

(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
2022年4月28日(28.04.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/085632 A1

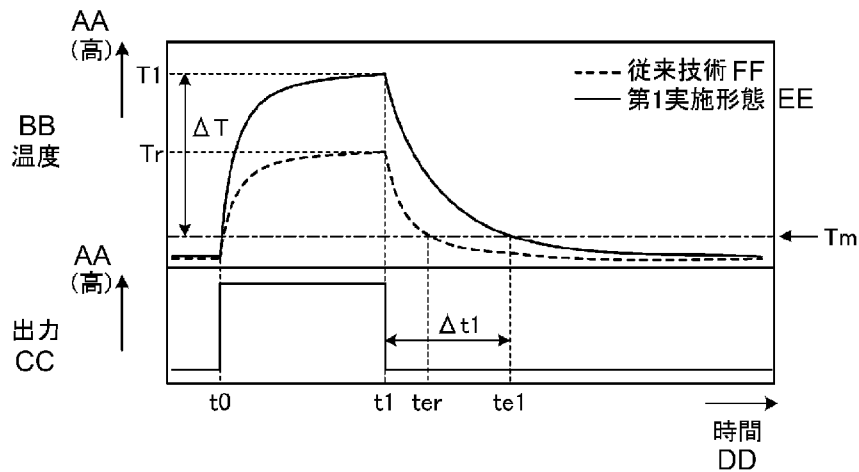
- (51) 国際特許分類:
B23K 26/064 (2014.01) B23K 26/00 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/038448
- (22) 国際出願日: 2021年10月18日(18.10.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-176331 2020年10月20日(20.10.2020) JP
- (71) 出願人: 古河電気工業株式会社(FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 松本 暢康(MATSUMOTO, Nobuyasu); 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 安岡 知道(YASUOKA, Tomomichi); 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4号 古河電

気工業株式会社内 Tokyo (JP). 菅 紗世(SUGA, Sayo); 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 酒井 俊明(SAKAI, Toshiaki); 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 金子 昌充(KANEKO, Masamitsu); 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 繁松 孝(SHIGEMATSU, Takashi); 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 梅野 和行(UMENO, Kazuyuki); 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 寺田 淳(TERADA, Jun); 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4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

(54) Title: LASER WELDING METHOD AND LASER WELDING DEVICE

(54) 発明の名称: レーザ溶接方法およびレーザ溶接装置



AA Higher DD Time
BB Temperature EE First embodiment
CC Output FF Prior art

(57) Abstract: A laser welding method for welding an object by irradiating the object with laser light that includes a main power region, which includes at least one main beam, and an auxiliary power region, which includes at least one auxiliary beam having a smaller power density than the main beam, for example, said laser welding method having a step for forming a molten pool by irradiating the object with laser light, and a step for solidifying the molten pool, and the object being irradiated with the auxiliary beam such that a void formed inside the molten pool reaches the outside of the molten pool before the molten pool solidifies.

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, 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：レーザ溶接方法は、例えば、少なくとも一つの主ビームを含む主パワー領域と、当該主ビームよりもパワー密度が小さい少なくとも一つの副ビームを含む副パワー領域と、を含むレーザ光を対象物に照射して当該対象物を溶接するレーザ溶接方法であって、対象物にレーザ光を照射することにより熔融池を形成する工程と、熔融池を固化する工程と、を有し、副ビームは、熔融池内に形成されたボイドが熔融池が固化する前に熔融池外へ抜けるように、対象物に照射される。

明 細 書

発明の名称： レーザ溶接方法およびレーザ溶接装置

技術分野

[0001] 本発明は、レーザ溶接方法およびレーザ溶接装置に関する。

背景技術

[0002] 平角線のような複数の金属部材をレーザ溶接する技術が知られている（例えば、特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特許第６６７４５８８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 平角線に限らず、金属部材のレーザ溶接において、溶接部内にボイドが形成されると、所要の接合強度が得られなくなる。また、外観検査によってボイドの有無を検査することは困難である。

[0005] そこで、本発明の課題の一つは、例えば、ボイドの発生を抑制することを可能とするような、改善された新規なレーザ溶接方法およびレーザ溶接装置を得ること、である。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明のレーザ溶接方法は、例えば、少なくとも一つの主ビームを含む主パワー領域と、当該主ビームよりもパワー密度が小さい少なくとも一つの副ビームを含む副パワー領域と、を含むレーザ光を対象物に照射して当該対象物を溶接するレーザ溶接方法であって、前記対象物に前記レーザ光を照射することにより溶融池を形成する工程と、前記溶融池を固化する工程と、を有し、前記副ビームは、前記溶融池内に形成されたボイドが、当該溶融池が固化する前に当該溶融池外へ抜けるように、前記対象物に照射される。

[0007] 前記レーザ溶接方法にあっては、前記溶融池を形成する工程では、当該溶

融池が固化されて形成された溶接部の下側半分におけるボイドの数が上側半分におけるボイドの数以下になるよう、前記レーザ光を照射してもよい。

[0008] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記主パワー領域は、前記副パワー領域の外縁の内側に位置してもよい。

[0009] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記副パワー領域は、前記少なくとも一つの副ビームとして複数の副ビームを含み、前記主ビームは、前記複数の副ビームに取り囲まれていてもよい。

[0010] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記副パワー領域は、前記少なくとも一つの副ビームとして、前記主パワー領域を取り囲む一つの副ビームを含んでもよい。

[0011] 前記レーザ溶接方法は、前記溶融池を形成する工程の後に、前記溶融池に前記レーザ光を照射することにより当該溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程を有してもよい。

[0012] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程では、前記溶融池を形成する工程に比べて、前記レーザ光のパワーを低くしてもよい。

[0013] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程では、前記溶融池を形成する工程に比べて、前記主ビームのパワーを低くしてもよい。

[0014] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程で前記レーザ光の照射によって前記溶融池の表面に生じる凹みは、前記溶融池を形成する工程で前記レーザ光の照射によって前記溶融池の表面に生じる凹みより浅くてもよい。

[0015] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程では、前記レーザ光の前記溶融池の表面におけるパワー密度が、 10^7 [W/cm²] 以下であってもよい。

[0016] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程では、前記レーザ光の前記溶融池の表面におけるパワー密度が、 10^6

[$W/c\text{ m}^2$] 以下であってもよい。

- [0017] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記溶融池を形成する工程では、前記主ビームを照射し、前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程では、前記主ビームの照射を停止してもよい。
- [0018] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記溶融池を形成する工程から前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程にかけて、前記主ビームの照射時間が前記副ビームの照射時間よりも短くてもよい。
- [0019] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記主ビームの波長と前記副ビームの波長とが同じであってもよい。
- [0020] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記主ビームの波長と前記副ビームの波長とが異なってもよい。
- [0021] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記主ビームの波長は800[nm]以上かつ1200[nm]以下であり、前記副ビームの波長は550[nm]以下であってもよい。
- [0022] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記主パワー領域および前記副パワー領域のうち少なくとも一方に含まれる複数のビームをビームシェイパによって形成してもよい。
- [0023] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記レーザ光を前記対象物に対して照射しながら掃引してもよい。
- [0024] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記副パワー領域の少なくとも一部は、前記主パワー領域に対して、前記対象物に対する前記レーザ光の掃引方向の後方に位置してもよい。
- [0025] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記レーザ光を直線状に掃引してもよい。
- [0026] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程では、前記レーザ光を定点に照射してもよい。
- [0027] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程では、前記レーザ光の照射方向に見た場合に前記溶融池の中心周りに

曲がった経路で前記レーザ光を掃引してもよい。

[0028] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記対象物は、銅系金属材料、アルミニウム系金属材料、ニッケル系金属材料、鉄系金属材料、およびチタン系金属材料のうちのいずれか一つで作られてもよい。

[0029] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記溶融池は、金属材料で作られた第一部材の第一方向の第一端部と、前記第一部材に対して前記第一方向と交差した第二方向に隣接し金属材料で作られた第二部材の前記第一方向の第二端部であつて前記第一端部の当該第二端部からの前記第一方向に沿った距離が0以上となるように配置された第二端部と、の間に掛け渡されるように形成されてもよい。

[0030] 前記レーザ溶接方法にあつては、前記対象物を構成する部材は、平角線の導体であってもよい。

[0031] 本発明のレーザ溶接装置は、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レーザ光を対象物に照射する光学ヘッドと、を備え、前記レーザ光は、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密度が小さい少なくとも一つの副ビームと、を含み、前記対象物に溶融池を形成するように照射され、前記副ビームは、前記溶融池内に形成されたボイドが、当該溶融池が固化する前に当該溶融池外へ抜けるように、当該対象物に照射される。

[0032] 前記レーザ溶接装置は、前記溶融池の温度を検出するセンサと、前記センサの検出結果に基づいて溶接品質を示す情報を出力する出力部と、を備えてもよい。

[0033] 前記レーザ溶接装置は、前記溶融池の温度を検出するセンサと、前記レーザ光の照射状態を変更可能な可変機構と、前記センサの検出結果に基づいて前記可変機構の作動を制御する制御部と、を備えてもよい。

発明の効果

[0034] 本発明によれば、例えば、ボイドの発生を抑制することを可能とするような、改善された新規なレーザ溶接方法およびレーザ溶接装置を得ることがで

きる。

図面の簡単な説明

[0035] [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、実施形態のレーザ溶接方法の対象物の溶接前における例示的かつ模式的な側面図である。

[図3]図 3 は、実施形態のレーザ溶接方法の対象物の溶接後における例示的かつ模式的な側面図である。

[図4]図 4 は、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5]図 5 は、実施形態のレーザ溶接装置の対象物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6]図 6 は、実施形態のレーザ溶接装置の対象物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7]図 7 は、実施形態のレーザ溶接装置の対象物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8]図 8 は、実施形態のレーザ溶接装置の対象物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9]図 9 は、実施形態のレーザ溶接方法による溶融池の形成工程における対象物の例示的かつ模式的な側面図である。

[図10]図 10 は、実施形態のレーザ溶接方法による対象物上におけるレーザ光の掃引経路の例示的かつ模式的な平面図である。

[図11]図 11 は、第 1 実施形態のレーザ溶接方法による溶融池の温度およびレーザ装置の出力の経時変化を示す例示的な模式図である。

[図12]図 12 は、実施形態のレーザ溶接方法の対象物としての部材を含む平角線の例示的かつ模式的な斜視図である。

[図13]図 13 は、実施形態のレーザ溶接方法によって形成された溶接部の例示的かつ模式的な側面図である。

[図14]図 14 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15]図15は、照射するレーザ光の波長に対する各金属材料の光の吸収率を示すグラフである。

[図16]図16は、第2実施形態のレーザ溶接方法による溶融池の温度およびレーザ装置の出力の経時変化を示す例示的な模式図である。

[図17]図17は、第2実施形態のレーザ溶接方法による溶融池の維持工程における対象物の例示的かつ模式的な側面図である。

[図18]図18は、第2実施形態のレーザ溶接方法による溶融池上におけるレーザ光の照射位置の一例を示す模式的な平面図である。

[図19]図19は、第2実施形態のレーザ溶接方法による溶融池上におけるレーザ光の掃引経路の一例を示す模式的な平面図である。

[図20]図20は、第2実施形態のレーザ溶接方法による溶融池上におけるレーザ光の掃引経路の一例を示す模式的な平面図である。

[図21]図21は、実施形態のレーザ溶接装置の例示的なブロック図である。

[図22]図22は、実施形態のレーザ溶接装置による検査結果を出力する処理手順を示す例示的なフローチャートである。

[図23]図23は、実施形態のレーザ溶接装置によるボイド抑制制御の処理手順を示す例示的なフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0036] 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。

[0037] 以下の複数の実施形態は、同様の構成要素を有している。以下では、それら同様の構成要素については、共通の符号を付与するとともに、重複する説明を省略する場合がある。

[0038] 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、対象物Wとなる複数の部材が延びる方向である。なお、Z方向は、略鉛直上方であるが、鉛直上方に対して傾いていてもよい。

[0039] また、本明細書において、序数は、部品や、部位、方向等を区別するために便宜上付与されており、優先度や順番を示すものではない。

[0040] [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。図1に示されるように、レーザ溶接装置100は、レーザ装置110と、光学ヘッド120と、光ファイバ130と、駆動機構140と、センサ150と、コントローラ200と、を備えている。

[0041] レーザ溶接装置100は、レーザ溶接の対象物Wの表面にレーザ光Lを照射する。レーザ光Lのエネルギーによって、対象物Wが部分的に溶融し、冷却されて固化することにより、当該対象物Wが溶接される。対象物Wは、複数の部材を有しており、レーザ溶接によって、当該複数の部材が接合される。

[0042] 対象物Wとなる複数の部材は、それぞれ、例えば、銅や銅合金のような銅系の金属材料や、アルミニウムやアルミニウム合金のようなアルミニウム系の金属材料、ニッケルやニッケル合金のようなニッケル系の金属材料、鉄や鉄合金のような鉄系の金属材料、チタンやチタン合金のようなチタン系の金属材料等で、作られうる。複数の部材は、同じ金属材料で作られてもよいし、互いに異なる金属材料で作られてもよい。なお、対象物Wとなる複数の部材は、導体であってもよいし、導体でなくてもよい。

[0043] レーザ装置110は、レーザ発振器を有しており、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有し、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11

0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有してもよい。また、レーザ装置110は、例えば、400[nm]以上かつ1200[nm]以下の波長のレーザ光を出力する。

[0044] 光ファイバ130は、レーザ装置110と光学ヘッド120とを光学的に接続している。言い換えると、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。

[0045] 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、対象物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、ミラー123と、DOE125 (diffractive optical element、回折光学素子) と、ガルバノスキャナ126と、を有している。コリメートレンズ121、集光レンズ122、ミラー123、DOE125、およびガルバノスキャナ126は、光学部品とも称されうる。

[0046] コリメートレンズ121は、それぞれ、光ファイバ130を介して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。

[0047] ミラー123は、コリメートレンズ121で平行光となったレーザ光を反射し、ガルバノスキャナ126へ向かわせる。なお、ミラー123とガルバノスキャナ126との間には、DOE125が設けられている。DOE125については、後述する。

[0048] ガルバノスキャナ126は、複数のミラー126a, 126bを有しており、当該複数のミラー126a, 126bの角度を制御することで、光学ヘッド120からのレーザ光Lの出射方向を切り替え、これにより、対象物Wの表面上でレーザ光Lの照射位置を変更することができる。ミラー126a

、126bの角度は、それぞれ、例えばコントローラ200によって制御された不図示のモータによって変更される。レーザ光Lを照射しながら、レーザ光Lの出射方向を変更することにより、対象物Wの表面上で、レーザ光Lを掃引することができる。

