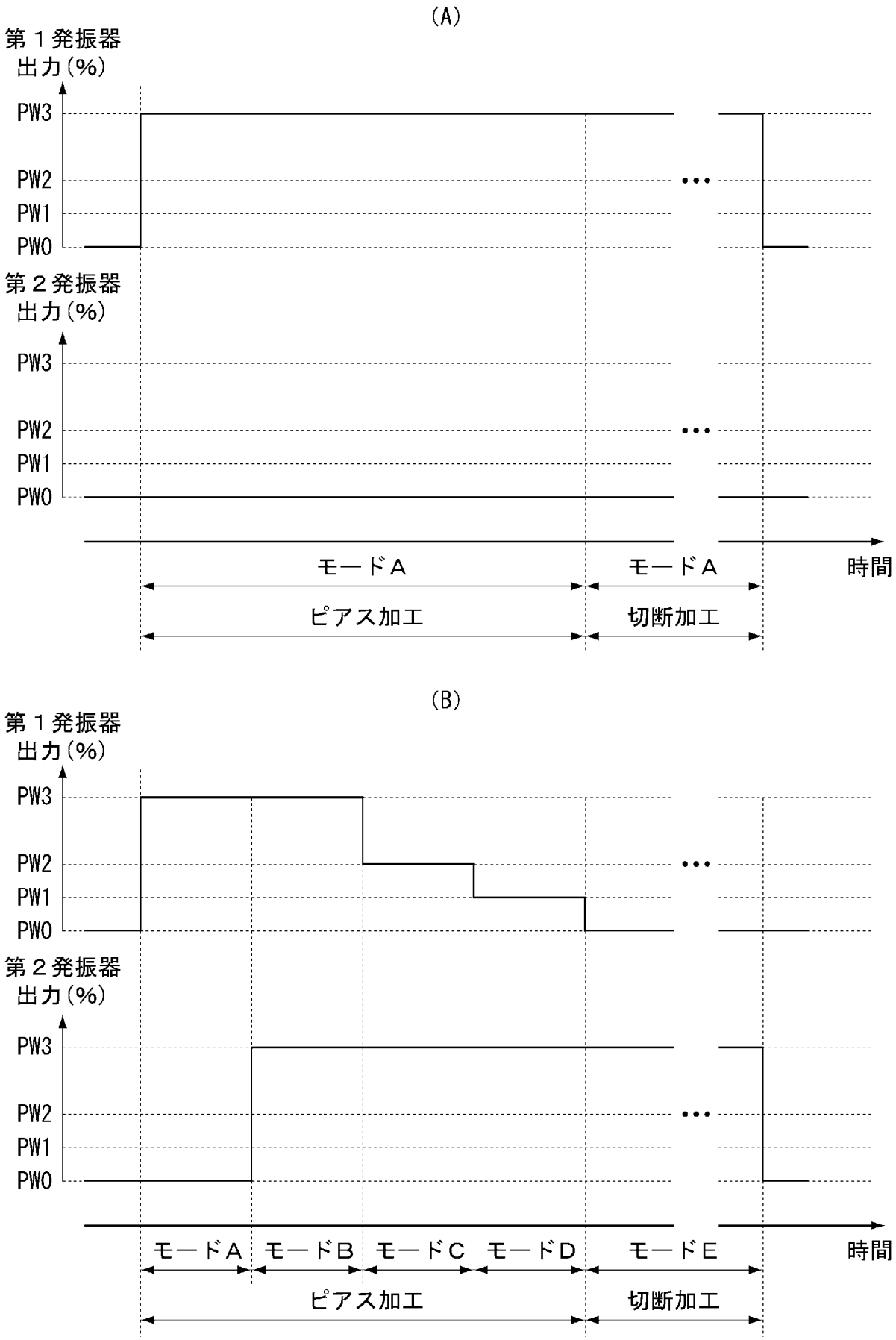
[図2]


(A)
13
LB
14a
AX
15
14
14b
16
W
(B)
3
AR
13
13a 13b 13c
14
14a
14b
LB2
4
AX
LB1
レーザ発振部
11
第１発振器
12
第２発振器
LB2
13b 13c
AR2
AR1
AR2
LB1
LB2
W
レーザ制御部
7
光学系駆動部
21
(C)
D1 D2
AX
AR1
AR2
AR

