

(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
2020年3月12日(12.03.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/050320 A1

(51) 国際特許分類:

B23K 26/073 (2006.01) *B23K 26/067* (2006.01)
B23K 26/064 (2014.01) *B23K 26/21* (2014.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/034801

(22) 国際出願日: 2019年9月4日(04.09.2019)

(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 2018-165082 2018年9月4日(04.09.2018) JP

(71) 出願人: 古河電気工業株式会社(**FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 安岡 知道(**YASUOKA, Tomomichi**); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 茅原 崇(**KAYAHARA, Takashi**); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 西井 諒介(**NISHII, Ryosuke**); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).

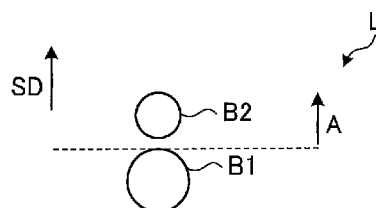
号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 切替 浩治(**KIRIKAE, Koji**); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 松永 啓伍(**MATSUNAGA, Keigo**); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 繁松 孝(**SHIGEMATSU, Takashi**); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (**SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 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, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: WELDING METHOD AND WELDING DEVICE

(54) 発明の名称: 溶接方法および溶接装置



(57) Abstract: This welding method involves irradiating a metal-containing workpiece with laser light, and fusing and welding the irradiated portion of the workpiece. The laser light is configured from a main power region and at least one sub power region. The power of the main power region is greater than the power of each of the sub power regions. The ratio of the power of the main power region and the power of the at least one sub power region is within the range of 144:1 to 1:9.

(57) 要約: 溶接方法は、金属を含む加工対象に向かってレーザ光を照射し、照射された部分の前記加工対象を溶融して溶接を行い、前記レーザ光は、主パワー領域と、少なくとも1つの副パワー領域とによって構成され、前記主パワー領域のパワーは、それぞれの前記副パワー領域のパワーより大きく、前記主パワー領域のパワーと、前記少なくとも1つの副パワー領域のパワーの合計との比が、144:1から1:9までの範囲内である。

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, 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：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： 溶接方法および溶接装置

技術分野

[0001] 本発明は、溶接方法および溶接装置に関する。

背景技術

[0002] 金属材料からなる加工対象を溶接する手法の一つとして、レーザ溶接が知られている。レーザ溶接とは、レーザ光を加工対象の溶接すべき部分に照射し、レーザ光のエネルギーで当該部分を溶融させる溶接方法である。レーザ光が照射された部分には、溶融池と呼ばれる溶融した金属材料の液溜りが形成され、その後、溶融池が固化することによって溶接が行われる。

[0003] また、レーザ光を加工対象に照射する際には、その目的に応じ、レーザ光のプロファイルが成形されることもある。例えば、レーザ光を加工対象の切断に用いる場合に、レーザ光のプロファイルを成形する技術が知られている（例えば特許文献1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2010-508149号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、溶接時には、この溶融池からはスパッタと呼ばれる飛散物が発生することが知られている。このスパッタは、溶融金属が飛散したものであり、その発生を減らすことは加工欠陥を防ぐ上で重要である。スパッタは、溶融金属が飛散したものであることから、スパッタが発生すると溶接個所における金属材料が減少してしまっていることにもなる。つまり、スパッタの発生が多くなると、溶接個所の金属材料が不足してしまい、強度不良等を引き起こすことにもなる。また、発生したスパッタは、溶接個所の周辺に付着することになるが、これがのちに剥離し、電気回路等に付着すると、電気回

路に異常をきたしてしまう。したがって、電気回路用の部品に対して溶接を行うことは困難な場合がある。

[0006] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、その目的は、スパッタの発生を抑制することができる溶接方法および溶接装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の一態様に係る溶接方法は、金属を含む加工対象に向かってレーザ光を照射しながら前記レーザ光と前記加工対象とを相対的に移動させ、前記レーザ光を前記加工対象上で掃引しつつ、照射された部分の前記加工対象を溶融して溶接を行い、前記レーザ光は、主パワー領域と、前記主パワー領域に対して掃引方向前方側に少なくともその一部がある少なくとも1つの副パワー領域とによって構成され、前記主パワー領域のパワーは、それぞれの前記副パワー領域のパワーより大きく、前記主パワー領域のパワーと、前記少なくとも1つの副パワー領域のパワーの合計との比が、144：1から1：9までの範囲内である。

[0008] 本発明の一態様に係る溶接方法は、前記金属は鉄または鉄を含む合金鋼または鋼または鋼を含む合金またはアルミニウムまたはアルミニウムを含む合金である。

[0009] 本発明の一態様に係る溶接方法は、前記レーザ光は、複数の前記副パワー領域を含み、前記複数の副パワー領域は、前記主パワー領域の外周の少なくとも一部を囲むように位置する。

[0010] 本発明の一態様に係る溶接方法は、前記複数の副パワー領域は、前記主パワー領域を囲む略リング形状または前記主パワー領域の周囲を囲む略リング形状の一部である円弧形状を持つ。

[0011] 本発明の一態様に係る溶接方法は、前記副パワー領域の中心と前記主パワー領域の中心との距離が、 $225\mu\text{m}$ から $900\mu\text{m}$ までの範囲内である。

[0012] 本発明の一態様に係る溶接方法では、前記レーザ光と前記加工対象とが相対的に移動する。

- [0013] 本発明の一態様に係る溶接方法は、前記加工対象は溶接されるべき少なくとも2つの部材であり、前記加工対象を前記レーザ光が照射される領域に配置する際は、前記少なくとも2つの部材を重ねる、または接触させる、または隣接させるように配置する。
- [0014] 本発明の一態様に係る溶接方法では、前記金属は、SUS304である。
- [0015] 本発明の一態様に係る溶接方法は、ビームシェイパによって、前記主パワー領域と前記副パワー領域とを生成する。
- [0016] 本発明の一態様に係る溶接方法は、前記ビームシェイパは回折光学素子である。
- [0017] 本発明の一態様に係る溶接装置は、レーザ発振器と、レーザ発振器から発振された光を受け取ってレーザ光を生成し、前記生成されたレーザ光を加工対象に向かって照射して照射された部分の前記加工対象を溶融して溶接を行う光学ヘッドと、によって構成され、前記レーザ光を前記加工対象上で掃引しつつ、前記溶融を行なって溶接を行い、前記レーザ光は、主パワー領域と、少なくとも1つの副パワー領域によって構成され、前記主パワー領域のパワーは、それぞれの前記副パワー領域のパワーより大きく、前記主パワー領域のパワーと、前記少なくとも1つの副パワー領域のパワーの合計との比が、144：1から1：9までの範囲内である。
- [0018] 本発明の一態様に係る溶接装置は、前記加工対象は金属を含み、当該金属は鉄または鉄を含む合金鋼または鋼または鋼を含む合金またはアルミニウムまたはアルミニウムを含む合金である。
- [0019] 本発明の一態様に係る溶接装置は、前記レーザ光は、複数の前記副パワー領域を含み、前記複数の副パワー領域は、前記主パワー領域の外周の少なくとも一部を囲むように位置する。
- [0020] 本発明の一態様に係る溶接装置は、前記複数の副パワー領域は、前記主パワー領域を囲む略リング形状または前記主パワー領域の周囲を囲む略リング形状の一部である円弧形状を持つ。
- [0021] 本発明の一態様に係る溶接装置は、前記副パワー領域のそれぞれの中心と

前記主パワー領域の中心との距離が、 $225\mu\text{m}$ から $900\mu\text{m}$ までの範囲内である。

[0022] 本発明の一態様に係る溶接装置では、前記レーザ光と前記加工対象とが相対的に移動する。

[0023] 本発明の一態様に係る溶接装置は、前記加工対象は溶接されるべき少なくとも2つの部材を重ねる、または接触させる、または隣接させることにより構成される。

[0024] 本発明の一態様に係る溶接装置は、前記主パワー領域と前記副パワー領域とを生成するビームシェイパを備える。

[0025] 本発明の一態様に係る溶接装置は、前記ビームシェイパは回折光学素子である。

発明の効果

[0026] 本発明によれば、スパッタの発生を抑制することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]図1は、実施形態1に係るレーザ溶接装置の概略構成を示す模式図である。

[図2]図2は、回折光学素子を説明する模式図である。

[図3]図3は、レーザ光の断面形状の例を示す図である。

[図4]図4は、レーザ光が加工対象を溶融する状況を示す図である。

[図5A]図5Aは、ビームの配置の一例を説明する模式図である。

[図5B]図5Bは、ビームの配置の一例を説明する模式図である。

[図5C]図5Cは、ビームの配置の一例を説明する模式図である。

[図6]図6は、DOEを用いた場合におけるレーザ光の複数のビームの配置を説明する模式図である。

[図7]図7は、実験において照射箇所状態が良好であった代表的な条件を示す図である。

[図8]図8は、比較例、実施例1、実施例2について、掃引速度とスパッタの

個数との関係を示す図である。

[図9]図9は、ビームの配置の別の一例を説明する模式図である。

[図10]図10は、ビームの配置のさらに別の一例を説明する模式図である。

[図11A]図11Aは、ビームの配置のさらに別の例を説明する模式図である。

[図11B]図11Bは、ビームの配置のさらに別の例を説明する模式図である。

[図11C]図11Cは、ビームの配置のさらに別の例を説明する模式図である。

[図11D]図11Dは、ビームの配置のさらに別の例を説明する模式図である。

[図11E]図11Eは、ビームの配置のさらに別の例を説明する模式図である。

[図11F]図11Fは、ビームの配置のさらに別の例を説明する模式図である。

[図11G]図11Gは、ビームの配置のさらに別の例を説明する模式図である。

[図11H]図11Hは、ビームの配置のさらに別の例を説明する模式図である。

[図11I]図11Iは、ビームの配置のさらに別の例を説明する模式図である。

[図12]図12は、実施形態2に係るレーザ溶接装置の概略構成を示す模式図である。

[図13]図13は、実施形態3に係るレーザ溶接装置の概略構成を示す模式図である。

[図14]図14は、実施形態4に係るレーザ溶接装置の概略構成を示す模式図である。

[図15A]図15Aは、レーザ光のパワー分布形状の例を説明する模式図である。

[図15B]図15Bは、レーザ光のパワー分布形状の例を説明する模式図である。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、添付図面を参照しながら、本発明の実施形態を詳細に説明する。なお、以下に説明する実施形態により本発明が限定されるものではない。また、図面の記載において、同一または対応する要素には適宜同一の符号を付している。

[0029] (実施形態1)