[0049] 集光レンズ122は、ガルバノスキャナ126から到来した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、対象物Wへ照射する。

[0050] なお、光学ヘッド120が有する光学部品は、これらには限定されず、光学ヘッド120は、他の光学部品を有してもよい。

[0051] 駆動機構140は、対象物Wに対する光学ヘッド120の相対的な位置を変更する。駆動機構140は、例えば、モータのような回転機構や、当該回転機構の回転出力を減速する減速機構、減速機構によって減速された回転を直動に変換する運動変換機構等を、有する。コントローラ200は、対象物Wに対する光学ヘッド120のX方向、Y方向、およびZ方向における相対位置が変化するように、駆動機構140を制御することができる。駆動機構140は、支持機構（不図示）に支持されている複数の対象物Wのうち、レーザ溶接を行う対象物Wを変更する（切り替える）ことができる。また、駆動機構140は、対象物Wにおけるレーザ光Lの照射位置を変更することができる。また、駆動機構140は、対象物Wに対するレーザ光の照射方向を変更するのに伴って照射点を変更するのに利用されうる。さらに、駆動機構140は、レーザ光Lが対象物Wの表面上に照射されている状態で、当該照射位置を変更することができる。すなわち、駆動機構140は、対象物Wの表面上で、レーザ光Lを掃引することができる。

[0052] センサ150は、レーザ光Lの照射により対象物W上に形成される熔融池の温度を検出するセンサであって、例えば、放射温度計や、赤外線サーモグラフィカメラである。

[0053] コントローラ200は、センサ150の検出結果に基づいて、レーザ装置110、駆動機構140、およびガルバノスキャナ126の作動を制御する。これら、レーザ装置110、駆動機構140、およびガルバノスキャナ1

26は、それぞれ、光学ヘッド120から対象物Wへ照射されるレーザ光Lの照射状態を変更することができる。すなわち、レーザ装置110、駆動機構140、およびガルバノスキャナ126は、可変機構の一例であって、コントローラ200による被制御対象とも称されうる。

[0054] 図2は、対象物Wの溶接する前の状態を示す側面図である。図2に示されるように、対象物Wは、二つの部材20(21, 22)を有している。二つの部材20は、いずれも金属材料で作られている。

[0055] 二つの部材20は、いずれもZ方向に延びており、Z方向の端部20a(21a, 22a)を有している。端部20aは、Z方向と交差して広がっている。すなわち、端部20aは、X方向に延びるとともにY方向に延びている。Z方向は、第一方向の一例である。

[0056] 二つの部材20は、Z方向と交差したX方向に互いに隣接し、X方向に並んでいる。X方向において互いに面する側面21b, 22b(20b)の間には、隙間gが形成されている。隙間gの大きさは、0以上である。すなわち、二つの部材20は、少なくとも部分的に接触していてもよい。X方向は、第二方向の一例である。

[0057] 本実施形態では、部材21の端部21aの、部材22の端部22aに対するZ方向のずれ δ を、0以上であるとする。すなわち、このような相対的な位置関係にある二つの部材20のうち、Z方向において端部22aと同じ位置にあるかあるいは端部22aに対してZ方向にずれている端部21aが、第一端部の一例であり、端部21aに対してZ方向の反対方向にずれている端部22aが、第二端部の一例である。端部21aを有する部材21は第一部材の一例であり、端部22aを有する部材22は第二部材の一例である。部材21(第一部材)は、Z方向に相対的に出っ張った部材とも称され、部材22(第二部材)は、Z方向に相対的に引っ込んだ部材とも称されうる。

[0058] 対象物W、すなわち二つの部材20の溶接に際し、光学ヘッド120は、レーザ光Lを、端部20aに向けて照射する。レーザ光Lの照射方向は、Z方向の反対方向か、あるいはZ方向の反対方向に対して傾斜した方向である

。

[0059] 図3は、対象物Wの溶接された後の状態を示す側面図である。図3に示されるように、端部20aに対するレーザ光Lの照射により、端部20aにおいて二つの部材20は溶融し、二つの端部20a上に掛け渡された状態の溶接部23が形成される。溶接部23は、二つの端部20a間で掛け渡された状態に形成された溶融池が、冷却され、固化したものである。流動性を有した金属材料である溶融池は、表面張力によってZ方向に膨らんだ形状を有している。これに伴って、当該溶融池が固化した溶接部23もZ方向に膨らんだ形状を有している。溶接部23は、二つの部材21, 22を機械的に接続する。また、二つの部材21, 22が導電性を有する金属である場合、溶接部23は、当該二つの部材21, 22を電氣的に接続する。

[0060] また、上述したように、光学ヘッド120は、DOE125を有している。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4は、DOE125の原理の概念を示す説明図である。図4に概念的に例示されるよう、DOE125は、例えば、周期の異なる複数の回折格子125aが重ね合わせられた構成を有している。DOE125は、平行光を、各回折格子125a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。DOE125は、ビームシェイパとも称されうる。

[0061] [ビーム（スポット）の形状]

DOE125は、コリメートされたレーザ光を、複数のビームに分割する。図5～8は、それぞれ、対象物Wの表面Wa上に形成されたレーザ光Lのビームの一例を示す図である。なお、図5～8では、簡単のため、ビームB1が実線で示され、ビームB2が破線で示されている。なお、光学ヘッド120は、DOE125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。DOE125は、ビームシェイパの一例である。

[0062] DOE125は、レーザ光を複数のビームに分割する。分割された複数の

ビームは、少なくとも一つのビームB 1と、少なくとも一つのビームB 2と、を含む。ビームB 2は、ビームB 1よりもパワー密度が小さいビームである。ビームB 1は、主ビームの一例であり、ビームB 2は、副ビームの一例である。また、ビームB 1は、主パワー領域を形成し、ビームB 2は、副パワー領域を形成している。

[0063] 図5の例では、表面W a上には、一つのビームB 1のスポットと、当該ビームB 1よりも広いビームB 2のスポットと、が形成されている。ビームB 1および当該ビームB 1の外縁B 1 aは、ビームB 2の外縁B 2 aの内側に位置している。なお、ビームB 1とビームB 2とは同心に配置されてもよいし、偏心して配置されてもよい。また、外縁B 1 aは、外縁B 2 aに内接してもよい。

[0064] 図6の例では、表面W a上には、一つのビームB 1のスポットと、当該ビームB 1を取り囲む複数のビームb 2のスポットとが、形成されている。ビームb 2は、略円環状に並んでいる。ビームb 2は、副ビームの一例であり、複数のビームb 2によって、副パワー領域が形成されている。

[0065] 図7の例では、表面W a上には、一つのビームB 1のスポットと、当該ビームB 1を取り囲む複数のビームb 2のスポットとが、形成されている。ビームb 2は、略四角形状に、すなわち仮想的な四角形の辺に沿うように配列されている。ビームb 2は、副ビームの一例であり、複数のビームb 2によって、副パワー領域が形成されている。

[0066] また、図8の例では、表面W a上には、一つのビームB 1のスポットと、当該ビームB 1を取り囲む一つの環状のビームB 2のスポットとが、形成されている。ビームB 1および当該ビームB 1の外縁B 1 aは、ビームB 2の内縁B 2 bの内側に位置している。なお、ビームB 2は、円環状の形状を有しているが、これには限定されず、例えば、矩形枠状の形状のような、他の形状を有してもよい。また、ビームB 2の一部が切り欠かれていてもよい。

[0067] [レーザ溶接方法]

図9は、レーザ溶接方法の溶融池2 3 Wを形成する工程（以下、形成工程

と称する)における対象物Wの側面図である。なお、以下では、説明の便宜上、部材21の端部21aに対して照射されるレーザ光Lをレーザ光L1と記し、部材22の端部22aに対して照射されるレーザ光Lをレーザ光L2と記しているが、これらレーザ光L1, L2は、いずれも同じ光学ヘッド120から出射されている。

[0068] まずは、図9に示されるように、部材21の端部21aに対するレーザ光L1(L)の照射、および部材22の端部22aに対するレーザ光L2(L)の照射のうち少なくとも一方が行われることにより、溶融池23Wが、端部21a, 22a上に、当該端部21a, 22a間で掛け渡された状態に、形成される。溶融池23Wは、部材21, 22の金属材料が溶融して形成されている。言い換えると、溶融池23Wは、部材21, 22の金属材料を含んでいる。また、溶融池23Wは、流動性を有した状態である。

[0069] この際、溶融池23Wの内部には、ボイドVが形成される場合がある。ボイドVは、溶接部23による溶接強度の低下につながるため、固化された状態では、ボイドVが残存していないことが好ましい。

[0070] レーザ光Lは、照射状態で掃引されてもよい。図10は、端部21a, 22aにおけるレーザ光L1, L2(L)の掃引経路の一例を示す説明図である。図10に示されるように、レーザ光L1は、例えば、端部21aのX方向の中心C1よりも端部22a側の領域A1において、X方向と交差するY方向に直線状に掃引される。また、レーザ光L2は、例えば、端部22aのX方向の中心C2よりも端部21a側の領域A2において、X方向と交差するY方向に直線状に掃引される。領域A1, A2において、レーザ光L1, L2の掃引は、それぞれ、複数回行われてもよい。

[0071] このように、レーザ光L1, L2を直線状に掃引した場合、溶接部23中のボイドVが少なくなることが判明している。これは、流動性を有した溶融池23W内で、流動性を有した金属材料の流れの乱れを抑制できることによるものと考えられる。また、直線状に往復掃引することにより、溶融池23Wのより広い範囲に対して随時熱エネルギーを与えることができ、当該23W

が局所的に冷却されて固化するのを抑制することができる。

[0072] 図 1 1 は、本実施形態による溶接における溶融池 2 3 W の温度およびレーザ装置 1 1 0 からのレーザ光の出力の経時変化を示す図である。図 1 1 において、温度については、本実施形態でのレーザ溶接における経時変化を、実線で示している。また、比較のため、温度については、従来技術として、単一ビームのレーザ光の照射により同じ対象物 W に対して同様の溶接部 2 3 を得る場合のレーザ溶接における経時変化を、破線で示している。

[0073] 図 1 1 に示されるように、本実施形態では、レーザ装置 1 1 0 は、時刻 t_0 で出力を開始し、時刻 t_1 で出力を停止している。時刻 t_1 以降、溶融池 2 3 W は、常温雰囲気中で自然に冷却され、これに伴い溶融池 2 3 W の温度は徐々に低下する。

[0074] 従来技術では、溶融池 2 3 W の温度 T_r は、破線で示されるように、時刻 t_{er} で融点 T_m まで低下する。これに対し、本実施形態では、溶融池 2 3 W の温度 T_1 は、実線で示されるように、時刻 t_{er} よりも遅い時刻 t_{e1} で融点 T_m まで低下する。溶融池 2 3 W は、融点 T_m よりも高い温度において、溶融状態にある。なお、温度 T_1 は、溶融池 2 3 W の形成工程における温度であり、一例としては、当該形成工程における最高温度である。

[0075] 図 1 1 から明らかとなるように、本実施形態では、溶融池 2 3 W を形成する際の当該溶融池 2 3 W の温度 T_1 、すなわちレーザ装置 1 1 0 がレーザ光を出射している状態での溶融池 2 3 W の温度 T_1 が、従来技術の場合の溶融池 2 3 W の温度 T_r よりも高い。これは、上述したように、レーザ光 L が、例えば、図 5 ～ 7 に例示されるような複数のビーム B 1, B 2 を有することによる。すなわち、レーザ光 L がビーム B 1, B 2 を有する場合、溶融池 2 3 W の温度がより高い状態になっても、溶融状態すなわち流動状態にある溶融池 2 3 W に流れの乱れや、スパッタが生じ難く、またボイド V も生じ難い。このため、単一のビームの場合よりもレーザ光 L の出力を高くして溶融池 2 3 W の温度 T_1 をより高めることができ、ひいては、溶融池 2 3 W の温度の融点 T_m との温度差 $\Delta T (= T_1 - T_m)$ を、単一のビームの場合よりも

大きくすることができる。したがって、本実施形態によれば、溶融池 23W の温度 T_1 を溶接品質に影響の出ない範囲でより高めることができ、これにより当該溶融池 23W の温度 T_1 が融点 T_m に低下するまでの降下時間 $\Delta t_1 (= t_{e1} - t_1)$ を、単一のビームである場合よりも長くすることができる。

[0076] また、本実施形態では、時刻 t_1 以降の温度の降下速度が、従来技術よりも遅い（低い）。これも、レーザ光 L が、例えば、図 5～7 に例示されるようなビーム B_1 、 B_2 を有することによる。すなわち、レーザ光 L がよりパワー密度の小さいビーム B_2 を有しているため、溶融池 23W が形成されている状態で、単一のビームの場合よりも対象物 W のより広い範囲において、より緩やかな温度分布を形成することができる。これにより、レーザ光 L の照射停止後、対象物 W が急激に冷却されるのを抑制することができる。よって、本実施形態によれば、この点でも、溶融池 23W の温度 T_1 が融点 T_m に低下するまでの降下時間 Δt_1 を、単一のビームである場合よりも長くすることができる。

[0077] 溶融池 23W 中の気泡であるボイド V は、溶融池 23W の溶融状態、すなわち流動性を有した状態では、溶融池 23W 内を上昇し、溶融池 23W から外へ出る。したがって、溶融池 23W が溶融状態である時間が長いほど、より多くのボイド V が溶融池 23W 外へ排出され、固化された溶接部 23 中に残存するボイド V が減ることになる。この点、上述したように、本実施形態によれば、レーザ光 L が、ビーム B_1 、 B_2 を有していることにより、単一のビームである場合に比べて、降下時間 Δt_1 が長くなる分、より長い時間にわたって溶融池 23W を溶融状態に維持することができる。したがって、本実施形態によれば、よりボイド V の少ない溶接部 23 を形成することができる。

[0078] 発明者らの鋭意研究により、ビーム B_1 、 B_2 を、図 5～7 に例示しかつ上述したような配置およびパワー密度に設定することにより、単一のビームである場合に比べて、より長い時間に亘って溶融池 23W の溶融状態が得ら

れ、ボイドVをより減少できることが確認できた。

[0079] 本実施形態によれば、溶融池23Wから少なくとも一つのボイドVが溶融池23W外へ抜けるのに必要な溶融池23Wの温度 T_1 、並びに当該温度 T_1 から融点 T_m までの降下時間 Δt_1 ($= t_{e1} - t_1$)を確保できるよう、ビームB1、B2の配置およびパワー密度を設定することができる。なお、温度 T_1 や、降下時間 Δt_1 は、材質や、環境の放熱性、雰囲気温度などによって異なる値になる。

