

(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
2021年9月23日(23.09.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/187311 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 26/073 (2006.01) B23K 26/21 (2014.01)
B23K 26/067 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/009772

(22) 国際出願日: 2021年3月11日(11.03.2021)

(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 2020-045780 2020年3月16日(16.03.2020) JP

(71) 出願人: 古河電気工業株式会社(FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 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). 茅原

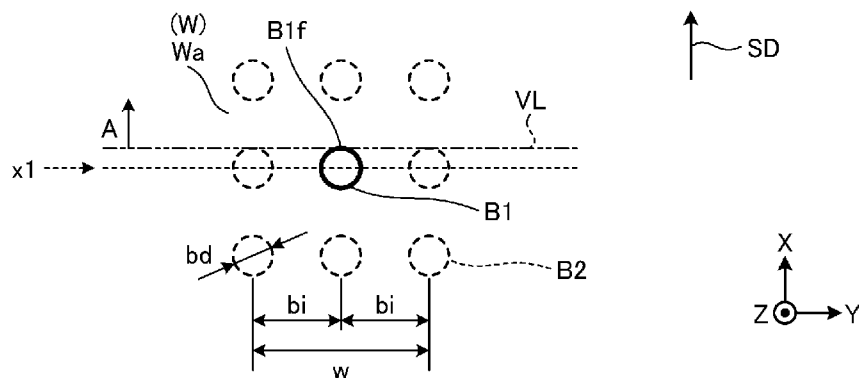
崇(KAYAHARA, Takashi); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 安岡 知道(YASUOKA, Tomomichi); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 高田 一輝(TAKADA, Kazuki); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 繁松 孝(SHIGEMATSU, Takashi); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).

(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).

(54) Title: WELDING METHOD AND WELDING DEVICE

(54) 発明の名称: 溶接方法および溶接装置

[図3]



(57) Abstract: A welding method in which a surface of an object to be processed is irradiated with laser light that moves in a scanning direction relative to the object to be processed, whereby portions of the objects to be processed that are irradiated with the laser light are welded. The laser light includes a plurality of beams, the plurality of beams including at least one main beam and at least one auxiliary beam having lower power than the main beam. A main power region including the at least one main beam, and an auxiliary power region including the at least one auxiliary beam, are formed on the surface. The minimum distance between the centers of the plurality of beams adjacent on the surface is 75 [μm] or less.



WO 2021/187311 A1

(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, IT, JO, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))

(57) 要約 : 加工対象に対して相対的に掃引方向に移動するレーザ光を加工対象の表面に照射することにより、加工対象のレーザ光が照射された部分を溶融して溶接を行う、溶接方法であって、レーザ光は、複数のビームを含み、複数のビームは、少なくとも一つの主ビームと、当該主ビームよりもパワーが小さい少なくとも一つの副ビームとを含み、表面上に、少なくとも一つの主ビームを含む主パワー領域と、少なくとも一つの副ビームを含む副パワー領域と、が形成され、表面上において隣接する複数のビームの中心間の最小距離が、75 [μm] 以下である。

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] また、この種の溶接において、加工対象がより小さい場合や細いような場合にあっては、溶接部の面積をより小さく、つまりビームの直径をより小さくすることが必要となる。

[0007] そこで、本発明の課題の一つは、例えば、スパッタを抑制しながら、溶接部の面積をより小さく、つまりビームの直径をより小さくすることが可能な、新規な溶接方法および溶接装置を得ること、である。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の溶接方法にあっては、例えば、加工対象に対して相対的に掃引方向に移動する前記レーザ光を前記加工対象の表面に照射することにより、前記加工対象の前記レーザ光が照射された部分を溶融して溶接を行う、溶接方法であって、前記レーザ光は、複数のビームを含み、前記複数のビームは、少なくとも一つの主ビームと、当該主ビームよりもパワーが小さい少なくとも一つの副ビームとを含み、前記表面上に、前記少なくとも一つの主ビームを含む主パワー領域と、前記少なくとも一つの副ビームを含む副パワー領域と、が形成され、前記表面上において隣接する前記複数のビームの中心間の最小距離が、75 [μm] 以下である。

[0009] 前記溶接方法にあっては、前記レーザ光は、シングルモードレーザ光であってもよい。

[0010] 前記溶接方法にあっては、前記表面上において、前記ビームの直径が100 [μm] 以下であってもよい。

[0011] 前記溶接方法にあっては、前記表面上において、前記掃引方向と直交する方向に最も離間した前記複数のビームの中心間の距離が、300 [μm] 以下であってもよい。

[0012] 前記溶接方法にあっては、前記主パワー領域のパワーと前記副パワー領域のパワーとの比が、72 : 1 から 1 : 50 までの範囲内であってもよい。

[0013] 前記溶接方法にあっては、前記少なくとも一つの主ビームに対して、前記

掃引方向の前方に、前記少なくとも一つの副ビームが配置されてもよい。

[0014] 前記溶接方法にあつては、前記少なくとも一つの主ビームに対して、前記掃引方向の後方に、前記少なくとも一つの副ビームが配置されてもよい。

[0015] 前記溶接方法にあつては、前記少なくとも一つの主ビームに対して、前記掃引方向と交差する方向にずれて、前記少なくとも一つの副ビームが配置されてもよい。

[0016] 前記溶接方法にあつては、前記少なくとも一つの主ビームに対して、その周囲に、前記少なくとも一つの副ビームとしての複数の副ビームが配置されてもよい。

[0017] 前記溶接方法にあつては、前記複数の副ビームが、円弧状に配置されてもよい。

[0018] 前記溶接方法にあつては、前記複数の副ビームが、四角形状に配置されてもよい。

[0019] 前記溶接方法にあつては、前記主パワー領域と、前記副パワー領域とは、前記主パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの主ビームによって形成された溶融池と前記副パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの副ビームによって形成された溶融池とが部分的に重なるように配置されてもよい。

[0020] 前記溶接方法にあつては、前記主パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの主ビームのレーザ光の波長と、前記副パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの副ビームのレーザ光の波長とが、同一であってもよい。

[0021] 前記溶接方法にあつては、前記副パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの副ビームのレーザ光の波長は、前記主パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの主ビームのレーザ光の波長よりも、前記加工対象に対する吸収率が高い波長であってもよい。

[0022] 前記溶接方法にあつては、前記主パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの主ビームのレーザ光と、前記副パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの副ビームのレーザ光とが、同一の発振器から出射されてもよい。

[0023] 前記溶接方法にあつては、前記主パワー領域に含まれる前記少なくとも一

つの主ビームのレーザ光と、前記副パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの副ビームのレーザ光とが、異なるレーザ発振器から出射されてもよい。

[0024] 前記溶接方法にあつては、前記レーザ光の M^2 ビーム品質は、1.3以下であつてもよい。

[0025] 前記溶接方法にあつては、前記複数のビームの中心間の距離が、5 [μm]以上であつてもよい。

[0026] 前記溶接方法にあつては、前記複数のビームの配置が、ビームシェイパによって形成されてもよい。

[0027] 前記溶接方法にあつては、前記ビームシェイパは回折光学素子であつてもよい。

[0028] 前記溶接方法にあつては、前記加工対象は、少なくとも二つの部材が重ねられてもよい。

[0029] 前記溶接方法にあつては、主ビームの直径と前記副ビームの直径が同一であつてもよい。

[0030] 本発明の溶接装置にあつては、例えば、レーザ発振器と、前記レーザ発振器から出射された光を成形した複数のビームを含むレーザ光を加工対象の表面に照射することにより、前記加工対象の前記レーザ光が照射された部分を溶融して溶接を行う光学ヘッドと、を備え、前記レーザ光が前記加工対象に対して相対的に掃引方向に移動するよう、前記加工対象と前記光学ヘッドの少なくとも一部とは相対移動可能に構成され、前記複数のビームは、少なくとも一つの主ビームと、当該主ビームよりもパワーが小さい少なくとも一つの副ビームとを含み、前記表面上に、前記少なくとも一つの主ビームを含む主パワー領域と、前記少なくとも一つの副ビームを含む副パワー領域と、が形成され、前記表面上において隣接する前記複数のビームの中心間の最小距離が、75 [μm]以下である。

発明の効果

[0031] 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ともに、溶接部の面積をより小さく、つまりビームの直径をより小さくすることができる

。

図面の簡単な説明

- [0032] [図1]図 1 は、第 1 実施形態のレーザ溶接装置の例示的な概略構成図である。
- [図2]図 2 は、第 1 実施形態のレーザ溶接装置に含まれる回折光学素子の原理の概念を示す説明図である。
- [図3]図 3 は、第 1 実施形態のレーザ溶接装置から照射されたレーザ光の加工対象の表面上におけるビーム（スポット）の一例を示す模式図である。
- [図4]図 4 は、第 1 実施形態のレーザ溶接装置から照射されたレーザ光の加工対象の表面上におけるビーム（スポット）の一例を示す模式図である。
- [図5]図 5 は、第 1 実施形態のレーザ溶接装置から照射されたレーザ光の加工対象の表面上における掃引方向と直交する方向における各ビームの強度分布の一例を示す説明図である。
- [図6]図 6 は、第 1 実施形態のレーザ溶接装置から照射されたレーザ光の加工対象の表面上における掃引方向と直交する方向における各ビームの強度分布の別の一例を示す説明図である。
- [図7]図 7 は、第 1 実施形態のレーザ溶接装置による溶接におけるスパッタ数の、参考例としての回折光学素子を有しないレーザ溶接装置による溶接におけるスパッタ数に対する比、を示すグラフである。
- [図8]図 8 は、第 1 実施形態のレーザ溶接装置による溶接部位の表面と、掃引方向における表面の高さの変化と、を示す説明図である。
- [図9]図 9 は、第 2 実施形態のレーザ溶接装置の例示的な概略構成図である。
- [図10]図 10 は、第 3 実施形態のレーザ溶接装置の例示的な概略構成図である。
- [図11]図 11 は、第 1 実施形態のレーザ溶接装置から照射されたレーザ光の加工対象の表面上におけるビーム（スポット）の一例を示す模式図である。
- [図12]図 12 は、第 1 実施形態のレーザ溶接装置から照射されたレーザ光の加工対象の表面上におけるビーム（スポット）の一例を示す模式図である。
- [図13]図 13 は、第 1 実施形態のレーザ溶接装置から照射されたレーザ光の