図１は、実施形態１に係るレーザ溶接装置の概略構成を示す模式図である。レーザ溶接装置１００は、レーザ装置１１０と、光学ヘッド１２０と、レーザ装置１１０と光学ヘッド１２０とを接続する光ファイバ１３０と、を備えている。また、加工対象Ｗは、鉄やアルミニウム等の金属を含むものである。加工対象Ｗは、たとえばステンレス鋼等の鉄合金や、アルミニウム合金からなり、厚さがたとえば１ｍｍから１０ｍｍまでの範囲内程度の板状である。

[0030] レーザ装置１１０は、レーザ発振器を備えており、例えば数ｋＷのパワーのレーザ光を出力できるように構成されている。例えば、レーザ装置１１０は、内部に複数の半導体レーザ素子を備え、当該複数の半導体レーザ素子の合計の出力として数ｋＷのパワーのマルチモードのレーザ光を出力できるように構成することとしてもよい。また、レーザ装置１１０は、ファイバレーザ、ＹＡＧレーザ、ディスクレーザ等様々なレーザ光源を備えていてもよい。光ファイバ１３０は、レーザ装置１１０から出力されたレーザ光を導波し、光学ヘッド１２０に入力させる。

[0031] 光学ヘッド１２０は、レーザ装置１１０から入力されたレーザ光を、加工対象Ｗに向かって照射するための光学装置である。光学ヘッド１２０は、コリメートレンズ１２１と集光レンズ１２２とを備えている。コリメートレンズ１２１は、入力されたレーザ光を平行光にするための光学系である。集光レンズ１２２は、平行光化されたレーザ光を集光し、レーザ光Ｌとして加工対象Ｗに照射するための光学系である。

[0032] 光学ヘッド１２０は、加工対象Ｗ上でレーザ光Ｌの照射を行いながらレーザ光Ｌを掃引するために、加工対象Ｗとの相対位置を変更可能に構成されている。加工対象Ｗとの相対位置を変更する方法としては、光学ヘッド１２０自身を移動することや、加工対象Ｗを移動することなどが含まれる。すなわち、光学ヘッド１２０は、レーザ光Ｌを、固定されている加工対象Ｗに対して掃引可能に構成されてもよい。または、光学ヘッド１２０からのレーザ光Ｌの照射位置は固定され、加工対象Ｗが、固定されたレーザ光Ｌに対して移

動可能に保持されてもよい。

[0033] 光学ヘッド 120 は、コリメートレンズ 121 と集光レンズ 122 との間に配置された、ビームシェイパとしての回折光学素子 123 を備えている。ここでいう回折光学素子 123 は、DOE (Diffractive Optical Element) と呼ばれ、図 2 に概念的に示すように、周期の異なる複数の回折格子 123a を一体に構成したものである。回折光学素子 123 は、入力されたレーザ光を、各回折格子の影響を受けた方向に曲げたり、重ね合わせたりして、ビーム形状を成形することができる。

[0034] 回折光学素子 123 は、コリメートレンズ 121 から入力されたレーザ光を、複数のビームに分割する。具体的には、回折光学素子 123 は、レーザ光を分割し、主ビームと、少なくとも 1 つの副ビームとを生成する。このとき、回折光学素子 123 は、少なくとも 1 本の副ビームの少なくとも一部が、主ビームに対して掃引方向前方側に位置するように、主ビームと副ビームとを生成する。これにより、レーザ光 L は、主ビームと、少なくとも 1 本の副ビームとによって構成されるものとなる。

[0035] 回折光学素子 123 によって成形されるレーザ光 L は、図 3 に、レーザ光 L の進行方向と垂直な面における断面形状の一例を示すように、主ビーム B1 と、副ビーム B2 とによって構成されている。掃引方向 SD は加工対象 W に対するレーザ光 L の相対的な移動方向である。副ビーム B2 は、主ビーム B1 の掃引方向前方に位置する。主ビーム B1 の前方とは、図 3 に示すように主ビーム B1 の掃引方向前方側におけるビーム径の位置を通り掃引方向 SD と垂直な破線で規定される、領域 A を意味する。副ビーム B2 の位置はこれに限られず、領域 A のどこかに位置すれば、主ビーム B1 の前方に位置すると見なすことができる。

[0036] また、主ビーム B1 および副ビーム B2 は、そのビーム断面の径方向において、たとえばガウシアン形状のパワー分布を有する。図 3 において、主ビーム B1、副ビーム B2 を表す円の直径が、各ビームのビーム径である。各ビームのビーム径は、そのビームのピークを含み、ピーク強度の $1/e^2$ 以上

の強度の領域の径として定義する。円形でないビームの場合は、本明細書に於いてはビームの中心付近を通る長い方の軸（例えば長軸）もしくは長い方の軸（長軸）に垂直方向の短い方の軸（例えば短軸）における、ピーク強度の $1/e^2$ 以上の強度となる領域の長さをビーム径と定義する。また、各ビームのパワーは、そのビームのピークを含み、ピーク強度の $1/e^2$ 以上の強度の領域でのパワーである。主ビーム B 1 のパワーは、副ビーム B 2 のパワーより大きい。

[0037] なお、少なくとも主ビーム B 1 のパワー分布はある程度鋭い形状であることが好ましい。主ビーム B 1 のパワー分布がある程度鋭い形状であれば、加工対象 W を溶融する際の溶け込み深さを深くできるので、溶接強度を確保でき、溶接不良の発生をより好適に抑制することができる。主ビーム B 1 の鋭さの指標として、ビーム径を用いると、主ビーム B 1 のビーム径が $600\ \mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $400\ \mu\text{m}$ 以下がより好ましい。なお、主ビーム B 1 が鋭い形状であると、同じ溶け込み深さを実現するためのパワーを低減でき、かつ加工速度を速めることができる。そのため、レーザ溶接装置 100 の消費電力の低減と加工効率の向上とを実現できる。副ビーム B 2 のパワー分布は、主ビーム B 1 と同程度に鋭くてもよい。

[0038] なお、ビーム径の設計は、使用するレーザ装置 110、光学ヘッド 120、光ファイバ 130 の特性を適宜設定すること可能である。たとえば、光ファイバ 130 から光学ヘッド 120 に入力するレーザ光のビーム径の設定や、回折光学素子 123 やレンズ 121, 122 等の光学系の設定によって、設定可能である。

[0039] レーザ溶接装置 100 を用いて溶接を行う場合、まず、加工対象 W を、レーザ光 L が照射される領域に配置する。つづいて、回折光学素子 123 によって分割された主ビーム B 1 および副ビーム B 2 を含むレーザ光 L を加工対象 W に照射しながら、レーザ光 L と加工対象 W とを相対的に移動させてレーザ光 L の掃引をしつつ、レーザ光 L が照射された部分の加工対象 W を溶融して溶接を行う。図 1 の場合は、掃引方向は、たとえば図面の手前方向または

奥行き方向である。これにより、加工対象Wは溶接される。

[0040] このとき、レーザ光Lにおいて、副ビームB 2が、主ビームB 1に対して掃引方向SDの前方側に位置することによって、スパッタの発生を抑制することができる。

[0041] 図4は、レーザ光が加工対象を溶融する状況を示す図である。図4に示すように、実施形態1に係るレーザ溶接装置100およびこれを用いた溶接方法では、レーザ光Lが、主ビームB 1と副ビームB 2とで構成されている。主ビームB 1のパワー密度は、例えば、少なくともキーホールを発生させるパワー密度である。なお、キーホールとは、レーザ光のビームの高いパワー密度によって、加工対象Wが溶融した際に発生する金属蒸気の圧力により発生する、くぼみや穴のことである。そして、パワーが大きい主ビームB 1よりも掃引方向SDの前方側に、主ビームB 1よりもパワーが小さい副ビームB 2が位置する。また、副ビームB 2のパワー密度は、主ビームB 1の存在下または単独にて、加工対象Wを溶融し得るパワー密度である。したがって、主ビームB 1が照射される位置よりも前方に、主ビームB 1が溶融する深さよりも浅い領域がある溶融池WPが溶融領域として形成されることになる。これを便宜上、浅瀬領域Sと呼ぶことにする。

[0042] 主ビームB 1と副ビームB 2の溶融強度領域は、重なってもよいが、必ずしも重なる必要はなく、溶融池が重なればよい。副ビームB 2で形成された溶融池が固化する前に、その溶融池に主ビームB 1が形成する溶融強度領域が到達できればよい。上記のように、主ビームB 1および副ビームB 2のパワー密度は加工対象Wを溶融し得るパワー密度であり、溶融強度領域とは、主ビームB 1または副ビームB 2の周囲における加工対象Wを溶融し得るパワー密度のレーザ光のビームの範囲のことをいう。

[0043] 実施形態1に係るレーザ溶接装置100およびこれを用いた溶接方法では、主ビームB 1が照射される位置よりも前方に浅瀬領域Sが存在することで、主ビームB 1の照射位置の近傍で溶融池WPが安定化する。先述したように、スパッタは、溶融金属が飛散したものであるので、主ビームB 1の照射

位置の近傍で熔融池WPが安定化することは、スパッタの発生を抑制することにつながると考えられる。

[0044] なお、図3において、主ビームB1のパワーと、副ビームB2のパワーの比は、 $144:1$ から $1:9$ までの範囲内であることが好ましい。

[0045] 図5A～図5Cは、ビームの配置の一例を説明する模式図である。なお、図5A～図5Cは、加工対象Wのレーザ光Lの照射面における複数のビームの配置を示している。図5Aに示す例では、レーザ光Lは、回折光学素子123によって分割された、主ビームB1と、複数の副ビームB2とを含んでいる。図5Aに示す例では副ビームB2の数は16である。16本の副ビームB2は、主ビームB1の外周を囲むように位置している。具体的には、16本の副ビームB2は、主ビームB1を中心として、ピーク間の半径がRの略リング形状を成すように位置している。また、16本の副ビームB2は、主ビームB1を中心として、中心から頂点までの距離がRの略正十六角形状を成すように位置しているということもできる。

[0046] なお、図5Bに示すレーザ光L'のように、複数の副ビームB2が連続的に重なり合って、主ビームB1の周囲を囲む略リング形状を成していてもよい。また、図5Cに示すレーザ光L''のように、主ビームB1の周囲を囲む略リング形状の一部である円弧形状を成していてもよい。

[0047] 図5Aに示す例では、7本の副ビームB2が、主ビームB1に対して掃引方向SDの前方側に位置する。また、2本の副ビームB2が、主ビームB1に対して掃引方向SDと垂直方向の側方側に位置する。そして、7本の副ビームB2が、主ビームB1に対して掃引方向SDの後方側に位置する。