[0080] [平角線]

図12は、部材20を含む平角線10の斜視図である。部材20は、一例として、図12に示されるような平角線10の芯線（内部導体）である。平角線10は、部材20と、部材20の被覆30と、を有している。部材20は、導電性を有した金属材料で作られている。部材20の、延び方向に対して直交する断面の形状は、略四角形状である。被覆30は、絶縁性を有しており、例えば、エナメルや、合成樹脂材料等で作られる。被覆30は、エナメル層と、当該エナメル層を取り囲む押出樹脂層と、を有してもよい。レーザ溶接装置100は、このような平角線10の芯線としての部材20の、端部20a同士の溶接に適用される。この場合、二つの平角線10の延び方向の端部の近傍において、被覆30が除去される。そして、図2に示されるように、同じ方向（延び方向）を向く姿勢で隣接して配置された二つの部材20の端部20aが、レーザ溶接装置100によって溶接される。

[0081] 平角線10は、例えばモータやモータジェネレータのような回転電機に設けられるコイルを構成してもよい。本実施形態のレーザ溶接装置100によるレーザ溶接方法は、ステータコアにセットされた互いに隣接するコイルの端部の溶接に適用することができる。

[0082] ただし、対象物Wとなる部材20は、平角線10の芯線には限定されず、図2に示されるように、互いにZ方向に延び、X方向に隣接し、端部20aが近接するとともに、互いにX方向に面した側面20bを有した部材であればよい。部材20は、板状の部材であってもよいし、線材であってもよい。

[0083] [溶接部に残存するボイド]

図13は、溶接部23の例示的な側面図である。本実施形態では、図13に示されるように、溶接部23の下側半分R_lのボイドVの数が溶接部23の上側半分R_uのボイドVの数以下となるよう、レーザ光Lの照射条件、特にビームB₂（副ビーム）の照射条件を設定する。ここで、仮想平面VPは、溶接部23の溶接時および固化時の鉛直方向における当該溶接部23の上端23aと当該鉛直方向における下端23bとの間の丁度中間位置を通り、溶接時および固化時の水平方向に広がった平面とする。上側半分R_uは、仮想平面VPよりも上側の部位であって、仮想平面VPに対して下側半分R_lとは反対側の部位とする。また、下側半分R_lは、溶接部23のうち、仮想平面VPよりも下側の部位であって、仮想平面VPに対して上側半分R_uとは反対側の部位とする。溶融池23Wにおいて、ボイドVは上方に移動する。よって、レーザ光L（ビームB₂）の照射によって溶融池23Wの溶融状態が維持されると、下側半分R_lに生じたボイドVは上昇し、上側半分R_uあるいは溶融池23W外へ移動し、抜けられなかったボイドVが主として上側半分R_uに残存する。したがって、溶接部23において下側半分R_lのボイドVの数が上側半分R_uのボイドVの数以下となる状態が得られる。すなわち、溶接部23において下側半分R_lのボイドVの数が上側半分R_uのボイドVの数以下となっている状態は、ビームB₂の照射によるボイドVの低減の効果が得られた状態であると言える。

[0084] このように、下側半分R_lのボイドVの数が上側半分R_uのボイドVの数以下となるよう、レーザ光L、特にビームB₂を適宜に設定することにより、所要の接合強度および導電率を有するとともに、ボイドVの数がより少ない溶接部23を形成することができる。なお、図13の例では、上側半分R_uにおけるボイドVの数が2であり、下側半分R_lにおけるボイドVの数が0であるが、ボイドVの数はこの例には限定されない。

[0085] 以上説明したように、本実施形態のレーザ溶接方法およびレーザ溶接装置100では、ビームB₂（副ビーム）が、溶融池23Wが固化する前に当該

溶融池 2 3 W 内に形成されたボイド V のうち少なくとも一つのボイド V が当該溶融池 2 3 W 外へ抜けるよう、対象物 W に照射される。また、ビーム B 1（主ビーム）およびビーム B 2（副ビーム）は、対象物 W に溶融池 2 3 W が形成されるとともに、当該溶融池 2 3 W 内に形成されたボイド V のうち少なくとも一つのボイド V が当該溶融池 2 3 W 外へ抜けるように当該溶融池 2 3 W の温度が経時変化するよう、設定される。

[0086] よって、本実施形態によれば、溶接部 2 3 中のボイド V をより減らすことができ、当該ボイド V による溶接部 2 3 の強度の低下を抑制することができる。

[0087] [第 2 実施形態]

[レーザ溶接装置の構成]

図 1 4 は、第 2 実施形態のレーザ溶接装置 1 0 0 A の概略構成を示す図である。図 1 4 に示されるように、レーザ溶接装置 1 0 0 A は、複数のレーザ装置 1 1 1, 1 1 2（1 1 0）を備えるとともに光学ヘッド 1 2 0 A に設けられたセンサ 1 5 0 を備えている点が、上記第 1 実施形態と相違している。また、これらを備えることに伴い、光学ヘッド 1 2 0 A が、コリメートレンズ 1 2 1-2、フィルタ 1 2 4, 1 2 7、およびミラー 1 2 8 を有している点も、上記第 1 実施形態と相違している。

[0088] レーザ装置 1 1 1, 1 1 2（1 1 0）は、それぞれレーザ発振器を有している。本実施形態では、レーザ装置 1 1 1, 1 1 2 は、異なる波長のレーザ光を出力する。

[0089] レーザ装置 1 1 1 は、例えば、8 0 0 [nm] 以上かつ 1 2 0 0 [nm] 以下の波長の第一レーザ光を出力する。レーザ装置 1 1 1 は、第一レーザ装置とも称され、レーザ装置 1 1 1 が有するレーザ発振器は、第一レーザ発振器とも称されうる。

[0090] 他方、レーザ装置 1 1 2 は、5 5 0 [nm] 以下の波長の第二レーザ光を出力する。レーザ装置 1 1 2 は、第二レーザ装置とも称され、レーザ装置 1 1 2 が有するレーザ発振器は、第二レーザ発振器とも称されうる。また、一

例として、レーザ装置 112 は、レーザ光源として、半導体レーザ（素子）を有する。なお、レーザ装置 112 は、400 [nm] 以上かつ 500 [nm] 以下の波長のレーザ光を出力してもよい。

[0091] レーザ装置 112 の設置に伴い、光学ヘッド 120A には、フィルタ 124 が設けられている。ミラー 123 で反射した第一レーザ光は、Z 方向の反対方向に進み、フィルタ 124 へ向かう。なお、第一レーザ光が光学ヘッド 120A において Z 方向の反対方向へ進むように入力される構成にあっては、ミラー 123 は不要である。

[0092] フィルタ 124 は、例えば、第一レーザ光を透過し、かつ第二レーザ光を透過せずに反射するハイパスフィルタである。第一レーザ光は、フィルタ 124 を透過してガルバノスキャナ 126 へ向かう。他方、フィルタ 124 は、コリメートレンズ 121-2 で平行光となった第二レーザ光を反射する。フィルタ 124 で反射した第二レーザ光もガルバノスキャナ 126 へ向かう。

[0093] フィルタ 127 は、ミラー 123 とフィルタ 124 との間に設けられている。フィルタ 127 は、ミラー 123 からの第一レーザ光をフィルタ 124 へ向けて透過するとともに、対象物 W の表面 Wa（図 5～7 参照）から到来しフィルタ 124 を通った光をミラー 128 に向けて反射する。ミラー 128 で反射した光は、センサ 150 に入力される。このような構成により、センサ 150 は、表面 Wa 上の画像を撮影することができる。センサ 150 は、例えば、赤外線サーモグラフィカメラであり、表面 Wa における温度分布を検知することができる。

[0094] また、本実施形態でも、DOE 125 が設けられている。DOE 125 は、コリメートレンズ 121-2 とフィルタ 124 との間に配置され、第二レーザ光のビームを成形する。ただし、光学ヘッド 120A は、第一レーザ光のビームを成形する DOE を有してもよい。

[0095] なお、レーザ溶接装置 100A は、センサ 150 に替えて、上記第 1 実施形態のようなセンサ 150 を備えてもよい。また、第 1 実施形態のレーザ溶

接装置１００が、本実施形態のような、光学ヘッド１２０のボディに取り付けられたセンサ１５０を備えてもよい。

[0096] [波長と光の吸収率]

ここで、金属材料の光の吸収率について説明する。図１５は、照射するレーザ光Ｌの波長に対する各金属材料の光の吸収率を示すグラフである。図１５のグラフの横軸は波長であり、縦軸は吸収率である。図１５には、アルミニウム（Ａｌ）、銅（Ｃｕ）、金（Ａｕ）、ニッケル（Ｎｉ）、銀（Ａｇ）、タンタル（Ｔａ）、およびチタン（Ｔｉ）について、波長と吸収率との関係が示されている。

[0097] 材料によって特性が異なるものの、図１５に示されている各金属に関しては、一般的な赤外線（ＩＲ）のレーザ光（第一レーザ光）を用いるよりも、青や緑のレーザ光（第二レーザ光）を用いた方が、エネルギーの吸収率がより高いことが理解できよう。この特徴は、銅（Ｃｕ）や、金（Ａｕ）等においては顕著となる。

[0098] 使用波長に対して吸収率が比較的低い対象物Ｗにレーザ光が照射された場合、大部分の光エネルギーは反射され、対象物Ｗに熱としての影響を及ぼさない。そのため、十分な深さの溶融部位を得るには比較的高いパワーを与える必要がある。その場合、ビーム中心部は急激にエネルギーが投入されることで、昇華が生じ、キーホールが形成される。

[0099] 他方、使用波長に対して吸収率が比較的高い対象物Ｗにレーザ光が照射された場合、投入されるエネルギーの多くが対象物Ｗに吸収され、熱エネルギーへと変換される。この過程において、パワー密度が低いレーザ光を照射した場合には、熱伝導型の溶融となる。

[0100] 本実施形態の光学ヘッド１２０Ａによれば、レーザ装置１１１からの第一レーザ光によるビームＢ１と、レーザ装置１１２からの第二レーザ光によるビームＢ２とを有したレーザ光Ｌを、対象物Ｗに照射することができる。

[0101] 以上から、８００［ｎｍ］以上かつ１２００［ｎｍ］以下の波長の第一レーザ光を出力し、５００［ｎｍ］以下の波長の第二レーザ光を出力するよう

にし、第一レーザ光で対象物Wを溶融した後に第二レーザ光を照射することで、溶融池23Wに効率よく熱エネルギーを与えることができるため、当該溶融池23Wが局所的に冷却されて固化するのをより効率よく抑制することができる。なお、第一レーザ光で対象物Wを溶融した後に第二レーザ光を照射するために、後述するように第一、第二レーザ光のそれぞれを出射している時間帯を独立して制御してもよい。この他、第一レーザ光に対し、レーザ光Lの掃引方向後方に、第二レーザ光の少なくとも一部を照射するようにしてもよい。このとき、第一レーザ光が照射される領域と、第二レーザ光が照射される領域との少なくとも一部が重なるようにしてもよい。

[0102] コントローラ200は、レーザ装置111, 112の作動をそれぞれ制御することができる。すなわち、レーザ装置111が第一レーザ光すなわちビームB1を出射している時間帯と、レーザ装置112が第二レーザ光すなわちビームB2を出射している時間帯とを、独立して制御することができる。

[0103] [レーザ溶接方法]

図16は、本実施形態による溶接における溶融池23Wの温度およびレーザ装置111, 112(110)からのレーザ光の出力の経時変化を示す図である。図16において、温度についての表記は、第1実施形態の図11と同じである。ただし、レーザ光の出力については、第一レーザ光(主ビーム)の出力の経時変化を実線で示し、第二レーザ光(副ビーム)の出力の経時変化を破線で示している。

[0104] 図16に示されるように、本実施形態では、レーザ装置111は、時刻t0で出力を開始し、時刻t2で出力を停止している。これに対し、レーザ装置112は、時刻t0で出力を開始するものの、時刻t2を超えた時刻tkで出力を停止している。そして、時刻tk以降、溶融池23Wは、常温雰囲気中で自然に冷却され、これに伴い溶融池23Wの温度は徐々に低下する。

[0105] 時刻t0から時刻t2までの間、レーザ光Lには、ビームB1, B2が含まれる。この期間におけるレーザ光Lの対象物Wへの照射により、溶融池23Wが形成される。すなわち、本実施形態のレーザ溶接方法においては、時

刻 t_0 から時刻 t_2 までの間、溶融池 23W の形成工程が実行される。

[0106] 時刻 t_2 から時刻 t_k までの間、レーザ光 L には、ビーム B1 が含まれず、ビーム B2 のみが含まれている。これにより、レーザ光 L の出力は、ビーム B1, B2 含む時刻 t_0 から時刻 t_2 までの間よりも低くなっている。この間、レーザ光 L は、当該レーザ光 L の溶融池 23W への照射により、溶融池 23W の溶融状態が維持されるよう、設定される。すなわち、本実施形態のレーザ溶接方法においては、時刻 t_2 から時刻 t_k までの間、ビーム B1, B2 の形状や、配置、パワー密度、照射位置、掃引経路、掃引速度等のレーザ光 L およびビーム B1, B2 の照射に関するスペックの適宜な設定により、溶融池 23W のさらなる形成および拡大を抑制するとともに溶融池 23W の固化も抑制しながら溶融池 23W の溶融状態を一時的に維持する工程（以下、維持工程と称する）が実行される。維持工程は、延長工程とも称される。

[0107] 図 17 は、レーザ溶接方法の維持工程における対象物 W の側面図である。図 17 に示されるように、維持工程では、レーザ光 L1, L2 (L) は、溶融池 23W に対して照射される。また、維持工程にあっても、レーザ光 L1, L2 (L) は、図 10 に示されるように、直線状に照射されながら掃引されうる。なお、照射位置や、掃引経路、掃引速度等は、形成工程と同じであってもよいし、異なってもよい。維持工程においては、形成工程よりもより広い範囲に対してレーザ光 L1, L2 (L) が照射されてもよい。

[0108] 図 16 から明らかとなるように、このような維持工程を含むことにより、溶融池 23W の形成工程における温度 T_2 が融点 T_m に低下するまでの降下時間 Δt_2 を、第 1 実施形態の降下時間 Δt_1 よりもさらに長くすることができる。すなわち、降下時間 Δt_2 は、維持工程の時間 ($\Delta t_k = t_k - t_2$ 、維持時間) を含む分、降下時間 Δt_1 よりも長くなる。