加工対象の表面上におけるビーム（スポット）の一例を示す模式図である。

[図14]図14は、第1実施形態のレーザ溶接装置から照射されたレーザ光の加工対象の表面上におけるビーム（スポット）の一例を示す模式図である。

[図15]図15は、第1実施形態のレーザ溶接装置から照射されたレーザ光の加工対象の表面上におけるビーム（スポット）の例を番号付きのセルを有したマトリクスで説明するための、各ビームの位置を示す番号の配置を示す図である。

[図16]図16は、図3の例について、ビームの配置と、各ビームの番号と、を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0033] 以下、本発明の例示的な実施形態が開示される。以下に示される実施形態の構成、ならびに当該構成によってもたらされる作用および結果（効果）は、一例である。本発明は、以下の実施形態が開示される構成以外によっても実現可能である。また、本発明によれば、構成によって得られる種々の効果（派生的な効果も含む）のうち少なくとも一つを得ることが可能である。

[0034] 以下に示される実施形態は、同様の構成を備えている。よって、各実施形態の構成によれば、当該同様の構成に基づく同様の作用および効果が得られる。また、以下では、それら同様の構成には同様の符号が付与されるとともに、重複する説明が省略される場合がある。

[0035] また、各図において、方向Xを矢印Xで表し、方向Yを矢印Yで表し、方向Zを矢印Zで表している。方向X、方向Y、および方向Zは、互いに交差するとともに直交している。Z方向は、加工対象Wの表面Wa（加工面）の法線方向である。

[0036] [第1実施形態]

[レーザ溶接装置の構成]

図1は、第1実施形態のレーザ溶接装置100の概略構成を示す図である。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。レーザ溶接装置100は、溶接装置の一例である。

[0037] レーザ溶接装置100の加工対象Wは、例えば、鉄系の金属材料や、アルミニウム系の金属材料、銅系の金属材料等で作られうる。また、加工対象Wは、例えば、板状の形状を有し、加工対象Wの厚さは、例えば、1 [mm]以上、10 [mm]以下であるが、これには限定されない。また、加工対象Wは、複数の部材が重ね合わせられたものである。複数の部材の数や、各部材の厚さは、種々に変更することができる。

[0038] レーザ装置110は、レーザ発振器を備えており、一例としては、数kWのパワーのシングルモードのレーザ光を出力できるよう構成されている。なお、レーザ装置110は、例えば、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構成されてもよい。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もよい。

[0039] 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光学ヘッド120に導く。レーザ装置110が、シングルモードレーザ光を出力する場合、光ファイバ130は、シングルモードレーザ光を伝播するよう構成される。この場合、シングルモードレーザ光の M^2 ビーム品質は、1.3以下に設定される。 M^2 ビーム品質は、 M^2 ファクタとも称されうる。

[0040] 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、DOE123 (diffractive optical element、回折光学素子)と、を備えている。コリメートレンズ121、集光レンズ122、およびDOE123は、光学部品とも称されうる。

[0041] 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。光学ヘッド120と加工対象Wとの相対移動は、光学ヘッド120の

移動、加工対象Wの移動、または光学ヘッド120および加工対象Wの双方の移動により、実現されうる。

[0042] コリメートレンズ121は、入力されたレーザ光をコリメートする。コリメートされたレーザ光は、平行光になる。また、集光レンズ122は、平行光としてのレーザ光を集光し、レーザ光L（出力光）として、加工対象Wに照射する。

[0043] DOE123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、レーザ光のビームの形状（以下、ビーム形状と称する）を成形する。図2に概念的に例示されるよう、DOE123は、例えば、周期の異なる複数の回折格子123aが重ね合わせられた構成を備えている。DOE123は、平行光を、各回折格子123aの影響を受けた方向に曲げたり、重ね合わせたりすることにより、ビーム形状を成形することができる。DOE123は、ビームシェイパとも称されうる。

[0044] [ビーム（スポット）の形状]

DOE123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。図3、4は、それぞれ、加工対象Wの表面Wa上に形成されたレーザ光Lのビーム（スポット）の一例を示す図である。なお、図3、4では、簡単のため、主ビームB1が実線で示され、副ビームB2が破線で示されている。また、図3、4中の矢印SDは、ビームの加工対象Wの表面Wa上での掃引方向を示している。図3、4に例示されるように、光学ヘッド120は、DOE123を交換することにより、種々の配置の複数のビームを含むレーザ光を出力することができる。

[0045] DOE123は、レーザ光を複数のビームに分割する。複数のビームは、少なくとも一つの主ビームB1と、少なくとも一つの副ビームB2と、を含む。副ビームB2は、主ビームB1よりもパワーが小さいビームである。一例としては、主ビームB1のパワーと副ビームB2のパワーとの比は、2：1に設定されるが、これには限定されない。

[0046] また、DOE123は、表面Wa上に、少なくとも一つの主ビームB1の

スポットと、少なくとも一つの副ビームB 2のスポットとが形成されるよう、レーザ光を分割する。図3の例では、DOE 1 2 3によるビームの成形により、表面Wa上には、一つの主ビームB 1のスポットと、当該主ビームB 1のスポットの周囲に正形状（四角形状）に並んだ複数の副ビームB 2のスポットと、が形成されている。また、図3の例では、複数のビームは、3行×3列の正方形のマトリクス状に配置されており、行方向（Y方向）におけるビーム間の間隔と列方向（X方向、掃引方向SD）におけるビーム間の間隔とは全て同一に設定されている。そして、9個のビームのうち、中央の1個のビームが主ビームB 1であり、当該1個の主ビームB 1の周囲の8個のビームが副ビームB 2である。

[0047] また、図4の例では、DOE 1 2 3によるビームの成形により、表面Wa上には、複数の主ビームB 1のスポットと、当該複数の主ビームB 1のスポットの周囲に正形状（四角形状）に並んだ複数の副ビームB 2のスポットと、が形成されている。また、図4の例では、複数のビームは、4行×4列の正方形のマトリクス状に配置されており、行方向（Y方向）におけるビーム間の間隔と列方向（X方向、掃引方向SD）におけるビーム間の間隔とは全て同一に設定されている。そして、16個のビームのうち、中央の4個のビームが主ビームB 1であり、当該4個の主ビームB 1の周囲の12個のビームが副ビームB 2である。主ビームB 1が照射される領域は、主パワー領域の一例であり、副ビームB 2が照射される領域は、副パワー領域の一例である。

[0048] さらに、発明者らの実験的な研究により、加工対象の材質によってスパッタの抑制に好適な、少なくとも一つの主ビームを含む主パワー領域と、少なくとも一つの副ビームを含む副パワー領域のパワー比の範囲が判明した。例えば、炭素鋼、ステンレス鋼または鉄合金等の鉄系の金属材料に対しては少なくとも一つの主ビームを含む主パワー領域と、少なくとも一つの副ビームを含む副パワー領域のパワー比が10：1～1：20であるのが好適であり、純銅、または銅合金等の銅系の金属材料に対しては少なくとも一つの主ビ

ームを含む主パワー領域と、少なくとも一つの副ビームを含む副パワー領域のパワー比が10 : 1 ~ 1 : 1であるのが好適であり、また、純アルミニウム、またはアルミニウム合金等のアルミ系の金属材料に対しては少なくとも一つの主ビームを含む主パワー領域と、少なくとも一つの副ビームを含む副パワー領域のパワー比が10 : 1 ~ 1 : 1であるのが好適であることが判明した。

[0049] また、図3に示されるように、DOE123は、表面Wa上において、いずれかの副ビームB2のスポットの少なくとも一部が、掃引方向SDにおいて主ビームB1のスポットの前方に位置するよう、ビームを成形する。具体的には、いずれかの副ビームB2が、主ビームB1の前端B1fを通り掃引方向SDと直交する仮想直線VLよりも掃引方向SDの前方の領域A内に、少なくとも部分的に、位置していればよい。また、いずれかの副ビームB2のスポットが、主ビームB1のスポットの後方に位置してもよい。この場合には、いずれかの副ビームB2が、主ビームB1の後端（不図示）を通り掃引方向SDと直交する仮想直線（不図示）よりも掃引方向SDの後方の領域（不図示）内に、少なくとも部分的に、位置していればよい。

[0050] 図5, 6は、それぞれ、レーザ光の加工対象Wの表面Wa上における掃引方向SDと直交する方向における各ビームの強度分布の一例を示す図である。図5, 6は、いずれも、図3中の位置x1での分布を示している。位置x1は、主ビームB1の中心のX方向での位置である。