[0048] さらに、主ビームB1のパワーと、16本の副ビームB2のパワーの合計との比が、 $9:1$ から $1:9$ までの範囲内である。したがって、比が $9:1$ の場合は、主ビームB1のパワーと、1本の副ビームB2のパワーとの比は、 $9:1/16=144:1$ となる。また、比が $1:9$ の場合は、主ビームB1のパワーと、1本の副ビームB2のパワーとの比は、 $1:9/16=16:9$ となる。

[0049] 図5 Aに示すレーザ光Lにおいて、16本の副ビームB2のうちの一部である7本が、主ビームB1に対して掃引方向SDの前方側に位置し、かつ、主ビームB1のパワーと、16本の副ビームB2のパワーの合計との比が、9:1から1:9までの範囲内であることによって、スパッタの発生を抑制することができる。同様に、図5 B、図5 Cに示すレーザ光L'、L''において、副ビームB2のうちの一部が、主ビームB1に対して掃引方向SDの前方側に位置し、かつ、主ビームB1のパワーと、副ビームB2のパワーの合計との比が、9:1から1:9までの範囲内であることによって、スパッタの発生を抑制することができる。

[0050] また、図5 A、図5 Bに示す例では、副ビームB2は、主ビームB1を中心として略リング形状を成すように位置しているので、掃引方向を掃引方向SDから任意の方向に変更したとしても、主ビームB1に対して、変更後の掃引方向の前方側に副ビームB2の一部が位置することとなる。したがって、任意の掃引方向に対して、スパッタの発生を抑制効果を発揮できる。また、図5 Cに示す例でも、掃引方向を掃引方向SDからある程度変更したとしても、スパッタの発生を抑制効果を発揮できる。

[0051] つぎに、実験例として、図1に示す構成のレーザ溶接装置を用いて、ステンレス鋼であるSUS304からなる厚さが10mmの板材を加工対象とし、これにレーザ光を照射する実験を行った。レーザ装置から出力されるレーザ光の波長は1070nm、パワーは5kWとした。また、回折光学素子(DOE)を用いない場合と用いる場合との実験を行った。

[0052] DOEを用いる場合は、図6に示すように、レーザ光を、主ビームと、主ビームを中心として略リング形状を成すように位置する16本の副ビームとに分割するように設計した複数のDOEを準備した。なお、このリング形状の直径2Rが加工対象の表面において600μmになるようにした。また、掃引方向は図面上方向である。また、各DOEは、主ビームのパワーと、16本の副ビームのパワーの合計との比が、それぞれ、9:1、7:3、5:5、3:7、1:9となり、かついずれも、16本の副ビームのパワーは等

しくなるように設計したものである。さらに、主ビームのパワーと、16本の副ビームのパワーの合計との比が、9 : 1 から 1 : 9 までの範囲内である。したがって、比が 9 : 1 の場合は、主ビームのパワーと、1本の副ビームのパワーとの比は、 $9 : 1 / 16 = 144 : 1$ となる。また、比が 1 : 9 の場合は、主ビームのパワーと、1本の副ビームのパワーとの比は、 $1 : 9 / 16 = 16 : 9$ となる。

[0053] また、加工対象に対するレーザ光の掃引速度は、0.5 m/min、1 m/min、2 m/min、5 m/min、10 m/min、20 m/min、または30 m/minとした。

[0054] 表1に実験結果を示す。表中のパワー比（中心：外周）とは、主ビームのパワーと、副ビームのパワーの合計との比を示す。また、記号「○」、「△」は、所定の長さだけ溶接を行った期間における、スパッタの飛散の程度の判定結果を示している。具体的には、記号「○」、「△」は、DOEを用いない場合（パワー比が10 : 0に相当）に飛散するスパッタの体積を100%とした場合に、これに対してどれだけスパッタの体積が減少したかを示している。記号「○」は、飛散したスパッタの体積がDOEを用いない場合と比較して20%以上減少したことを示している。記号「△」は、飛散したスパッタの体積がDOEを用いない場合と比較して減少しているが、減少が20%未満であることを示している。

[0055] 表1に示すように、パワー比が9 : 1 から 1 : 9 までの範囲内の場合、いずれの掃引速度においてもスパッタの飛散量が減少していた。

[0056] [表1]

パワー比 (中心:外周)	掃引速度 [m/min]						
	30	20	10	5	2	1	0.5
9:1	○	○	○	○	○	△	△
7:3	○	○	○	○	○	○	○
5:5	○	○	○	○	○	○	○
3:7	○	○	○	○	○	○	○
1:9	○	○	○	○	○	○	○

[0057] つづいて、パワー比が7 : 3であるが、加工対象の表面において16本の副ビームが成す略リング形状の円形近似の直径2Rが450 μ m、600 μ m、800 μ m、1000 μ m、1400 μ m、1800 μ mとなるように設計した各DOEを用いて、上記の同様の照射の実験を行った。なお、掃引速度5m/minとした。また、それぞれのDOEを用いた場合、副ビームのそれぞれの中心と主ビームの中心との距離は、約225 μ m、約300 μ m、約400 μ m、約500 μ m、約700 μ m、約900 μ mである。この実験の結果、全ての直径2Rの場合において、スパッタの飛散量は減少した。図7は、上記2つの実験において、スパッタの飛散量が減少した代表的な条件を示す図である。この結果から分かるように、副ビームのそれぞれの中心と主ビームの中心との距離（半径Rに相当）は225 μ mから900 μ mまでの範囲内であることが好ましい。また、掃引方向前方側に位置する副ビームの中心と主ビームの中心との距離を225 μ mから900 μ mまでの範囲内として、掃引方向側方側または後方側に位置する複数の副ビームと主ビームの中心との距離を、この範囲以外の値としてもよい。

[0058] つづいて、図8は、比較例、実施例1、実施例2について、掃引速度と飛散したスパッタの個数との関係を示す図である。横軸は掃引速度であり、縦軸は、1mmの溶接長さ当たりの飛散したスパッタの個数であり、高速度カメラで撮影した映像を解析し、計数したものである。また、比較例とは、上記実験例におけるDOEを用いない場合である。実施例1は、上記実験例と同様に図1に示す構成のレーザ溶接装置を用いて、DOEによって図5Cに示すようなレーザ光を成形し、ステンレス鋼であるSUS304からなる厚さが10mmの板材を加工対象とし、これにレーザ光を照射する実験を行った場合である。レーザ装置から出力されるレーザ光の波長は1070nm、パワーは5kWとした。そして、主ビームの中心と円弧状の副ビームの中心との距離（半径Rに相当）を300 μ mとし、主ビームのパワーと、円孔状の副ビームのパワーの合計との比が1 : 2となるようにした。なお、円弧状の副ビームは、パワーが略等しい複数の副ビームを円弧状に配置し、パワー

が連続的に分布する1本の円弧状の副ビームとしたものである。また、実施例2は、上記実験例において、直径 $2R$ を $600\mu\text{m}$ とし、パワー比を3:7とした場合である。

[0059] 図8に示すように、実施例1、実施例2の場合は、いずれの掃引速度においても、比較例と比べてスパッタの個数が大きく減少した。

[0060] なお、上記では、レーザ光を加工対象に対して掃引する場合について説明した。ただし、レーザ光を主ビームと複数の副ビームとによって構成し、主ビームのパワーと複数の副ビームのパワーの合計との比を144:1~1:9にすることは、たとえばスポット溶接のように、レーザ光を加工対象に対して掃引しない溶接の場合にも効果的である。なお、主ビームと隣接する複数の副ビームのそれぞれの中心と主ビームの中心との距離は $225\mu\text{m} \sim 900\mu\text{m}$ が好ましい。

[0061] (ビームの配置の別の例)

ビームの配置の別の例について説明する。たとえば、図9に示す例では、加工対象に照射されるレーザ光 $L1$ が、主ビーム $B1$ と、3本の副ビーム $B2$ に分割されている。そして、3本の副ビーム $B2$ はいずれも、主ビーム $B1$ に対して掃引方向 SD の前方側に位置している。主ビーム $B1$ のパワーは、それぞれの副ビーム $B2$ のパワーより大きい。また、主ビーム $B1$ のパワーと、3本の副ビーム $B2$ のパワーの合計との比は、9:1から1:9までの範囲内である。このような配置であっても、上記実施形態1や実験例、実施例の場合と同様に、スパッタの発生を抑制することができる。

[0062] なお、図9のような前方方向のようなビーム配置の場合、主ビーム $B1$ の中心と、互いに隣接する2本の副ビーム $B2$ の中心とを結ぶ線の成す角 θ は、 90° 以下が好ましく、 60° 以下がより好ましく、 45° 以下がさらに好ましい。

[0063] また、溶融池の形状は掃引方向 SD に対して線対称に近いことが好ましいので、3本の副ビーム $B2$ も掃引方向 SD に対して線対称になるように配置されていることが好ましい。

[0064] また、図6を参照して説明したように、DOEを用いてレーザ光を、主ビームと16本の副ビームとに分割した場合、主ビームのパワーと、1本の副ビームのパワーとの比は、 $144 : 1$ でよい。この比を、DOEを用いてレーザ光を、主ビームと2本の副ビームとに分割し、かつ2本の副ビームを主ビームに対して掃引方向の前方側に位置させた場合に適用する。すると、主ビームのパワーと、2本の副ビームのパワーの合計との比は、 $144 : 2 = 72 : 1$ となる。したがって、主ビームのパワーと、2本の副ビームのパワーの合計との比は、 $72 : 1$ でもよい。また、たとえば図9のように、DOEを用いてレーザ光を、主ビームと3本の副ビームとに分割し、かつ3本の副ビームを主ビームに対して掃引方向の前方側に位置させた場合は、当該比は、 $144 : 3 = 48 : 1$ でもよい。このように、当該比は、 $144 : 1$ 以上の値をとり得る。

[0065] また、たとえば、図10に示す例では、加工対象に照射されるレーザ光L2が、主ビームB1と、16本の副ビームB2と、8本の副ビームB3とに分割されている。16本の副ビームB2は、副ビーム群G2を構成し、主ビームB1を中心として略リング形状を成すように位置している。8本の副ビームB3は、副ビーム群G3を構成し、主ビームB1を中心として、副ビームB2の成すリング形状よりも直径が小さい略リング形状を成すように位置している。主ビームB1のパワーと、副ビームB2および副ビームB3のパワーの合計との比は、 $9 : 1$ から $1 : 9$ までの範囲内である。このような配置であっても、上記実施形態1や実験例、実施例の場合と同様に、スパッタの発生を抑制することができる。

[0066] 図11A～図11Iは、ビームの配置のさらに別の例を説明する模式図である。図11Aに示す例では、レーザ光L31は、主ビームB1と、12本の副ビームB2とを含んでいる。12本の副ビームB2は、主ビームB1を中心として、略リング形状または略正六角形状を成すように位置している。図11Bに示す例では、レーザ光L32は、主ビームB1と、6本の副ビームB2とを含んでいる。6本の副ビームB2は、主ビームB1を中心として