[0109] 図 18 ~ 20 は、維持工程における溶融池 23W に対するレーザ光 L の照射位置または掃引経路を例示する平面図、すなわち、レーザ光 L の照射方向に見た図である。図 18 は、レーザ光 L が溶融池 23W の平面視での中心 C

に照射された場合を示し、図 19 は、レーザ光 L が中心 C 周りに湾曲した経路で掃引された場合を示し、図 20 は、レーザ光 L が中心 C 周りに折れ曲がった経路で掃引された場合を示す。図 19, 20 の場合にあっては、掃引における周回数は、1 回であってもよいし、1 回未満であってもよいし、2 回以上であってもよい。これらの各場合において、溶融池 23W の全体に亘ってレーザ光 L による熱が伝達される（届く）という条件では、溶融状態の溶融池 23W からボイド V が抜け、溶接部 23 中のボイド V が減るという効果が得られる。維持工程において、レーザ光 L は、連続的に照射されてもよいし、間欠的に照射されてもよい。例えば、図 18 の場合に、レーザ光 L は中心 C に対して間欠的に照射されてもよいし、レーザ光 L は、図 19, 20 のような軌跡で掃引されながら間欠的に照射されてもよい。また、レーザ光 L は、図 18 のような 1 点に対して間欠的に照射されるのではなく、複数の点に対して順番に照射されてもよい。また、図 18, 19 の場合のようにレーザ光 L が中心 C 周りに曲がった経路で掃引されることにより、溶融池 23W において乱れの少ない（層流の）旋回流が形成された場合には、浮力による移動と流体の移動とによって溶融池 23W からボイド V がより一層抜けやすくなる。

[0110] また、溶融池 23W に対してレーザ光 L が照射されると、当該溶融池 23W の表面のうちレーザ光 L が照射された領域に、凹み（Z 方向の反対方向への凹み、以下単に凹みと称する）が生じる。発明者らの鋭意研究により、維持工程においてレーザ光 L の照射によって生じる凹みが、溶融池 23W を形成する工程においてレーザ光 L の照射によって生じる凹みよりも浅いと、スパッタやボイド V の少ない、より高品質な溶接を実行可能であることが判明した。凹みは、パワー密度に応じて深くなる。したがって、維持工程におけるレーザ光 L の溶融池 23W の表面におけるパワー密度は、当該溶融池 23W を形成する工程における当該溶融池 23W の表面におけるパワー密度よりも低いのが好ましいことを意味する。

[0111] このような凹みの深さは、図 14 において、センサ 150 を、光干渉断層

撮影 (optical coherence tomography、OCT) のセンサとして構成することにより、測定することができる。図14のレーザ溶接装置100Aにおいては、コントローラ200は、維持工程において生じる凹みが、溶融池23Wを形成する工程において生じる凹みよりも浅くなるよう、あるいは、維持工程において当該凹みが所定値以下となるよう、レーザ装置110のパワーを制御してもよい。

[0112] [パワー密度]

発明者らの実験的な研究により、維持工程において照射されるレーザ光Lの溶融池23Wの表面におけるパワー密度 $[W/cm^2]$ は、好適な範囲があることが判明した。

[表1]

(表1)

範囲	$Pd \leq 1.0 \times 10^3$	$1.0 \times 10^3 < Pd \leq 1.0 \times 10^4$	$1.0 \times 10^4 < Pd \leq 1.0 \times 10^5$	$1.0 \times 10^5 < Pd \leq 1.0 \times 10^6$	$1.0 \times 10^6 < Pd \leq 1.0 \times 10^7$	$1.0 \times 10^7 < Pd$
判定	x	△	◎	◎	○	x

表 1 は、レーザ光 L のパワー密度が異なる複数のサンプルについて実験を行った結果から得られた、パワー密度の範囲に応じた溶接部 2 3 中のボイド V の数に基づく溶接品質の判定結果を示している。ボイド V の数の測定にお

いては溶接後のサンプルの側面方向から見た一断面中の直径100 [μm]以上のサイズのものをカウントする。判定において、◎は、ボイドVの数が10以下である場合（優良）、○は、ボイドVの数が10より多くかつ20以下である場合（良好）、△は、ボイドVの数が20より多くかつ30以下である場合（可）、また、×は、ボイドVの数が30より多い場合（不良）を示す。

[0113] 表1に示されるように、パワー密度Pdは、 10^7 [W/cm^2]以下であるのが好ましく、 10^6 [W/cm^2]以下であるのがより好ましいことが判明した。これは、パワー密度Pdが大き過ぎると、溶融池23Wにキーホールが形成されてしまい、スパッタひいてはボイドVが増大するからであると推定することができる。

[0114] また、パワー密度Pdは、 10^3 [W/cm^2]より大きいのが好ましく、 10^4 [W/cm^2]より大きいのがより好ましいことが判明した。これは、パワー密度Pdが小さ過ぎると、溶融池23Wの溶融状態を十分に維持できなくなり、当該溶融池23Wがより早期に凝固してしまうからであると推定することができる。

[0115] 以上説明したように、本実施形態のレーザ溶接方法およびレーザ溶接装置100Aによれば、溶融池23Wを形成する工程（形成工程）の後に、溶融池23Wにレーザ光L1, L2 (L)を照射することにより当該溶融池23Wを溶融状態で一時的に維持する工程（維持工程）を実行することができる。

[0116] よって、本実施形態によれば、溶接部23中のボイドVをより一層減らすことができ、当該ボイドVによる溶接部23の強度の低下をより一層抑制することができる。

[0117] また、本実施形態によっても、維持工程による効果として、溶接部23において下側半分RlのボイドVの数が上側半分RuのボイドVの数以下となる状態が得られる。

[0118] [第3実施形態]

[レーザ溶接装置のブロック図および処理手順]

図21は、レーザ溶接装置100、100Aのブロック図である。レーザ溶接装置100、100Aは、例えば、コントローラ200と、記憶部210と、センサ150と、レーザ装置110と、ガルバノスキャナ126と、駆動機構140と、出力部220と、を備えている。

[0119] コントローラ200は、コンピュータであって、CPU (central processing unit) のようなプロセッサ (回路) や、RAM (random access memory)、ROM (read only memory) のような主記憶部を有している。コントローラ200は、例えばMCU (micro controller unit) である。記憶部210は、例えばSSD (solid state drive) やHDD (hard disk drive) のような不揮発性の記憶装置を有している。コントローラ200は、制御部の一例である。また、記憶部210は、補助記憶装置とも称されうる。

[0120] プロセッサは、ROMや記憶部210に記憶されたプログラムを読み出して各処理を実行することにより、照射制御部201、検出制御部202、判定部203、出力制御部204、およびパラメータ変更部205として作動する。プログラムは、それぞれインストール可能な形式または実行可能な形式のファイルで、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録されて提供されうる。記録媒体は、プログラムプロダクトとも称されうる。プログラムおよびプロセッサによる演算処理で用いられる値や、テーブル、マップ等の情報は、ROMや記憶部210に予め記憶されてもよいし、通信ネットワークに接続されたコンピュータの記憶部に記憶され、当該通信ネットワーク経由でダウンロードされることによって記憶部210に記憶されてもよい。記憶部210は、プロセッサによって書き込まれたデータを記憶する。また、コントローラ200による演算処理は、少なくとも部分的に、ハードウェアによって実行されてもよい。この場合、コントローラ200には、例えば、FPGA (field programmable gate array) や、ASIC (application specific integrated circuit) 等が含まれてもよい。

[0121] 出力部 220 は、音声または画像により判定結果を示す情報を出力することができる装置であって、例えば、モニター（ディスプレイ）や、スピーカ、ブザー、プリンタ等である。また、出力部 220 は、判定結果を示すデータをコントローラ 200 外の他の機器へ出力する通信部等であってもよい。

[0122] [検査結果の出力手順]

図 22 は、検査結果を出力する処理手順のフローチャートである。図 22 に示されるように、まず、コントローラ 200 は、照射制御部 201 として作動し、所定の手順で対象物 W に対してレーザ光 L を照射して当該対象物 W を溶接するよう、レーザ装置 110、ガルバノスキャナ 126、および駆動機構 140 を制御する（S11）。この S11 において、照射制御部 201 は、上述したように、少なくとも一つのボイド V が溶融池 23W から排出されるのに要する降下時間 Δt_1 、 Δt_2 が生じるビーム B1、B2 のスペック、ならびに維持時間 Δt_k で、対象物 W にレーザ光 L を照射するよう、レーザ装置 110、ガルバノスキャナ 126、および駆動機構 140 のうち少なくとも一つの作動を制御する。レーザ装置 110、ガルバノスキャナ 126、および駆動機構 140 は、レーザ溶接装置 100、100A におけるコントローラ 200 による被制御対象であるとともに、レーザ光 L の照射状態を変更することが可能な可変機構の一例である。照射制御部 201 およびコントローラ 200 は、制御部の一例である。

[0123] 次に、コントローラ 200 は、検出制御部 202 として作動し、溶融池 23W の温度を検出する（S12）。この S12 において、検出制御部 202 は、例えば、溶融池 23W の最高温度を検出してもよいし、照射開始時刻（時刻 t_0 ）から所定の時間が経過した少なくとも一つの時刻において、溶融池 23W の温度を検出してもよい。

[0124] 次に、コントローラ 200 は、判定部 203 として作動し、温度の検出結果に基づいて、溶接部 23 の品質の良否を判定する（S13）。この S13 において、判定部 203 は、S2 において検出された温度から、所定の判定基準にしたがって品質の良否を判定する。例えば、判定部 203 は、所定時

点での検出温度が当該所定時点に対応した閾値以上であったときは、溶接部 23 の品質を良と判定し、検出温度が閾値未満であったときは、溶接部 23 の品質を不良と判定する。判定結果の良否に対応した閾値温度や、当該検査タイミング等は、実験結果から予め設定されている。

[0125] 次に、コントローラ 200 は、出力制御部 204 として作動し、判定結果を所定の出力型式で出力するよう、出力部 220 を制御する (S14)。

[0126] 次に、コントローラ 200 は、パラメータ変更部 205 として作動し、判定結果に応じて、レーザ光 L の照射に関する変更可能な制御パラメータを変更する (S15)。この S15 における変更可能な制御パラメータは、例えば、レーザ装置 110 の出力や、レーザ装置 110 による出力時間、ビーム B1 の出力期間、ビーム B2 の出力期間等である。パラメータ変更部 205 は、変更したパラメータの値を記憶部 210 に記憶する。コントローラ 200 は、次回以降の同様のレーザ溶接を実行する際に、記憶部 210 に記憶された制御パラメータを読み出し、当該記憶されている、すなわち変更された制御パラメータでレーザ溶接を実行するよう、レーザ装置 110 や、ガルバノスキャナ 126、駆動機構 140 などの被制御対象を制御する。

[0127] [ボイド抑制制御の処理手順]

図 23 は、ボイドを抑制する制御の処理手順のフローチャートである。図 23 に示されるように、まず、コントローラ 200 は、照射制御部 201 として作動し、所定の手順で対象物 W に対してレーザ光 L を照射して溶融池 23W を形成するよう、レーザ装置 110 や、ガルバノスキャナ 126、駆動機構 140 などの被制御対象を制御する (S21)。この S21 は、溶融池 23W の形成工程である。この S21 において、コントローラ 200 は、検出制御部 202 としても作動しており、所定のタイミングで、例えば、一定の時間間隔で、溶融池 23W の温度を検出している。

[0128] また、S21 において、コントローラ 200 は、溶融池 23W の温度が所定の温度で維持されたりあるいは所定の経時変化で推移したりするよう、レーザ装置 110 や、ガルバノスキャナ 126、駆動機構 140 などの被制御

対象（可変機構）をフィードバック制御してもよい。

[0129] 次に、コントローラ200は、判定部203として作動し、溶融池23Wの形成工程について所定の条件（第一条件）が満たされたか否かを判定する（S22）。このS22において、判定部203は、例えば、溶融池23Wの温度の経時変化に基づいて、第一閾値温度以上の時間が第一閾値時間以上継続した場合に、第一条件が満たされたと判定する。これにより、溶融池23Wおよび部材20を、ボイドVが抜けるのに十分な降下時間 Δt_1 、 Δt_2 を確保できる状態にすることができる。

[0130] 第一条件が満たされていない場合（S22でNo）、S21の溶融池23Wの形成工程が継続される。第一条件が満たされた場合（S22でYes）、第1実施形態のレーザ溶接装置100に対しては、処理手順が終了する。第2実施形態のレーザ溶接装置100Aに対しては、S23に移行する。

[0131] S23において、コントローラ200は、照射制御部201として作動し、所定の手順で対象物Wに対してレーザ光L、例えばビームB2のみを照射して溶融池23Wを溶融状態で維持するよう、レーザ装置110や、ガルバノスキャナ126、駆動機構140などの被制御対象を制御する（S23）。このS23は、溶融池23Wの維持工程である。このS23において、コントローラ200は、検出制御部202としても作動しており、所定のタイミングで、例えば、一定の時間間隔で、溶融池23Wの温度を検出している。

[0132] また、S23において、コントローラ200は、溶融池23Wの温度が所定の温度で維持されたりあるいは所定の経時変化で推移したりするよう、レーザ装置110や、ガルバノスキャナ126、駆動機構140などの被制御対象（可変機構）をフィードバック制御してもよい。

[0133] 次に、コントローラ200は、判定部203として作動し、溶融池23Wの維持工程について所定の条件（第二条件）が満たされたか否かを判定する（S24）。このS24において、判定部203は、例えば、溶融池23Wの温度の経時変化に基づいて、第二閾値温度以上の時間が第二閾値時間以上

継続した場合に、第二条件が満たされたと判定する。これにより、ボイドVが抜けるのに十分な維持時間 Δt_k ひいては降下時間 Δt_2 を確保することができる。

[0134] 第二条件が満たされていない場合（S24でNo）、S23の溶融池23Wの維持工程が継続される。第二条件が満たされた場合（S24でYes）、処理手順が終了する。

[0135] 以上、説明したように、本実施形態のように、レーザ溶接装置100、100Aは、溶融池23Wの温度を検出するセンサ150と、センサ150による検出結果に基づく溶接品質を示す情報を出力する出力部220と、を備えてもよい。

[0136] このような構成および制御によれば、溶接部23のボイドVの有無を非破壊で比較的容易に検査することができるとともに、溶接品質の判定結果に基づいてレーザ溶接装置100、100Aの制御パラメータを変更することにより、次回以降のレーザ溶接における溶接品質を向上することができる。

[0137] また、本実施形態のように、コントローラ200は、溶融池23Wの温度を検出するセンサ150の検出結果に基づいて、レーザ装置110や、ガルバノスキャナ126、駆動機構140などの被制御対象（可変機構）の作動を制御してもよい。

