

(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16日(16.09.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/182643 A1

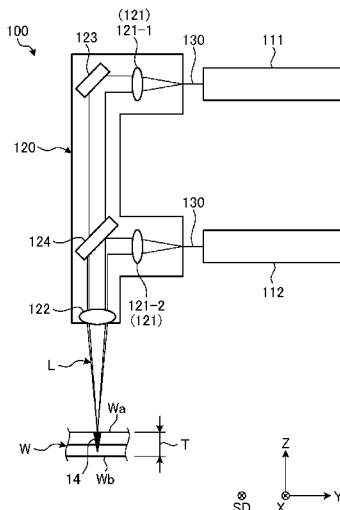
- (51) 国際特許分類:
B23K 26/067 (2006.01) B23K 26/082 (2014.01)
B23K 26/073 (2006.01) B23K 26/21 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/010247
- (22) 国際出願日: 2021年3月12日(12.03.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-044765 2020年3月13日(13.03.2020) JP
特願 2020-097702 2020年6月4日(04.06.2020) 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 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 西野 史香(NISHINO, Fumika); 〒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). 寺田 淳(TERADA, Jun); 〒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). 尹 大烈(YOON, Daeyoul); 〒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). 梅野 和行(UMENO, Kazuyuki); 〒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). 金子 昌充(KANEKO, Masamitsu); 〒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, LASER WELDING SYSTEM, METAL MEMBER, ELECTRICAL COMPONENT, AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: 溶接方法、レーザ溶接システム、金属部材、電気部品、および電子機器



(57) Abstract: A welding method for irradiating the surface of a workpiece with laser light that moves in a sweep direction relative to a workpiece, and thereby melting and welding the portion of the workpiece irradiated by the laser light, wherein the laser light includes first laser light having a wavelength of 800-1200 nm, and second laser light having a wavelength of 550 nm or less. The wavelength of the second laser light may be 400-500 nm.

(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、800 [nm] 以上かつ1200 [nm] 以下の波長の第一レーザ光と、550 [nm] 以下の波長の第二レーザ光と、を含む。第二レーザ光の波長は、例えば、400 [nm] 以上500 [nm] 以下である。

(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))

明 細 書

発明の名称：

溶接方法、レーザ溶接システム、金属部材、電気部品、および電子機器
技術分野

[0001] 本発明は、溶接方法、レーザ溶接システム、金属部材、電気部品、および電子機器に関する。

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、スパッタやブローホールのような溶接欠陥を抑制することが求められている。スパッタは、溶融金属が飛散したものであるため、当該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。また、ブローホールは、溶接部に生じた略球形の空洞であり、溶接強度の低下の一因となる。

[0006] そこで、本発明の課題の一つは、例えば、より溶接欠陥を抑制することが可能な、溶接方法、レーザ溶接システム、金属部材、電気部品、および電子機器を得ること、である。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の溶接方法にあつては、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、溶接方法であつて、前記レーザ光は、800 [nm] 以上かつ1200 [nm] 以下の波長の第一レーザ光と、550 [nm] 以下の波長の第二レーザ光と、を含む。

[0008] 前記溶接方法では、前記第二レーザ光の波長は、400 [nm] 以上500 [nm] 以下であってもよい。

[0009] 前記溶接方法では、前記加工対象は、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あってもよい。

[0010] 前記溶接方法では、前記表面上において、前記第二レーザ光によって前記表面上に形成される第二スポットの少なくとも一部は、前記第一レーザ光によって前記表面上に形成される第一スポットよりも前記掃引方向の前方に位置してもよい。

[0011] 前記溶接方法では、前記表面上において、前記第一スポットと前記第二スポットとは少なくとも部分的に重なってもよい。

[0012] 前記溶接方法では、前記表面上において、前記第二スポットの第二外縁は、前記第一スポットの第一外縁を取り囲んでもよい。

[0013] 前記溶接方法では、前記第二レーザ光を照射せずに前記第一レーザ光のみを照射した場合に前記表面に形成される溶接部の幅を w_b 、前記第一レーザ

光および前記第二レーザ光を照射する場合における前記第二スポットの外径を $D2$ としたとき、次の式(1)

$$wb - 400 < D2 < wb + 400 \quad \cdots (1)$$

を満たすよう、前記第二スポットの外径を設定してもよい。

[0014] 前記溶接方法では、前記表面上において、前記第二レーザ光のパワーの前記第一レーザ光のパワーに対する出力比が、0.1以上2以下であってもよい。

[0015] 前記溶接方法では、前記レーザ光は、複数のビームを含んでもよい。

[0016] 前記溶接方法では、前記複数のビームは、ビームシェイパによって形成されてもよい。

[0017] 前記溶接方法では、前記表面の算術平均粗さが、 $21 [\mu m]$ 以下であってもよい。

[0018] 前記溶接方法では、前記レーザ光の前記表面上における掃引速度は、 $50 [mm/s]$ 以上であってもよい。

[0019] また、本発明のレーザ溶接システムは、例えば、 $800 [nm]$ 以上かつ $1200 [nm]$ 以下の波長の第一レーザ光を発振する第一レーザ発振器と、 $500 [nm]$ 以下の波長の第二レーザ光を発振する第二レーザ発振器と、前記第一レーザ光および前記第二レーザ光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、前記第一レーザ光および前記第二レーザ光のレーザ発振タイミングおよびパワーを制御する制御部と、前記第一レーザ発振器、前記第二レーザ発振器、および前記光学ヘッドを冷却する冷却機構と、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レーザ光とが相対移動可能に構成される。

[0020] 前記レーザ溶接システムは、前記レーザ光が前記表面上で前記掃引方向に移動するよう前記レーザ光の出射方向を変化させるガルバノスキャナを備えてもよい。

[0021] 前記レーザ溶接システムは、前記レーザ光を複数のビームに分割するビー

ムシェイパを備えてもよい。

[0022] また、本発明の金属部材は、例えば、第一表面と、当該第一表面の裏側の第二表面と、前記第一表面に沿って延びた溶接部と、を備えた金属部材であって、前記溶接部は、前記第一表面から前記第二表面に向けて延びた溶接金属と、前記溶接金属の周囲に位置される熱影響部と、を有し、前記溶接金属は、前記第一表面に対して当該第一表面から前記第二表面に向かう厚さ方向に離れて位置された第一部位と、当該第一部位と前記第一表面との間に位置され前記第一部位よりも前記溶接部の延び方向と直交する断面における結晶粒の断面積の平均値が大きい第二部位と、を有する。

[0023] 前記金属部材では、前記第二部位に含まれる結晶粒の断面積の平均値は、前記第一部位に含まれる結晶粒の断面積の平均値の1.8倍以上であってもよい。

[0024] また、本発明の金属部材は、例えば、第一表面と、当該第一表面の裏側の第二表面と、前記第一表面に沿って延びた溶接部と、を備えた金属部材であって、前記溶接部は、前記第一表面から前記第二表面に向けて延びた溶接金属と、前記溶接金属の周囲に位置される熱影響部と、を有し、第一粒界数比率を次の式(3-1)

$$R_{b1} = N_{12} / N_{11} \cdots (3-1)$$

(ここに、 R_{b1} は、第一粒界数比率、 N_{11} は、前記第一表面と直交しかつ前記溶接部の延び方向に沿った試験断面において、前記第一表面に沿った所定の長さの直線試験線と交差した粒界数であり、 N_{12} は、前記試験断面において、前記第一表面と直交した方向に延びた前記所定の長さの直線試験線と交差した粒界数である。)と表した場合に、前記溶接金属は、前記第一表面に対して当該第一表面から前記第二表面に向かう厚さ方向に離れて位置された第三部位と、当該第三部位と前記第一表面との間に位置され前記第一粒界数比率が前記第三部位の前記第一粒界数比率よりも低い第四部位と、を有する。

[0025] また、本発明の金属部材は、例えば、第一表面と、当該第一表面の裏側の

第二表面と、前記第一表面に沿って延びた溶接部と、を備えた金属部材であって、前記溶接部は、前記第一表面から前記第二表面に向けて延びた溶接金属と、前記溶接金属の周囲に位置される熱影響部と、を有し、第二粒界数比率を次の式（3-2）

$$R_{b2} = \max(N_{22}/N_{21}, N_{21}/N_{22}) \quad \cdots (3-2)$$

（ここに、 R_{b2} は、第二粒界数比率、 N_{21} は、前記第一表面と直交しかつ前記溶接部の延び方向に沿った試験断面において、前記第一表面に沿う方向および前記第一表面と直交する方向の間の第一方向に延びた所定の長さを有する直線試験線と交差した粒界数であり、 N_{22} は、前記試験断面において、前記第一方向と直交した第二方向に延びた前記所定の長さを有する直線試験線と交差した粒界数であり、 $\max(N_{22}/N_{21}, N_{21}/N_{22})$ は、 (N_{22}/N_{21}) が (N_{21}/N_{22}) 以上である場合は (N_{22}/N_{21}) とし、 (N_{22}/N_{21}) が (N_{21}/N_{22}) 未満である場合は (N_{21}/N_{22}) とする。）と表した場合に、前記溶接金属は、前記第一表面に対して当該第一表面から前記第二表面に向かう厚さ方向に離れて位置された第三部位と、当該第三部位と前記第一表面との間に位置され前記第二粒界数比率が前記第三部位の前記第二粒界数比率よりも高い第四部位と、を有する。

[0026] また、本発明の金属部材は、例えば、第一表面と、当該第一表面の裏側の第二表面と、前記第一表面に沿って延びた溶接部と、を備えた金属部材であって、前記溶接部は、前記第一表面から前記第二表面に向けて延びた溶接金属と、前記溶接金属の周囲に位置される熱影響部と、を有し、第一粒界数比率を次の式（3-1）

$$R_{b1} = N_{12}/N_{11} \quad \cdots (3-1)$$

（ここに、 R_{b1} は、第一粒界数比率、 N_{11} は、前記第一表面と直交しかつ前記溶接部の延び方向に沿った試験断面において、前記第一表面に沿った所定の長さの直線試験線と交差した粒界数であり、 N_{12} は、前記試験断面

において、前記第一表面と直交した方向に延びた前記所定の長さの直線試験線と交差した粒界数である。)と表し、かつ、第二粒界数比率 R_{b2} を次の式 (3-2)

$$R_{b2} = \max(N_{22}/N_{21}, N_{21}/N_{22}) \quad \cdots (3-2)$$

(ここに、 R_{b2} は、第二粒界数比率、 N_{21} は、前記第一表面と直交しかつ前記溶接部の延び方向に沿った試験断面において、前記第一表面に沿う方向および前記第一表面と直交する方向の間の第一方向に延びた所定の長さを有する直線試験線と交差した粒界数であり、 N_{22} は、前記試験断面において、前記第一方向と直交した第二方向に延びた前記所定の長さを有する直線試験線と交差した粒界数であり、 $\max(N_{22}/N_{21}, N_{21}/N_{22})$ は、 (N_{22}/N_{21}) が (N_{21}/N_{22}) 以上である場合は (N_{22}/N_{21}) とし、 (N_{22}/N_{21}) が (N_{21}/N_{22}) 未満である場合は (N_{21}/N_{22}) とする。)と表した場合に、前記溶接金属は、前記第一表面に対して当該第一表面から前記第二表面に向かう厚さ方向に離れて位置された第三部位と、当該第三部位と前記第一表面との間に位置され前記第一粒界数比率が前記第三部位の前記第一粒界数比率よりも低くかつ前記第二粒界数比率が前記第三部位の前記第二粒界数比率よりも高い第四部位と、を有する。

[0027] また、本発明の電気部品は、例えば、前記金属部材を導体として有してもよい。

[0028] また、本発明の電子機器は、例えば、前記金属部材を導体として有してもよい。

発明の効果

[0029] 本発明によれば、例えば、より溶接欠陥を抑制することが可能な、溶接方法、レーザ溶接システム、金属部材、電気部品、および電子機器を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0030] [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よって加工対象の表面上に形成されるレーザ光のビーム（スポット）を示す例示的な模式図である。

[図3]図3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4]図4は、実施形態の溶接部の例示的かつ模式的な断面図である。

[図5]図5は、実施形態の溶接部の一部を示す例示的かつ模式的な断面図である。

[図6]図6は、第1実施形態のレーザ溶接装置による第一レーザ光のパワー密度と第二レーザ光のパワー密度との組み合わせにおける溶接の実験結果を示すグラフである。

[図7]図7は、第1実施形態のレーザ溶接装置による第一レーザ光を単体で照射した場合の溶接部の幅と第二スポット径との組み合わせにおける溶接の実験結果を示すグラフである。

[図8]図8は、実施形態のレーザ溶接装置による第二レーザ光のパワーに対する第一レーザ光のパワーの比である出力比と、スパッタ抑制率との相関関係を示すグラフである。

[図9]図9は、実施形態の溶接部の例示的かつ模式的な断面図であって、掃引方向に沿うとともに表面と直交した断面における断面図である。

[図10]図10は、参考例として図9の場合と同じパワーでの第一レーザ光の単独の照射により形成された溶接部の例示的かつ模式的な断面図であって、掃引方向に沿うとともに表面と直交した断面における断面図である。

[図11]図11は、図9の一部の拡大図である。

[図12]図12は、実施形態の溶接部の断面中の一つの位置について、第一基準線を適用した場合を示す説明図である。

[図13]図13は、実施形態の溶接部の断面中の一つの位置について、第二基準線を適用した場合を示す説明図である。

[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、第2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16]図16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17]図17は、第4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18]図18は、第5実施形態のレーザ溶接システムの例示的な概略構成図である。

[図19]図19は、第6実施形態のレーザ溶接システムの例示的な概略構成図である。

[図20]図20は、第7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21]図21は、第7実施形態のレーザ溶接装置によって加工対象の表面上に形成されるレーザ光のビーム（スポット）の一例を示す模式図である。

[図22]図22は、第7実施形態のレーザ溶接装置によって加工対象の表面上に形成されるレーザ光のビーム（スポット）の一例を示す模式図である。

[図23]図23は、第7実施形態のレーザ溶接装置によって加工対象の表面上に形成されるレーザ光のビーム（スポット）の一例を示す模式図である。

[図24]図24は、第8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25]図25は、第9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26]図26は、実施形態のレーザ溶接装置によって加工対象の表面上に形成されるレーザ光のビーム（スポット）の一例を示す模式図である。

[図27]図27は、実施形態の溶接部の掃引方向に沿うとともに表面と直交した断面における例示的かつ模式的な断面図であって、溶接部の掃引方向の前端部の断面図である。

[図28]図28は、参考例として図27の場合と同じパワーでの第一レーザ光の単独の照射により形成された溶接部の掃引方向に沿うとともに表面と直交した断面における例示的かつ模式的な断面図であって、溶接部の掃引方向の前端部の断面図である。

発明を実施するための形態

[0031] 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。

[0032] 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。

[0033] また、各図において、X方向を矢印Xで表し、Y方向を矢印Yで表し、Z方向を矢印Zで表している。X方向、Y方向、およびZ方向は、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。

[0034] また、本明細書において、序数は、部品や、部材、部位、レーザ光、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。

[0035] [第1実施形態]

図1は、第1実施形態のレーザ溶接装置100の概略構成図である。図1に示されるように、レーザ溶接装置100は、レーザ装置111と、レーザ装置112と、光学ヘッド120と、光ファイバ130と、を備えている。

[0036] レーザ装置111、112は、それぞれ、レーザ発振器を有しており、一例としては、数kWのパワーのレーザ光を出力できるよう構成されている。また、レーザ装置111、112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111、112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。