、略リング形状または六角形状を成すように位置している。図 1 1 C に示す例では、レーザ光 L 3 3 は、主ビーム B 1 と、10本の副ビーム B 2 とを含んでいる。10本の副ビーム B 2 は、主ビーム B 1 を中心として、略リング形状または五角形状を成すように位置している。図 1 1 D に示す例では、レーザ光 L 3 4 は、主ビーム B 1 と、5本の副ビーム B 2 とを含んでいる。5本の副ビーム B 2 は、主ビーム B 1 を中心として、略リング形状または五角形状を成すように位置している。図 1 1 E に示す例では、レーザ光 L 3 5 は、主ビーム B 1 と、副ビーム B 2 とを含んでいる。副ビーム B 2 は、複数の副ビームが、パワーが連続的に分布するように重なり合っており、主ビーム B 1 を中心として、略リング形状または六角形状を成すように位置している。図 1 1 F に示す例では、レーザ光 L 3 6 は、主ビーム B 1 と、副ビーム B 2 とを含んでいる。副ビーム B 2 は、複数の副ビームが、パワーが連続的に分布するように重なり合っており、主ビーム B 1 を中心として、略リング形状または五角形状を成すように位置している。図 1 1 G に示す例では、レーザ光 L 3 7 は、主ビーム B 1 と、16本の副ビーム B 2 とを含んでいる。16本の副ビーム B 2 は、主ビーム B 1 を中心として、略リング形状または略正八角形状を成すように位置している。図 1 1 H に示す例では、レーザ光 L 3 8 は、主ビーム B 1 と、副ビーム B 2 とを含んでいる。副ビーム B 2 は、複数の副ビームが、パワーが連続的に分布するように重なり合っており、主ビーム B 1 を中心として、略リング形状または八角形状を成すように位置している。図 1 1 A ～図 1 1 H に示す例では、レーザ光 L 3 1 ～L 3 8 の掃引方向は任意でよく、五角形、六角形または八角形の角の向きからずれた向きでもよい。また、掃引方向前方に存在しない副ビームの数は、図 1 1 A、図 1 1 C、図 1 1 G のように副ビームが密に配置されていれば、少し間引いても良い。また、図 1 1 I に示す例では、レーザ光 L 3 7 は、主ビーム B 1 と、16本の副ビーム B 2 とを含んでいる。16本の副ビーム B 2 は、主ビーム B 1 を中心として、略リング形状または略八角形状を成すように位置している。また、主ビーム B 1 および副ビーム B 2 は、マトリクス M を定義した

場合に、その矩形のグリッドを埋めるように配置されている。

[0067] (実施形態2)

図12は、実施形態2に係るレーザ溶接装置の概略構成を示す図である。レーザ溶接装置200は、加工対象W1にレーザ光Lを照射して加工対象W1の溶接を行う。加工対象W1は、2枚の板状の金属部材W11、W12を重ね合わせて構成されている。レーザ溶接装置200は、レーザ溶接装置100と同様の作用原理によって溶接を実現するものである。したがって、以下では、レーザ溶接装置200の装置構成の説明のみを行う。

[0068] レーザ溶接装置200は、レーザ装置210と、光学ヘッド220と、光ファイバ230とを備えている。

[0069] レーザ装置210は、レーザ発振器を備えており、レーザ装置110と同様に構成されており、例えば数kWのパワーのレーザ光を出力できるように構成されている。光ファイバ230は、レーザ装置210から出力されたレーザ光を導波し、光学ヘッド220に入力させる。

[0070] 光学ヘッド220は、光学ヘッド120と同様に、レーザ装置210から入力されたレーザ光を、加工対象W1に向かって照射するための光学装置である。光学ヘッド220は、コリメートレンズ221と集光レンズ222とを備えている。

[0071] さらに、光学ヘッド220は、集光レンズ222と加工対象W1との間に配置された、ガルバノスキャナを有している。ガルバノスキャナとは、2枚のミラー224a、224bの角度を制御することで、光学ヘッド220を移動させることなく、レーザ光Lの照射位置を移動させ、レーザ光Lを掃引することができる装置である。レーザ溶接装置200では、集光レンズ222から出射したレーザ光Lをガルバノスキャナへ導くためにミラー226を備えている。また、ガルバノスキャナのミラー224a、224bは、それぞれモータ225a、225bによって角度が変更される。

[0072] 光学ヘッド220は、コリメートレンズ221と集光レンズ222との間に配置された、ビームシェイパとしての回折光学素子223を備えている。

回折光学素子 223 は、回折光学素子 123 と同様に、コリメートレンズ 221 から入力されたレーザ光を分割し、主ビームと少なくとも 1 本の副ビームとを生成する。少なくとも 1 本の副ビームは、主ビームに対して掃引方向前方側に少なくともその一部が位置する。主ビームのパワーは、それぞれの副ビームのパワーより大きく、主ビームのパワーと、少なくとも 1 本の副ビームのパワーの合計との比は、9 : 1 から 1 : 9 までの範囲内である。これにより、レーザ溶接装置 200 は、加工対象 W1 を溶接する際のスパッタの発生を抑制することができる。なお、当該比は、副ビームの分割、配置の仕方に応じて、144 : 1 から 1 : 9 までの範囲内としてもよい。

[0073] (実施形態 3)

図 13 は、実施形態 3 に係るレーザ溶接装置の概略構成を示す模式図である。レーザ溶接装置 300 は、加工対象 W2 にレーザ光 L を照射して加工対象 W2 の溶接を行う。加工対象 W2 は、2 枚の板状の金属部材 W21、W22 を突き合わせるように隣接させて構成されている。レーザ溶接装置 300 は、レーザ発振器を備えており、レーザ溶接装置 100、200 と同様の作用原理によって溶接を実現するものである。光学ヘッド 320 以外の要素（レーザ装置 310 および光ファイバ 330）の構成は、レーザ溶接装置 100、200 の対応する要素と同様である。したがって、以下では、光学ヘッド 320 の装置構成の説明のみを行う。

[0074] 光学ヘッド 320 は、光学ヘッド 120、220 と同様に、レーザ装置 310 から入力されたレーザ光を、加工対象 W2 に向かって照射するための光学装置である。光学ヘッド 320 は、コリメートレンズ 321 と集光レンズ 322 とを備えている。

[0075] さらに、光学ヘッド 320 は、コリメートレンズ 321 と集光レンズ 322 との間に配置された、ガルバノスキャナを有している。ガルバノスキャナのミラー 324a、324b は、それぞれモータ 325a、325b によって角度が変更される。光学ヘッド 320 では、光学ヘッド 220 と異なる位置にガルバノスキャナを設けている。しかしながら、光学ヘッド 220 と同

様に、2枚のミラー324a、324bの角度を制御することで、光学ヘッド320を移動させることなく、レーザ光Lの照射位置を移動させ、レーザ光Lを掃引することができる。

[0076] 光学ヘッド320は、コリメートレンズ321と集光レンズ322との間に配置された、ビームシェイパとしての回折光学素子323を備えている。回折光学素子323は、回折光学素子123、223と同様に、コリメートレンズ321から入力されたレーザ光を分割し、主ビームと少なくとも1本の副ビームとを生成する。少なくとも1本の副ビームは、主ビームに対して掃引方向前方側に少なくともその一部が位置する。主ビームのパワーは、それぞれの副ビームのパワーより大きく、主ビームのパワーと、少なくとも1本の副ビームのパワーの合計との比は、9：1から1：9までの範囲内である。これにより、レーザ溶接装置300は、加工対象Wを溶接する際の溶融欠陥の発生を抑制することができる。なお、当該比は、副ビームの分割、配置の仕方に応じて、144：1：1から1：9までの範囲内としてもよい。

[0077] (実施形態4)

図14は、実施形態4に係るレーザ溶接装置の概略構成を示す図である。図14に示すように、実施形態4に係るレーザ溶接装置400は、加工対象Wにレーザ光L4、L5を照射して加工対象Wを溶融させる装置の構成の一例である。レーザ溶接装置400は、実施形態1に係る溶接装置と同様の作用原理によって溶接方法を実現するものである。したがって、以下では、レーザ溶接装置400の装置構成の説明のみを行う。

[0078] レーザ溶接装置400は、レーザ光を発振する複数の発振器411、412と、レーザ光を加工対象Wに照射する光学ヘッド420と、発振器411、412で発振されたレーザ光を光学ヘッド420へ導く光ファイバ431、432とを備えている。

[0079] 発振器411、412は、例えば数kWの出力のマルチモードのレーザ光を発振し得るように構成されている。例えば、発振器411、412は、それぞれの内部に複数の半導体レーザ素子を備え、当該複数の半導体レーザ素

子の合計の出力として数kWの出力のマルチモードのレーザ光を発振し得るように構成することとしてもよいし、ファイバレーザ、YAGレーザ、ディスクレーザ等様々なレーザを用いてもよい。

[0080] 光学ヘッド420は、発振器411、412から導かれたそれぞれのレーザ光L4、L5を、加工対象Wを溶融し得る強度のパワー密度に集光して、加工対象Wに照射するための光学装置である。そのために、光学ヘッド420は、レーザ光L4のためのコリメートレンズ421aと集光レンズ422aと、レーザ光L5のためのコリメートレンズ421bと集光レンズ422bとを備えている。コリメートレンズ421a、421bは、それぞれ、光ファイバ431、432によって導かれたレーザ光を一旦平行光化するための光学系であり、集光レンズ422a、422bは、平行光化されたレーザ光を加工対象Wに集光させるための光学系である。

[0081] この光学ヘッド420も、加工対象W上におけるレーザ光L4、L5が、主ビームと、主ビームに対して掃引方向前方側に少なくともその一部がある少なくとも1つの副主ビームとによって構成されるようにする機能を有する。すなわち、光学ヘッド420が加工対象Wに照射するレーザ光L4、L5のうち、レーザ光L4を主ビーム形成のために用い、レーザ光L5を副ビーム形成のために用いばよい。主ビームのパワーは、それぞれの副ビームのパワーより大きく、主ビームのパワーと、少なくとも1本の副ビームのパワーの合計との比は、9:1から1:9までの範囲内である。なお、当該比は、副ビームの分割、配置の仕方に応じて、144:1から1:9までの範囲内としてもよい。また、図に示される例は、レーザ光L4、L5の2つのレーザ光のみを用いているが、その数を適宜増やしてもよく、図3、5、9～11に例示されるレーザ光の断面形状のような、本発明の実施に好適なレーザ光を実現するように構成されればよい。