[0138] このような構成および制御によれば、溶融池23Wの形成および溶融状態での維持をより精度良く実行することができるので、ボイドVをより確実に抑制できたり、ボイドVの発生を抑制しながら無駄なエネルギー消費を低減できたりといった利点を得られる。

[0139] 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。

[0140] 例えば、レーザ溶接装置は、同じ波長のレーザ光を出力する複数のレーザ装置（レーザ光源）を備えてもよい。

[0141] また、例えば、レーザ光の照射に際し、公知のウォブリングや、ウィービング、出力変調等が行われ、熔融池の表面積が調節されてもよい。

産業上の利用可能性

[0142] 本発明は、レーザ溶接方法およびレーザ溶接装置に利用することができる。

符号の説明

[0143] 1 0 …平角線

2 0 …部材

2 0 a …端部

2 0 b …側面

2 1 …部材（第一部材）

2 1 a …端部（第一端部）

2 1 b …側面

2 2 …部材（第二部材）

2 2 a …端部（第二端部）

2 2 b …側面

2 3 …溶接部

2 3 W …熔融池

2 3 a …上端

2 3 b …下端

3 0 …被覆

1 0 0, 1 0 0 A …レーザ溶接装置

1 1 0, 1 1 1, 1 1 2 …レーザ装置（レーザ発振器、可変機構）

1 2 0, 1 2 0 A …光学ヘッド

1 2 1, 1 2 1 - 1, 1 2 1 - 2 …コリメートレンズ

1 2 2 …集光レンズ
1 2 3 …ミラー
1 2 4 …フィルタ
1 2 5 …D O E
1 2 5 a …回折格子
1 2 6 …ガルバノスキャナ（可変機構）
1 2 6 a, 1 2 6 b …ミラー
1 2 7 …フィルタ
1 2 8 …ミラー
1 3 0 …光ファイバ
1 4 0 …駆動機構（可変機構）
1 5 0 …センサ
2 0 0 …コントローラ（制御部）
2 0 1 …照射制御部（制御部）
2 0 2 …検出制御部
2 0 3 …判定部
2 0 4 …出力制御部
2 0 5 …パラメータ変更部
2 1 0 …記憶部
2 2 0 …出力部
A 1 …領域
A 2 …領域
B 1 …ビーム（主ビーム、主パワー領域）
B 1 a …外縁
B 2 …ビーム（副ビーム、副パワー領域）
B 2 a …外縁
B 2 b …内縁
b 2 …ビーム

C…中心

C 1 …中心

C 2 …中心

g…隙間

L, L 1, L 2 …レーザ光

P d …パワー密度

R u …上側半分

R l …下側半分

t 0, t 1, t 2, t e 1, t e r, t k …時刻

T 1, T 2, T r …温度

T m …融点

V…ボイド

V P …仮想平面

W…対象物

W a …表面

X…方向（第二方向）

Y…方向（第三方向）

Z…方向（第一方向）

δ …ずれ

$\Delta t_1, \Delta t_2$ …降下時間

Δt_k …維持時間

ΔT …温度差

請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも一つの主ビームを含む主パワー領域と、当該主ビームよりもパワー密度が小さい少なくとも一つの副ビームを含む副パワー領域と、を含むレーザ光を対象物に照射して当該対象物を溶接するレーザ溶接方法であって、
- 前記対象物に前記レーザ光を照射することにより溶融池を形成する工程と、
- 前記溶融池を固化する工程と、
- を有し、
- 前記副ビームは、前記溶融池内に形成されたボイドが、当該溶融池が固化する前に当該溶融池外へ抜けるように、前記対象物に照射される、レーザ溶接方法。
- [請求項2] 前記溶融池を形成する工程では、当該溶融池が固化されて形成された溶接部の下側半分におけるボイドの数が上側半分におけるボイドの数以下になるよう、前記レーザ光を照射する請求項1に記載のレーザ溶接方法。
- [請求項3] 前記主パワー領域は、前記副パワー領域の外縁の内側に位置している、請求項1に記載のレーザ溶接方法。
- [請求項4] 前記副パワー領域は、前記少なくとも一つの副ビームとして複数の副ビームを含み、
- 前記主ビームは、前記複数の副ビームに取り囲まれている、請求項1に記載のレーザ溶接方法。
- [請求項5] 前記副パワー領域は、前記少なくとも一つの副ビームとして、前記主パワー領域を取り囲む一つの副ビームを含む、請求項1に記載のレーザ溶接方法。
- [請求項6] 前記溶融池を形成する工程の後に、前記溶融池に前記レーザ光を照射することにより当該溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程を有した、請求項1～5のうちいずれか一つに記載のレーザ溶接方法。

- [請求項7] 前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程では、前記溶融池を形成する工程に比べて、前記レーザ光のパワーを低くする、請求項6に記載のレーザ溶接方法。
- [請求項8] 前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程では、前記溶融池を形成する工程に比べて、前記主ビームのパワーを低くする、請求項6または7に記載のレーザ溶接方法。
- [請求項9] 前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程で前記レーザ光の照射によって前記溶融池の表面に生じる凹みは、前記溶融池を形成する工程で前記レーザ光の照射によって前記溶融池の表面に生じる凹みよりも浅い、請求項6～8のうちいずれか一つに記載のレーザ溶接方法。
- [請求項10] 前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程では、前記レーザ光の前記溶融池の表面におけるパワー密度が、 10^7 [W/cm²] 以下である、請求項6～9のうちいずれか一つに記載のレーザ溶接方法。
- [請求項11] 前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程では、前記レーザ光の前記溶融池の表面におけるパワー密度が、 10^6 [W/cm²] 以下である、請求項10に記載のレーザ溶接方法。
- [請求項12] 前記溶融池を形成する工程では、前記主ビームを照射し、
前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程では、前記主ビームの照射を停止する、請求項6～11のうちいずれか一つに記載のレーザ溶接方法。
- [請求項13] 前記溶融池を形成する工程から前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程にかけて、前記主ビームの照射時間が前記副ビームの照射時間よりも短い、請求項6～12のうちいずれか一つに記載のレーザ溶接方法。
- [請求項14] 前記主ビームの波長と前記副ビームの波長とが同じである、請求項1～13のうちいずれか一つに記載のレーザ溶接方法。

- [請求項15] 前記主ビームの波長と前記副ビームの波長とが異なる、請求項1～14のうちいずれか一つに記載のレーザ溶接方法。
- [請求項16] 前記主ビームの波長は800[nm]以上かつ1200[nm]以下であり、前記副ビームの波長は550[nm]以下である、請求項15に記載のレーザ溶接方法。
- [請求項17] 前記主パワー領域および前記副パワー領域のうち少なくとも一方に含まれる複数のビームをビームシェイパによって形成する、請求項1～16のうちいずれか一つに記載のレーザ溶接方法。
- [請求項18] 前記レーザ光を前記対象物に対して照射しながら掃引する、請求項1～17のうちいずれか一つに記載のレーザ溶接方法。
- [請求項19] 前記副パワー領域の少なくとも一部は、前記主パワー領域に対して、前記対象物に対する前記レーザ光の掃引方向の後方に位置する、請求項18に記載のレーザ溶接方法。
- [請求項20] 前記レーザ光を直線状に掃引する、請求項18または19に記載のレーザ溶接方法。
- [請求項21] 前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程では、前記レーザ光を定点に照射する、請求項18～20のうちいずれか一つに記載のレーザ溶接方法。
- [請求項22] 前記溶融池を溶融状態で一時的に維持する工程では、前記レーザ光の照射方向に見た場合に前記溶融池の中心周りに曲がった経路で前記レーザ光を掃引する、請求項18～21のうちいずれか一つに記載のレーザ溶接方法。
- [請求項23] 前記対象物は、銅系金属材料、アルミニウム系金属材料、ニッケル系金属材料、鉄系金属材料、およびチタン系金属材料のうちのいずれか一つで作られた、請求項1～22のうちいずれか一つに記載のレーザ溶接方法。
- [請求項24] 前記溶融池は、金属材料で作られた第一部材の第一方向の第一端部と、前記第一部材に対して前記第一方向と交差した第二方向に隣接し

金属材料で作られた第二部材の前記第一方向の第二端部であって前記第一端部の当該第二端部からの前記第一方向に沿った距離が0以上となるように配置された第二端部と、の間で掛け渡されるように形成される、請求項1～23のうちいずれか一つに記載のレーザ溶接方法。

[請求項25] 前記対象物を構成する部材は、平角線の導体である、請求項24に記載のレーザ溶接方法。

[請求項26] レーザ発振器と、

前記レーザ発振器から出射されたレーザ光を対象物に照射する光学ヘッドと、

を備え、

前記レーザ光は、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密度が小さい少なくとも一つの副ビームと、を含み、前記対象物に溶融池を形成するように照射され、

前記副ビームは、前記溶融池内に形成されたボイドが、当該溶融池が固化する前に当該溶融池外へ抜けるように、前記対象物に照射される、レーザ溶接装置。

[請求項27] 前記溶融池の温度を検出するセンサと、

前記センサの検出結果に基づいて溶接品質を示す情報を出力する出力部と、

を備えた、請求項26に記載のレーザ溶接装置。

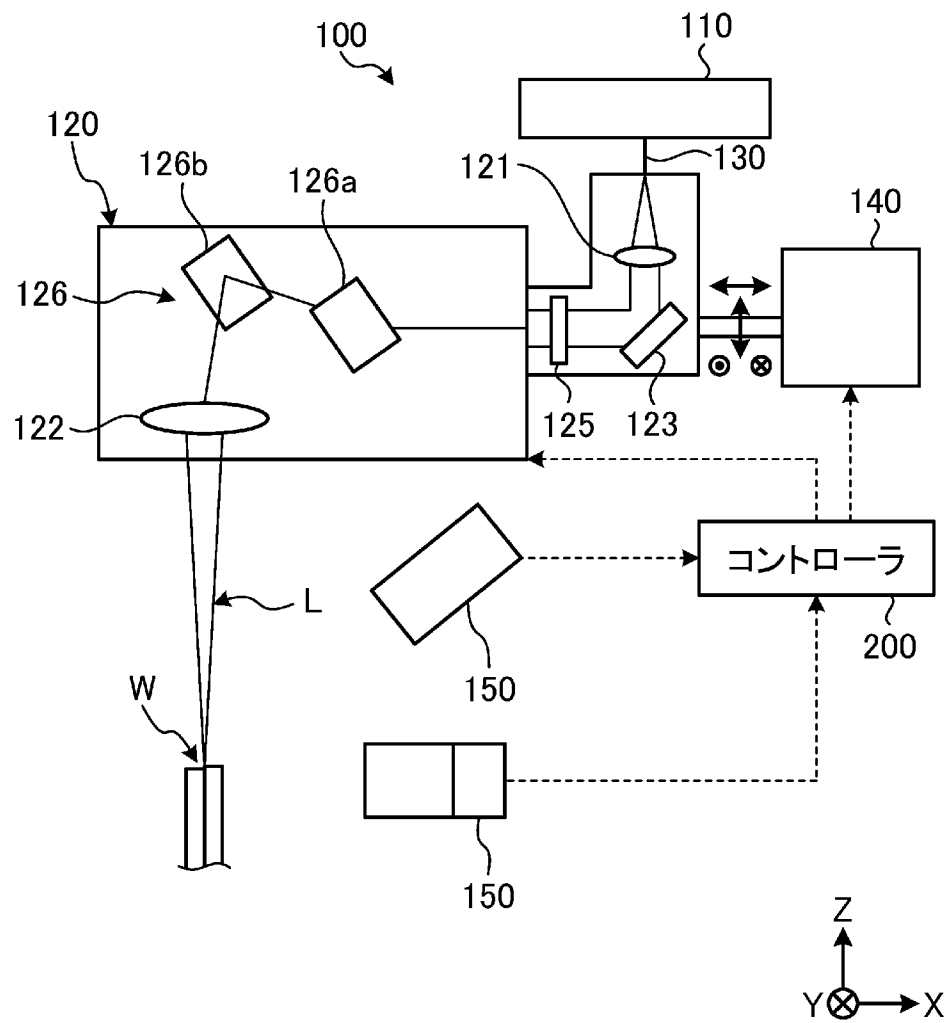
[請求項28] 前記溶融池の温度を検出するセンサと、

前記レーザ光の照射状態を変更可能な可変機構と、

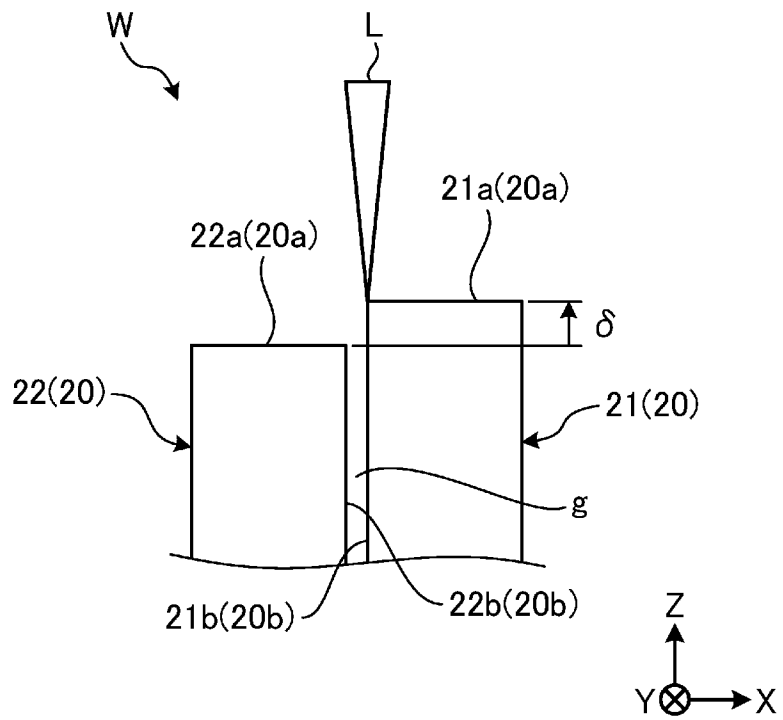
前記センサの検出結果に基づいて前記可変機構の作動を制御する制御部と、

を備えた、請求項26または27に記載のレーザ溶接装置。

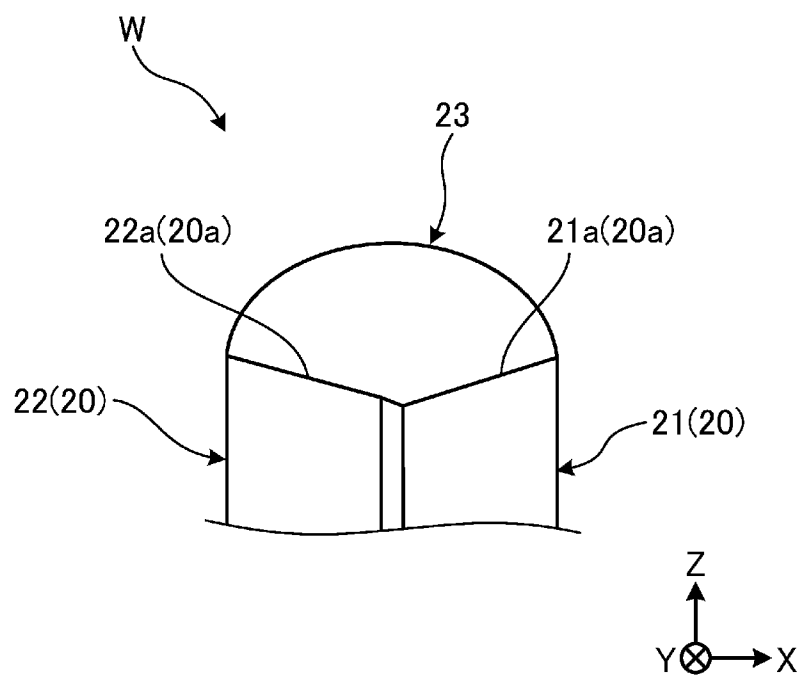
[図1]