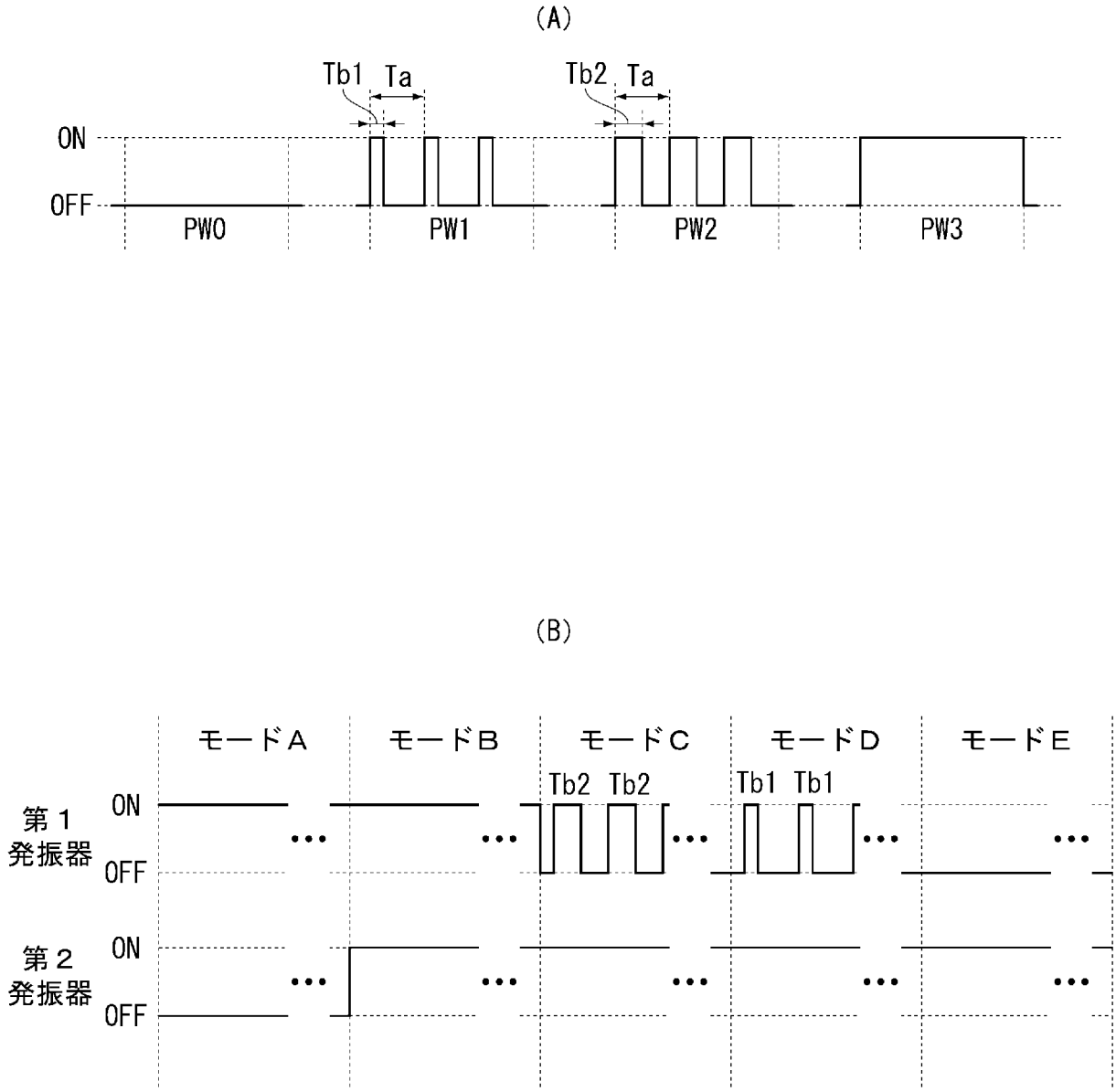
[図3]



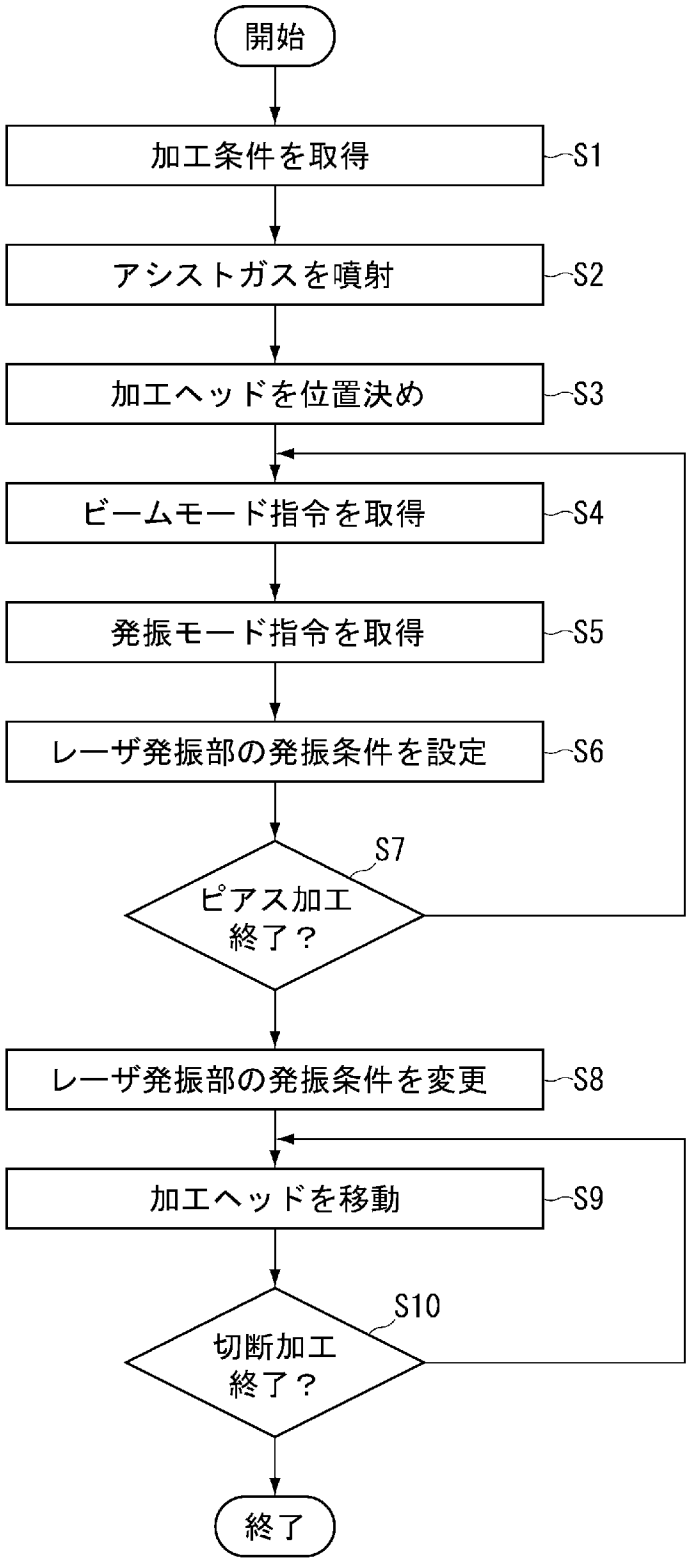
[図4]