[0082] また、実施形態4では、2つの発振器411、412を用いてレーザ光L4、L5を発生させている。しかし、1つの共振器から出力されるレーザ光を光分岐器によって2分割し、レーザ光L4、L5を発生させてもよい。ま

た、実施形態4では、2つの発振器411、412のそれぞれに対して個別に、光ファイバ431、432とコリメートレンズ421aと集光レンズ422aと、コリメートレンズ421bと集光レンズ422bとを備えている。しかし、光ファイバ431、432に換えて2つ以上のコアを備えるマルチコアファイバを用いて、2つの発振器411、412のそれぞれから出力したレーザ光を別々のコアにて光学ヘッドに導き、2つのレーザ光に対して共通のコリメートレンズと集光レンズとを用いる光学ヘッドにて、2つのレーザ光を、本発明の実施に好適なレーザ光の構成として加工対象に照射してもよい。

[0083] また、上記実施形態では、レーザ光のプロファイル（パワー分布形状）が、主ビームおよび副ビームによって構成される離散的なパワー領域を有している。ここで、パワー領域とは、レーザ光の光進行方向と垂直な面内において、加工対象の溶融に寄与するパワーを有する領域である。ただし、個々のパワー領域が単独で加工対象を溶融できるパワーを有することは必ずしも必要ではなく、各パワー領域は他のパワー領域が加工対象に与えるエネルギーの影響によって加工対象を溶融できればよい。

[0084] ただし、パワー領域は離散的なものに限られず、複数のパワー領域が、線対称あるいは非対称な分布で、連続的であってもよい。たとえば、図15Aには、レーザ光Lとはパワー分布形状が異なる一例のレーザ光L12の前方向におけるパワー分布形状を示している。このレーザ光L12のパワー分布形状では、前方向において配置されている2つのパワー領域PA121、PA122が連続している。パワー領域PA121はピークを有する単峰型の形状であり、たとえば主パワー領域である。また、パワー領域PA122はショルダー状の形状であり、たとえば副パワー領域である。図15Aの曲線における2つのパワー領域PA121、PA122の境界は、たとえばその間に存在する変曲点の位置として規定できる。

[0085] 一方、図15Bには、レーザ光Lとはパワー分布形状が異なる他の例のレーザ光L13の前方向におけるパワー分布形状を示している。このレーザ光

L 1 3 のパワー分布形状では、配置されている 2 つのパワー領域 P A 1 3 1、P A 1 3 2 が連続している。パワー領域 P A 1 3 1、P A 1 3 2 のいずれも、ピークを有する単峰型の形状であり、たとえば、それぞれが主パワー領域、副パワー領域である。図 1 5 B の曲線における 2 つのパワー領域 P A 1 3 1、P A 1 3 2 の境界は、たとえばその間に存在する極小点の位置として規定できる。レーザ光 L 1 2、L 1 3 のいずれも、本発明における主パワー領域および副パワー領域によって構成されるレーザ光として適用できる。レーザ光 L 1 2、L 1 3 は、ビームシェイパとして、たとえば適正に設計された回折光学素子や光学レンズ、パワー分布を制御できる光ファイバ等の光学部品を使用することで実現することができる。同様に、レーザ光 L、L'、L''、L 1、L 2、L 3 1～L 3 8 等の、本発明における主パワー領域および副パワー領域によって構成される他のレーザ光のパワー分布形状についても、ビームシェイパとして、たとえば適正に設計された回折光学素子や光学レンズ、パワー分布を制御できる光ファイバ等の光学部品を使用することで実現することができる。

[0086] なお、本明細書のすべての実施形態に関して、主ビーム（主パワー領域）の溶接形態は、キーホール型溶接であってもよいし、熱伝導型溶接であってもよい。ここでいうキーホール型溶接とは、キーホールを利用した溶接方法である。一方、熱伝導型溶接とは、加工対象の表面でレーザ光が吸収されて発生した熱を利用して加工対象を溶融させる溶接方法である。

[0087] また、副ビームはすべてが同じパワーを持ってもよいし、1 つまたは一部の副ビームのパワーがその他の副ビームのパワーより高くてもよい。また、複数の副ビームが複数のグループに分類でき、同じグループ内では副ビームは略同じパワーであり、グループ間では副ビームは異なるパワーであってもよい。この場合、複数の異なるグループに分類された副ビームを比較すると、パワーが段階的に異なる。なお、或るグループに含まれる副ビームは複数に限られず、1 つでもよい。いずれの場合も、主ビームのパワーと、複数の副ビームのパワーの合計との比が、1 4 4 : 1～1 : 9 であることが好

ましい。

[0088] また、加工対象は板材に限られないし、溶接の態様は重ね合わせ溶接や突き合わせ溶接にも限られない。したがって、加工対象は溶接されるべき少なくとも2つの部材を重ねる、または接触させる、または隣接させることにより構成されるものでよい。

[0089] また、加工対象に対してレーザ光を掃引する場合には、公知のウォブリングやウィーピングや出力変調等により掃引を行い、溶融池の表面積を調節するようにしてもよい。

[0090] また、加工対象は、めっき付き金属板のように、金属の表面に薄い他の金属の層が存在するものでもよい。また、加工対象について、厚さが1 mm～10 mm程度のものを例示したが、より薄く0.01 mm程度となってもよいし、より厚くてもよい。

[0091] また、上記実施形態により本発明が限定されるものではない。上述した各実施形態の構成要素を適宜組み合わせて構成したものも本発明に含まれる。また、さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。よって、本発明のより広範な態様は、上記の実施の形態に限定されるものではなく、様々な変更が可能である。

産業上の利用可能性

[0092] 本発明は、レーザ溶接に利用することができる。

符号の説明

[0093] 100、200、300、400 レーザ溶接装置

110、210、310 レーザ装置

120、220、320、420 光学ヘッド

121、221、321、421a、421b コリメートレンズ

122、222、322、422a、422b 集光レンズ

123、223、323 回折光学素子

123a 回折格子

130、230、330、431、432 光ファイバ

2 2 4 a、2 2 4 b、2 2 6、3 2 4 a、3 2 4 b ミラー

2 2 5 a、2 2 5 b、3 2 5 a、3 2 5 b モータ

4 1 1、4 1 2 発振器

B 1 主ビーム

B 2、B 3 副ビーム

G 2、G 3 副ビーム群

L、L'、L''、L 1、L 1 2、L 1 3、L 2、L 3 1、L 3 2、L 3 3
、L 3 4、L 3 5、L 3 6、L 3 7、L 3 8、L 4、L 5 レーザ光

P A 1 2 1、P A 1 2 2、P A 1 3 1、P A 1 3 2

W、W 1、W 2 加工対象

W 1 1、W 1 2、W 2 1、W 2 2 金属部材

請求の範囲

- [請求項1] 金属を含む加工対象に向かってレーザ光を照射し、照射された部分の前記加工対象を溶融して溶接を行い、
- 前記レーザ光は、主パワー領域と、少なくとも1つの副パワー領域とによって構成され、
- 前記主パワー領域のパワーは、それぞれの前記副パワー領域のパワーより大きく、
- 前記主パワー領域のパワーと、前記少なくとも1つの副パワー領域のパワーの合計との比が、144：1から1：9までの範囲内である、
- 溶接方法。
- [請求項2] 前記金属は鉄または鉄を含む合金鋼または鋼または鋼を含む合金またはアルミニウムまたはアルミニウムを含む合金である、
- 請求項1に記載の溶接方法。
- [請求項3] 前記レーザ光は、複数の前記副パワー領域を含み、前記複数の副パワー領域は、前記主パワー領域の外周の少なくとも一部を囲むように位置する、
- 請求項1または2に記載の溶接方法。
- [請求項4] 前記複数の副パワー領域は、前記主パワー領域を囲む略リング形状または前記主パワー領域の周囲を囲む略リング形状の一部である円弧形状を持つ、
- 請求項3に記載の溶接方法。
- [請求項5] 前記副パワー領域の中心と前記主パワー領域の中心との距離が、25 μm から900 μm までの範囲内である、
- 請求項4に記載の溶接方法。
- [請求項6] 前記レーザ光と前記加工対象とが相対的に移動する、請求項1～5のうちいずれか一つに記載の溶接方法。
- [請求項7] 前記加工対象は溶接されるべき少なくとも2つの部材であり、前記

加工対象を前記レーザ光が照射される領域に配置する際は、前記少なくとも2つの部材を重ねる、または接触させる、または隣接させるように配置する、

請求項1～6のいずれか一つに記載の溶接方法。

[請求項8] 前記金属は、SUS304である、請求項1～7のいずれか一つに記載の溶接方法。

[請求項9] ビームシェイパによって、前記主パワー領域と前記副パワー領域とを生成する、

請求項1～8のいずれか一つに記載の溶接方法。

[請求項10] 前記ビームシェイパは回折光学素子である、
請求項9に記載の溶接方法。

[請求項11] レーザ発振器と、

レーザ発振器から発振された光を受け取ってレーザ光を生成し、前記生成されたレーザ光を加工対象に向かって照射して照射された部分の前記加工対象を溶融して溶接を行う光学ヘッドと、