[0037] レーザ装置111は、800[nm]以上かつ1200[nm]以下の波長の第一レーザ光を出力する。レーザ装置111は、第一レーザ装置の一例である。レーザ装置111が有するレーザ発振器は、第一レーザ発振器の一例である。

[0038] 他方、レーザ装置112は、500[nm]以下の波長の第二レーザ光を出力する。レーザ装置112は、第二レーザ装置の一例である。レーザ装置112は、400[nm]以上500[nm]以下の波長の第二レーザ光を出力するのが好適である。レーザ装置112が有するレーザ発振器は、第二レーザ発振器の一例である。

[0039] 光ファイバ130は、それぞれ、レーザ装置111、112から出力されたレーザ光を光学ヘッド120に導く。

[0040] 光学ヘッド120は、レーザ装置111、112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、ミラー123と、フィルタ124と、を備えている。コリメートレンズ121、集光レンズ122、ミラー123、およびフィルタ124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の表面Wa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] なお、光学ヘッド120は、図示しないガルバノスキャナ等を有することにより、表面Wa上でレーザ光Lを掃引可能に構成されてもよい。

[0043] コリメートレンズ121(121-1、121-2)は、それぞれ、光フ

アイバ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。

[0044] ミラー１２３は、コリメートレンズ１２１－１で平行光となった第一レーザ光を反射する。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１２０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。

[0045] フィルタ１２４は、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Ｚ方向の反対方向へ進み、集光レンズ１２２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は、Ｚ方向の反対方向に進み、集光レンズ１２２へ向かう。

[0046] 集光レンズ１２２は、平行光としての第一レーザ光および第二レーザ光を集光し、レーザ光Ｌ（出力光）として、加工対象Ｗへ照射する。加工対象Ｗは、金属部材の一例である。

[0047] レーザ光Ｌの照射により、加工対象Ｗには、溶接部１４が形成される。溶接部１４は、表面Ｗａから裏面Ｗｂに向けて延びるとともに、表面Ｗａに沿って掃引方向ＳＤに線状に延びる。表面Ｗａは、第一表面の一例であり、裏面Ｗｂは、第二表面の一例である。

[0048] 図２は、加工対象Ｗの表面Ｗａ上に照射されたレーザ光Ｌのビーム（スポット）を示す模式図である。図２に示されるように、表面Ｗａ上において、レーザ光Ｌのビームは、第一レーザ光のビームＢ１と第二レーザ光のビームＢ２とが重なり、ビームＢ２がビームＢ１よりも大きく（広く）、かつ、ビームＢ２の外縁Ｂ２ａがビームＢ１の外縁Ｂ１ａを取り囲むように、形成されている。表面Ｗａ上において、ビームＢ１は、第一スポットの一例であり、ビームＢ２は、第二スポットの一例である。

[0049] 図２に示される矢印ＳＤは、掃引方向を示す。図２に示されるように、レ

ーザ光Lのビームは、中心点Cに対する点対称形状を有しているため、任意の掃引方向SDについて、レーザ光Lのビーム（スポット）の形状は同じになる。よって、レーザ光Lの表面Wa上での掃引のために光学ヘッド120と加工対象Wとを相対的に動かす移動機構を備える場合、当該移動機構は、少なくとも相対的に並進可能な機構を有すればよく、相対的に回転可能な機構は省略できる場合がある。

[0050] 加工対象Wは、それぞれ、熱伝導率の比較的高い金属材料で作られ得る。金属材料は、例えば、銅系金属材料や、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、チタン系金属材料などであり、具体的には、銅や、銅合金、アルミニウム、アルミニウム合金、錫、ニッケル、ニッケル合金、鉄、ステンレス、チタン、チタン合金等である。加工対象Wは、金属部材の一例である。

[0051] [波長と光の吸収率、溶融状態]

ここで、金属材料の光の吸収率について説明する。図3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3のグラフの横軸は波長であり、縦軸は吸収率である。図3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。

[0052] 材料によって特性が異なるものの、図3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。

[0053] 使用波長に対して吸収率が比較的低い加工対象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、加工対象Wに熱としての影響を及ぼさない。そのため、十分な深さの溶融領域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。

[0054] 他方、使用波長に対して吸収率が比較的高い加工対象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加工対象Wに吸収され、熱エネルギーへと変換される。すなわち、過度なパワーを与える必要はないため、キーホールの形成を伴わず、熱伝導型の溶融となる。

[0055] 本実施形態では、加工対象Wの第二レーザ光に対する吸収率が、第一レーザ光に対する吸収率よりも高くなるよう、第一レーザ光の波長、第二レーザ光の波長、および加工対象Wの材質が、選択される。この場合、掃引方向が図2中の掃引方向SD1である場合、レーザ光Lのスポットの掃引により、加工対象Wの溶接される部位（以下、被溶接部位と称する）には、まずは、第二レーザ光のビームB2の、図2におけるSDの前方に位置する領域B2fによって、第二レーザ光が照射される。その後、被溶接部位には、第一レーザ光のビームB1が照射され、その後、第二レーザ光のビームB2の、掃引方向SD1の後方に位置する領域B2bによって、再度第二レーザ光が照射される。

[0056] したがって、被溶接部位には、まずは、領域B2fにおける吸収率が高い第二レーザ光の照射により、熱伝導型の溶融領域が生じる。その後、被溶接部位には、第一レーザ光の照射によって、より深いキーホール型の溶融領域が生じる。この場合、被溶接部位には、予め熱伝導型の溶融領域が形成されているため、当該熱伝導型の溶融領域が形成されない場合に比べて、より低いパワーの第一レーザ光によって所要の深さの溶融領域を形成することができる。さらにその後、被溶接部位には、領域B2bにおける吸収率が高い第二レーザ光の照射により、溶融状態が変化する。このような観点から、第二レーザ光の波長は550nm以下とするのが好ましく、500nm以下とするのがより好ましい。

[0057] また、発明者らの実験的な研究により、図2のようなビームのレーザ光Lの照射による溶接にあっては、溶接欠陥を低減できることが確認されている。これは、ビームB1が到来する前にビームB2の領域B2fによって加工

対象Wを予め加熱しておくことにより、ビームB2およびビーム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ためであると推定できる。

[0058] [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が加工対象Wの表面Waに照射されるよう、セットされる。そして、ビームB1およびビームB2を含むレーザ光Lが表面Waに照射されている状態で、レーザ光Lと加工対象Wとが相対的に動かされる。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、溶融し、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。

[0059] [溶接部の断面]

図4は、加工対象Wに形成された溶接部14の断面図である。図4は、掃引方向SD（X方向）と垂直であるとともに厚さ方向（Z方向）に沿う断面図である。溶接部14は、掃引方向SD、すなわち図4の紙面と垂直な方向に、延びている。なお、図4は、厚さ2 [mm] の1枚の銅板である加工対象Wに形成された溶接部14の断面を示している。厚さ方向（Z方向）に重ねられた複数枚の板状の金属材料に形成される溶接部14の形態は、同じ厚さの1枚の金属材料に形成される溶接部の形態と略同等であると推定できる。

[0060] 図4に示されるように、溶接部14は、表面WaからZ方向の反対方向に延びた溶接金属14aと、当該溶接金属14aの周囲に位置される熱影響部14bと、を有している。溶接金属14aは、レーザ光Lの照射によって溶融し、その後凝固した部位である。溶接金属14aは、溶融凝固部とも称されうる。また、熱影響部14bは、加工対象Wの母材が熱影響を受けた部位であつて、溶融はしていない部位である。

[0061] 溶接金属14aのY方向に沿う幅は、表面Waから離れるほど狭くなっている。すなわち、溶接金属14aの断面は、Z方向の反対方向に向けて細く

なるテーパ形状を有している。

[0062] また、発明者らによる当該断面の詳細な分析により、溶接金属 14 a は、表面 W a から離れた第一部位 14 a 1 と、第一部位 14 a 1 と表面 W a との間の第二部位 14 a 2 と、を含むことが判明した。

[0063] 第一部位 14 a 1 は、第一レーザ光の照射によるキーホール型の溶融によって得られた部位であり、第二部位 14 a 2 は、第二レーザ光のビーム B 2 中の掃引方向 S D 1 の後方に位置する領域 B 2 b の照射による溶融によって得られた部位である。E B S D 法 (electron back scattered diffraction pattern、電子線後方散乱回折) による解析により、第一部位 14 a 1 と第二部位 14 a 2 とでは、結晶粒のサイズが異なっており、具体的には、X 方向 (掃引方向 S D) と直交する断面において、第二部位 14 a 2 の結晶粒の断面積の平均値は、第一部位 14 a 1 の結晶粒の断面積の平均値よりも大きいことが判明した。

[0064] 発明者らは、被溶接部位に、第一レーザ光のビーム B 1 のみが照射された場合、すなわちビーム B 2 中の掃引方向 S D 1 の後方に位置する領域 B 2 b の照射が無かった場合には、第二部位 14 a 2 が形成されず、第一部位 14 a 1 が表面 W a から Z 方向の反対方向に深く延びていることを確認した。すなわち、本実施形態にあつては、ビーム B 2 中の掃引方向 S D 1 の後方に位置する領域 B 2 b の照射によって、表面 W a の近くに第二部位 14 a 2 が形成されるため、第一部位 14 a 1 は、当該第二部位 14 a 2 に対して表面 W a とは反対側、言い換えると、表面 W a から Z 方向の反対方向に離れた位置に、形成されていると推定できる。

[0065] 図 5 は、溶接部 14 の一部を示す断面図である。図 5 は、E B S D 法によって得られた結晶粒の境界を示している。また、図 5 中、一例として結晶粒径が 13 [μm] 以下の結晶粒 A は、黒色に塗られている。なお、13 [μm] は、物理的特性の閾値ではなく、当該実験結果の分析のために設定した閾値である。また、図 5 から、結晶粒 A は、第一部位 14 a 1 には比較的多く存在し、第二部位 14 a 2 には比較的少なく存在していることが明らかで

ある。すなわち、第二部位 1 4 a 2 内の結晶粒の断面積の平均値は、第一部位 1 4 a 1 内の結晶粒の断面積の平均値よりも大きい。発明者らは、実験的な分析により、第二部位 1 4 a 2 内の結晶粒の断面積の平均値は、第一部位 1 4 a 1 内の結晶粒の断面積の平均値の 1.8 倍以上であることを確認した。

[0066] 図 5 中の領域 I 内に示されているように、このような比較的サイズが小さい結晶粒 A は、表面 W a から Z 方向に離れた位置で、Z 方向に細長く延びた状態で密集している。また、X 方向（掃引方向 S D）の位置が異なる複数箇所での分析から、結晶粒 A が密集した領域は、掃引方向 S D にも延びていることが確認されている。掃引しながらの溶接であるため、掃引方向 S D には結晶が同様の形態に形成されることが推定できる。

[0067] 断面における外観あるいは硬度分布等からは第一部位 1 4 a 1 と第二部位 1 4 a 2 とを判別し難い場合にあっては、図 4, 5 のような、溶接金属 1 4 a の表面 W a における位置および幅 w b から幾何学的に定めた第一領域 Z 1 および第二領域 Z 2 を、それぞれ、第一部位 1 4 a 1 および第二部位 1 4 a 2 としてもよい。一例として、第一領域 Z 1 および第二領域 Z 2 は、掃引方向 S D と直交する断面において、幅 w m（Y 方向における等幅）で、Z 方向に延びた四角形状の領域であり、第二領域 Z 2 は、表面 W a から Z 方向に深さ d までの領域とし、第一領域 Z 1 は、深さ d よりもさらに深い領域、言い換えると深さ d の位置に対して表面 W a とは反対側の領域とすることができる。幅 w m は、例えば、溶接金属 1 4 a の表面 W a での幅 w b（ビード幅の平均値）の $1/3$ とし、第二領域 Z 2 の深さ d（高さ、厚さ）は、例えば、幅 w b の $1/2$ とすることができる。また、第一領域 Z 1 の深さは、例えば、第二領域 Z 2 の深さ d の 3 倍とすることができる。発明者らは、複数サンプルに対する実験的な分析により、このような第一領域 Z 1 および第二領域 Z 2 の設定において、第二領域 Z 2 における結晶粒の断面積の平均値は、第一領域 Z 1 における結晶粒の断面積の平均値よりも大きく、かつ、1.8 倍以上となっていたことを確認した。このような第一領域 Z 1 および第二領域

Z 2 の結晶粒の大きさの関係は、加工対象Wにおいて強固な溶接強度を実現する要因と考えられるとともに、このような判別も、溶接により、溶接金属 1 4 a において第一部位 1 4 a 1 と第二部位 1 4 a 2 とが形成されていることの証拠となりうる。

[0068] また、発明者らの実験的な研究により、本実施形態のレーザ溶接による加工対象Wの厚さT（図1参照）が、0.05 [mm] 以上でありかつ2.0 [mm] 以下である場合に、同様の結果が得られることが判明した。

[0069] [レーザ光のパワー密度]

図6は、加工対象Wの表面Wa上における第一レーザ光のパワー密度Pd1と第二レーザ光のパワー密度Pd2との組み合わせにおける溶接の実験結果を示すグラフである。図6中、「○」は、スパッタおよびブローホールが非常に少なかった場合（優）、「◇」は、スパッタおよびブローホール数が少なかった場合（良）、△は、スパッタおよびブローホールは少ないものの例えばエネルギーロスが大きいなど他に若干の不都合が生じている場合（可）を示す。ここでは、一例として、「優」は、線状の溶接部位の単位長さ（例えば、1 [cm]）あたりのブローホール数が1個以下であった場合を示し、「良」および「可」は、溶接部位の単位長さあたりのブローホール数が2個以上5個未満であった場合を示す。また、この実験において、第一レーザ光の波長は、1070 [nm]、出力は、1.5 [kW]であり、第二レーザ光の波長は、450 [nm]、出力は、150 [W]であった。

[0070] 図6から、第二レーザ光のパワー密度Pd2が、0.16 [MW/cm²] 以上1.5 [MW/cm²] 以下である場合に、スパッタ数およびブローホール数を抑制できることが判明した。これは、第二レーザ光のパワー密度Pd2が0.16 [MW/cm²]（下限値）よりも低い場合には、銅板表面に吸収される光エネルギー量が不足することにより予熱効果が充分得られないからであり、パワー密度Pd2が1.5 [MW/cm²]（上限値）よりも高い場合には、第二レーザにおいてもキーホール型の溶融となるからであると、考えられる。

[0071] [スポット径]

ビームB 1 およびビームB 2 のそれぞれは、そのビームの光軸方向と直交する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。ただし、ビームB 1 およびビームB 2 のパワー分布はガウシアン形状に限定されない。また、図2のように各ビームB 1, B 2 を円で表している各図において、当該ビームB 1, B 2 を表す円の直径が、各ビームB 1, B 2 のビーム径である。各ビームB 1, B 2 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。なお、図示されないが、円形でないビームの場合は、掃引方向SDと垂直方向における、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できる。また、加工対象Wの表面Waにおけるビーム径は、スポット径と称する。

[0072] 図7は、ビームB 1 の単体照射時の溶接部の幅wb（ビード幅）とビームB 2 のスポット径D 2（外径、図2参照）との組み合わせによる溶接の実験結果を示す図である。図7中の記号（○, ◇, △）の意味および基準は、図6と同じである。また、この実験において、第一レーザ光の波長は、1070 [nm]、出力は、1 [kW] であり、第二レーザ光の波長は、450 [nm]、出力は、400 [W] であった。