[0051] 図3~6に示されるように、本実施形態では、Y方向、すなわち掃引方向SDがX方向である場合の幅方向において、ビームB1, B2の照射領域の中心の近くに主ビームB1が位置され、中心からより離れた位置に副ビームB2が位置されている。レーザ光Lの幅は、幅方向に最も離間した二つのビームの中心間の距離wと定義する。図5の場合、レーザ光Lの幅は、幅方向の両端に位置するビーム（副ビームB2）の中心間の距離w1であり、図6の場合、レーザ光Lの幅は、幅方向の両端に位置するビーム（副ビームB2）の中心間の距離w2である。

- [0052] 発明者らの実験的な研究により、レーザ光Lの幅は50 [μm]以上300 [μm]以下であるのが好適であり、50 [μm]以上200 [μm]以下であるのがさらに好適であることが判明した。また、各ビームの直径bdは100 [μm]以下であるのが好適であり、25 [μm]以下であるのがさらに好適であることが判明した。また、隣接する複数のビーム間の最小距離bi (図3, 4参照)は、75 [μm]以下であるのが好適であり、50 [μm]以下であるのがさらに好適であることが判明した。
- [0053] また、複数のビームは統合される場合がある。この場合、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、例えばガウシアン形状のパワー分布を有する。この場合は、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ことができる。円形でないビームの場合は、本明細書にお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。
- [0054] レーザ装置110や、光ファイバ130、コリメートレンズ121、集光レンズ122、およびDOE123の適宜な設計あるいは調整により、レーザ溶接装置100は、上述したような主ビームB1および副ビームB2を含むレーザ光Lを出力することができる。
- [0055] [溶接方法]
- レーザ溶接装置100を用いた溶接にあつては、まず、加工対象Wが、レーザ光Lが照射される領域にセットされる。そして、DOE123によって分割された主ビームB1および副ビームB2を含むレーザ光Lが加工対象Wに照射されている状態で、レーザ光Lと加工対象Wとが相対的に移動する。これにより、レーザ光Lが表面Wa上に照射されながら当該表面Wa上を掃引方向SDに移動する (掃引する)。レーザ光Lが照射された部分は、熔融

し、その後、温度の低下に伴って凝固することにより、加工対象Wが溶接される。なお、本実施形態では、一例として、掃引方向SDは、X方向であるが、掃引方向SDは、Z方向と交差していればよく、X方向には限定されない。

[0056] 発明者らの実験的な研究から、レーザ光Lにおいて、副ビームB2の少なくとも一部の領域を、主ビームB1に対して掃引方向SDにおける前方に位置することにより、スパッタの発生を抑制できることが確認されている。これは、例えば、主ビームB1が到来する前に副ビームB2によって加工対象Wを予め加熱しておくことにより、副ビームB2および主ビームB1によって形成される加工対象Wの溶融池がより安定化するからであると推定できる。

[0057] そして、比較的広い範囲において十分な予熱を行うという観点から、複数のビーム間の最小距離は、5 [μm] 以上であるのが好ましく、10 [μm] 以上であるのがより好ましいことが判明した。

[0058] [実験結果]

図7は、本実施形態のレーザ溶接装置100による溶接におけるスパッタ数の、参考例としてのDOE123を有しないレーザ溶接装置による溶接におけるスパッタ数に対する比、を示すグラフである。

[0059] 発明者らは、レーザ溶接装置100を用いて、加工対象Wに対して、実際に、図3、4のそれぞれのビーム形状を有したレーザ光Lを照射してレーザ溶接を実行し、スパッタ数を計測する実験を行った。また、参考例として、DOE123が無く加工対象Wに照射されたレーザ光が単一のビーム（スポット）を有する場合についても同条件でスパッタ数を計測する実験を行った。図7に示すグラフでは、図3、4の各場合のスパッタ数の、参考例の場合のスパッタ数に対する比を示している。

[0060] 当該実験では、表面Waとレーザ光Lとの相対的な移動速度（以下、掃引速度と称する）が、30 [m/min]、20 [m/min]、10 [m/min]、5 [m/min]、2 [m/min]、1 [m/min]、0.

5 [m/min] の場合について、溶接において生じた50 [μm] を超えるスパッタの数を測定した。

[0061] 当該実験では、レーザ装置110から出力されるレーザ光の波長は1070 [nm] に設定され、図3のビーム形状の場合（図7中○）、図4のビーム形状の場合（図7中□）、および参考例の場合（図7中△）、のそれぞれにおいて、ビームの数や配置が異なるものの、レーザ光Lのパワーの合計値は、全て1.5 [kW] に設定された。

[0062] 当該実験では、図3のビーム形状および図4のビーム形状の場合において、レーザ光Lの幅 w (w_1 , w_2) は、100 [μm] に設定されるとともに、各ビームのスポットの直径 bd は、21 [μm] に設定された。また、隣接するビームの中心間のX方向およびY方向における距離は、図3のビーム形状の場合においては33 [μm] に設定され、図4のビーム形状の場合においては25 [μm] に設定された。また、 M^2 ビーム品質は、1.06に設定された。

[0063] また、加工対象Wとしては、10 [mm] の厚さの1枚のステンレス鋼（SUS304）が用いられた。なお、厚さ方向（Z方向）に重ねられた加工対象Wが互いに密着している場合、アスペクト比は、加工対象Wの厚さおよび枚数にはほぼ依存しないものと推定できる。言い換えると、加工対象Wが厚さ方向に互いに密着して複数枚重ねられた同一材料の板材である場合も、加工対象Wが1枚の板材である本実験の場合と同じ結果が得られると、推定できる。

[0064] 図7に示されるように、実験では、各条件について、比が1以下となった。言い換えると、図3のビーム形状および図4のビーム形状で溶接を行った全ての場合において、スパッタ数が参考例以下となった。

[0065] また、今回の実験により、ハンピングが低減することが確認できた。ハンピングとは、溶接時に、溶融金属の表面張力のバランスが崩れ、溶融金属内の溶接進行方向後方への湯流れ速度が間欠的になり、溶融金属の山と谷が周期的に発生現象である。図8は、図4のビーム形状の場合の溶接部位 W_m の

表面W aと、掃引方向における表面W aの高さの変化と、を示している。図8の上段は、溶接部位W mの表面W aの写真であり、下段は、上段の写真中の位置y 1における溶接部位W mの表面W aのZ方向の位置の変化を実線で示し、D O E 1 2 3 無しの参考例での溶接部位W mの表面W aのZ方向の位置の変化を破線で示している。図8の下段に示されるように、本実施形態における位置y 1での表面W aのZ方向の位置の最大差は $\delta 1$ であり、参考例における最大差は $\delta 0$ であり、 $\delta 1 < \delta 0$ であることがわかる。このように、本実施形態によれば、D O E 1 2 3 無しの参考例に比べて、ハンピングを低減することができる。

[0066] 以上、説明したように、本実施形態では、レーザ溶接装置100が出力するレーザ光Lは、複数のビームを含み、複数のビームは、少なくとも一つの主ビームB 1と、当該主ビームB 1よりもパワーが小さい少なくとも一つの副ビームB 2とを含み、表面W a上に、少なくとも一つの主ビームB 1を含む主パワー領域と、少なくとも一つの副ビームB 2を含む副パワー領域と、が形成される。そして、表面W a上において隣接する複数のビームの中心間の最小距離が75 [μ m] 以下に設定される。

[0067] このような溶接方法および溶接装置によれば、スパッタの発生を抑制しながら、溶接部位W mの幅をより狭くすることができる。

[0068] また、発明者らの実験的研究により、各ビーム（主ビームB 1、副ビームB 2）の直径は、表面W a上において、100 [μ m] 以下であるのが好適であり、掃引方向SDと直交する方向に最も離間した複数のビームの中心間の距離は、表面W a上において、300 [μ m] 以下であるのが好適であることが判明した。

[0069] このような溶接方法および溶接装置によれば、例えば、スパッタの発生を抑制しながら、溶接部位W mの幅をより狭くできる。

[0070] また、レーザ光LのM²ビーム品質は、1.3以下であるのが好適である。これにより、スパッタの発生を抑制しながら、溶接部位W mの幅をより狭くできる。

- [0071] また、発明者らの実験的研究により、図3、4に示されるように、少なくとも一つの主ビームB1に対して掃引方向SDの前方に少なくとも一つの副ビームB2が配置される場合、少なくとも一つの主ビームB1に対して掃引方向SDの後方に少なくとも一つの副ビームB2が配置される場合、少なくとも一つの主ビームB1に対して掃引方向SDと交差する方向にずれて少なくとも一つの副ビームB2が配置される場合、少なくとも一つの主ビームB1に対してその周囲に複数の副ビームB2が配置される場合、および複数の副ビームが四角形状に配置される場合、のそれぞれについて、スパッタの発生を抑制しながら、溶接部位Wmの幅をより狭くできることが判明した。
- [0072] また、発明者らの実験的研究により、主パワー領域のパワーと副パワー領域のパワーとの比が72：1から1：50までの範囲内である場合、について、スパッタの発生を抑制しながら、溶接部位Wmの幅をより狭くできることが判明した。
- [0073] また、本実施形態にあつては、主パワー領域と副パワー領域とが、主パワー領域に含まれる少なくとも一つの主ビームB1によって形成された溶融池と副パワー領域に含まれる少なくとも一つの副ビームB2によって形成された溶融池とが部分的に重なるように配置されてもよい。この場合、主ビームB1のエネルギーの少なくとも一部が加工対象Wのうち副ビームB2によって形成された溶融池に照射される。その結果、主ビームB1によって形成される溶融池が比較的安定し、スパッタの発生を抑制する効果が得られる。
- [0074] また、本実施形態にあつては、主ビームB1が加工対象Wにキーホールを発生させうるパワー密度を有してもよい。この場合、溶接における溶け込み深さを深くすることができる。
- [0075] また、本実施形態にあつては、主パワー領域に含まれる少なくとも一つの主ビームのレーザ光の波長と、副パワー領域に含まれる少なくとも一つの副ビームのレーザ光の波長とが、同一であってもよい。この場合、単一のレーザ光から主ビームおよび副ビームを生成できる。
- [0076] また、本実施形態にあつては、副パワー領域に含まれる少なくとも一つの