によって構成され、

前記レーザ光は、主パワー領域と、少なくとも1つの副パワー領域によって構成され、

前記主パワー領域のパワーは、それぞれの前記副パワー領域のパワーより大きく、

前記主パワー領域のパワーと、前記少なくとも1つの副パワー領域のパワーの合計との比が、144：1から1：9までの範囲内である、

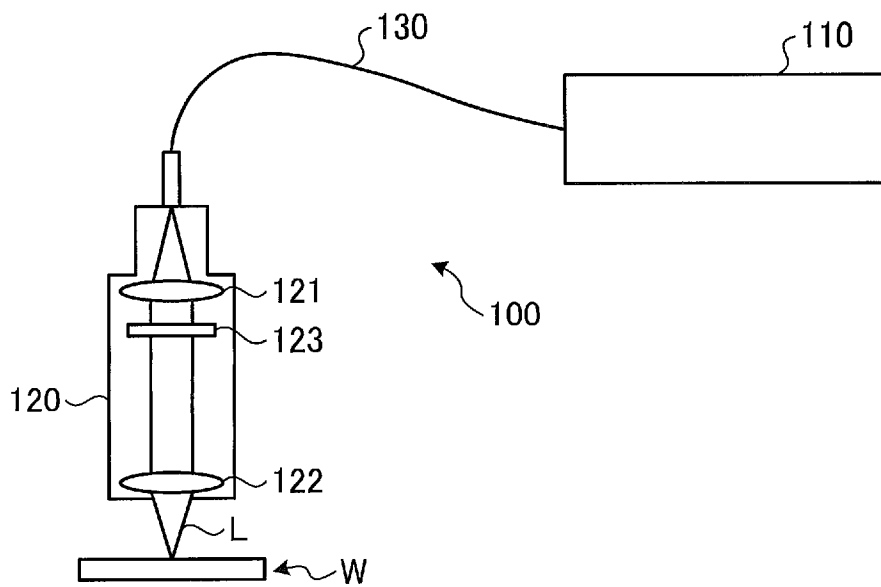
溶接装置。

[請求項12] 前記加工対象は金属を含み、当該金属は鉄または鉄を含む合金鋼または鋼または鋼を含む合金またはアルミニウムまたはアルミニウムを含む合金である、

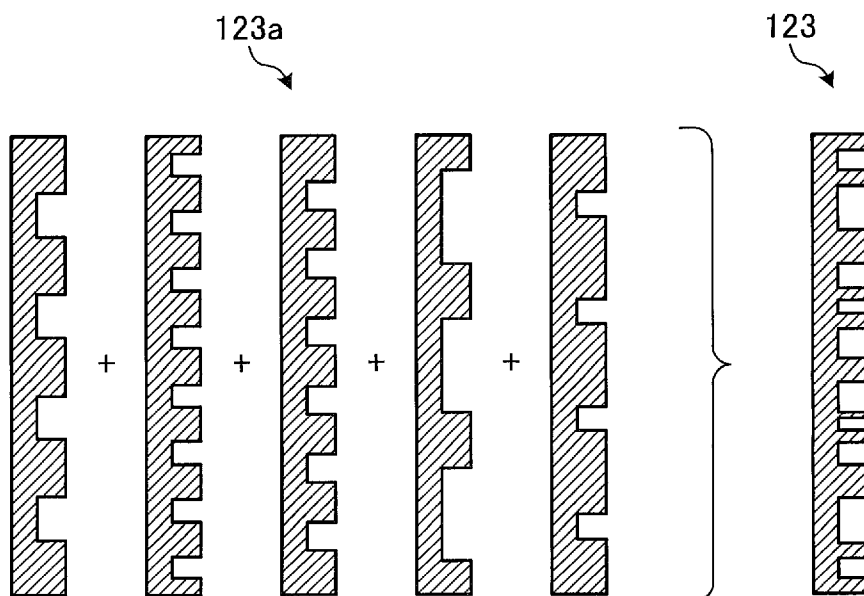
請求項11に記載の溶接装置。

- [請求項13] 前記レーザ光は、複数の前記副パワー領域を含み、前記複数の副パワー領域は、前記主パワー領域の外周の少なくとも一部を囲むように位置する、
請求項11または12に記載の溶接装置。
- [請求項14] 前記複数の副パワー領域は、前記主パワー領域を囲む略リング形状または前記主パワー領域の周囲を囲む略リング形状の一部である円弧形状を持つ、
請求項13に記載の溶接装置。
- [請求項15] 前記副パワー領域のそれぞれの中心と前記主パワー領域の中心との距離が、 $225\mu\text{m}$ から $900\mu\text{m}$ までの範囲内である、
請求項14に記載の溶接装置。
- [請求項16] 前記レーザ光と前記加工対象とが相対的に移動する、請求項11～15のうちいずれか一つに記載の溶接装置。
- [請求項17] 前記加工対象は溶接されるべき少なくとも2つの部材を重ねる、または接触させる、または隣接させることにより構成される、
請求項11～16のいずれか一つに記載の溶接装置。
- [請求項18] 前記主パワー領域と前記副パワー領域とを生成するビームシェイパを備える、
請求項11～17のいずれか一つに記載の溶接装置。
- [請求項19] 前記ビームシェイパは回折光学素子である、
請求項18に記載の溶接装置。

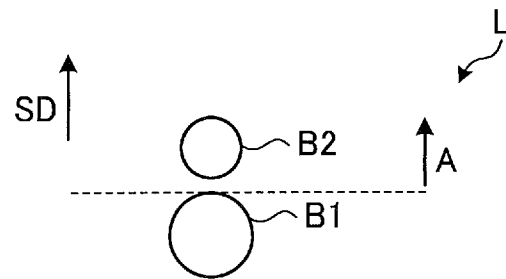
[図1]



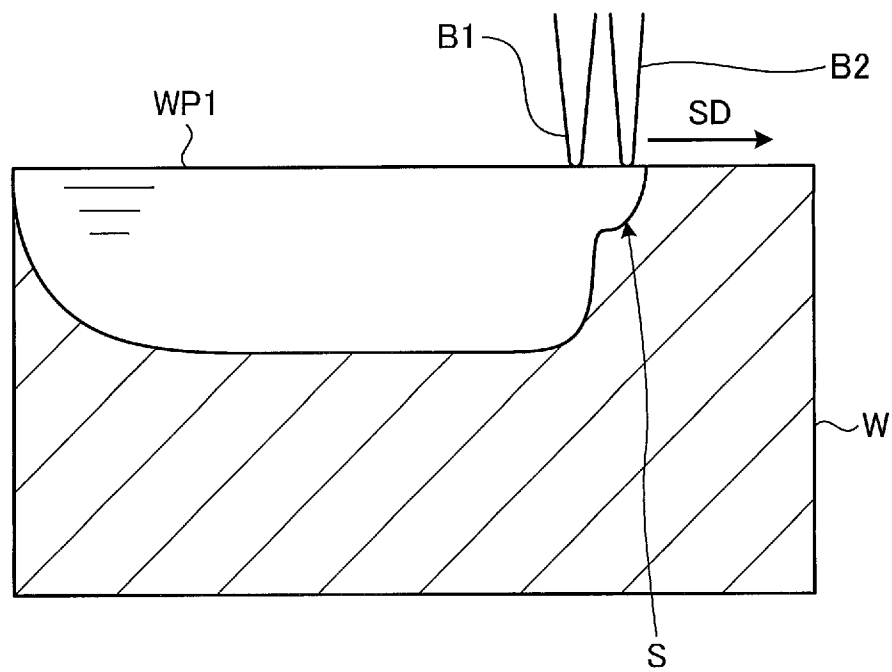
[図2]



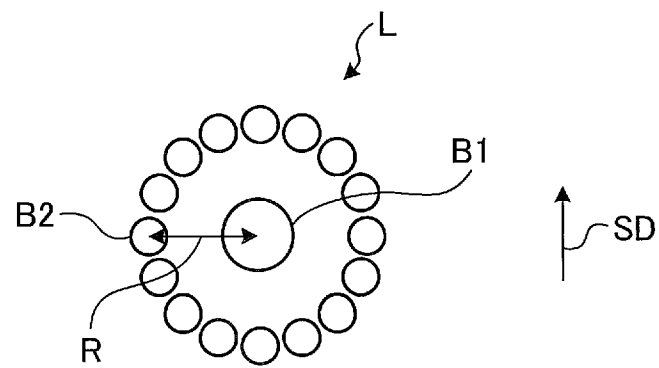
[図3]



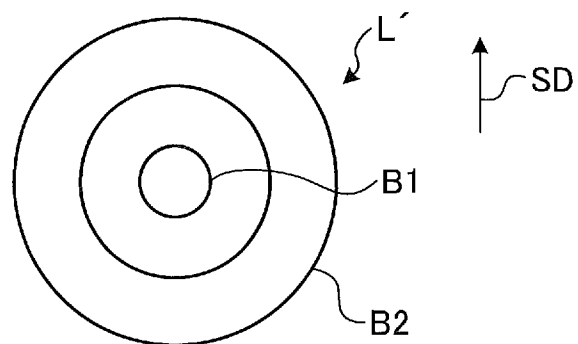
[図4]



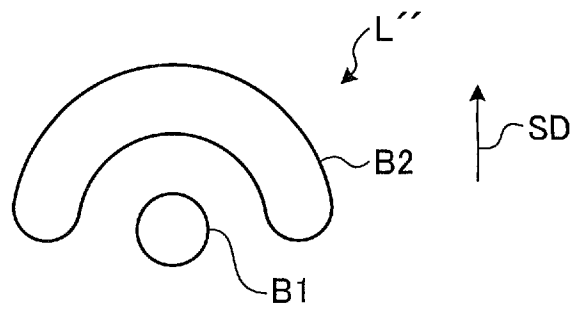
[図5A]



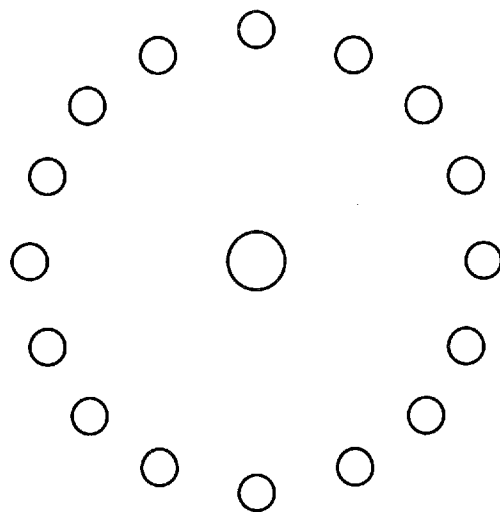
[図5B]



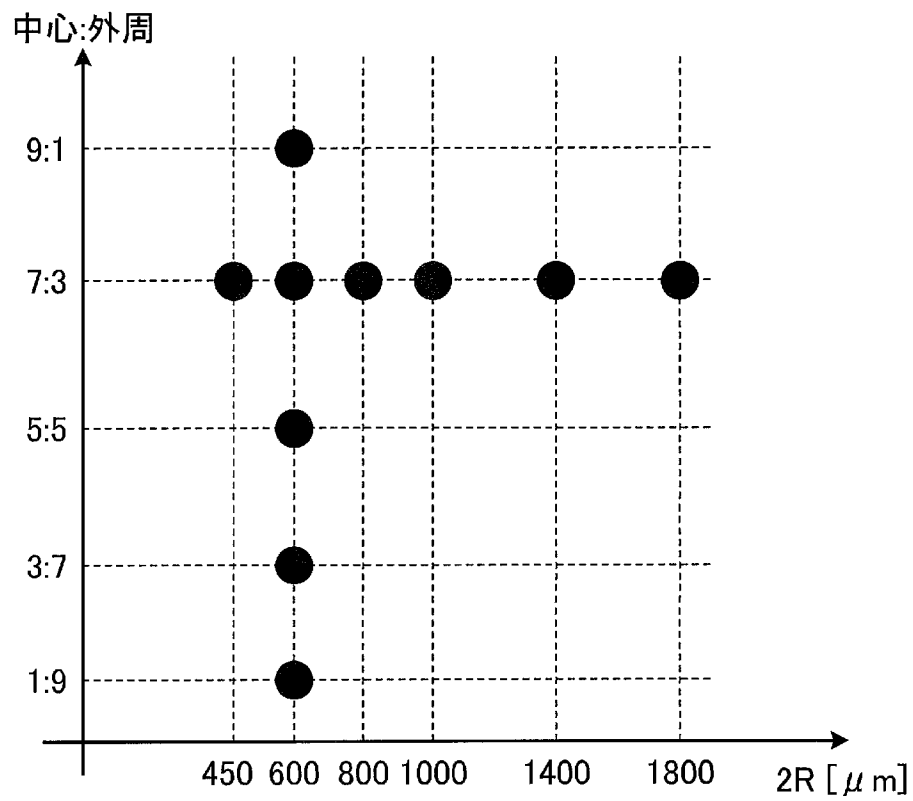
[図5C]