(A)
第１発振器
出力(%)
PW3
PW2
PW1
PW0
第２発振器
出力(%)
PW3
PW2
PW1
PW0
モードA
モードA
時間
ピアス加工
切断加工
(B)
第１発振器
出力(%)
PW3
PW2
PW1
PW0
第２発振器
出力(%)
PW3
PW2
PW1
PW0
モードA
モードB
モードC
モードD
モードE
時間
ピアス加工
切断加工

[図5]


(A)
Tb1
Ta
Tb2
Ta
ON
OFF
PW0
PW1
PW2
PW3
(B)
モードA
モードB
モードC
モードD
モードE
Tb2 Tb2
Tb1 Tb1
第１発振器
第２発振器
ON
OFF

[図6]


開始
加工条件を取得
S1
アシストガスを噴射
S2
加工ヘッドを位置決め
S3
ビームモード指令を取得
S4
発振モード指令を取得
S5
レーザ発振部の発振条件を設定
S6
S7
ピアス加工
終了？
レーザ発振部の発振条件を変更
S8
加工ヘッドを移動
S9
S10
切断加工
終了？
終了

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/088688

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23K26/382(2014.01)i, *B23K26/00*(2014.01)i, *B23K26/064*(2014.01)i, *B23K26/08*(2014.01)i, *B23K26/38*(2014.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B23K26/382, B23K26/00, B23K26/064, B23K26/08, B23K26/38

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2017 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 10-314973 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 02 December 1998 (02.12.1998), paragraphs [0001], [0029], [0033], [0037]; fig. 5 to 7 (Family: none)	1-3,6,9 4-8
Y	JP 6-190576 A (Toshiba Corp.), 12 July 1994 (12.07.1994), paragraphs [0001], [0011] to [0012]; fig. 3 (Family: none)	4-8
Y	JP 8-19888 A (Shibuya Kogyo Co., Ltd.), 23 January 1996 (23.01.1996), paragraphs [0001], [0006]; fig. 1 (Family: none)	5-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
06 February 2017 (06.02.17)	14 February 2017 (14.02.17)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/088688

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-180295 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 12 September 2013 (12.09.2013), paragraphs [0020], [0031] to [0032]; fig. 1 to 3 (Family: none)	7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０８８６８８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B23K26/382(2014.01)i, B23K26/00(2014.01)i, B23K26/064(2014.01)i, B23K26/08(2014.01)i, B23K26/38(2014.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B23K26/382, B23K26/00, B23K26/064, B23K26/08, B23K26/38

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y	JP 10-314973 A (川崎重工業株式会社) 1998.12.02, 段落[0001], [0029], [0033], [0037], 図5-7 (ファミリーなし)	1-3,6,9 4-8
Y	JP 6-190576 A (株式会社東芝) 1994.07.12, 段落[0001], [0011]-[0012], 図3 (ファミリーなし)	4-8
Y	JP 8-19888 A (澁谷工業株式会社) 1996.01.23, 段落[0001], [0006], 図1 (ファミリーなし)	5-8

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０６．０２．２０１７	１４．０２．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｐ　６１０１
本庄　亮太郎
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６３

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2013-180295 A（三菱重工業株式会社）2013.09.12, 段落[0020], [0031]-[0032], 図 1-3（ファミリーなし）	7