副ビームのレーザ光の波長は、主パワー領域に含まれる少なくとも一つの主ビームのレーザ光の波長よりも、加工対象に対する吸収率が高い波長であってもよい。この場合、副ビームのパワーまたはパワー密度が比較的低い場合にあっても、加工対象に与えるエネルギーを比較的大きくでき、副ビームを照射することの効果を楽しむことができる。

[0077] また、本実施形態にあつては、主パワー領域に含まれる少なくとも一つの主ビームのレーザ光と、副パワー領域に含まれる少なくとも一つの副ビームのレーザ光とが、同一の発振器から出射されてもよい。この場合、単一の発振器から出射されたレーザ光から主ビームおよび副ビームを生成できる。

[0078] また、本実施形態にあつては、主パワー領域に含まれる少なくとも一つの主ビームのレーザ光と、副パワー領域に含まれる少なくとも一つの副ビームのレーザ光とが、異なるレーザ発振器から出射されてもよい。この場合、主ビームおよび副ビームのそれぞれの特性を独立に設定し易くなる。

[0079] [第2実施形態]

図9は、第2実施形態の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。

[0080] 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。

[0081] 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。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 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DOE223を備えている。DOE223は、DOE123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。本実施形態においても、パワー比を、上記第1実施形態と同様に設定することができる。

[0085] [第3実施形態]

図10は、第3実施形態の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。

[0086] 光学ヘッド320は、光学ヘッド120, 220と同様に、レーザ装置3

10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。

[0087] 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。

[0088] 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DOE323を備えている。DOE323は、DOE123, 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。本実施形態においても、パワー比を、上記第1実施形態と同様に設定することができる。

[0089] また、図11~14に、加工対象Wの表面Wa上におけるレーザ光Lの複数のビームの配置の他の例を、示している。

[0090] 図11の例において、レーザ光Lは、一つの主ビームB1と、一つの副ビームB2と、を有し、副ビームB2は、主ビームB1に対して掃引方向SD(X方向)の前方に離れて位置されている。

[0091] 図12の例において、レーザ光Lは、中央に配置された1個の主ビームB1と、その周囲に環状に配置された16個の副ビームB2と、を有している。

[0092] 図13の例において、レーザ光Lは、5×5の正方形のマトリクス状に配置された25個のビームを有するとともに、中央に配置された1個の副ビーム

ムB 2と、その周囲に3×3の正形状（四角形状）に配置された9個の主ビームB 1と、その周囲に正形状（四角形状）に配置された16個の副ビームB 2と、を有している。この例でも、行方向（Y方向）におけるビーム間の間隔と列方向（X方向、掃引方向SD）におけるビーム間の間隔とは全て同一に設定されている。

[0093] 図14の例において、レーザ光Lは、Y方向に沿ってジグザグ（千鳥状）に延びた複数のビームを有している。言い換えると、各ビームは、X方向における前側の位置か、あるいはX方向における後側の位置に位置しており、当該ビームの位置は、Y方向に向かうにつれて、前側の位置と後側の位置とで交互に入れ替わっている。一つの主ビームB 1は、Y方向の中間位置において後側の位置に位置している。複数の副ビームB 2は、当該主ビームB 1に対してY方向およびY方向の反対方向に配置されている。互いに隣接するビーム間の間隔は略同じである。

[0094] 複数のビームの配置のパターンは、上述した例以外にも、種々に設定可能である。ここでは、ビームの配置のバリエーションを説明するため、図15に示されるような、1～49の番号付きのセルを有した7×7のマトリクスを導入する。各セルは、ビームの位置を示している。図15に例示されるマトリクスにおいては、セルの番号は、X方向の反対方向（X方向における後方）の行ほど大きくなり、かつY方向（Y方向における前方）の列ほど大きくなるよう設定されている。

[0095] 図16は、図3のパターンの場合における、主ビームB 1および副ビームB 2の配置と、主ビームB 1が配置されるセルの番号と、副ビームB 2が配置されるセルの番号と、を示している。図17に示されるように、図3のパターンについては、主ビームB 1は、番号25の位置に配置され、8個の副ビームB 2は、番号17～19, 24, 26, 31～33の位置に配置される。なお、図15のマトリクスは、複数のビームの相対的な位置を示すものであり、各ビームの大きさや間隔は適宜に変更することができる。

[0096] 複数のビームは、例えば、以下の[1]～[22]のパターンで配置する

ことができる。数字は図15のマトリクス中のセルの位置である。

[1] (図11)

主ビームB1 : 25

副ビームB2 : 18

[2]

主ビームB1 : 25

副ビームB2 : 18, 32

[3]

主ビームB1 : 25

副ビームB2 : 17, 19

[4]

主ビームB1 : 25

副ビームB2 : 17~19

[5]

主ビームB1 : 25

副ビームB2 : 11, 17, 19

[6]

主ビームB1 : 24, 25

副ビームB2 : 17, 18

[7]

主ビームB1 : 25

副ビームB2 : 18, 24, 26, 32

[8]

主ビームB1 : 25

副ビームB2 : 17, 19, 31, 33

[9] (図3)

主ビームB1 : 25

副ビームB2 : 17~19, 24, 26, 31~33

[10]

主ビームB1 : 25

副ビームB2 : 1, 3, 5, 7, 15, 21, 29, 35, 43, 45,
47, 49

[11] (図4)

主ビームB1 : 24, 25, 31, 32

副ビームB2 : 16~19, 23, 26, 30, 33, 37~40

[12]

主ビームB1 : 25

副ビームB2 : 10~12, 16, 20, 23, 27, 30, 34, 38
~40

[13]

主ビームB1 : 25

副ビームB2 : 9~13, 16, 20, 23, 27, 30, 34, 37~
41

[14]

主ビームB1 : 25

副ビームB2 : 9~13, 16~20, 23, 24, 26, 27, 30~
34, 37~41

[15] (図12)

主ビームB1 : 25

副ビームB2 : 3~5, 9, 13, 15, 21, 22, 28, 29, 35
, 37, 41, 45~47

[16]

主ビームB1 : 25

副ビームB2 : 10~12, 16~20, 23, 24, 26, 27, 30
~34, 38~40

[17]

主ビームB1 : 18, 24~26, 32

副ビームB2 : 10~12, 16, 17, 19, 20, 23, 27, 30
, 31, 33, 34, 38~40

[18]

主ビームB1 : 17~19, 24~26, 31~33

副ビームB2 : 10~12, 16, 20, 23, 27, 30, 34, 38
~40

[19]

主ビームB1 : 17~19, 24, 26, 31~33

副ビームB2 : 10~12, 16, 20, 23, 25, 27, 30, 34
, 38~40

[20]

主ビームB1 : 18, 24~26, 32

副ビームB2 : 9~13, 16, 17, 19, 20, 23, 27, 30,
31, 33, 34, 37~41

[21]

主ビームB1 : 17~19, 24~26, 31~33

副ビームB2 : 9~13, 16, 20, 23, 27, 30, 34, 37~
41

[22] (図12)

主ビームB1 : 17~19, 24, 26, 31~33

副ビームB2 : 9~13, 16, 20, 23, 25, 27, 30, 34,
37~41

[0097] 図12に示されるように、複数の副ビームB2は、略円環状あるいは略円弧状に配置されてもよい。この場合、各副ビームB2の中心が同一円周上に配置されてもよい。

[0098] 以上、本発明の実施形態が例示されたが、上記実施形態は一例であって、発明の範囲を限定することは意図していない。上記実施形態は、その他の様

々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、組み合わせ、変更を行うことができる。また、各構成や、形状、等のスペック（構造や、種類、方向、型式、大きさ、長さ、幅、厚さ、高さ、数、配置、位置、材質等）は、適宜に変更して実施することができる。

[0099] 例えば、上記各実施形態において、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。他方、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。

[0100] また、副ビームはすべてが同じパワーを持っていてもよいし、一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、一つでもよい。

[0101] また、加工対象の材質は、ステンレス鋼には限定されない。

[0102] 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。

[0103] 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。

[0104] 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。

産業上の利用可能性

[0105] 本発明は、溶接方法および溶接装置に利用することができる。

符号の説明

- [0106] 100, 200, 300…レーザ溶接装置（溶接装置）
110, 210, 310…レーザ装置（レーザ発振器）
120, 220, 320…光学ヘッド
121, 221, 321…コリメートレンズ
122, 222, 322…集光レンズ
123, 223, 323…DOE（回折光学素子）
123a…回折格子
130, 230, 330…光ファイバ
224a, 224b, 226, 324a, 324b…ミラー
225a, 225b, 325a, 325b…モータ
A…（掃引方向における前方の）領域
B1…主ビーム（ビーム、主パワー領域）
B1f…前端
B2…副ビーム（ビーム、副パワー領域）
bd…（ビームの）直径
bi…（ビーム間の）最小距離
L…レーザ光
SD…掃引方向
VL…仮想直線
W, W1, W2…加工対象
Wa…表面
W11, W12, W21, W22…金属部材
Wm…溶接部位
w, w1, w2…距離（幅）
x1, y1…位置
X…方向