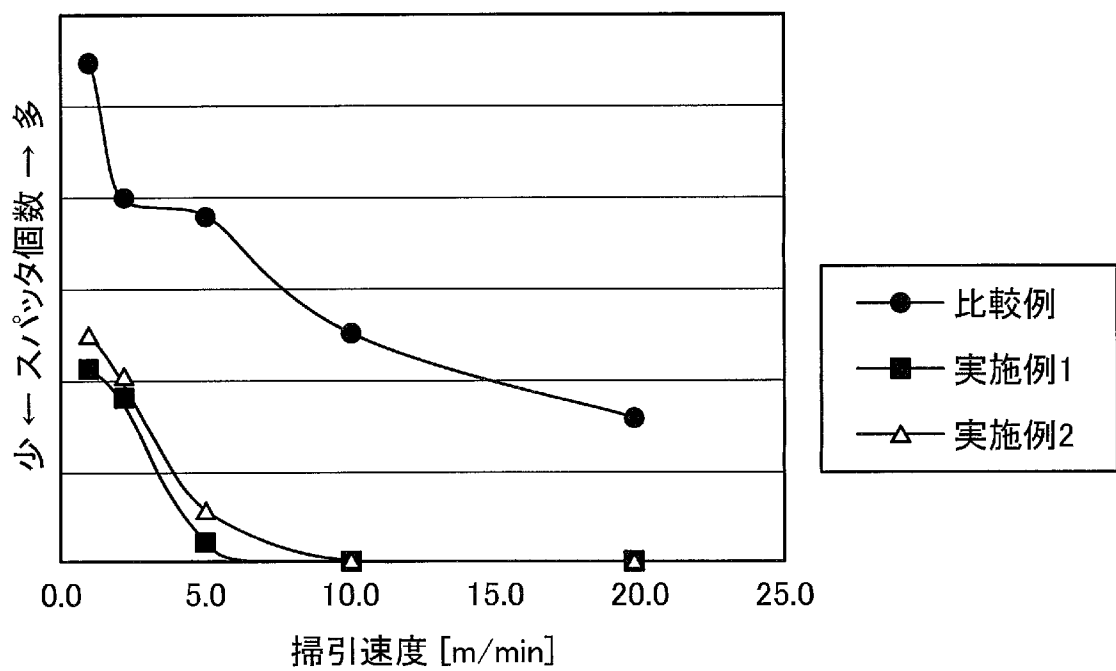
[図6]



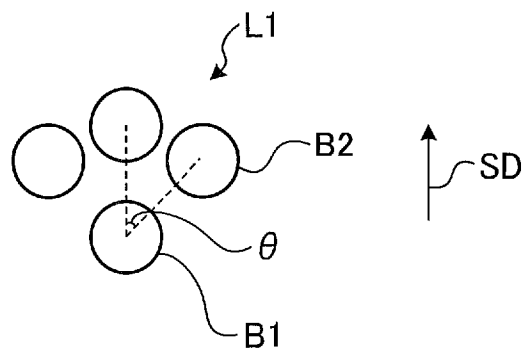
[図7]



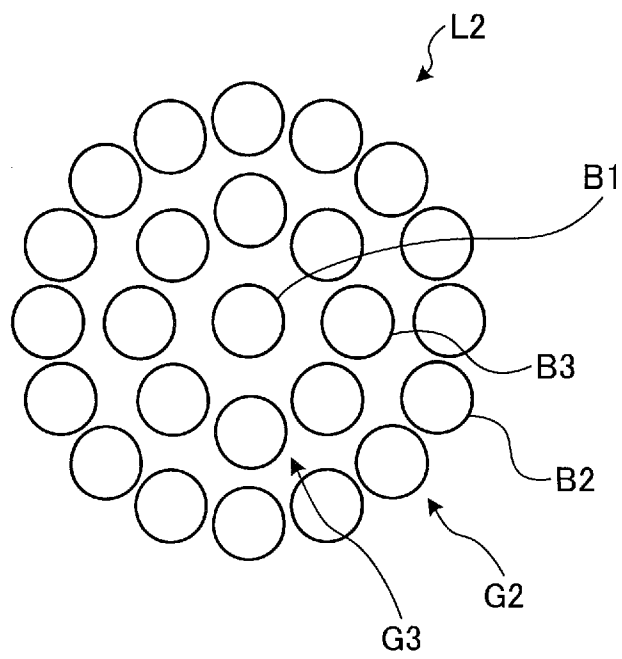
[図8]



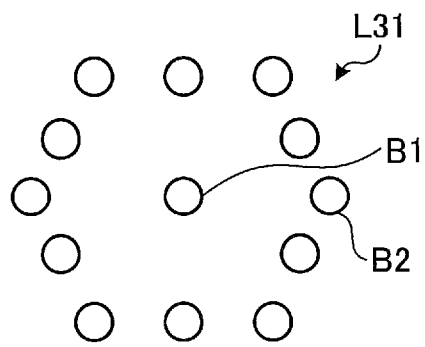
[図9]



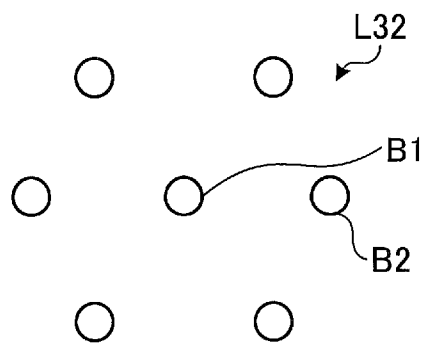
[図10]



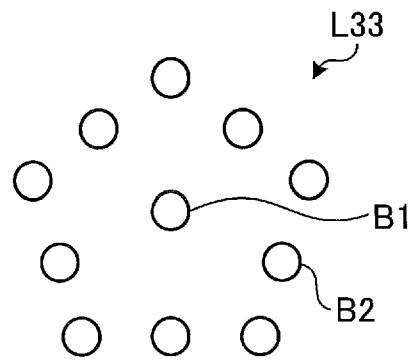
[図11A]



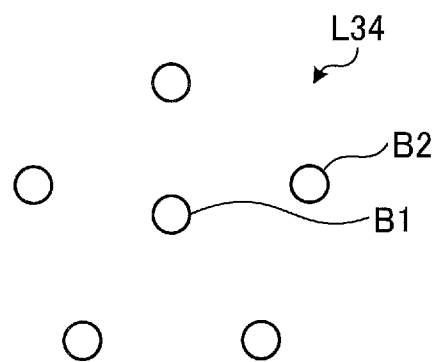
[図11B]



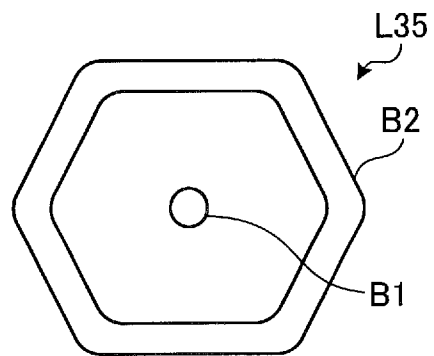
[図11C]



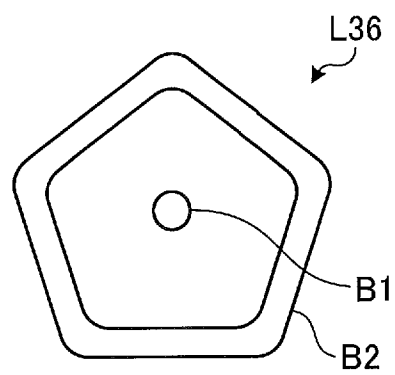
[図11D]



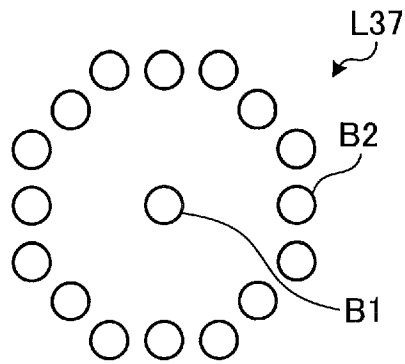
[図11E]



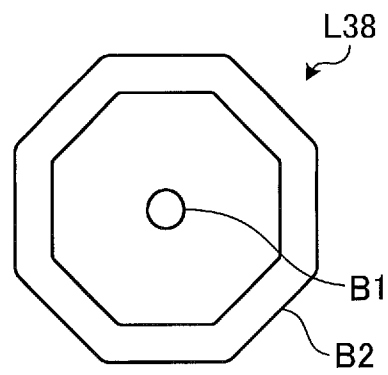
[図11F]



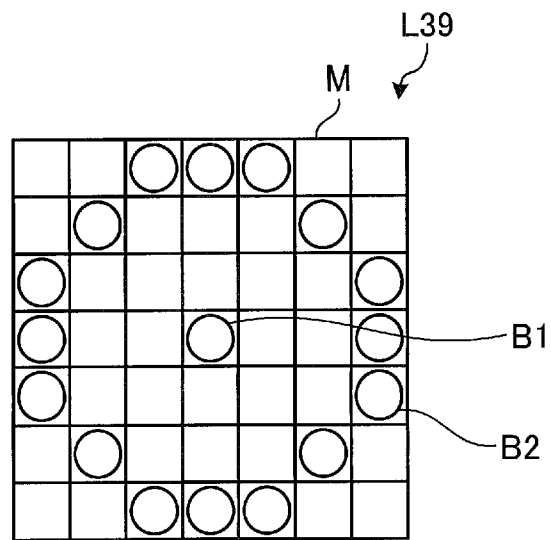
[図11G]