[0073] 発明者らの実験的研究により、ビームB 1 の単体照射時の溶接部の幅wbとスポット径D 2とが所定の関係にある場合、すなわち、以下の式（1）

$$wb - 400 < D2 < wb + 400 \quad \dots (1)$$

を満たす場合に、スパッタ数を抑制できることが判明した。

さらに、以下の式（1A）

$$wb - 50 < D2 < wb + 50 \quad \dots (1A)$$

を満たす場合に、エネルギーロスの増大のような他の不都合を生じることなくスパッタ数を抑制できることが判明した。

[0074] [第一レーザ光と第二レーザ光の出力比によるスパッタの抑制]

図8は、第二レーザ光のパワー（Pw 2）に対する第一レーザ光のパワー

(P_{w1}) の比である出力比 ($R_p = P_{w2} / P_{w1}$) と、スパッタ抑制率との相関関係を示すグラフである。ここで、スパッタ抑制率 R_s は、以下の式 (2) のように定義する。

$$R_s = 1 - N_h / N_{ir} \quad \dots (2)$$

ここに、 N_h は、第一レーザ光と第二レーザ光との双方を照射した場合に所定エリア内に生じたスパッタ数であり、 N_{ir} は、 N_h の計測時と同じパワーで第一レーザ光のみを照射した場合に所定エリア内に生じたスパッタ数である。また、図 8 は、各出力比において複数回実験を行った結果を示している。出力比に対応した線分は当該出力比における複数サンプル（少なくとも 3 サンプル以上）の実験結果におけるスパッタ抑制率のばらつきの範囲を示し、□は、出力比毎のスパッタ抑制率の中央値を示している。

[0075] 図 8 に示されるように、発明者らの実験的な研究により、出力比 R_p は、0.1 以上かつ 0.18 未満である場合が好ましく (○)、0.18 以上かつ 0.3 未満である場合により好ましく (◎)、0.3 以上かつ 2 以下である場合により一層好ましい (◎◎) ことが判明した。

[0076] [掃引速度]

また、発明者らは、異なる掃引速度で複数サンプルについて実験を実施し、掃引速度により、スパッタやブローホールの発生状況が異なるという知見を得た。具体的に、スパッタやブローホールの発生数が減少するという観点において、掃引速度は、50 [mm/s] 以上であるのが好ましく、100 [mm/s] 以上であるのがより好ましいことが判明した。

[0077] [ボイドの抑制効果]

また、発明者らの実験的な研究により、第一レーザ光と第二レーザ光との双方の照射による溶接においては、第一レーザ光の単独での照射による溶接に比べて、溶接部 14 におけるボイド（ブローホール）の発生が少なくなることが判明した。

[0078] 図 9 は、第一レーザ光と第二レーザ光との双方の照射により形成された溶接部 14 の、掃引方向に沿うとともに表面 W_a と直交した断面における断面

図である。また、図10は、参考例として図9の場合と同じパワーでの第一レーザ光の単独の照射により形成された溶接部14の、掃引方向に沿うとともに表面Waと直交した断面における断面図である。なお、図10の例における第一レーザ光の単独照射である点以外の条件は、図9の例の場合と同じに設定されている。

[0079] 図9と図10とを比較すれば、第一レーザ光と第二レーザ光との双方の照射による溶接（図9）においては、第一レーザ光の単独での照射による溶接（図10）に比べて、溶接部14におけるボイドVの発生が少なくなることが、明らかである。

[0080] [結晶粒の向きによる部位の区別]

図11は、図9の一部の拡大図である。発明者らの実験的な研究により、図11に示されるように、第一レーザ光と第二レーザ光との双方の照射により形成された溶接部14にあっては、表面Waからの深さに応じて結晶粒の向き（長手方向、成長方向）が異なることが判明した。これは、第一レーザ光の照射によるキーホール型の溶融によって得られた第三部位14a3と、第二レーザ光のビームB2中の掃引方向の後方に位置する領域B2bの照射による溶融によって得られた第四部位14a4とで、凝固時の結晶粒の成長の状況が異なることに起因するものと考えられる。ここで、第三部位14a3は、表面Waから離れて位置された部位であって、上述した第一部位14a1に相当する部位である。また、第四部位14a4は、第三部位14a3と表面Waとの間に位置した部位であって、上述した第二部位14a2に相当する部位である。

[0081] このような構成を数値的に表すため、発明者らは、JIS G 0551 : 2020のA. 2 : 切断法に準拠し、溶接部14内の各部における結晶粒の向き（長手方向）を表す指標を定義した。

[0082] 具体的には、図11に示されるように、断面の画像において、互いに直交した2本の直線試験線を含む二種類の第一基準線R1および第二基準線R2を用いる。図11において、第一基準線R1は、実線で示されており、第二

基準線 R 2 は、破線で示されている。第一基準線 R 1 は、直線試験線 L 1 1 , L 1 2 として、基準円 R 0 の互いに直交する 2 本の直径を有しており、一つの直線試験線 L 1 1 は、表面 W a に沿う X 方向（掃引方向）に延びており、もう一つの直線試験線 L 1 2 は、表面 W a と直交する Z 方向に延びている。また、第二基準線 R 2 は、直線試験線 L 2 1 , L 2 2 として、第一基準線 R 1 と同じ基準円 R 0 の互いに直交する 2 本の直径を有しており、一つの直線試験線 L 2 1 は、X 方向と Z 方向との間の方向に延びており、もう一つの直線試験線 L 1 2 は、X 方向の反対方向と Z 方向の間の方向、あるいは Z 方向の反対方向と X 方向の間の方向に、延びている。直線試験線 L 1 1 と直線試験線 L 2 1 との間の角度差は 45° または 135° であり、直線試験線 L 1 2 と直線試験線 L 2 2 との間の角度差は 45° または 135° である。基準円 R 0 の直径の長さ、すなわち、直線試験線 L 1 1 , L 1 2 , L 2 1 , L 2 2 の長さは、一例としては、 $200 [\mu m]$ に対応する長さ（所定の長さ、の一例）であるが、結晶粒の大きさに応じて、適宜に設定することができる。

[0083] そして、溶接部 1 4 内の各点 P において、第一基準線 R 1 および第二基準線 R 2 を適用し、次の式（3-1）,（3-2）により、第一粒界数比率 R b 1 および第二粒界数比率 R b 2 を求める。

$$R b 1 = N 1 2 / N 1 1 \quad \cdots (3-1)$$

$$R b 2 = \max (N 2 2 / N 2 1, N 2 1 / N 2 2) \quad \cdots (3-2)$$

ここに、N 1 1 は、直線試験線 L 1 1 と交差する結晶粒の数であり、N 1 2 は、直線試験線 L 1 2 と交差する結晶粒の数である。N 2 1 は、直線試験線 L 2 1 と交差する結晶粒の数であり、N 2 2 は、直線試験線 L 2 2 と交差する結晶粒の数である。結晶粒の数は、粒界数とも称されうる。また、式（3-2）において、 $(N 2 2 / N 2 1)$ が $(N 2 1 / N 2 2)$ 以上である場合、 $\max (N 2 2 / N 2 1, N 2 1 / N 2 2)$ は $(N 2 2 / N 2 1)$ であり、 $(N 2 2 / N 2 1)$ が $(N 2 1 / N 2 2)$ 未満である場合、 $\max (N 2 2 / N 2 1, N 2 1 / N 2 2)$ は $(N 2 1 / N 2 2)$ である。実際の測定で

は、50倍で撮影されたX-Z断面の顕微鏡写真において、任意の所定箇所以上、例えば10箇所以上で上記の測定を行い、その平均値をそれぞれRb1, Rb2とすることができる。尚、溶接部14内のある点PにおいてN11, N12, N21, N22のいずれかが0となる場合、当該点Pでの粒界数はRb1, Rb2の算出に用いなくてよい。

[0084] 図12, 13は、溶接部14の断面内の一つの点Pについて、第一基準線R1を適用した場合（図12）、および第二基準線R2を適用した場合（図13）を示す模式的な説明図である。図12, 13に示されるように、結晶粒A（粒界）が直線試験線L11, L12, L21, L22と交差する数は、それぞれ異なっている。図12, 13の例では、直線試験線L21と結晶粒Aとの角度差が比較的小さいため、粒界数N21が、他の粒界数N11, N12, N22よりも小さくなる。よって、図12, 13の例に示す点Pは、第二粒界数比率Rb2が第一粒界数比率Rb1よりも高い点Pということになる。同様に、上述した定義においては、基準円R0内において結晶粒Aの長手方向とX方向との角度差が比較的小さい点Pでは、第一粒界数比率Rb1が比較的高くなるとともに第二粒界数比率Rb2よりも大きくなる。また、結晶粒Aの長手方向とX方向およびZ方向の間の方向（45°方向）との角度差が比較的小さい点Pにおいては、第二粒界数比率Rb2が比較的高くなるとともに第一粒界数比率Rb1よりも大きくなる。

[0085] 発明者らの実験的な研究により、第四部位14a4内の各点Pにおける第一粒界数比率Rb1は、第三部位14a3内の各点Pにおける第一粒界数比率Rb1よりも低いことが判明した。また、第四部位14a4内の各点Pにおける第二粒界数比率Rb2は、第三部位14a3内の各点Pにおける第二粒界数比率Rb2よりも高いことが判明した。また、第三部位14a3内の各点Pにおいては、第一粒界数比率Rb1が第二粒界数比率Rb2よりも高く、第四部位14a4内の各点Pにおいては、第二粒界数比率Rb2が第一粒界数比率Rb1よりも高いことが判明した。溶接部14内にこのような第一粒界数比率Rb1および第二粒界数比率Rb2の異なる部位が存在してい

ることは、加工対象Wにおいて強固な溶接強度を実現する要因と考えられるとともに、第一レーザ光と第二レーザ光との双方の照射による溶接が行われたことの証拠となりうる。

[0086] また、発明者らの実験的な研究により、本実施形態のレーザ溶接装置100による第一レーザ光と第二レーザ光との照射による溶接において、加工対象Wの表面Waの算術平均粗さRaが21 [μm] 以下である場合にあっては、良好な結果（上記の「優」相当）が得られることが判明した。当該実験は、算術平均粗さRaが21 [μm]、8 [μm]、および6 [μm]である各場合において実施され、いずれにおいても良好な結果が得られた。従来のレーザ溶接装置にあっては、表面Waが例えば鏡面に近いような場合には、当該表面Waでレーザ光が反射し、溶接が困難になったりできなかったりすることがあった。この点、本実施形態によれば、表面Waにおいてレーザ光がより効率良く吸収されるため、算術平均粗さRaが21 [μm] 以下であり、さらに低い8 [μm] や6 [μm] であるような鏡面に近い表面Waを有する加工対象Wに対しても、より低いパワーのレーザ光によって、より良好な溶接を実行することができる。

[0087] 以上、説明したように、本実施形態の溶接方法では、例えば、表面Waに、当該表面Waに沿って相対的にスポットが移動するようレーザ光Lを照射することにより、加工対象Wを溶接する。レーザ光Lは、800 [nm] 以上かつ1200 [nm] 以下の波長の第一レーザ光と、550 [nm] 以下の波長の第二レーザ光と、を含んでいる。

[0088] また、第二レーザ光の波長は、400 [nm] 以上500 [nm] 以下であるのが好適である。

[0089] このような方法によれば、例えば、より溶接欠陥の少ないより高品質な溶接を実行することができる。

[0090] また、本実施形態では、例えば、表面Waにおいて、第二レーザ光のビームB2（第二照射領域）は、第一レーザ光のビームB1（第一照射領域）よりも広く、かつビームB2の外縁B2a（第二外縁）は、ビームB1の外縁

B 1 a（第一外縁）を取り囲んでいる。

[0091] このような方法によれば、例えば、より溶接欠陥の少ないより溶接品質の高い溶接部 1 4 を備えた加工対象 W を得ることができる。また、例えば、第一レーザ光のパワーをより低くすることができたり、光学ヘッド 1 2 0 と加工対象 W との相対的な回転が不要となったりといった、利点も得られる。

[0092] また、本実施形態では、例えば、加工対象 W 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で作られる。なお、金属材料は、導電性を有してもよいし導電性を有しなくてもよい。

[0093] 本実施形態の溶接方法による効果は、加工対象 W が上記材料のうちのいずれかで作られている場合に、得られる。

[0094] また、本実施形態では、例えば、表面 W a 上において、第二レーザ光のビーム B 2（第二スポット）の少なくとも一部は、第一レーザ光のビーム B 1（第一スポット）よりも掃引方向 S D の前方に位置している。

[0095] また、本実施形態では、例えば、表面 W a 上において、ビーム B 1 とビーム B 2 とは少なくとも部分的に重なっている。

[0096] また、本実施形態では、例えば、表面 W a 上において、ビーム B 2 は、ビーム B 1 よりも広い。

[0097] また、本実施形態では、例えば、表面 W a 上において、ビーム B 2 の外縁 B 2 a（第二外縁）は、ビーム B 1 の外縁 B 1 a（第一外縁）を取り囲んでいる。

[0098] また、本実施形態では、例えば、ビーム B 1 の単体照射時の溶接部の幅 w_b と、スポット径 D_2 と、について、次の式（1）

$$w_b - 400 < D_2 < w_b + 400 \quad \cdots (1)$$

を満たすよう、スポット径 D_2 が設定される。

[0099] また、本実施形態では、例えば、表面 W a 上において、第二レーザ光のパワーの第一レーザ光のパワーに対する出力比が、0.1 以上 2 以下である。

[0100] 上述したように、発明者らは、表面 W a 上にこのようなビーム B 1, B 2

を形成するレーザ光Lのビームの照射による溶接にあつては、溶接欠陥を低減できることを確認した。これは、上述したように、ビームB1が到来する前にビームB2の領域B2fによって加工対象Wを予め加熱しておくことにより、ビームB2およびビーム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ためであると推定できる。よって、このようなビームB1、B2を有したレーザ光Lによれば、例えば、より溶接欠陥の少ないより溶接品質の高い溶接を実行することができる。また、このようなビームB1、B2の設定によれば、例えば、第一レーザ光のパワーをより低くすることができるという利点も得られる。また、ビームB1とビームB2とが同軸で照射される場合にあつては、光学ヘッド120と加工対象Wとの相対的な回転が不要となるという利点も得られる。

[0101] また、本実施形態の加工対象W（金属部材）の溶接金属14aは、表面Wa（第一表面）から厚さ方向（Z方向の反対方向）に離れて位置された第一部位14a1と、当該第一部位14a1と表面Waとの間に位置され第一部位14a1よりも結晶粒の断面積の平均値が大きい第二部位14a2と、を有している。

[0102] また、本実施形態では、溶接部14の延び方向（X方向、掃引方向SD）と直交する断面において、第二部位14a2に含まれる結晶粒の断面積の平均値は、第一部位14a1に含まれる結晶粒の断面積の平均値の、1.8倍以上である。

[0103] 上述したように、このような溶接部14は、図2に示されるような第一レーザ光のビームB1と第二レーザ光のビームB2とを有したレーザ光Lのビームを表面Waに掃引方向SDに掃引しながら照射することによって得られたものである。また、上述したように、発明者らは実験的に、図2のようなレーザ光Lのビームの照射による溶接にあつては、溶接欠陥を低減できることを確認した。よって、上記構成によれば、例えば、より溶接欠陥の少ないより溶接品質の高い溶接部14を備えた加工対象W（金属部材）を得ることができる。また、本実施形態によれば、例えば、第一レーザ光のパワーをよ