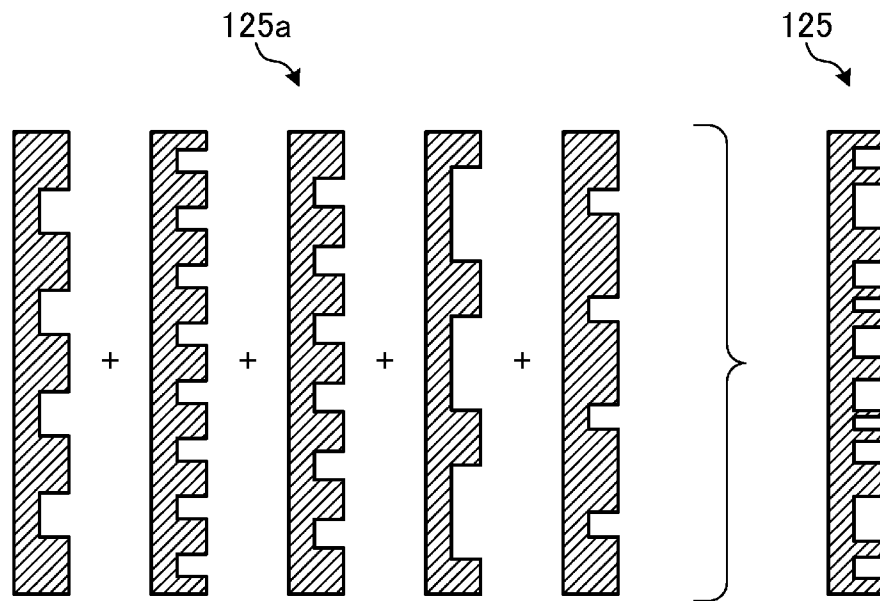
[図2]



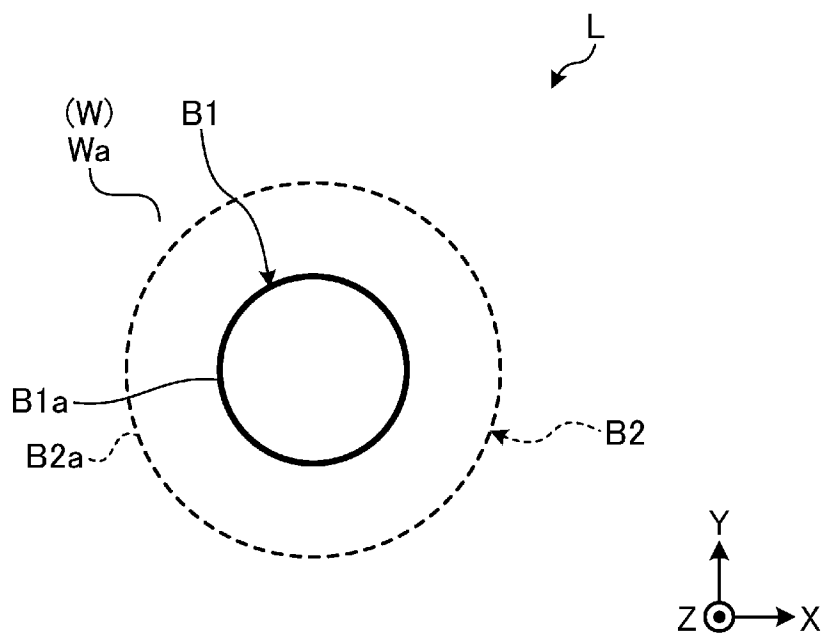
[図3]



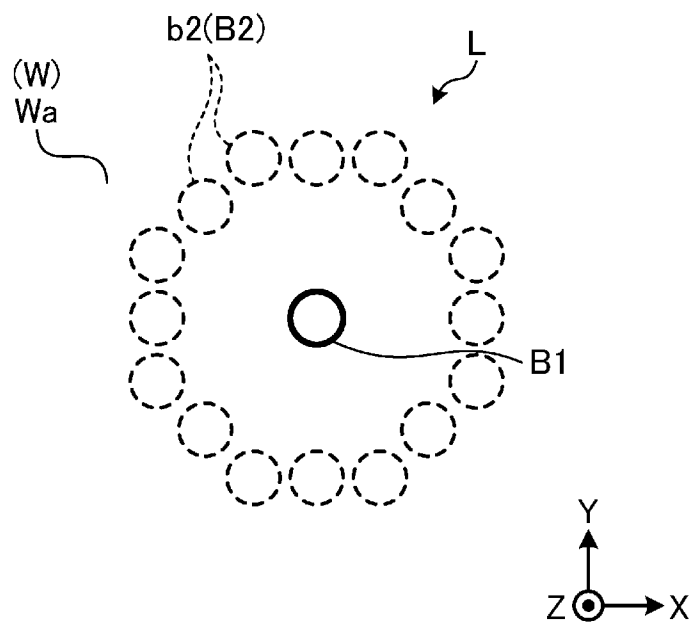
[図4]



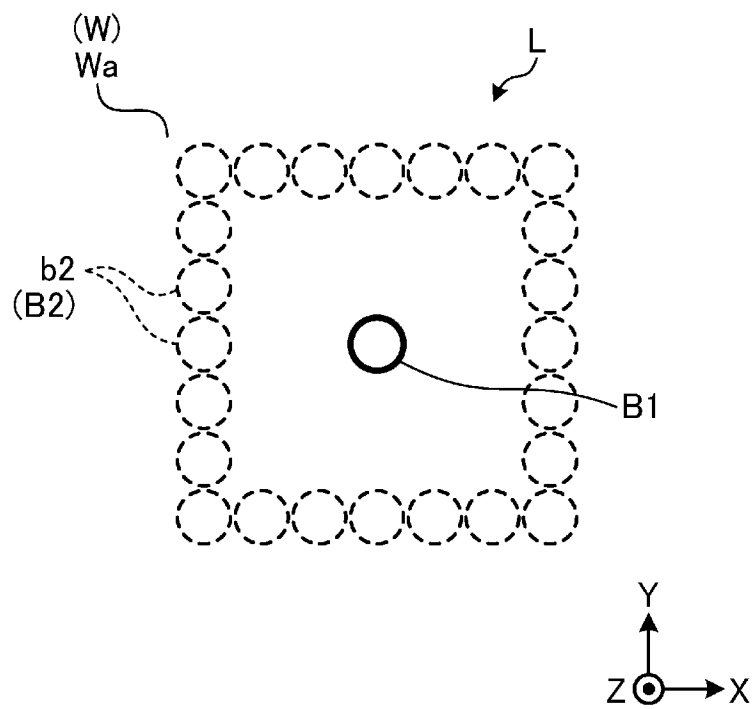
[図5]



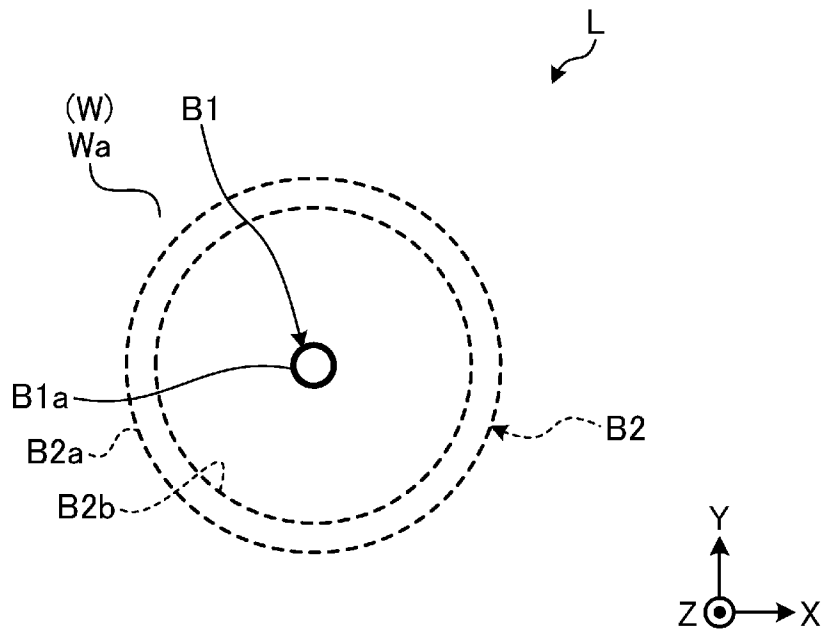
[図6]



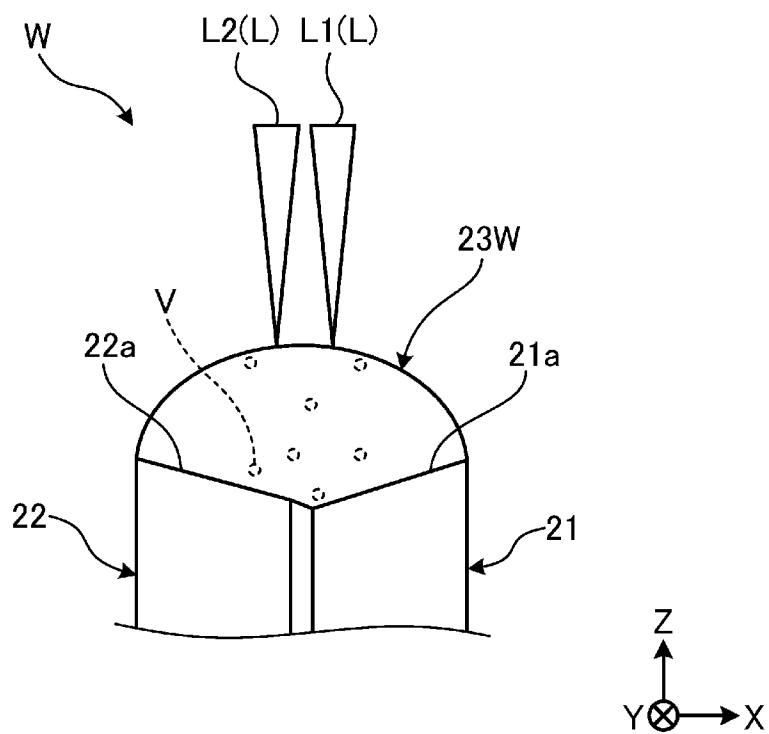
[図7]



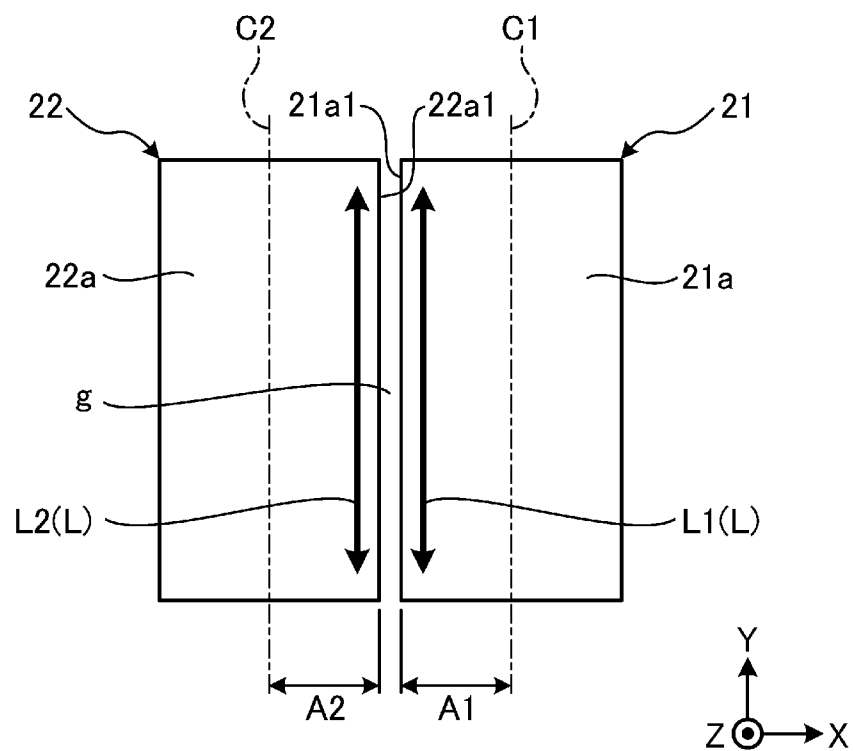
[図8]