Y…方向

Z…方向（法線方向）

請求の範囲

- [請求項1] 加工対象に対して相対的に掃引方向に移動するレーザ光を前記加工対象の表面に照射することにより、前記加工対象の前記レーザ光が照射された部分を溶融して溶接を行う、溶接方法であって、
前記レーザ光は、複数のビームを含み、
前記複数のビームは、少なくとも一つの主ビームと、当該主ビームよりもパワーが小さい少なくとも一つの副ビームとを含み、
前記表面上に、前記少なくとも一つの主ビームを含む主パワー領域と、前記少なくとも一つの副ビームを含む副パワー領域と、が形成され、
前記表面上において隣接する前記複数のビームの中心間の最小距離が、75 [μm] 以下である、溶接方法。
- [請求項2] 前記レーザ光は、シングルモードレーザ光である、請求項1に記載の溶接方法。
- [請求項3] 前記表面上において、前記ビームの直径が100 [μm] 以下である、請求項1または2に記載の溶接方法。
- [請求項4] 前記表面上において、前記掃引方向と直交する方向に最も離間した前記複数のビームの中心間の距離が、300 [μm] 以下である、請求項1～3のうちいずれか一つに記載の溶接方法。
- [請求項5] 前記主パワー領域のパワーと前記副パワー領域のパワーとの比が、72 : 1 から1 : 50 までの範囲内にある、請求項1～4のうちいずれか一つに記載の溶接方法。
- [請求項6] 前記少なくとも一つの主ビームに対して、前記掃引方向の前方に、前記少なくとも一つの副ビームが配置される、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] 前記少なくとも一つの主ビームに対して、前記掃引方向の後方に、前記少なくとも一つの副ビームが配置される、請求項1～6のうちいずれか一つに記載の溶接方法。

- [請求項8] 前記少なくとも一つの主ビームに対して、前記掃引方向と交差する方向にずれて、前記少なくとも一つの副ビームが配置される、請求項1～7のうちいずれか一つに記載の溶接方法。
- [請求項9] 前記少なくとも一つの主ビームに対して、その周囲に、前記少なくとも一つの副ビームとしての複数の副ビームが配置される、請求項1～8のうちいずれか一つに記載の溶接方法。
- [請求項10] 前記複数の副ビームが、円弧状に配置される、請求項9に記載の溶接方法。
- [請求項11] 前記複数の副ビームが、四角形状に配置される、請求項9に記載の溶接方法。
- [請求項12] 前記主パワー領域と、前記副パワー領域とは、前記主パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの主ビームによって形成された溶融池と前記副パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの副ビームによって形成された溶融池とが部分的に重なるように配置された、請求項1～11のうちいずれか一つに記載の溶接方法。
- [請求項13] 前記主パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの主ビームのレーザー光の波長と、前記副パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの副ビームのレーザー光の波長とが、同一である、請求項1～12のうちいずれか一つに記載の溶接方法。
- [請求項14] 前記副パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの副ビームのレーザー光の波長は、前記主パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの主ビームのレーザー光の波長よりも、前記加工対象に対する吸収率が高い波長である、請求項1～13のうちいずれか一つに記載の溶接方法。
- [請求項15] 前記主パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの主ビームのレーザー光と、前記副パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの副ビームのレーザー光とが、同一の発振器から出射された、請求項1～14のうちいずれか一つに記載の溶接方法。
- [請求項16] 前記主パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの主ビームのレー

ザ光と、前記副パワー領域に含まれる前記少なくとも一つの副ビームのレーザ光とが、異なるレーザ発振器から出射された、請求項1～15のうちいずれか一つに記載の溶接方法。

[請求項17] 前記レーザ光のM²ビーム品質は、1.3以下である、請求項1～16のうちいずれか一つに記載の溶接方法。

[請求項18] 前記複数のビームの中心間の距離が、5 [μm] 以上である、請求項1～17のうちいずれか一つに記載の溶接方法。

[請求項19] 前記複数のビームの配置が、ビームシェイパによって形成される、請求項1～18のうちいずれか一つに記載の溶接方法。

[請求項20] 前記ビームシェイパは回折光学素子である、請求項19に記載の溶接方法。

[請求項21] 前記加工対象は、少なくとも二つの部材が重ねられている、請求項1～20のうちいずれか一つに記載の溶接方法。

[請求項22] 前記主ビームの直径と前記副ビームの直径が同一である、請求項1～21のうちいずれか一つに記載の溶接方法。

[請求項23] レーザ発振器と、

前記レーザ発振器から出射された光を成形した複数のビームを含むレーザ光を加工対象の表面に照射することにより、前記加工対象の前記レーザ光が照射された部分を熔融して溶接を行う光学ヘッドと、
を備え、

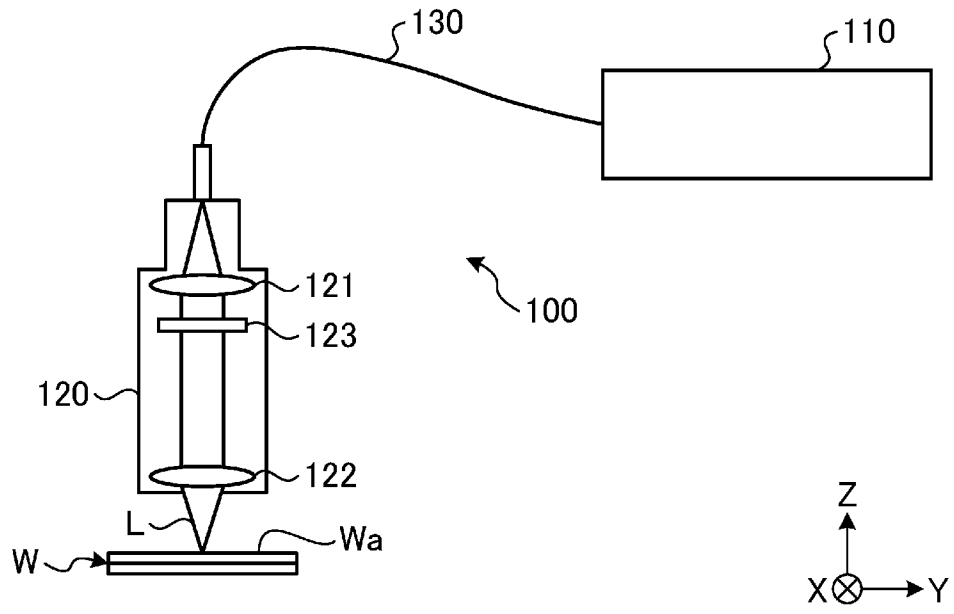
前記レーザ光が前記加工対象に対して相対的に掃引方向に移動するよう、前記加工対象と前記光学ヘッドの少なくとも一部とは相対移動可能に構成され、

前記複数のビームは、少なくとも一つの主ビームと、当該主ビームよりもパワーが小さい少なくとも一つの副ビームとを含み、

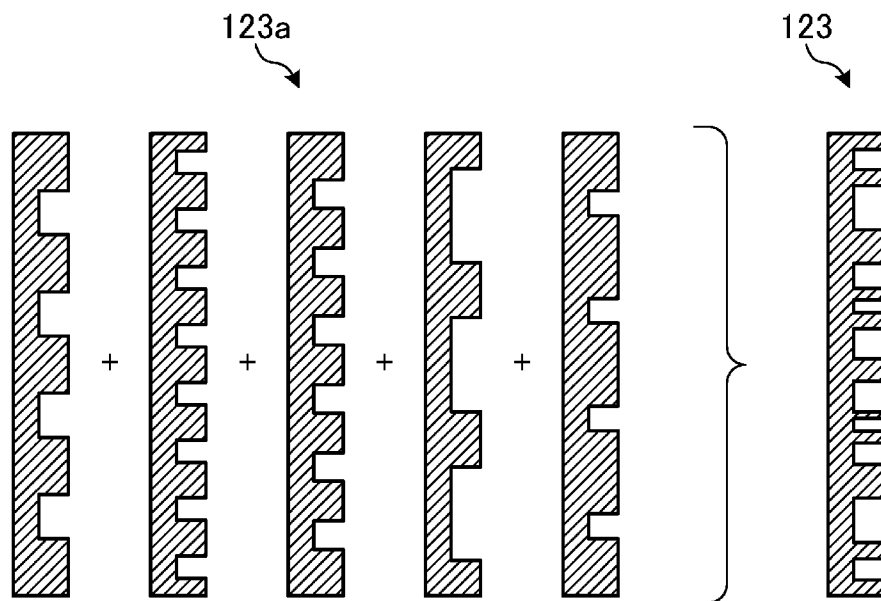
前記表面上に、前記少なくとも一つの主ビームを含む主パワー領域と、前記少なくとも一つの副ビームを含む副パワー領域と、が形成され、