り低くすることができたり、光学ヘッド120と加工対象Wとの相対的な回転が不要となったりといった、利点も得られる。

[0104] 加工対象Wとしての金属部材は、種々の電気部品や、当該電気部品を有した電子機器に適用することができる。電気部品は、例えば、端子、バスバー、コイル、電池のタブのような、導体である。また、電子機器は、例えば、当該導体を有したものであり、具体的には、モータや、組電池、インバータ、コンピュータ、等である。

[0105] [第2実施形態]

図14は、第2実施形態のレーザ溶接装置100Aの概略構成図である。本実施形態では、光学ヘッド120は、コリメートレンズ121-1とミラー123との間に、DOE125を有している。この点を除き、レーザ溶接装置100Aは、第1実施形態のレーザ溶接装置100と同様の構成を備えている。

[0106] DOE125は、第一レーザ光のビームB1の形状（以下、ビーム形状と称する）を成形する。図15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備えている。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。

[0107] なお、光学ヘッド120は、コリメートレンズ121-2の後段に設けられ第二レーザ光のビーム形状を調整するビームシェイパや、フィルタ124の後段に設けられ第一レーザ光および第二レーザ光のビーム形状を調整するビームシェイパ等を有してもよい。ビームシェイパによってレーザ光Lのビーム形状を適宜に整えることにより、溶接において溶接欠陥の発生をより一層抑制することができる。

[0108] [第3実施形態]

図16は、第3実施形態のレーザ溶接装置100Bの概略構成図である。本実施形態では、光学ヘッド120は、フィルタ124と集光レンズ122

との間に、ガルバノスキャナ 126 を有している。この点を除き、レーザ溶接装置 100B は、第 1 実施形態のレーザ溶接装置 100 と同様の構成を備えている。

[0109] ガルバノスキャナ 126 は、2 枚のミラー 126a, 126b を有しており、当該 2 枚のミラー 126a, 126b の角度を制御することで、光学ヘッド 120 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。ミラー 126a, 126b の角度は、それぞれ、例えば不図示のモータによって変更される。このような構成によれば、光学ヘッド 120 と加工対象 W とを相対的に移動する機構が不要になり、例えば、装置構成を小型化できるという利点が得られる。

[0110] [第 4 実施形態]

図 17 は、第 4 実施形態のレーザ溶接装置 100C の概略構成図である。本実施形態では、光学ヘッド 120 は、コリメートレンズ 121-2 とフィルタ 124 との間に、DOE 125 (ビームシェイパ) を有している。この点を除き、レーザ溶接装置 100C は、第 3 実施形態のレーザ溶接装置 100B と同様の構成を備えている。このような構成によれば、ガルバノスキャナ 126 を有することによる第 3 実施形態と同様の効果、および DOE 125 (ビームシェイパ) を有することによる第 2 実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0111] なお、本実施形態においても、光学ヘッド 120 は、コリメートレンズ 121-1 の後段に設けられ第一レーザ光のビーム形状を調整するビームシェイパや、フィルタ 124 の後段に設けられ第一レーザ光および第二レーザ光のビーム形状を調整するビームシェイパ等を有してもよい。

[0112] [第 5 実施形態]

図 18 は、第 1 実施形態のレーザ溶接装置 100 を含むレーザ溶接システム 1000 の概略構成図である。なお、レーザ溶接システム 1000 は、レーザ溶接装置 100 に替えて他の実施形態のレーザ溶接装置 100A ~ 100C を備えてもよい。

- [0113] レーザ溶接システム１０００は、レーザ溶接装置１００の他に、メイン電源１００１、サブ電源１００２、１００３、統合コントローラ１００４、および冷却機構１００５を備えている。
- [0114] メイン電源１００１は、サブ電源１００２、１００３に電力を供給する。また、サブ電源１００２は、レーザ装置１１１に電力を供給し、サブ電源１００３は、レーザ装置１１２に電力を供給する。
- [0115] 統合コントローラ１００４は、レーザ装置１１１およびレーザ装置１１２の双方の作動を制御する。具体的には、レーザ装置１１１、１１２の出力するレーザ光のパワーや、発振するタイミング、波長を制御するとともに、掃引に関する作動、例えば、相対移動機構やガルバノスキャナ１２６の作動を、制御することができる。これにより、レーザ装置１１１（第一レーザ発振器）およびレーザ装置１１２（第二レーザ発振器）を統括的により確実に制御することができる。統合コントローラ１００４は、制御部の一例である。
- [0116] 冷却機構１００５は、例えば冷却液のような冷媒を流す配管１００６を備えている。配管１００６は、それぞれ、レーザ装置１１１、１１２および光学ヘッド１２０を通るよう配置されている。冷却機構１００５は、各配管１００６を流れる冷媒の供給と停止とを切り替えたり、流量を変更したり、冷媒の温度を調整したりすることができる。これにより、レーザ装置１１１、１１２および光学ヘッド１２０を冷却し、例えば、レーザ装置１１１、１１２の作動を安定化させたり、光学ヘッド１２０の過度の温度上昇を抑制したりすることができる。なお、冷却機構１００５の作動は、統合コントローラ１００４が制御してもよい。

[0117] [第６実施形態]

図１９は、第１実施形態のレーザ溶接装置１００を含むレーザ溶接システム１０００Ａの概略構成図である。なお、レーザ溶接システム１０００Ａは、レーザ溶接装置１００に替えて他の実施形態のレーザ溶接装置１００Ａ～１００Ｃを備えてもよい。本実施形態では、レーザ溶接システム１０００Ａは、統合コントローラ１００４に替えてレーザ装置１１１用のコントローラ

1004-1と、レーザ装置112用のコントローラ1004-2と、を備えている点を除き、第5実施形態のレーザ溶接システム1000と同様の構成を備えている。このような構成によっても、第5実施形態のレーザ溶接システム1000と同様の効果が得られる。コントローラ1004-1、1004-2は、制御部の一例である。

[0118] [第7実施形態]

図20は、第7実施形態のレーザ溶接装置100Dの概略構成図である。レーザ溶接装置100Dは、第1実施形態のレーザ溶接装置100をベースとして改変されている。図20に示されるように、本実施形態では、光学ヘッド120は、第一部位120-1と、第二部位120-2と、第三部位120-3と、を有している。第一部位120-1は、コリメートレンズ121-1およびミラー123を含む。第二部位120-2は、コリメートレンズ121-2、フィルタ124、および集光レンズ122を含む。第三部位120-3は、第一部位120-1と第二部位120-2との間に介在している。ミラー123で反射し第一部位120-1から出力された第一レーザ光は、第三部位120-3の開口部を貫通し、第二部位120-2へ入力されフィルタ124へ入力される。また、第一部位120-1、第二部位120-2、および第三部位120-3は、それぞれ、第一部位120-1から出力され第二部位120-2へ入力されるレーザ光の光軸が平行な状態のまま、当該光軸に対して直交する方向（Z方向に対して直交する方向）にずれることが可能となるよう、相対スライド可能に構成されている。具体的に、図20の例では、第一部位120-1と第三部位120-3とは、Z方向に対する姿勢変化の無い状態でX方向またはX方向の反対方向に相対スライド可能に構成されている。また、第二部位120-2と第三部位120-3とは、Z方向に対する姿勢変化の無い状態でY方向およびY方向の反対方向に相対スライド可能に構成されている。具体的に、第一部位120-1の第一レーザ光の出口、および第二部位120-2の第一レーザ光の入口には、それぞれ、第一レーザ光の光軸方向と直交する方向に広がる円環状かつ板状の

フランジ１２０aが設けられている。そして、これら二つのフランジ１２０aの間に、第一レーザ光の光軸方向と直交する方向に広がる円環状かつ板状の形状を有した第三部位１２０－３が挟まれている。二つのフランジ１２０aおよび第三部位１２０－３は、それぞれの当接面に沿ってＺ軸に対する姿勢変化の無い状態で相対的にスライドすることができる。第一部位１２０－１と第三部位１２０－３との間には、Ｘ方向への相対スライドをガイドするとともにＸ方向における任意の相対位置で固定可能なガイド機構（不図示）が設けられる。第二部位１２０－２と第三部位１２０－３との間には、Ｙ方向への相対スライドをガイドするとともにＹ方向における任意の相対位置で固定可能なガイド機構（不図示）が設けられる。このような構成において、二つのガイド機構におけるスライド位置の調整により、フィルタ１２４へ入力されフィルタ１２４から出力される第一レーザ光の光軸とフィルタ１２４から出力される第二レーザ光の光軸とを、それら光軸に対して直交する方向にずらすことができる。なお、第一部位１２０－１とレーザ装置１１１との間、および第二部位１２０－２とレーザ装置１１２との間は、それぞれ可撓性を有した光ファイバ１３０で接続されているため、第一部位１２０－１あるいは第二部位１２０－２の位置の変化が生じた場合にあっては、レーザ装置１１１、１１２は固定しておくことができる。

[0119] 図２１～２３は、レーザ溶接装置１００Dによって加工対象Wの表面Wa上に形成されたレーザ光のビームB１、B２の例を示している。図２１～２３に示されるように、レーザ溶接装置１００Dによれば、ビームB１、B２の相対位置を、任意に変更することができる。発明者らの研究により、表面Wa上において、図２１～２３のように、ビームB２（第二スポット）の少なくとも一部がビームB１（第一スポット）よりも掃引方向SDの前方に位置している場合、およびビームB１とビームB２とが互いに接するかあるいは少なくとも部分的に重なっている場合においては、ビームB２の予熱効果による第１実施形態と同様の効果が得られることが判明している。また、ビームB２の少なくとも一部がビームB１よりも掃引方向SDの前方に位置し

ている場合にあっては、ビームB1とビームB2とは微少距離離間していてもよいことも判明している。なお、図21～23は、それぞれ一例に過ぎず、レーザ溶接装置100Dによって得られるビームB1、B2の配置や各ビームB1、B2のサイズは、図21～23の例には限定されない。なお、ビームB2がビームB1よりも掃引方向SDの前方に位置するとは、図23に示されるように、表面Wa上において、ビームB1の掃引方向SDの前端を通り掃引方向SDと直交する仮想直線VLよりも掃引方向SDの前方の領域内に、ビームB2の少なくとも一部が存在していることを言う。

[0120] [第8実施形態]

図24は、第8実施形態のレーザ溶接装置100Eの概略構成図である。レーザ溶接装置100Eは、第3実施形態のレーザ溶接装置100Bをベースとして改変されている。図24に示されるように、レーザ溶接装置100Bは、コリメートレンズ121の光軸方向における位置を可変設定する位置調整機構140を有している。位置調整機構140により、加工対象Wの表面WaにおけるビームB1、B2のサイズ（スポット径D1、D2）を適宜に変更することができる。すなわち、位置調整機構140は、スポットサイズ可変機構とも称されうる。なお、同様の位置調整機構140は、集光レンズ122に対しても適用可能であるし、コリメートレンズ121および集光レンズ122の双方に適用してもよいし、他の実施形態のレーザ溶接装置100、100A、100C、100D、100Fのコリメートレンズ121や集光レンズ122に対しても適用可能である。

[0121] [第9実施形態]

図25は、第9実施形態のレーザ溶接装置100Fの概略構成図である。本実施形態では、光学ヘッド120は、それぞれ別のボディ（ハウジング）によって構成された、第一レーザ光L1を照射する第一部位120-1と、第二レーザ光L2を照射する第二部位120-2と、を備えている。このような構成によっても、上記実施形態と同様の作用および効果が得られる。

[0122] また、図26は、上述したいずれかの実施形態のレーザ溶接装置100、

100A～100Fによって加工対象Wの表面Wa上に形成されたビームB1、B2のスポットの一例を示す。図26に示されるように、ビームB2のスポット径は、ビームB1のスポット径と略同等であってもよい。また、図示されないが、ビームB2のスポット径は、ビームB1のスポット径より小さくてもよい。

[0123] 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。

[0124] 例えば、加工対象に対してレーザ光を掃引する際に、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、熔融池の表面積を調節するようにしてもよい。

[0125] 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。

[0126] また、第一レーザ光のビームの中心と、第二レーザ光のビームの中心は必ずしも一致している必要はなく、ずれていてもよい。

[0127] また、第一レーザ光のビームは、部分的に第二レーザ光のビームの外側に位置してもよい。

[0128] [溶接部の断面]

図27は、実施形態の溶接部14の掃引方向SDに沿うとともに表面Waと直交した断面における断面図であって、溶接部14の掃引方向SDの前端部分の断面図である。また、図28は、参考例として図27の場合と同じパワーでの第一レーザ光の単独の照射により形成された溶接部14の掃引方向SDに沿うとともに表面Waと直交した断面における断面図であって、溶接部14の掃引方向SDの前端部分の断面図である。

[0129] 図 2 7, 2 8 に示す断面図では、画像処理により溶融池（溶接部 1 4）の輪郭が可視化されている。図 2 7 に示される本実施形態の第一レーザ光と第二レーザ光とを照射するハイブリッドレーザでの加工において形成される溶融池は、図 2 8 に示される第一レーザ光のみを照射するファイバレーザでの加工によって形成される溶融池に比べて、図 2 7 中に破線枠 D L で示されるように、掃引方向 S D の後方に長く尾を引いている。また、図 2 7 に示されるように、本実施形態の溶融池（溶接部 1 4）の前部 1 4 f は、掃引方向 S D の前方に張り出している。これらにより、ハイブリッドレーザでの加工において形成された溶融池の掃引方向 S D における長さ L w 1（図 2 7 参照）は、ファイバレーザでの加工において形成された溶融池の掃引方向 S D における長さ L w 2（図 2 8 参照）よりも長くなっている。すなわち、ハイブリッドレーザでの加工においては、ファイバレーザでの加工に比べて、溶融池が大きくなる。本実施形態の第一レーザ光と第二レーザ光とを照射するハイブリッドレーザ加工によれば、第二レーザ光（青色レーザ光）の照射により、溶融池が拡大し内部の熱対流がより安定化するとともに、キーホール開口部の拡大が生じて蒸発時の蒸気圧がより外へ逃げ易くなるため、第一レーザ光の単独照射に比べてスパッタの発生が抑えられるとともに安定した溶融池が得られると推定できる。

産業上の利用可能性

[0130] 本発明は、溶接方法、レーザ溶接システム、金属部材、電気部品、および電子機器に、利用することができる。

符号の説明

[0131] 1 4 …溶接部

1 4 a …溶接金属

1 4 a 1 …第一部位

1 4 a 2 …第二部位

1 4 a 3 …第三部位

1 4 a 4 …第四部位

1 4 b …熱影響部
1 4 f …前部
1 0 0, 1 0 0 A ~ 1 0 0 F …レーザ溶接装置
1 1 1 …レーザ装置 (第一レーザ発振器)
1 1 2 …レーザ装置 (第二レーザ発振器)
1 2 0 …光学ヘッド
1 2 0 - 1 …第一部位
1 2 0 - 2 …第二部位
1 2 0 - 3 …第三部位
1 2 0 a …フランジ
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 (回折光学素子)
1 2 5 a …回折格子
1 2 6 …ガルバノスキャナ
1 2 6 a, 1 2 6 b …ミラー
1 3 0 …光ファイバ
1 4 0 …位置調整機構
1 0 0 0, 1 0 0 0 A …レーザ溶接システム
1 0 0 1 …メイン電源
1 0 0 2, 1 0 0 3 …サブ電源
1 0 0 4 …統合コントローラ (制御部)
1 0 0 4 - 1, 1 0 0 4 - 2 …コントローラ (制御部)
1 0 0 5 …冷却機構
1 0 0 6 …配管
A …結晶粒