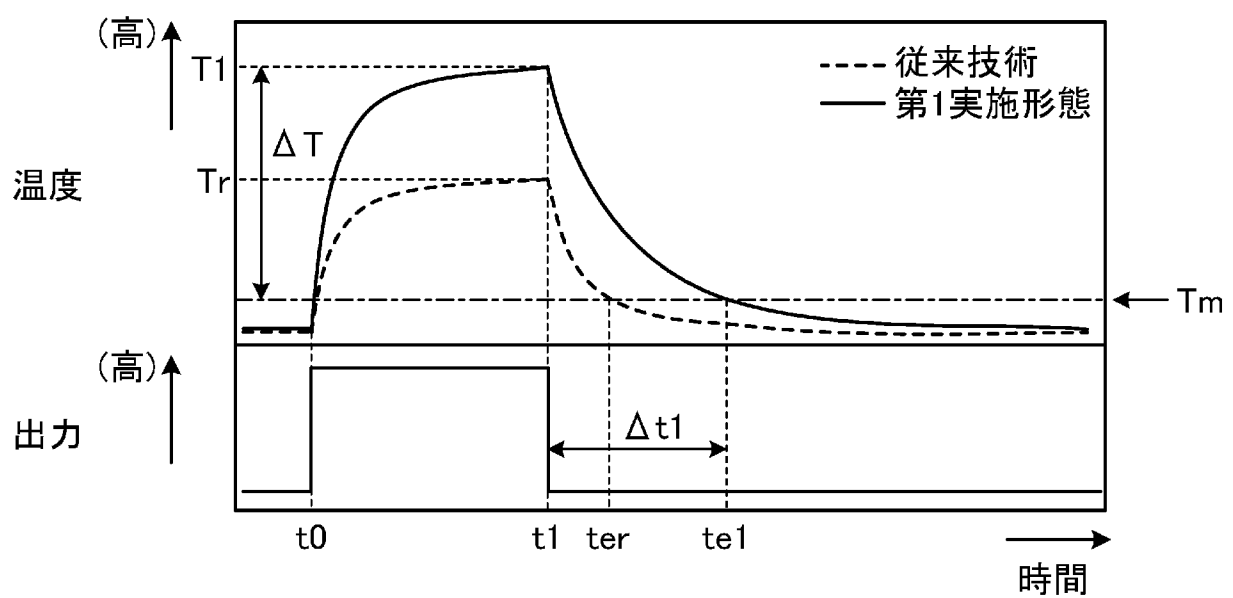
[図9]



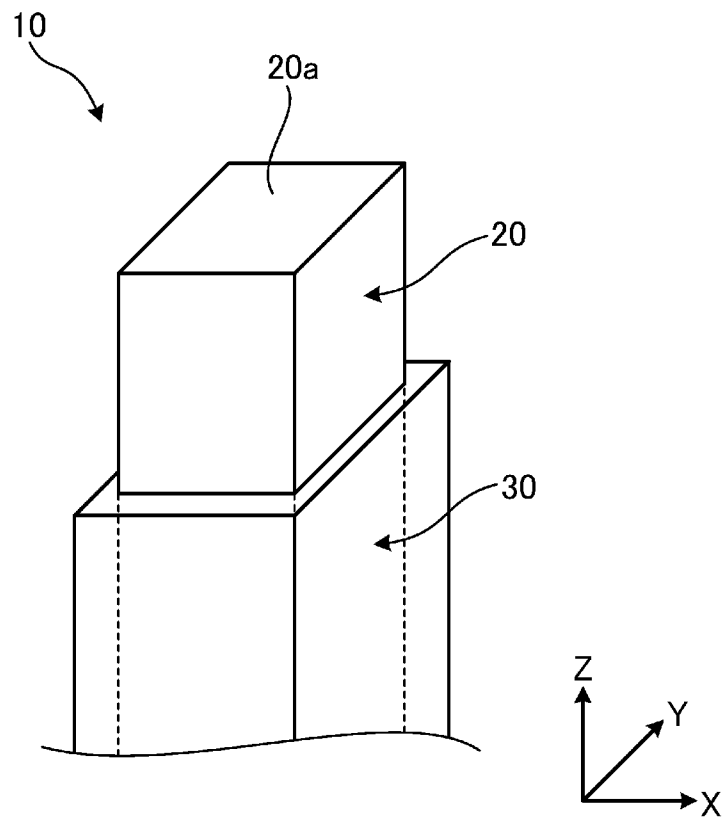
[図10]



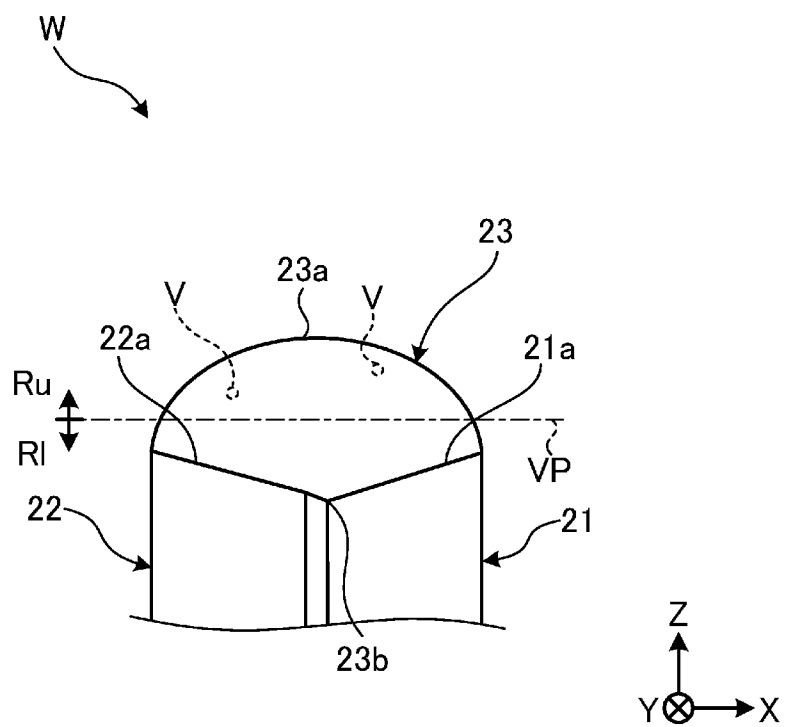
[図11]



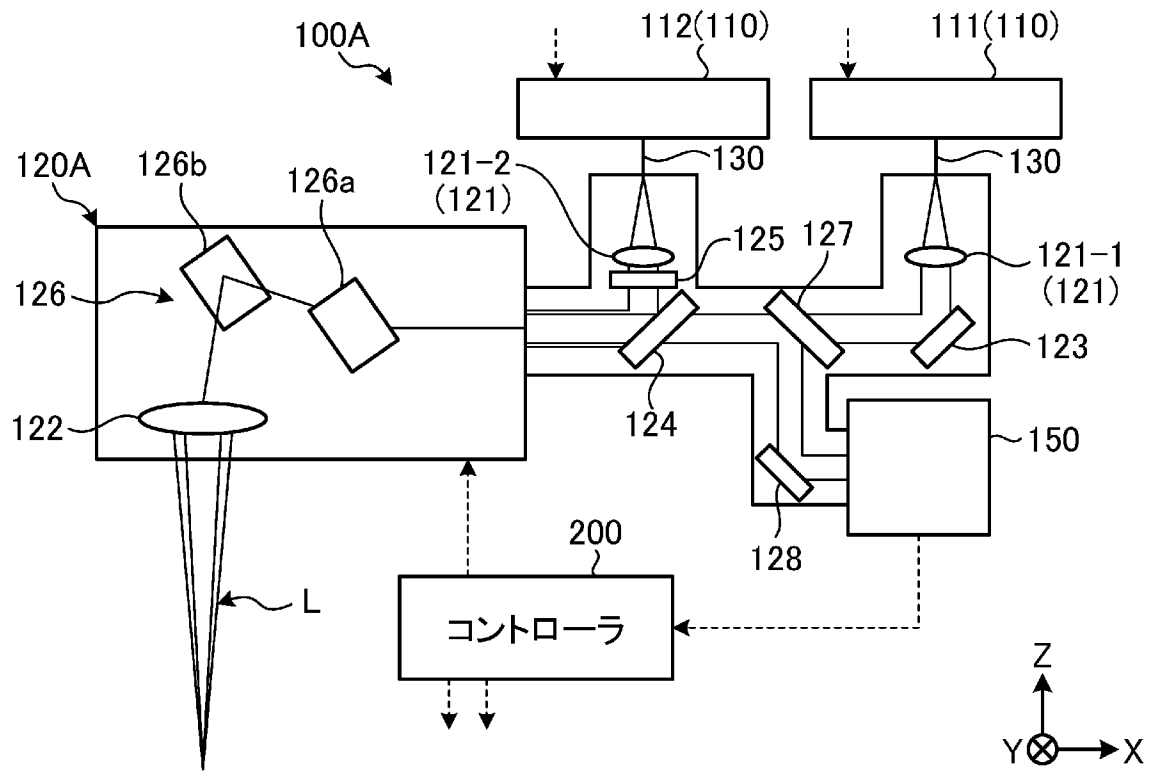
[図12]



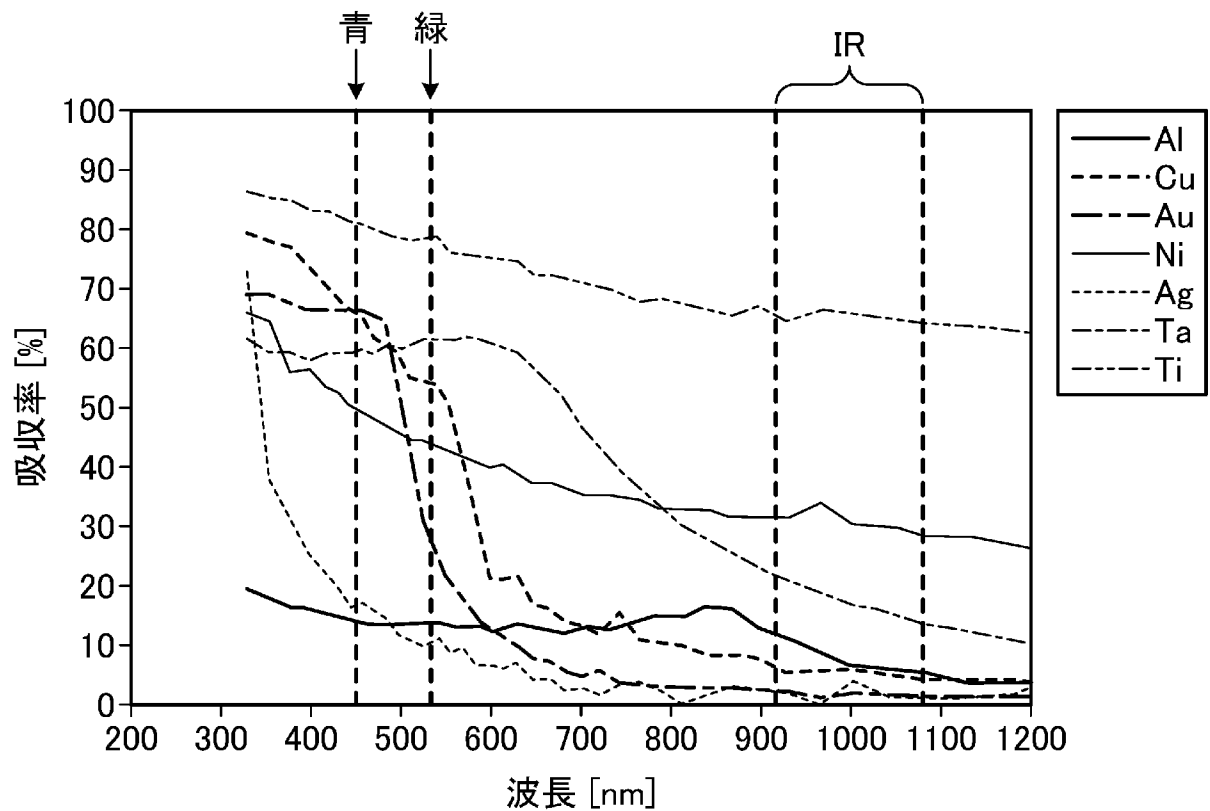
[図13]



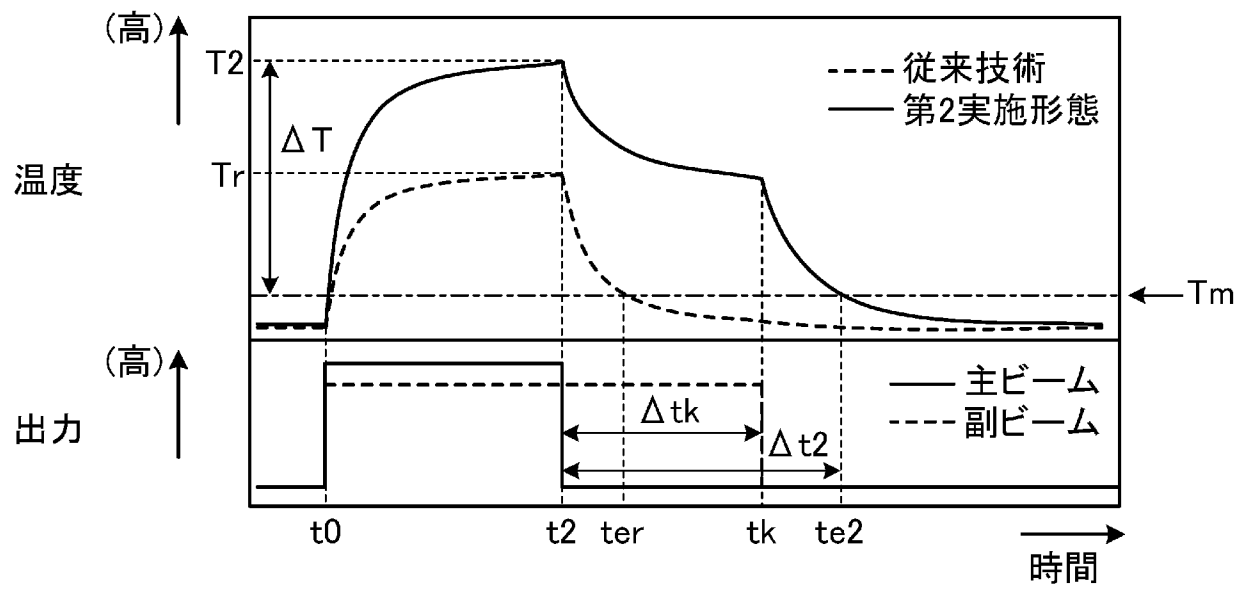
[図14]