前記表面上において隣接する前記複数のビームの中心間の最小距離が、75 [μm] 以下である、溶接装置。

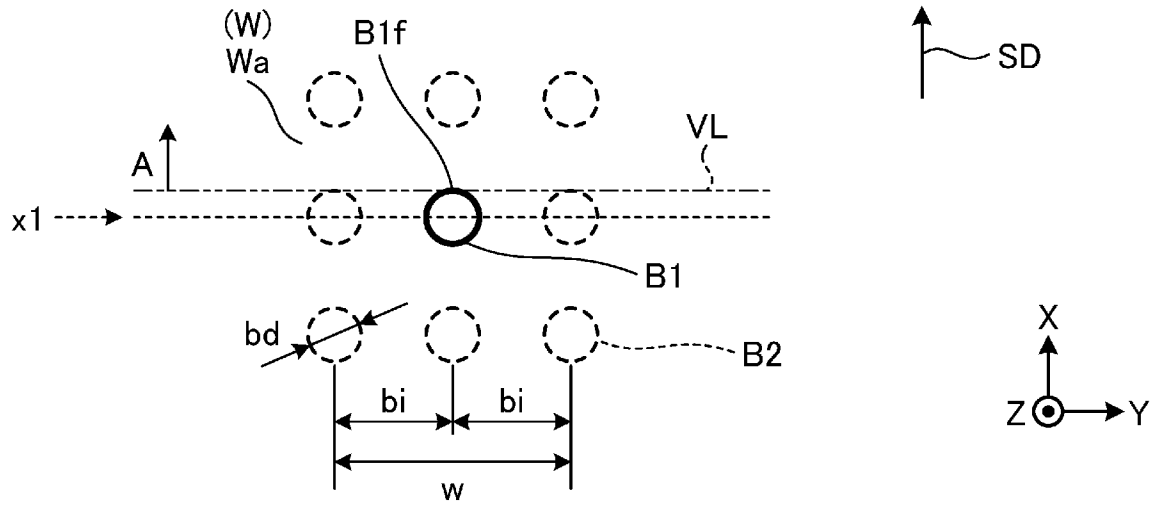
[図1]



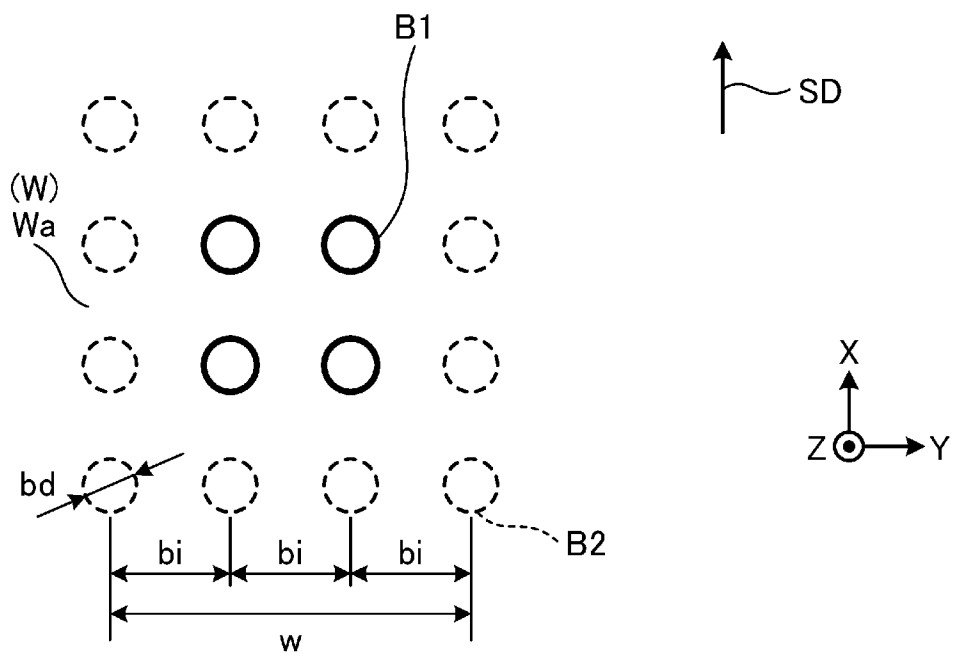
[図2]



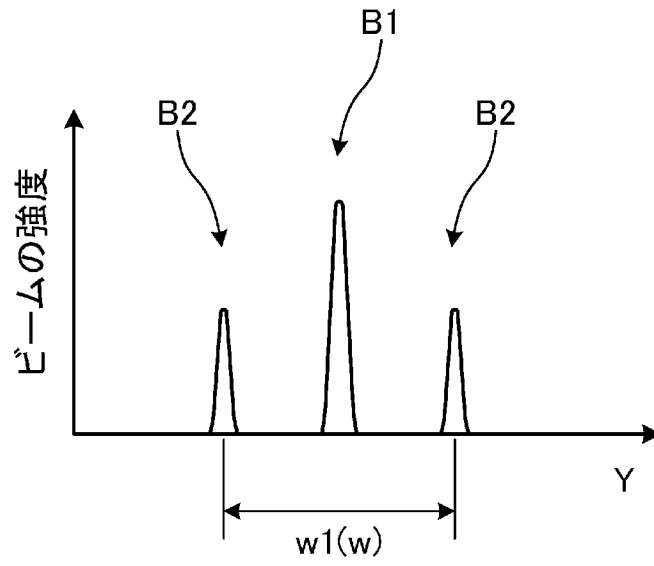
[図3]



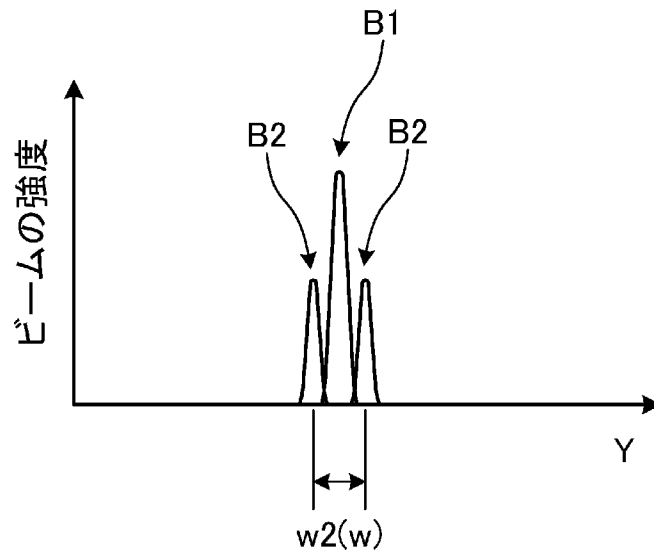
[図4]



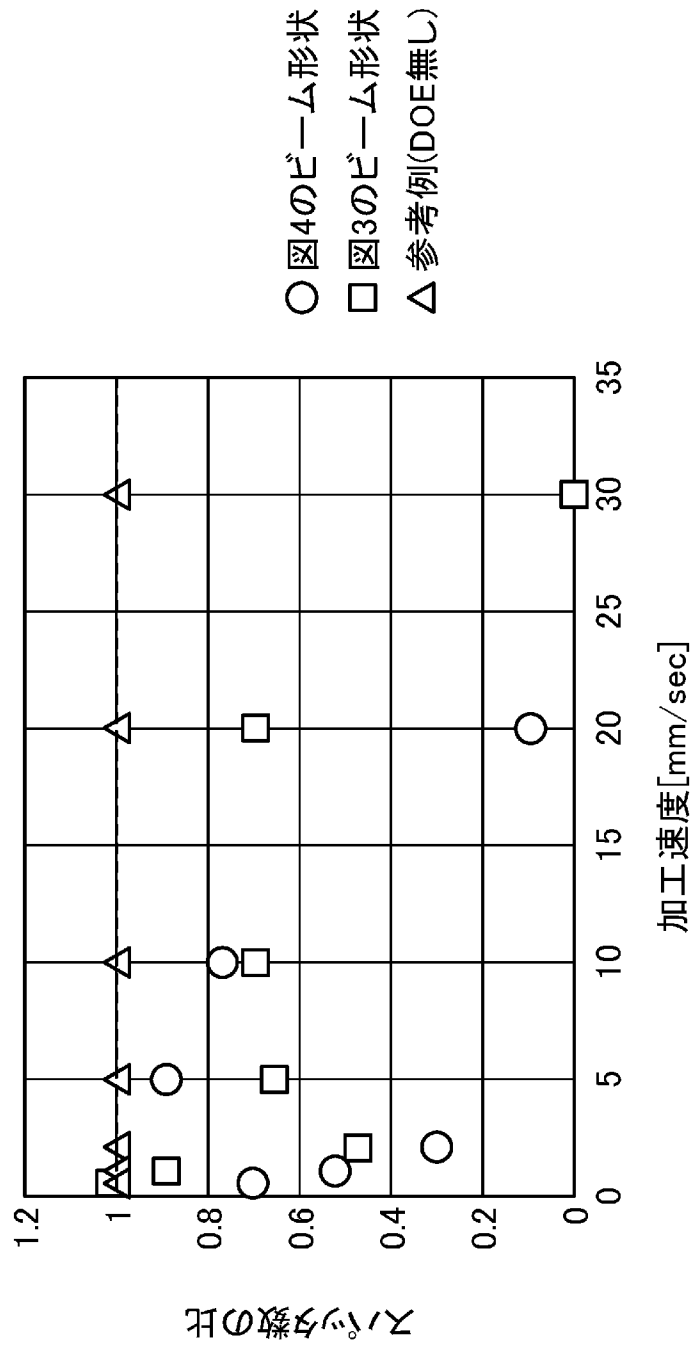
[図5]