B 1 …ビーム（第一スポット）

B 1 a …外縁

B 2 …ビーム（第二スポット）

B 2 a …外縁

B 2 b …領域

B 2 f …領域

C …中心点

D 1 …スポット径（外径）

D 2 …スポット径（外径）

d …深さ

I …領域

L …レーザ光

L 1 …第一レーザ光

L 2 …第二レーザ光

L 1 1, L 1 2, L 2 1, L 2 2 …直線試験線

L w 1, L w 2 …長さ

N 1 1, N 1 2, N 2 1, N 2 2 …粒界数

P …点

P d 1 …（第一レーザ光の）パワー密度

P d 2 …（第二レーザ光の）パワー密度

R 0 …基準円

R 1 …第一基準線

R 2 …第二基準線

S D, S D 1 …掃引方向

T …厚さ

V …ボイド（ブローホール）

W …加工対象

W a …表面

W b …裏面

w b …（溶接金属の表面での）幅

w m …（第一領域および第二領域の）幅

X …方向

Y …方向

Z …方向（厚さ方向）

Z 1 …第一領域（第一部位）

Z 2 …第二領域（第二部位）

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、800 [nm] 以上かつ1200 [nm] 以下の波長の第一レーザ光と、550 [nm] 以下の波長の第二レーザ光と、を含む、溶接方法。
- [請求項2] 前記第二レーザ光の波長は、400 [nm] 以上500 [nm] 以下である、請求項1に記載の溶接方法。
- [請求項3] 前記加工対象は、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、前記第二レーザ光によって前記表面上に形成される第二スポットの少なくとも一部は、前記第一レーザ光によって前記表面上に形成される第一スポットよりも前記掃引方向の前方に位置している、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] 前記表面上において、前記第一スポットと前記第二スポットとは少なくとも部分的に重なっている、請求項4に記載の溶接方法。
- [請求項6] 前記表面上において、前記第二スポットの第二外縁は、前記第一スポットの第一外縁を取り囲んでいる、請求項4に記載の溶接方法。
- [請求項7] 前記第二レーザ光を照射せずに前記第一レーザ光のみを照射した場合に前記表面に形成される溶接部の幅を w_b 、前記第一レーザ光および前記第二レーザ光を照射する場合における前記第二スポットの外径を D_2 としたとき、次の式(1)
- $$w_b - 400 < D_2 < w_b + 400 \quad \cdots (1)$$
- を満たすよう、前記第二スポットの外径を設定した、請求項4～6のうちいずれか一つに記載の溶接方法。
- [請求項8] 前記表面上において、前記第二レーザ光のパワーの前記第一レーザ

光のパワーに対する出力比が、0.1以上2以下である、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] 前記レーザ光は、複数のビームを含む、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] 前記複数のビームは、ビームシェイパによって形成される、請求項9に記載の溶接方法。

[請求項11] 前記表面の算術平均粗さが、 $21\text{ }\mu\text{m}$ 以下である、請求項1～10のうちいずれか一つに記載の溶接方法。

[請求項12] 前記レーザ光の前記表面上における掃引速度は、 50 mm/s 以上である、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] 800 nm 以上かつ 1200 nm 以下の波長の第一レーザ光を発振する第一レーザ発振器と、

500 nm 以下の波長の第二レーザ光を発振する第二レーザ発振器と、

前記第一レーザ光および前記第二レーザ光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、

前記第一レーザ光および前記第二レーザ光のレーザ発振タイミングおよびパワーを制御する制御部と、

前記第一レーザ発振器、前記第二レーザ発振器、および前記光学ヘッドを冷却する冷却機構と、

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レーザ光とが相対移動可能に構成された、レーザ溶接システム。

[請求項14] 前記レーザ光が前記表面上で前記掃引方向に移動するよう前記レーザ光の出射方向を変化させるガルバノスキャナを備えた、請求項13に記載のレーザ溶接システム。

[請求項15] 前記レーザ光を複数のビームに分割するビームシェイパを備えた、請求項14に記載のレーザ溶接システム。

[請求項16] 第一表面と、当該第一表面の裏側の第二表面と、前記第一表面に沿って延びた溶接部と、を備えた金属部材であって、
前記溶接部は、

前記第一表面から前記第二表面に向けて延びた溶接金属と、

前記溶接金属の周囲に位置される熱影響部と、

を有し、

前記溶接金属は、前記第一表面に対して当該第一表面から前記第二表面に向かう厚さ方向に離れて位置された第一部位と、当該第一部位と前記第一表面との間に位置され前記第一部位よりも前記溶接部の延び方向と直交する断面における結晶粒の断面積の平均値が大きい第二部位と、を有した、金属部材。

[請求項17] 前記第二部位に含まれる結晶粒の断面積の平均値は、前記第一部位に含まれる結晶粒の断面積の平均値の1.8倍以上である、請求項16に記載の金属部材。

[請求項18] 第一表面と、当該第一表面の裏側の第二表面と、前記第一表面に沿って延びた溶接部と、を備えた金属部材であって、
前記溶接部は、

前記第一表面から前記第二表面に向けて延びた溶接金属と、

前記溶接金属の周囲に位置される熱影響部と、

を有し、

第一粒界数比率を次の式(3-1)

$$R_{b1} = N_{12} / N_{11} \quad \cdots (3-1)$$

(ここに、 R_{b1} は、第一粒界数比率、 N_{11} は、前記第一表面と直交しかつ前記溶接部の延び方向に沿った試験断面において、前記第一表面に沿った所定の長さの直線試験線と交差した粒界数であり、 N_{12} は、前記試験断面において、前記第一表面と直交した方向に延びた

前記所定の長さの直線試験線と交差した粒界数である。)

と表した場合に、

前記溶接金属は、前記第一表面に対して当該第一表面から前記第二表面に向かう厚さ方向に離れて位置された第三部位と、当該第三部位と前記第一表面との間に位置され前記第一粒界数比率が前記第三部位の前記第一粒界数比率よりも低い第四部位と、を有した、金属部材。

[請求項19]

第一表面と、当該第一表面の裏側の第二表面と、前記第一表面に沿って延びた溶接部と、を備えた金属部材であって、

前記溶接部は、

前記第一表面から前記第二表面に向けて延びた溶接金属と、

前記溶接金属の周囲に位置される熱影響部と、

を有し、

第二粒界数比率を次の式 (3-2)

$$R_{b2} = \max(N_{22}/N_{21}, N_{21}/N_{22}) \quad \dots (3-2)$$

(ここに、 R_{b2} は、第二粒界数比率、 N_{21} は、前記第一表面と直交しかつ前記溶接部の延び方向に沿った試験断面において、前記第一表面に沿う方向および前記第一表面と直交する方向の間の第一方向に延びた所定の長さを有する直線試験線と交差した粒界数であり、 N_{22} は、前記試験断面において、前記第一方向と直交した第二方向に延びた前記所定の長さを有する直線試験線と交差した粒界数であり、 $\max(N_{22}/N_{21}, N_{21}/N_{22})$ は、 (N_{22}/N_{21}) が (N_{21}/N_{22}) 以上である場合は (N_{22}/N_{21}) とし、 (N_{22}/N_{21}) が (N_{21}/N_{22}) 未満である場合は (N_{21}/N_{22}) とする。)

と表した場合に、

前記溶接金属は、前記第一表面に対して当該第一表面から前記第二表面に向かう厚さ方向に離れて位置された第三部位と、当該第三部位

と前記第一表面との間に位置され前記第二粒界数比率が前記第三部位の前記第二粒界数比率よりも高い第四部位と、を有した、金属部材。

[請求項20]

第一表面と、当該第一表面の裏側の第二表面と、前記第一表面に沿って延びた溶接部と、を備えた金属部材であって、

前記溶接部は、

前記第一表面から前記第二表面に向けて延びた溶接金属と、

前記溶接金属の周囲に位置される熱影響部と、

を有し、

第一粒界数比率を次の式（3-1）

$$R_{b1} = N_{12} / N_{11} \quad \cdots (3-1)$$

（ここに、 R_{b1} は、第一粒界数比率、 N_{11} は、前記第一表面と直交しかつ前記溶接部の延び方向に沿った試験断面において、前記第一表面に沿った所定の長さの直線試験線と交差した粒界数であり、 N_{12} は、前記試験断面において、前記第一表面と直交した方向に延びた前記所定の長さの直線試験線と交差した粒界数である。）

と表し、かつ、

第二粒界数比率 R_{b2} を次の式（3-2）

$$R_{b2} = \max(N_{22} / N_{21}, N_{21} / N_{22}) \quad \cdots (3-2)$$

（ここに、 R_{b2} は、第二粒界数比率、 N_{21} は、前記第一表面と直交しかつ前記溶接部の延び方向に沿った試験断面において、前記第一表面に沿う方向および前記第一表面と直交する方向の間の第一方向に延びた所定の長さを有する直線試験線と交差した粒界数であり、 N_{22} は、前記試験断面において、前記第一方向と直交した第二方向に延びた前記所定の長さを有する直線試験線と交差した粒界数であり、 $\max(N_{22} / N_{21}, N_{21} / N_{22})$ は、 (N_{22} / N_{21}) が (N_{21} / N_{22}) 以上である場合は (N_{22} / N_{21}) とし、 (N_{22} / N_{21}) が (N_{21} / N_{22}) 未満である場合は (N_{21} / N_{22})

2) とする。)

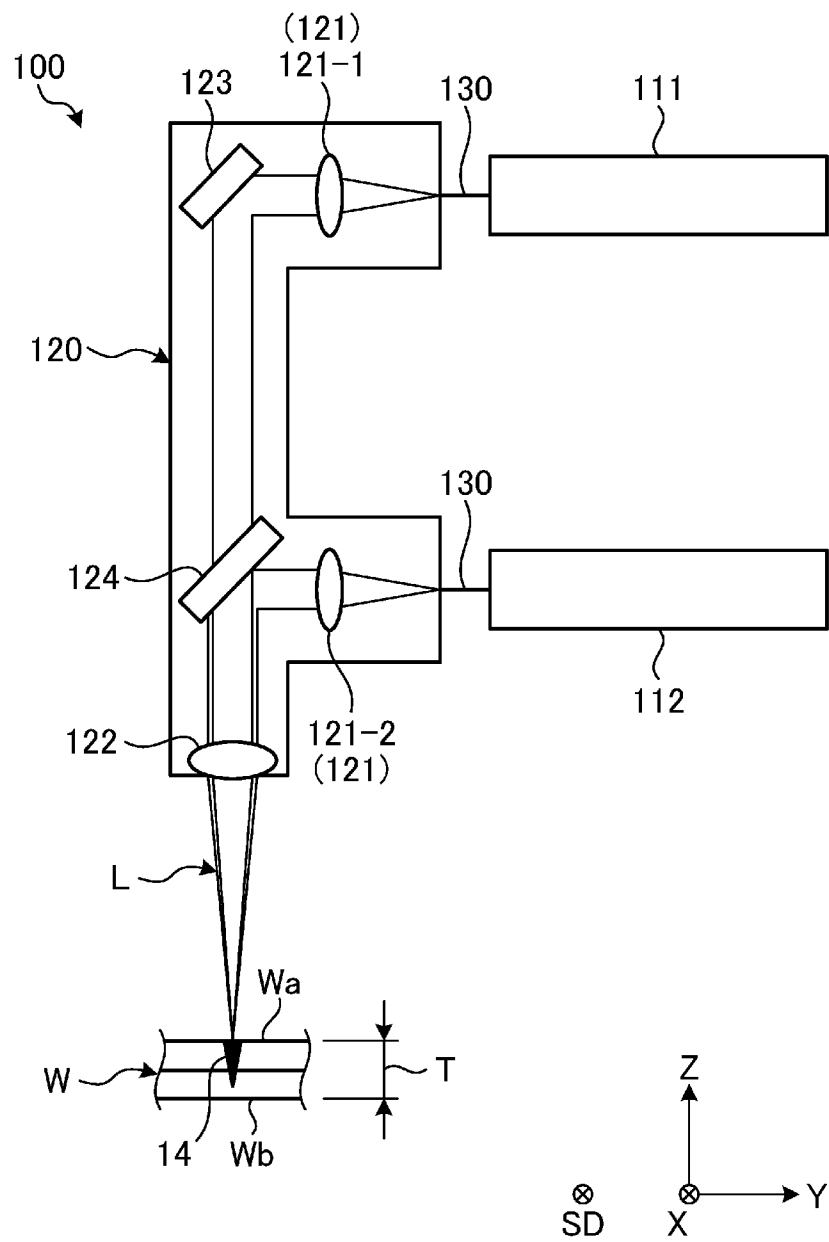
と表した場合に、

前記溶接金属は、前記第一表面に対して当該第一表面から前記第二表面に向かう厚さ方向に離れて位置された第三部位と、当該第三部位と前記第一表面との間に位置され前記第一粒界数比率が前記第三部位の前記第一粒界数比率よりも低くかつ前記第二粒界数比率が前記第三部位の前記第二粒界数比率よりも高い第四部位と、を有した、金属部材。

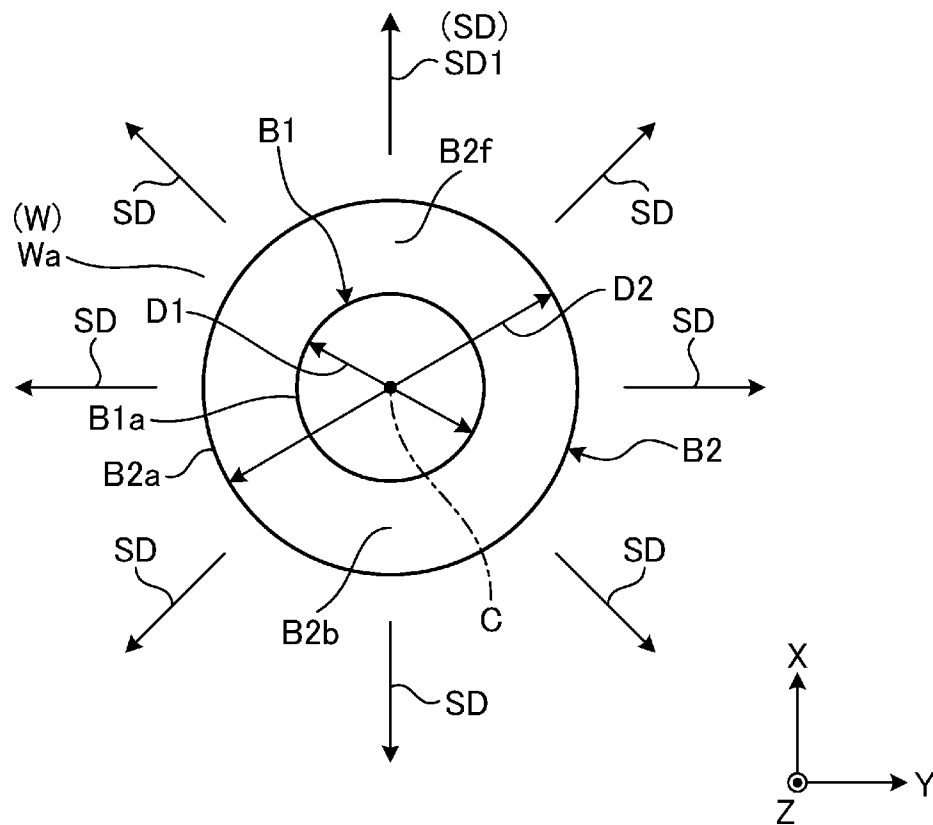
[請求項21] 請求項16～20のうちいずれか一つに記載の金属部材を導体として有した電気部品。