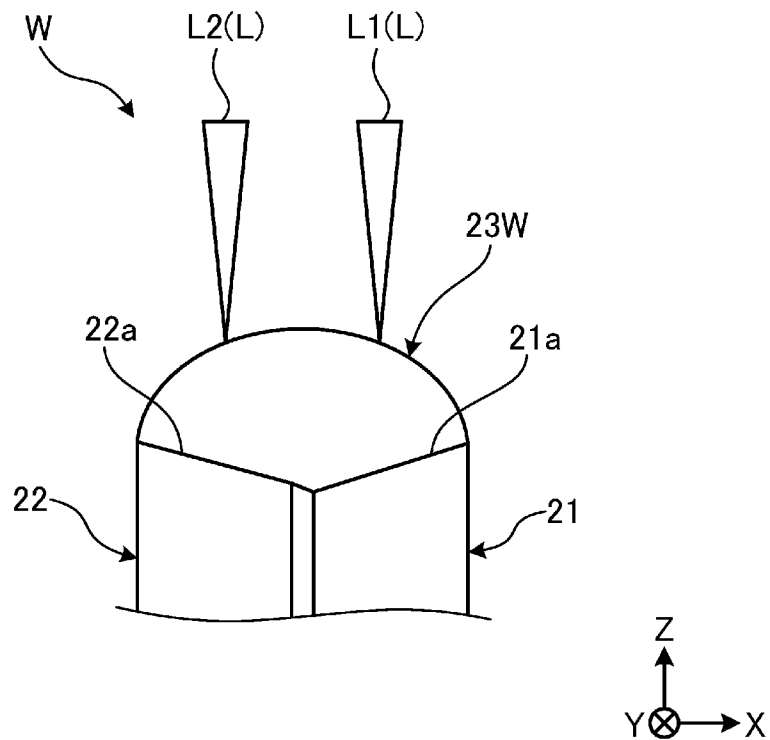
[図15]



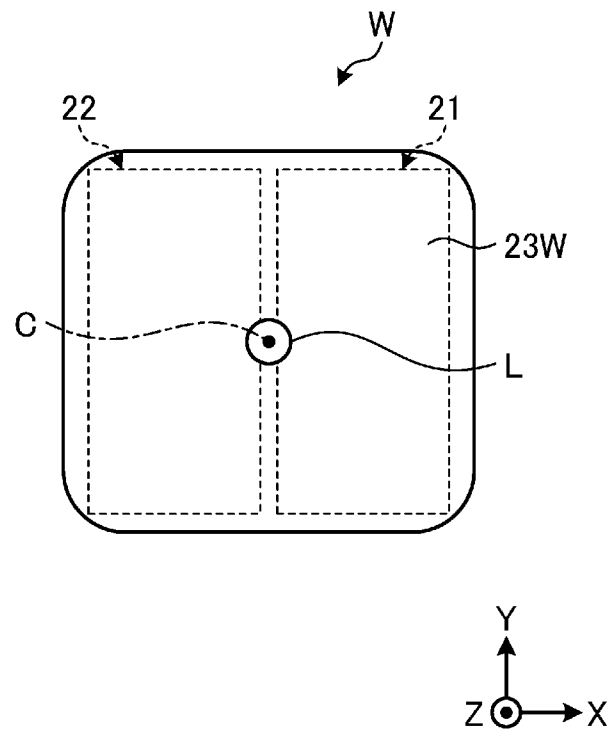
[図16]



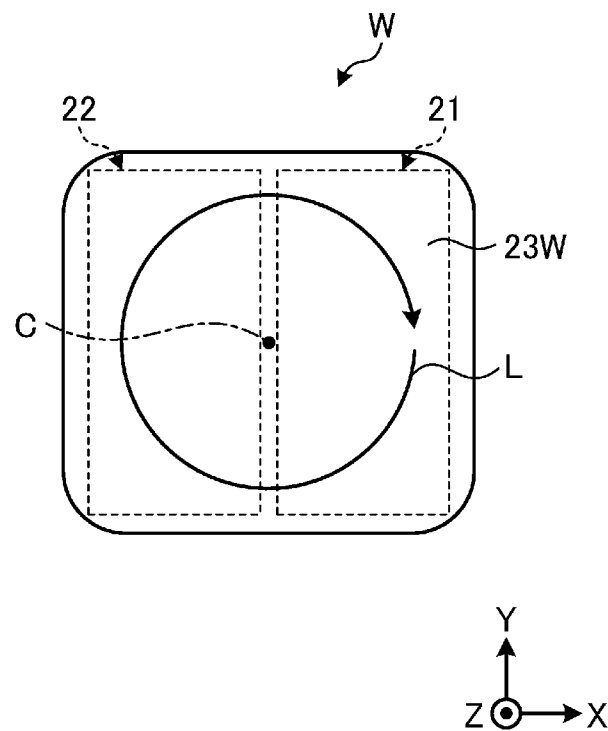
[図17]



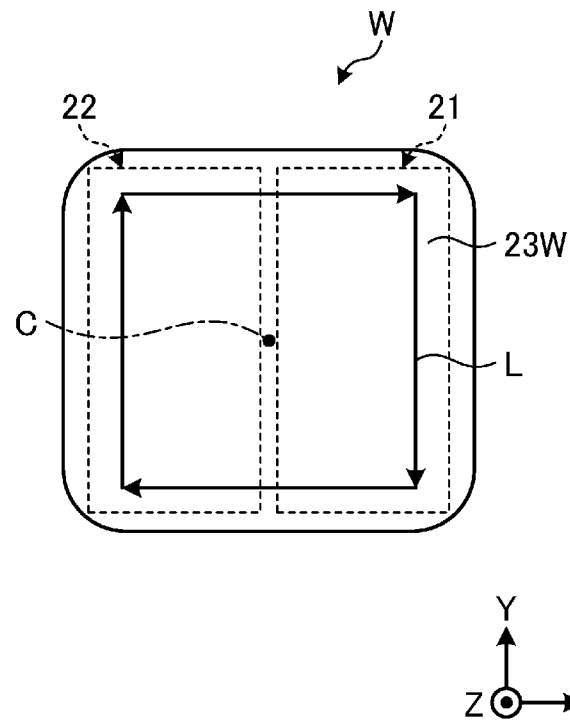
[図18]



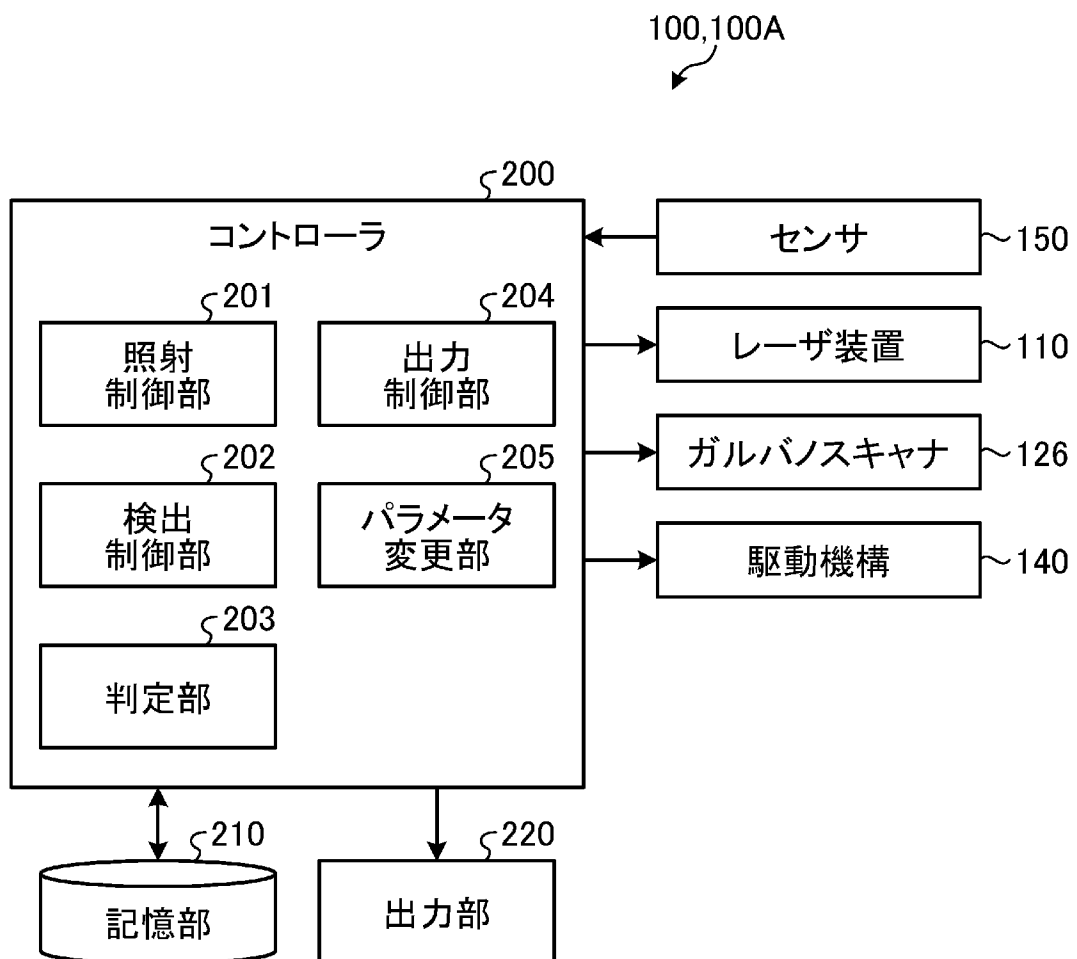
[図19]



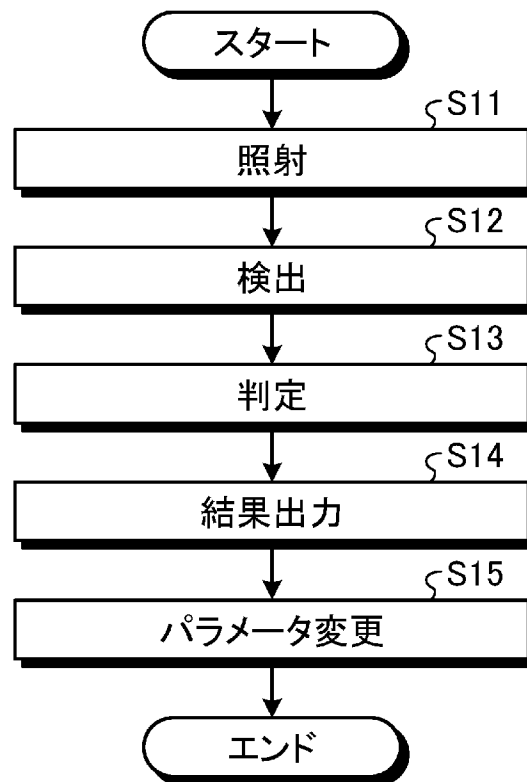
[図20]



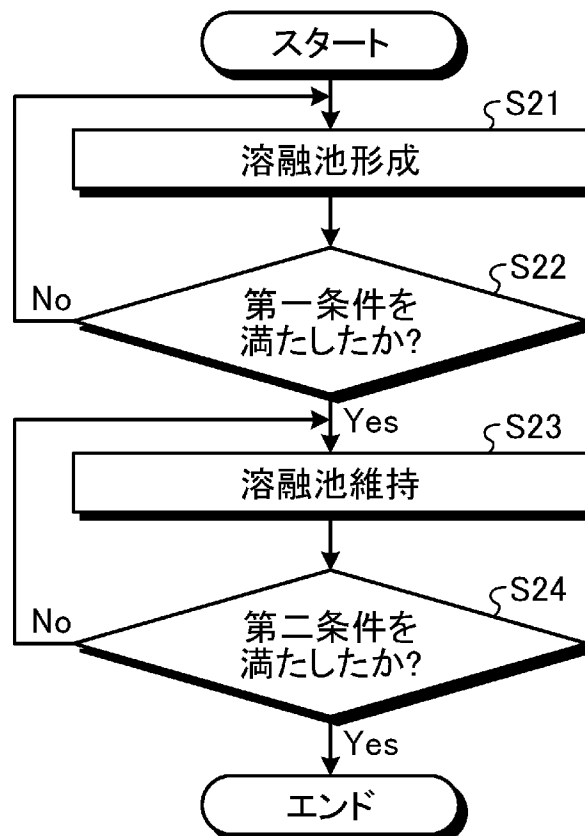
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/038448

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B23K 26/064**(2014.01)i; **B23K 26/00**(2014.01)i

FI: B23K26/064 Z; B23K26/00 A

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)

B23K26/064; B23K26/00

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	JP 2000-683 A (THE ADVANCED MATERIALS PROCESSING INSTITUTE KINKI JAPAN) 07 January 2000 (2000-01-07) paragraphs [0006], [0007], [0013]-[0022], fig. 1, 7-9	1-2, 26
Y		3-25, 27-28
Y	WO 2019/203367 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 24 October 2019 (2019-10-24) paragraphs [0027], [0033], fig. 3	3-25
A		1-2, 26-28
Y	JP 2000-218383 A (SUZUKI MOTOR CORP.) 08 August 2000 (2000-08-08) paragraph [0014]	27-28
A		1-26
A	JP 2003-340582 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 02 December 2003 (2003-12-02) entire text, all drawings	1-28

☒ 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

22 December 2021

Date of mailing of the international search report

11 January 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/038448

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-205327 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 19 November 2015 (2015-11-19) entire text, all drawings	1-28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/038448

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2000-683	A	07 January 2000	(Family: none)	
WO	2019/203367	A1	24 October 2019	US 2021/0031301 A1 paragraphs [0033], [0039], fig. 3 CN 111989186 A	
JP	2000-218383	A	08 August 2000	(Family: none)	
JP	2003-340582	A	02 December 2003	(Family: none)	
JP	2015-205327	A	19 November 2015	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 26/064(2014.01)i; B23K 26/00(2014.01)i FI: B23K26/064 Z; B23K26/00 A		
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）） B23K26/064; B23K26/00		
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	JP 2000-683 A（財団法人近畿高エネルギー加工技術研究所）07.01.2000（2000 - 01 - 07） 段落[0006]-[0007], [0013]-[0022], 図1, 7-9	1-2, 26
Y		3-25, 27-28
Y	WO 2019/203367 A1（古河電気工業株式会社）24.10.2019（2019 - 10 - 24） 段落[0027], [0033], 図3	3-25
A		1-2, 26-28
Y	JP 2000-218383 A（スズキ株式会社）08.08.2000（2000 - 08 - 08） 段落[0014]	27-28
A		1-26
A	JP 2003-340582 A（三菱重工業株式会社）02.12.2003（2003 - 12 - 02） 全文, 全図	1-28
A	JP 2015-205327 A（パナソニックIPマネジメント株式会社）19.11.2015（2015 - 11 - 19） 全文, 全図	1-28
☐ 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、一般的な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 22.12.2021		国際調査報告の発送日 11.01.2022
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/JP2021/038448

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2000-683	A	07.01.2000	(ファミリーなし)	
WO	2019/203367	A1	24.10.2019	US 2021/0031301 A1	
				段落[0033], [0039], 図3	
				CN 111989186 A	
JP	2000-218383	A	08.08.2000	(ファミリーなし)	
JP	2003-340582	A	02.12.2003	(ファミリーなし)	
JP	2015-205327	A	19.11.2015	(ファミリーなし)	