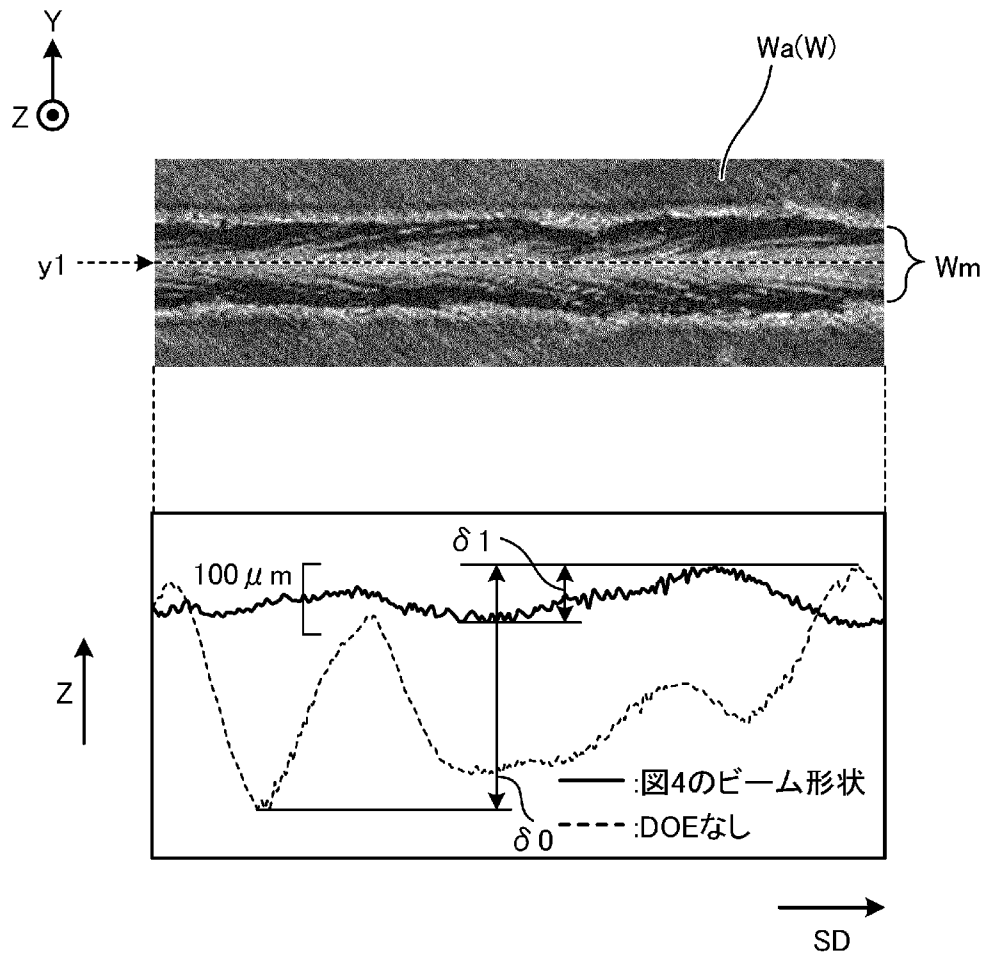
[図6]



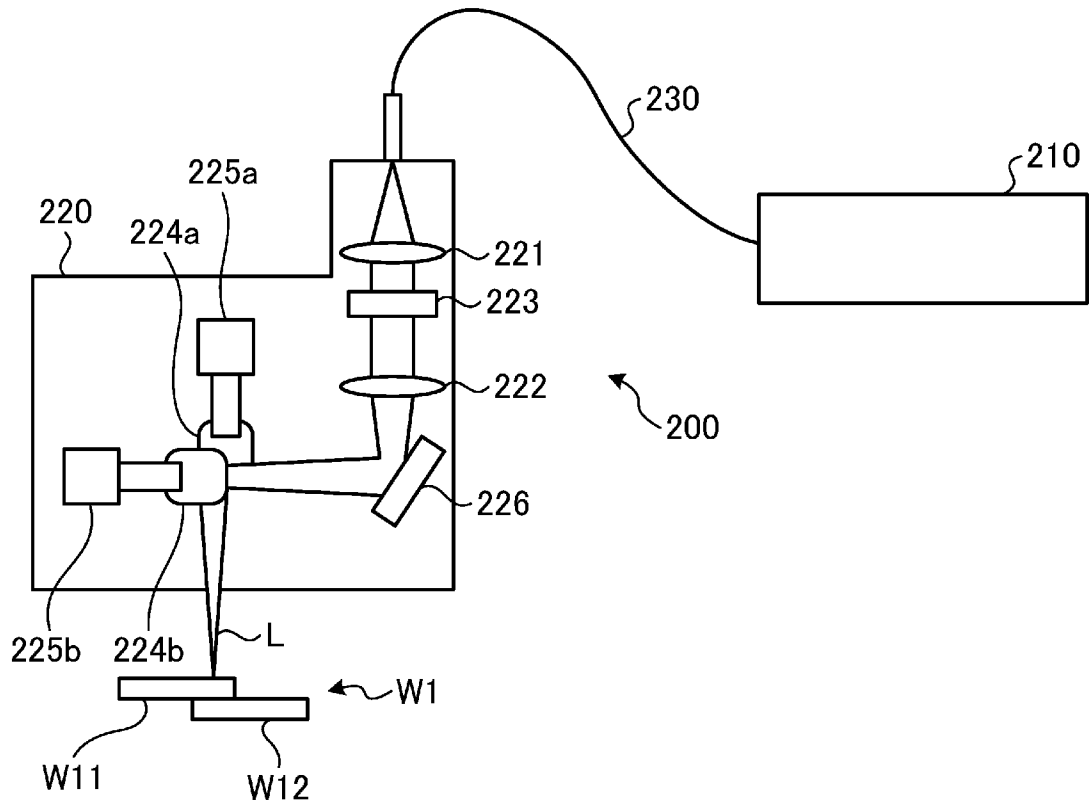
[図7]



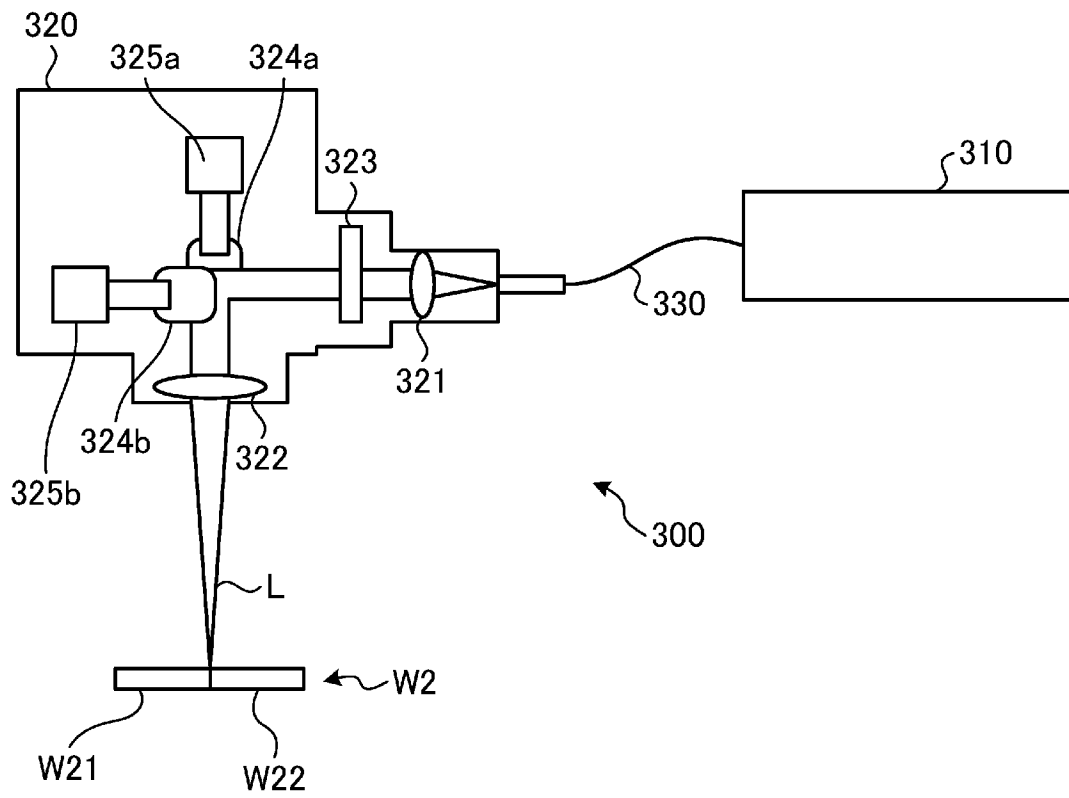
[図8]