[請求項22] 請求項16～20のうちいずれか一つに記載の金属部材を導体として有した電子機器。

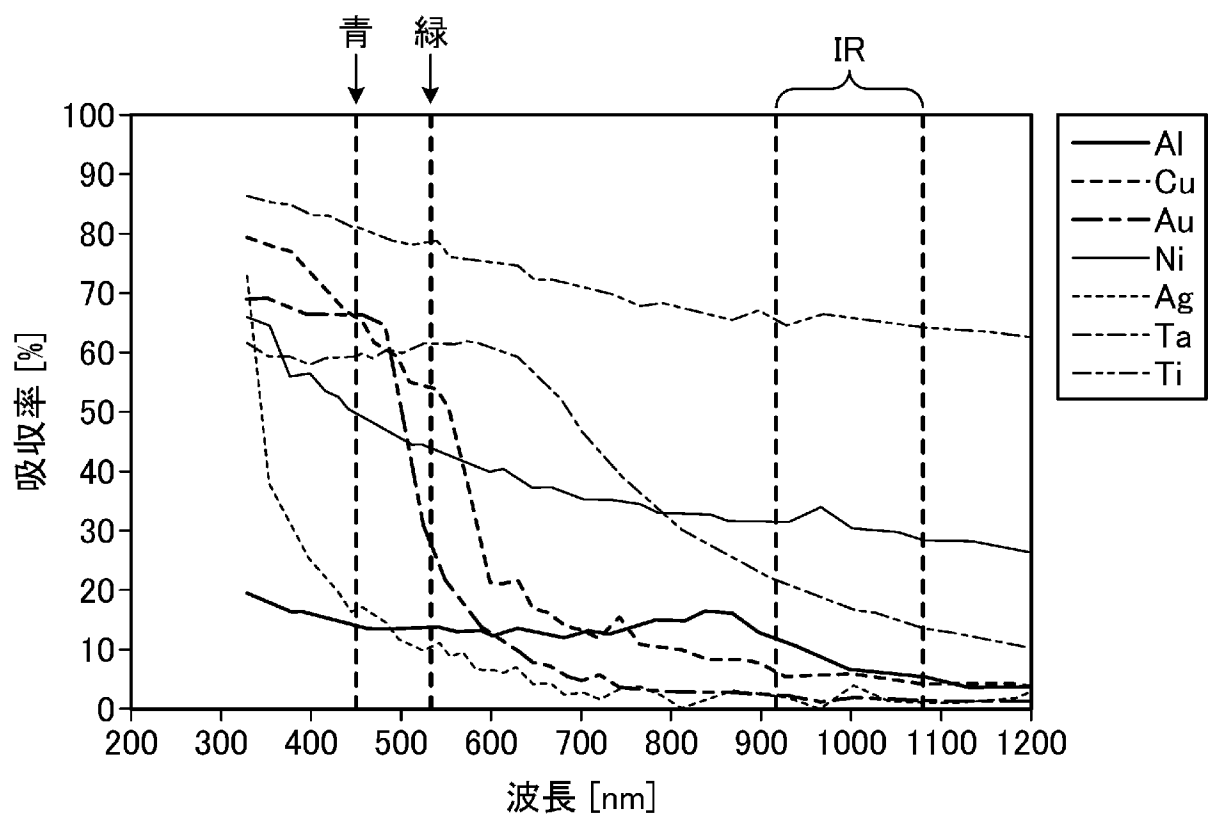
[図1]



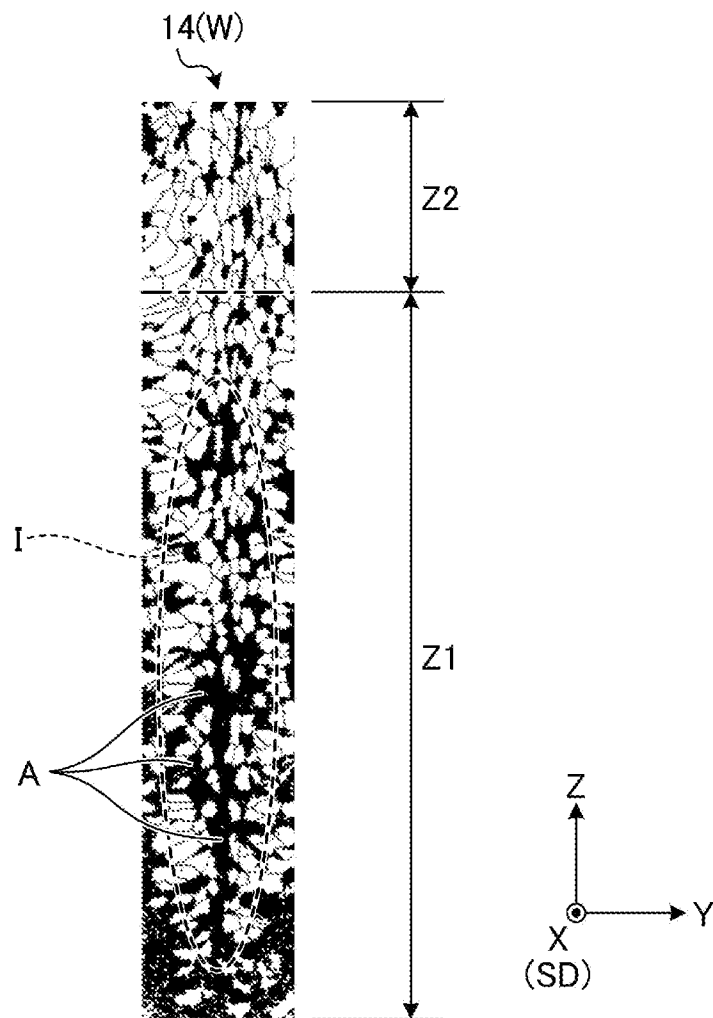
[図2]



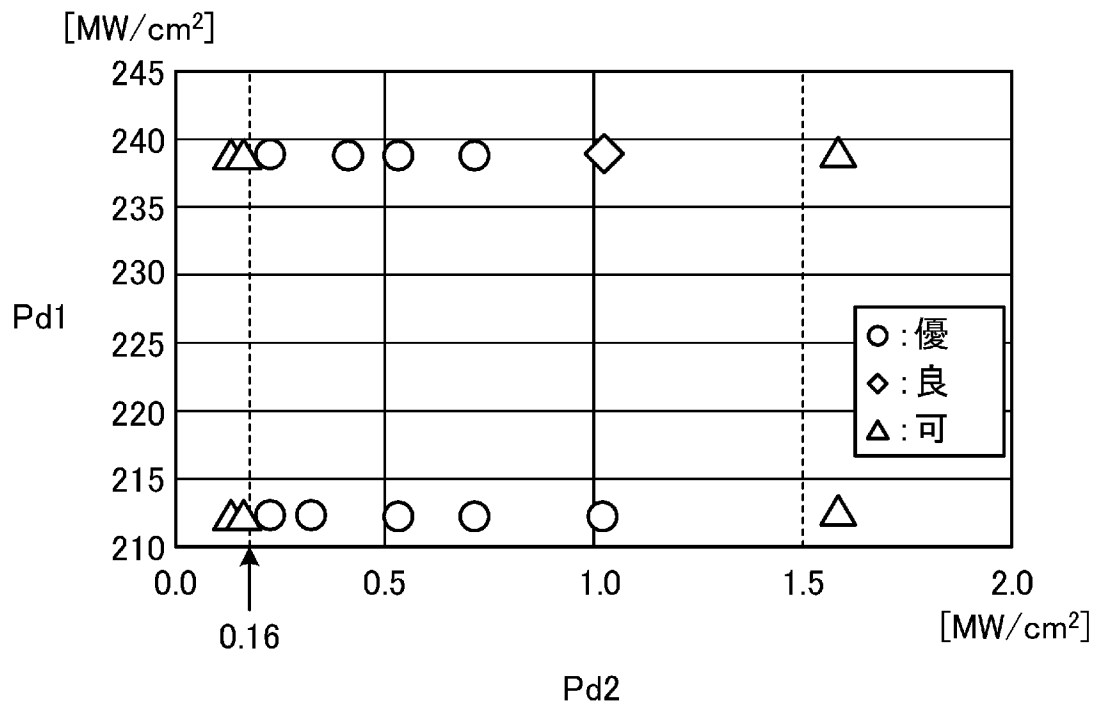
[図3]



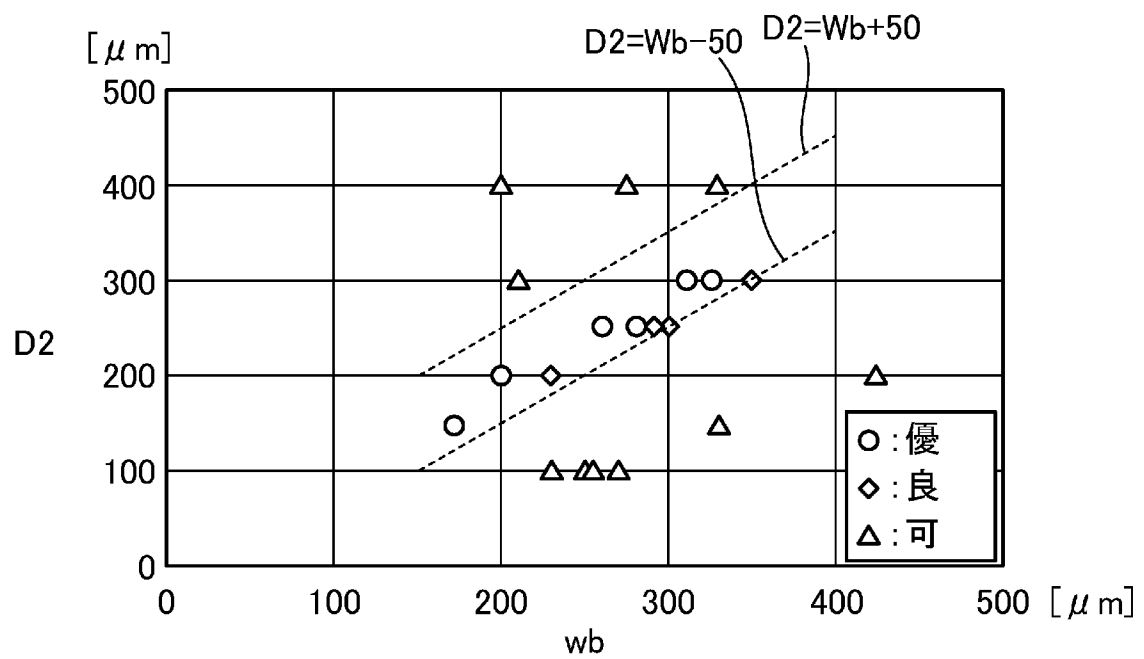
[図5]



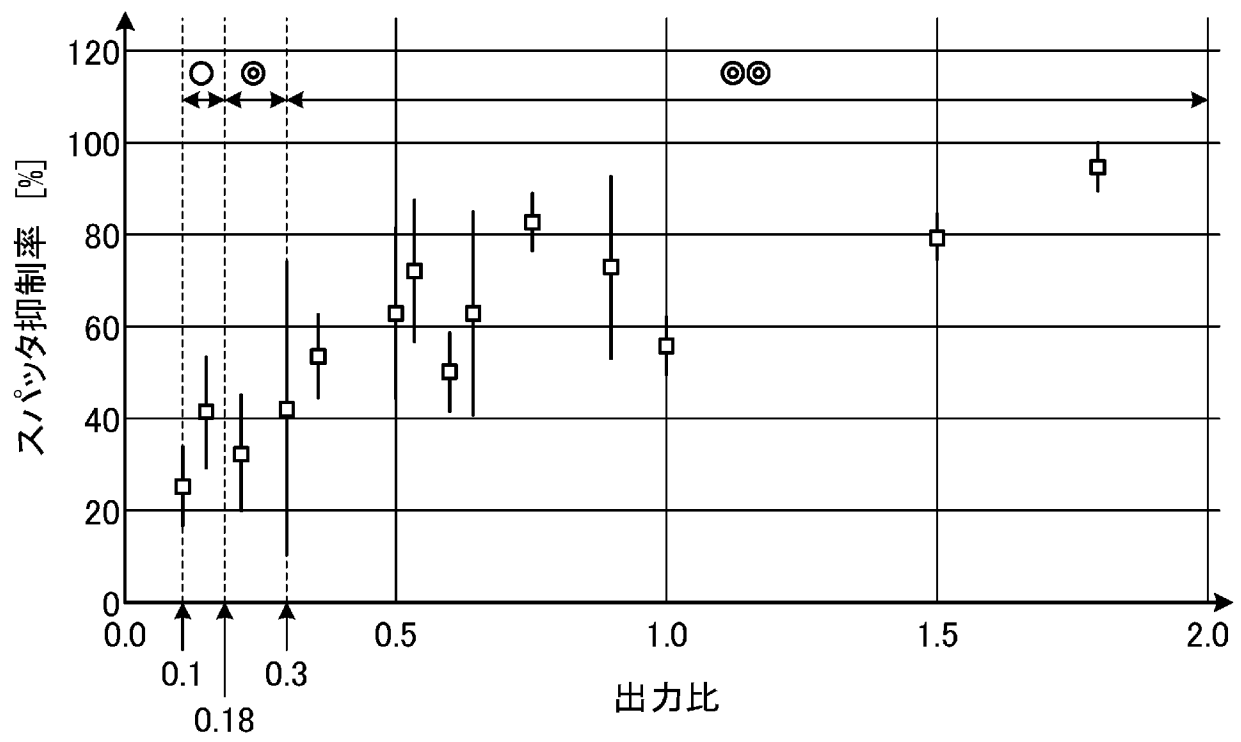
[図6]



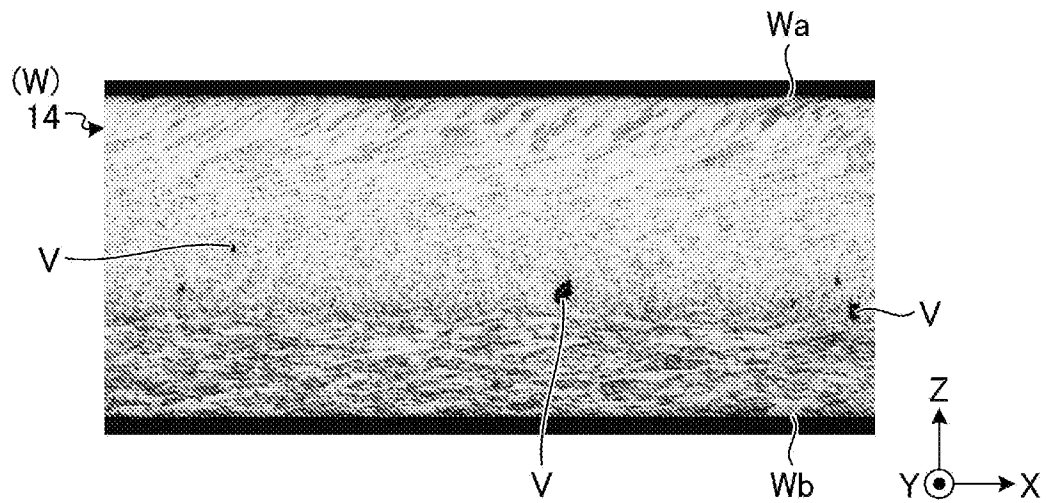
[図7]