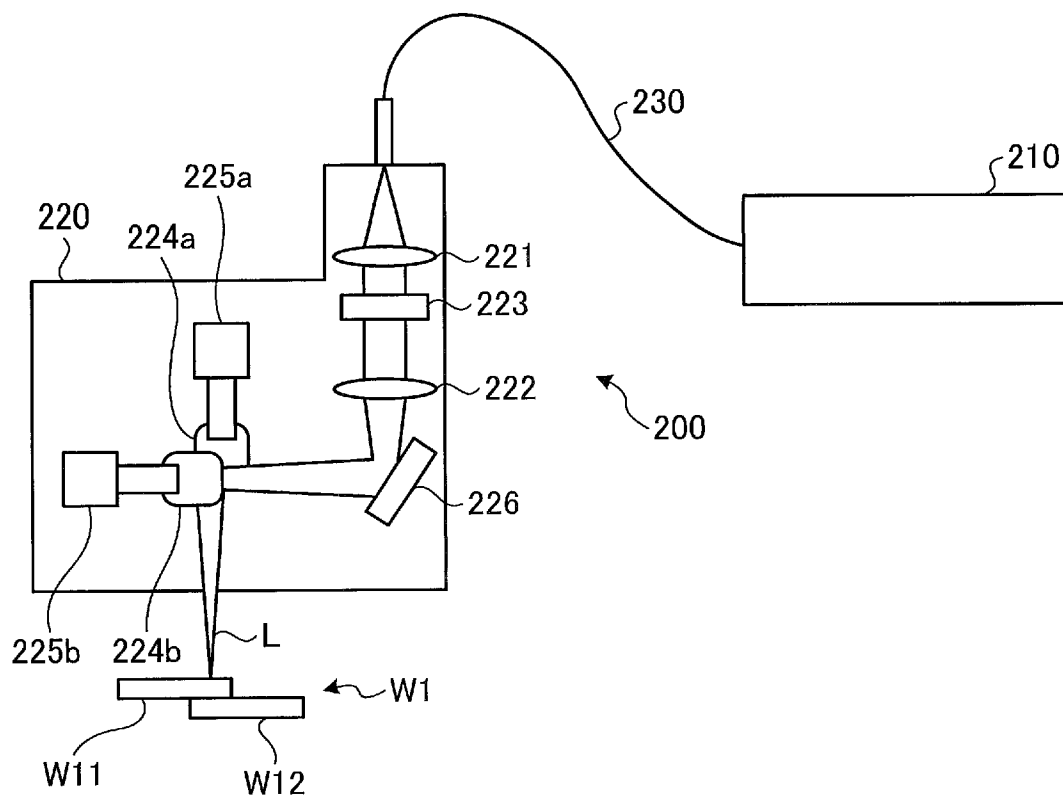
[図11H]



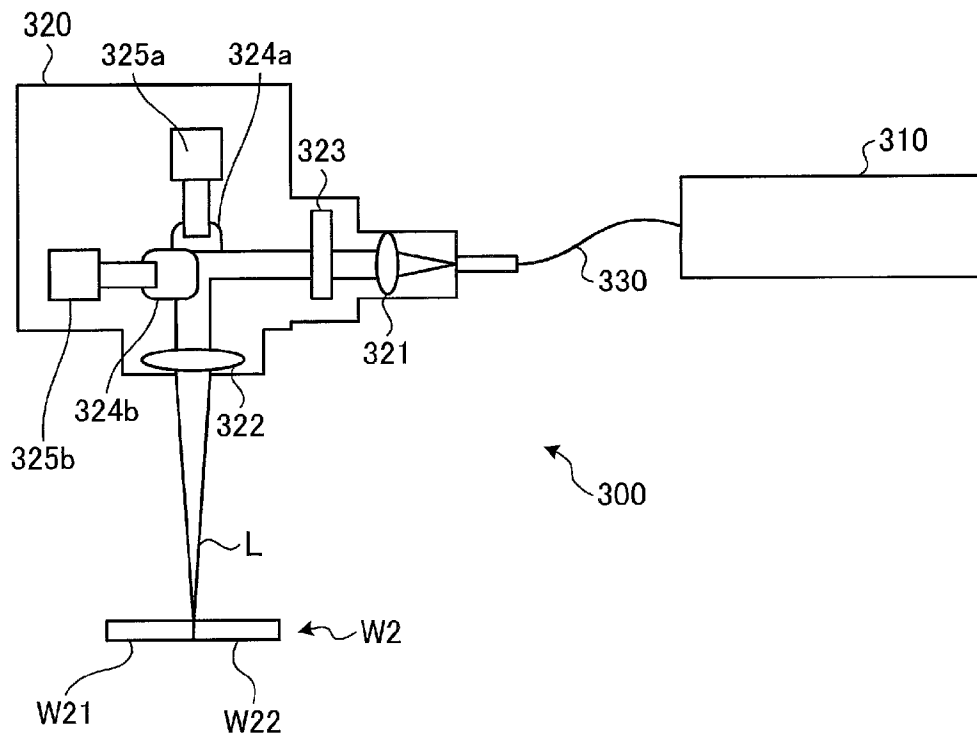
[図11I]



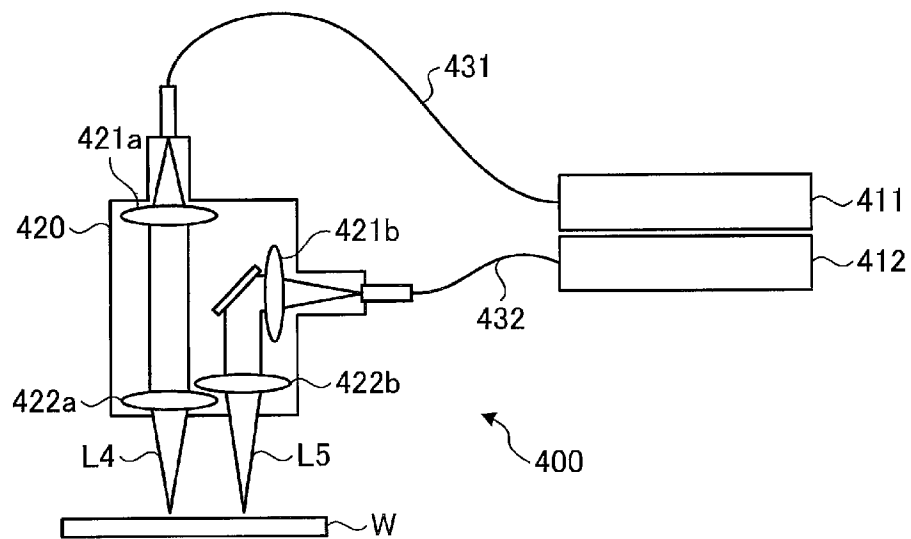
[図12]



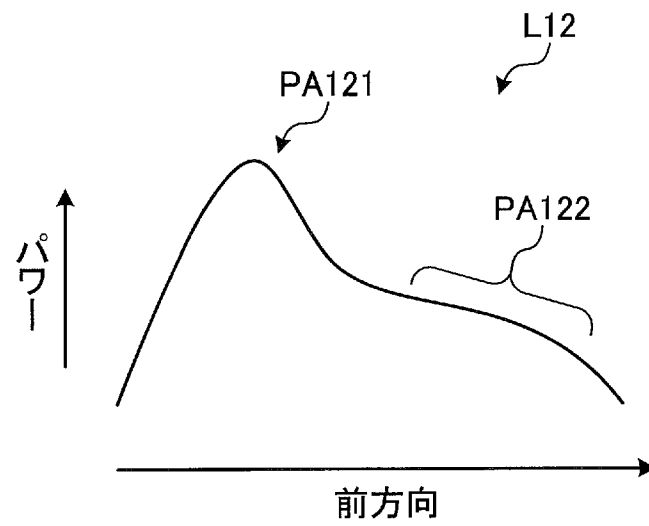
[図13]



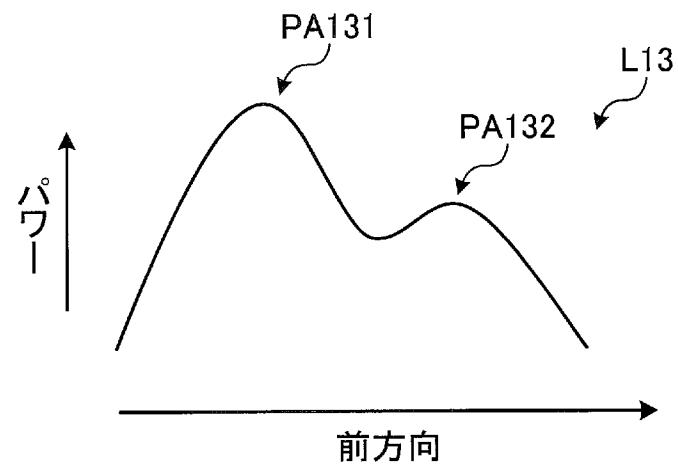
[図14]



[図15A]



[図15B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/034801

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B23K26/073(2006.01)i, B23K26/064(2014.01)i, B23K26/067(2006.01)i,
B23K26/21(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)

Int.Cl. B23K26/073, B23K26/064, B23K26/067, B23K26/21

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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	JP 2012-236228 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 06 December 2012, paragraphs [0025]-[0043], [0050]-[0053], [0062]-[0066], fig. 1-7, 9 (Family: none)	1-2, 6-8, 11-12, 16-17
Y		9-10, 18-19
A		3-5, 13-15

☒ 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
12 November 2019 (12.11.2019)

Date of mailing of the international search report
26 November 2019 (26.11.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/034801

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 2015-205327 A (PANASONIC IP MANAGEMENT CO., LTD.) 19 November 2015, paragraphs [0004], [0017], fig. 2 (Family: none)	9-10, 18-19
A	JP 2001-47272 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 20 February 2001, paragraphs [0023]-[0032], fig. 4-11 (Family: none)	1-19

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B23K26/073(2006.01)i, B23K26/064(2014.01)i, B23K26/067(2006.01)i, B23K26/21(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. B23K26/073, B23K26/064, B23K26/067, B23K26/21

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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	JP 2012-236228 A（新日鐵住金株式会社）2012.12.06, 段落[0025]-[0043], [0050]-[0053], [0062]-[0066], 図1-7, 9 (ファミリーなし)	1-2, 6-8, 11-12, 16-17
Y		9-10, 18-19
A		3-5, 13-15

☑ 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

12.11.2019

国際調査報告の発送日

26.11.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

柏原 郁昭

3P

3113

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 2015-205327 A (パナソニック I P マネジメント株式会社) 2015. 11. 19, 段落[0004], [0017], 図 2 (ファミリーなし)	9-10, 18-19
A	JP 2001-47272 A (住友重機械工業株式会社) 2001. 02. 20, 段落[0023]-[0032], 図 4-11 (ファミリーなし)	1-19