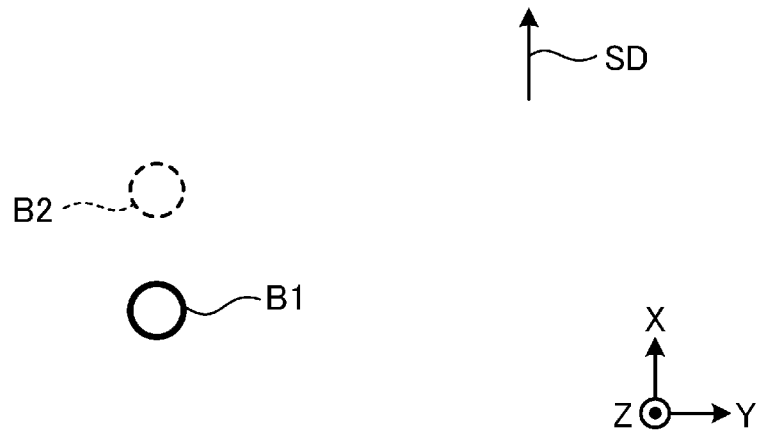
[図9]



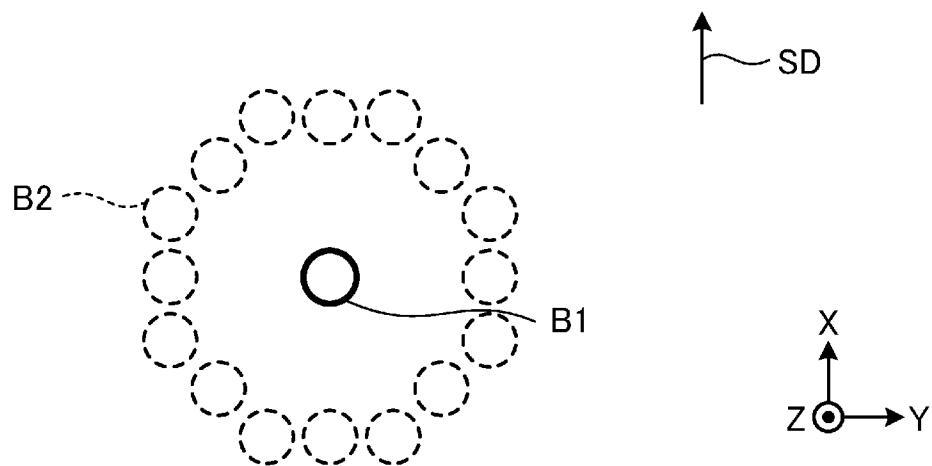
[図10]



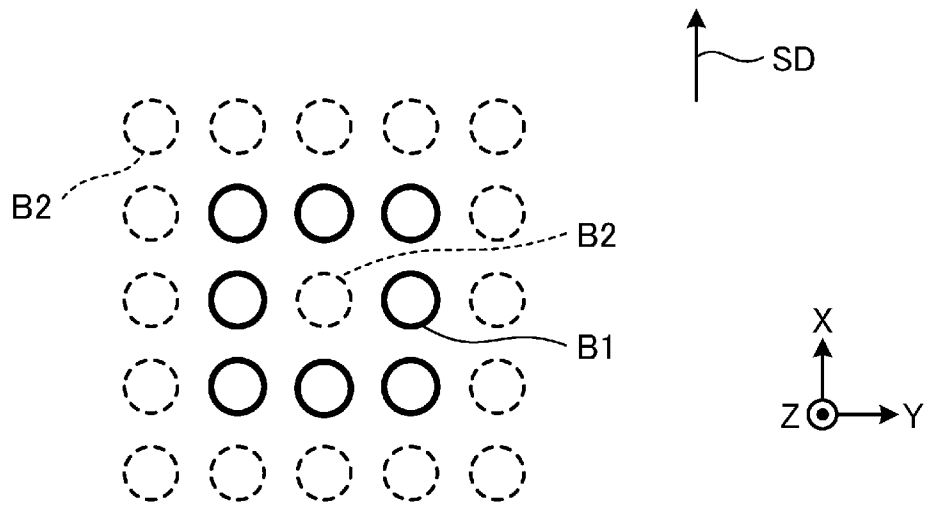
[図11]



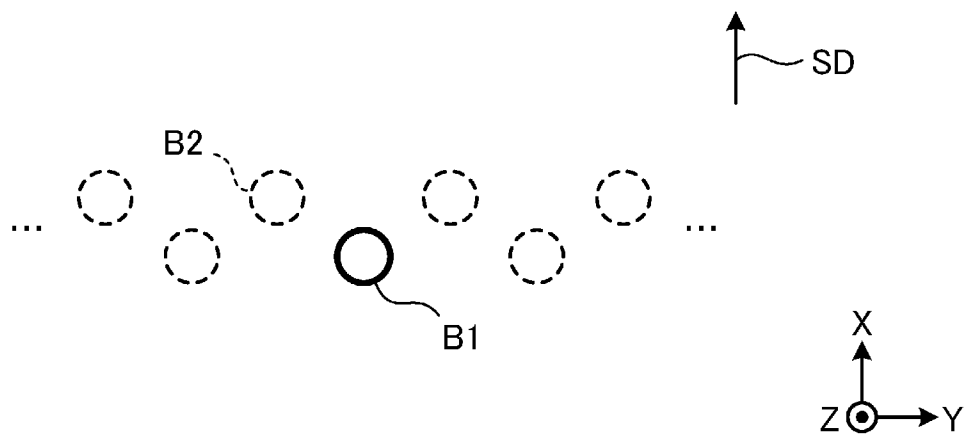
[図12]



[図13]



[図14]

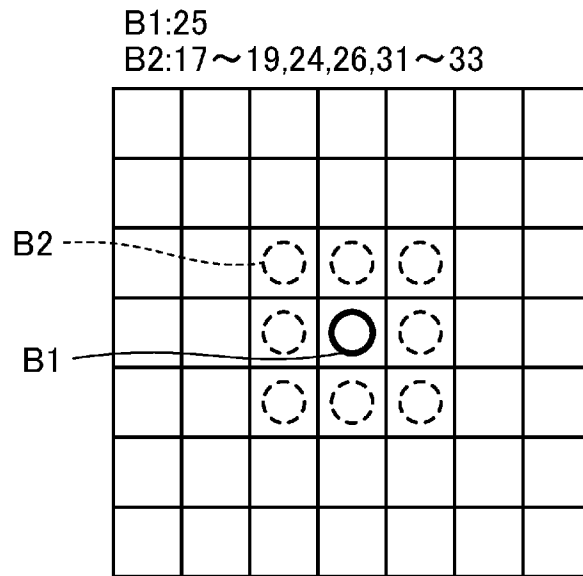


[図15]

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	32	33	34	35
36	37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48	49



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/009772

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B23K26/073 (2006.01) i, B23K26/067 (2006.01) i, B23K26/21 (2014.01) i
 FI: B23K26/073, B23K26/067, B23K26/21 G

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, B23K26/067, 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 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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	WO 2019/203367 A1 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 24 October 2019, paragraphs [0026]-[0051],	1-12, 15, 17-23
Y	[0068], [0095], [0097], [0099], fig. 1, 3, 4, 8	13-14, 16
Y	WO 2020/050335 A1 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 12 March 2020, paragraph [0091]	13-14, 16
A		1-12, 15, 17-23
A	WO 2020/050320 A1 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 12 March 2020, entire text, all drawings	1-23
A	WO 2020/050379 A1 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 12 March 2020, entire text, all drawings	1-23

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" 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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
19.04.2021

Date of mailing of the international search report
27.04.2021

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 REPORTInternational application No.
PCT/JP2021/009772

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-508149 A (OLSEN FLEMMING OVE ELHOLM) 18 March 2010, entire text, all drawings	1-23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/009772

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2019/203367 A1	24.10.2019	(Family: none)	
WO 2020/050335 A1	12.03.2020	(Family: none)	
WO 2020/050320 A1	12.03.2020	(Family: none)	
WO 2020/050379 A1	12.03.2020	(Family: none)	
JP 2010-508149 A	18.03.2010	US 2015/0224597 A1 entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 26/073(2006.01)i; B23K 26/067(2006.01)i; B23K 26/21(2014.01)i FI: B23K26/073; B23K26/067; B23K26/21 G		
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）） B23K26/073; 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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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	WO 2019/203367 A1 (古河電気工業株式会社) 24.10.2019 (2019-10-24) 段落[0026]-[0051], [0068], [0095], [0097], [0099], 図1, 3-4, 8	1-12, 15, 17-23
Y		13-14, 16
Y	WO 2020/050335 A1 (古河電気工業株式会社) 12.03.2020 (2020-03-12) 段落[0091]	13-14, 16
A		1-12, 15, 17-23
A	WO 2020/050320 A1 (古河電気工業株式会社) 12.03.2020 (2020-03-12) 全文, 全図	1-23
A	WO 2020/050379 A1 (古河電気工業株式会社) 12.03.2020 (2020-03-12) 全文, 全図	1-23
A	JP 2010-508149 A (オルセン, フレミング・オベ・エルホルム) 18.03.2010 (2010-03-18) 全文, 全図	1-23
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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 19.04.2021		国際調査報告の発送日 27.04.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 岩見 勤 3P 6101 電話番号 03-3581-1101 内線 3363

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
 PCT/JP2021/009772

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2019/203367 A1	24.10.2019	(ファミリーなし)	
WO 2020/050335 A1	12.03.2020	(ファミリーなし)	
WO 2020/050320 A1	12.03.2020	(ファミリーなし)	
WO 2020/050379 A1	12.03.2020	(ファミリーなし)	
JP 2010-508149 A	18.03.2010	US 2015/0224597 A1 全文, 全図	