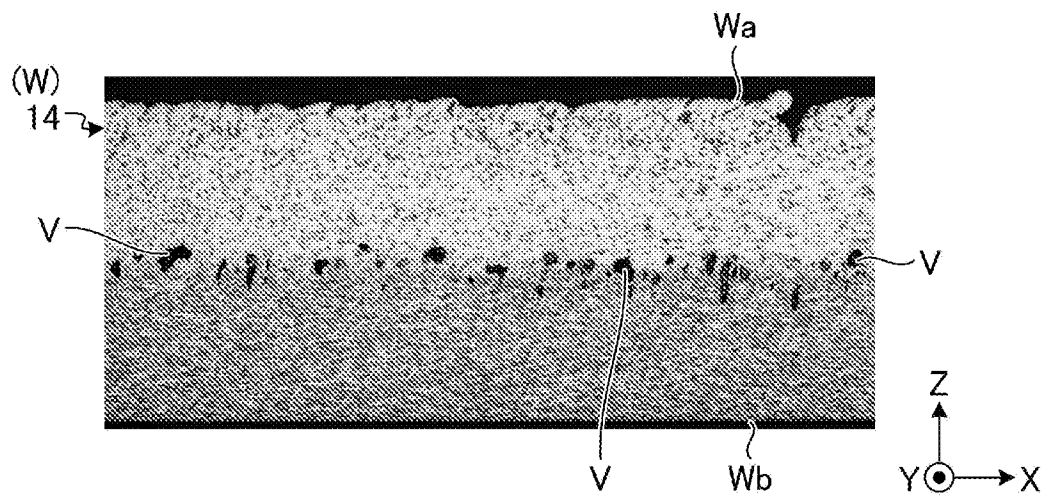
[図8]



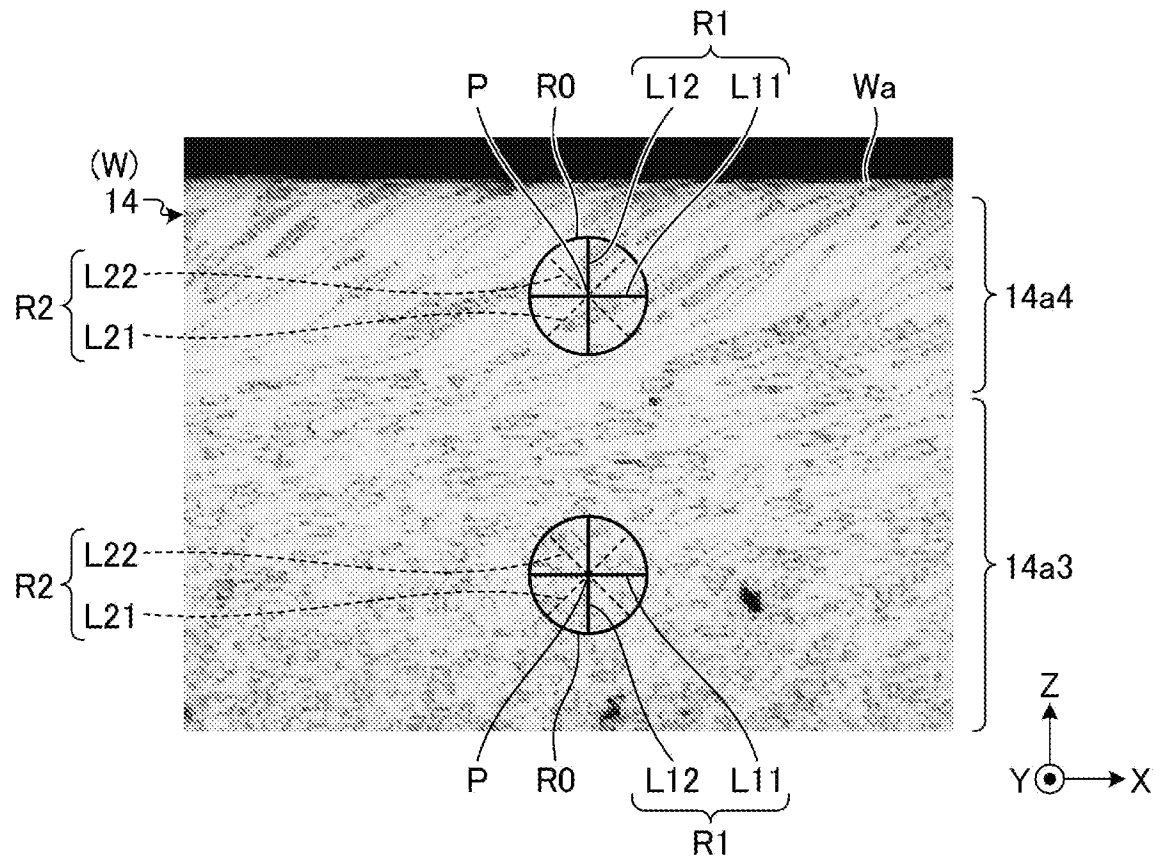
[図9]



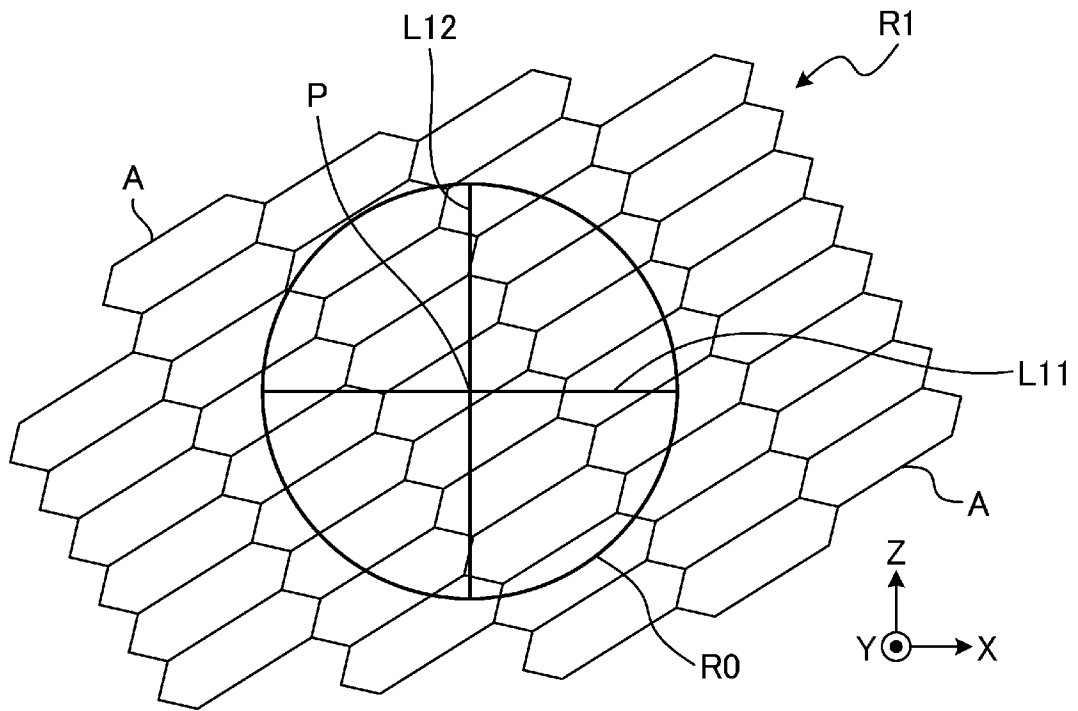
[図10]



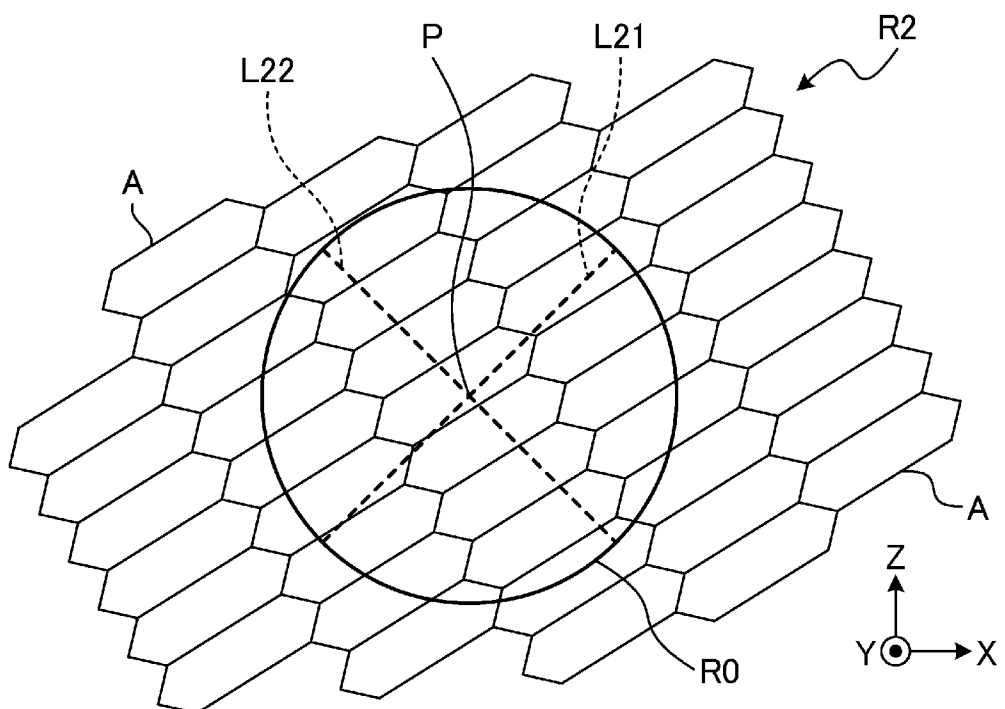
[図11]



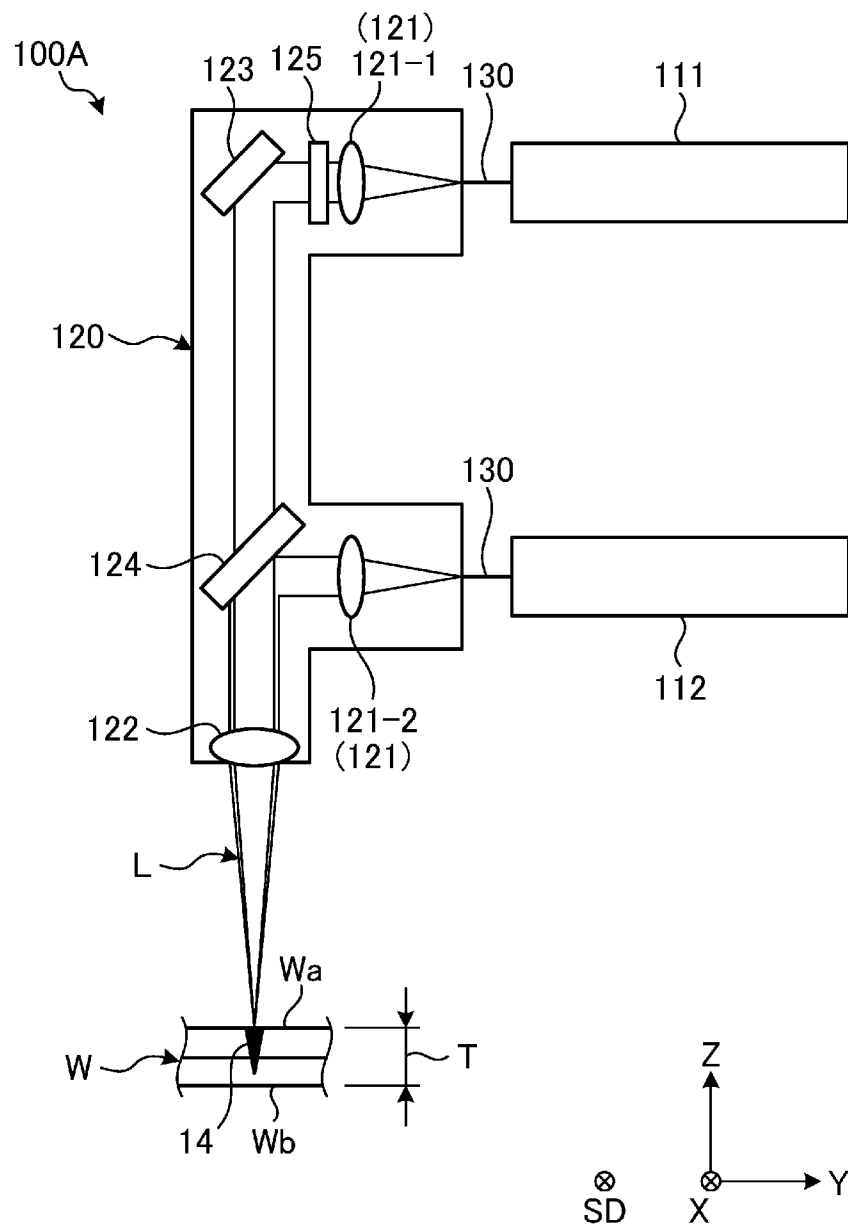
[図12]



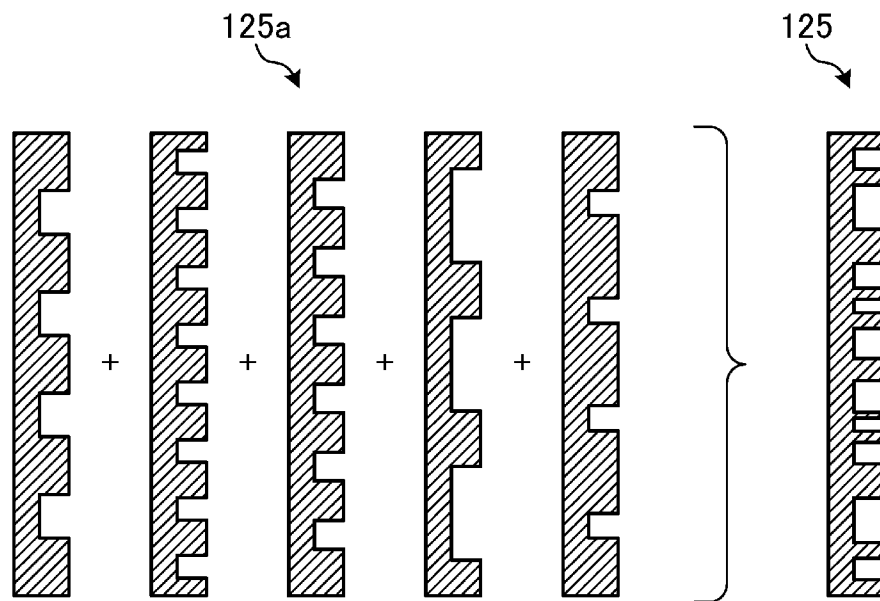
[図13]



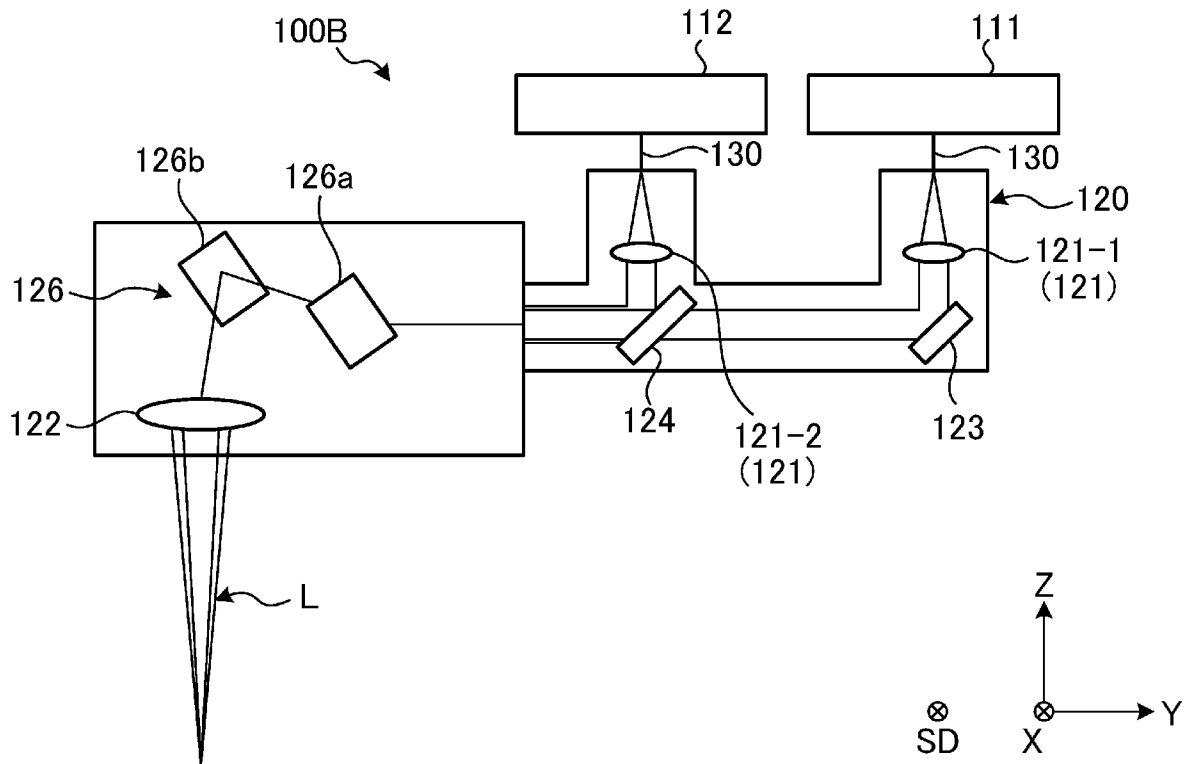
[図14]



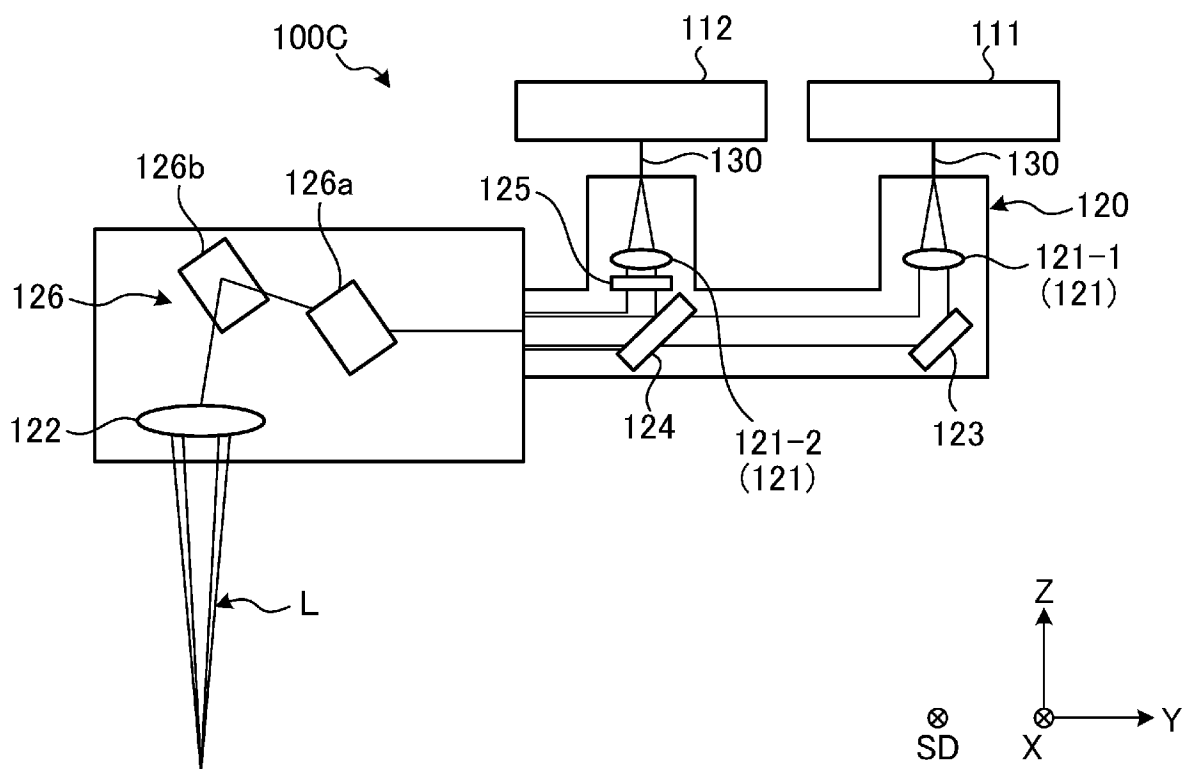
[図15]

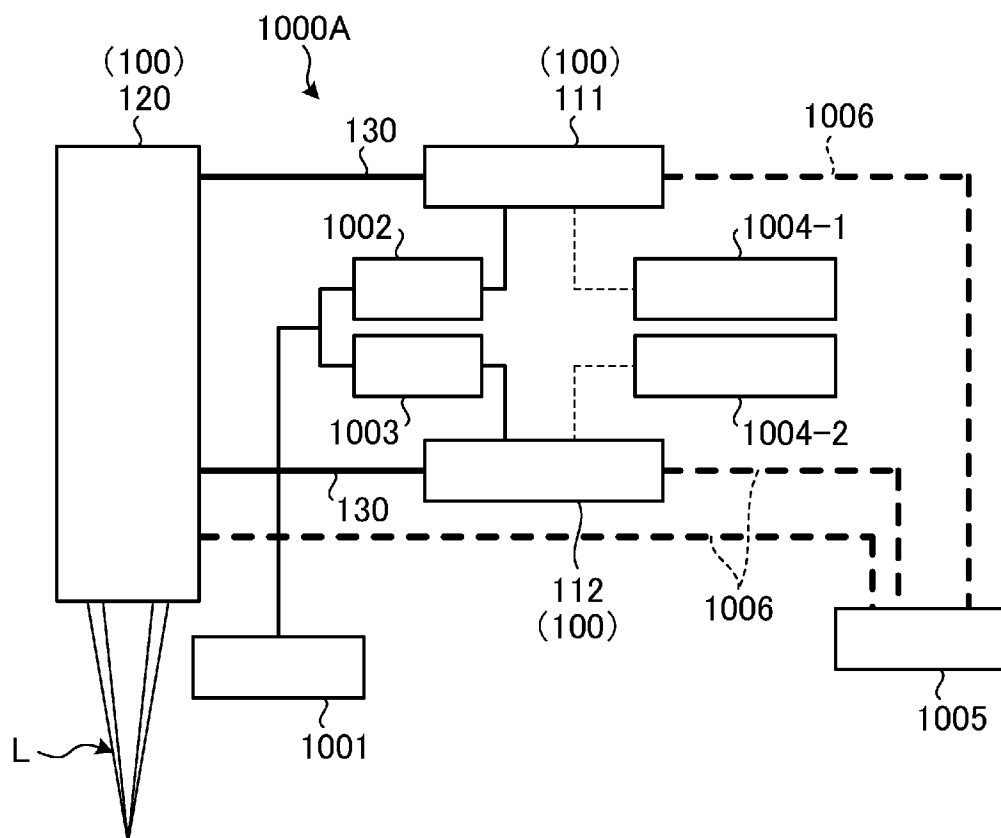
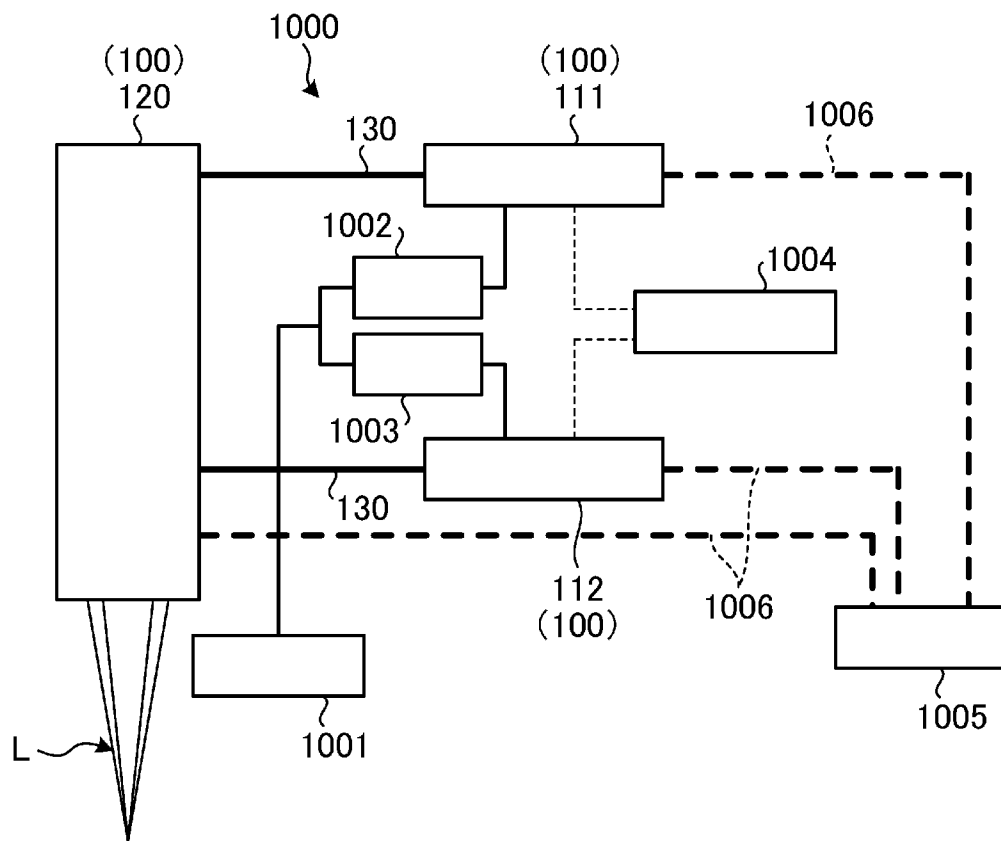


[図16]

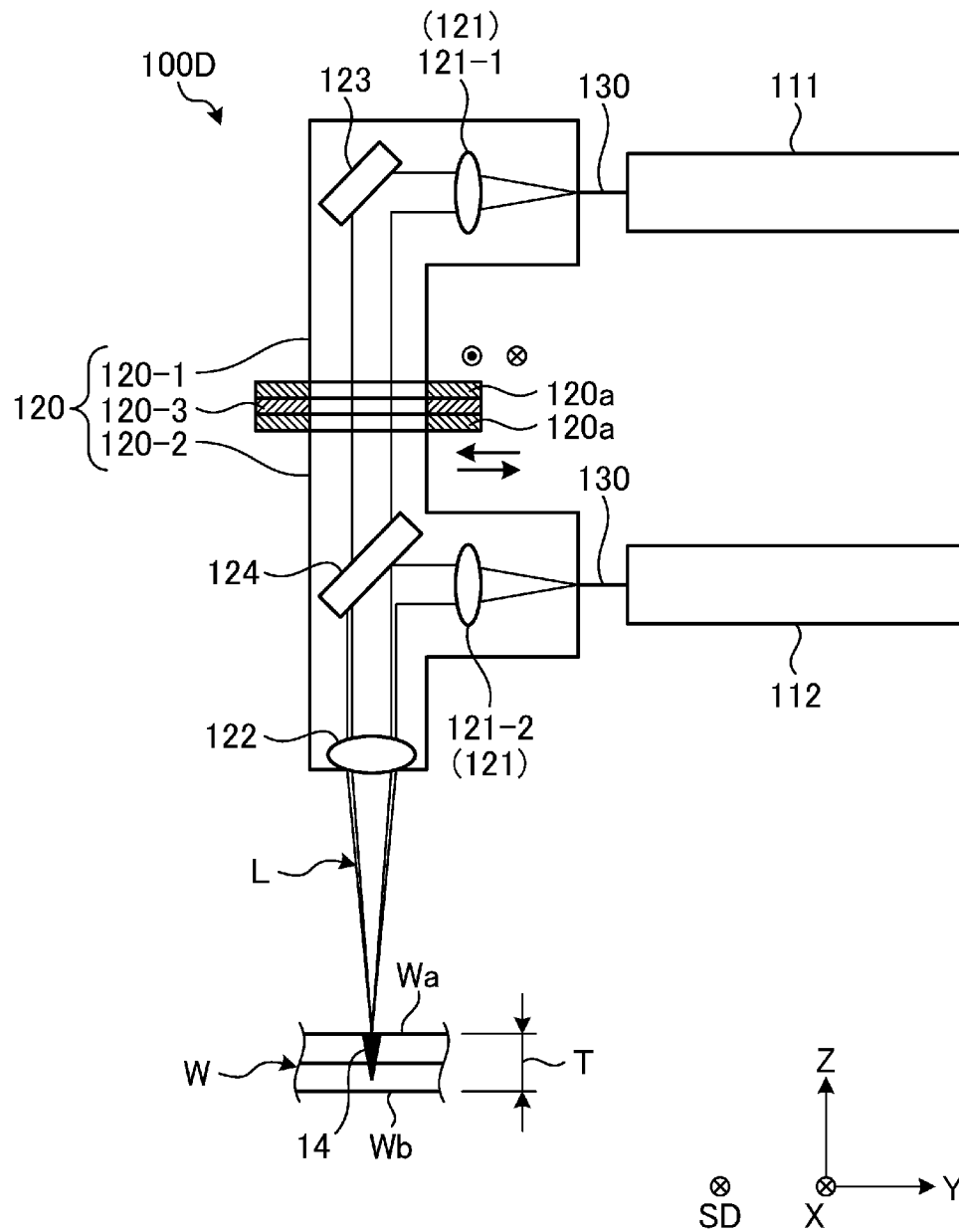


[図17]

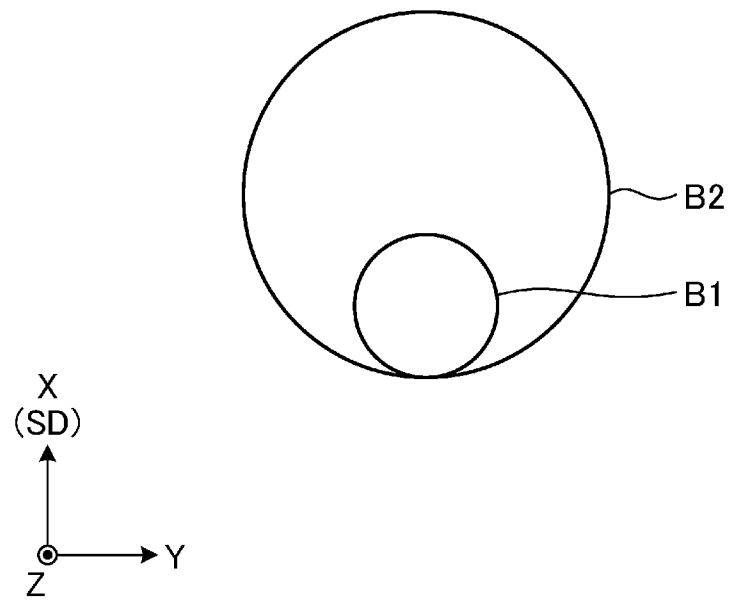




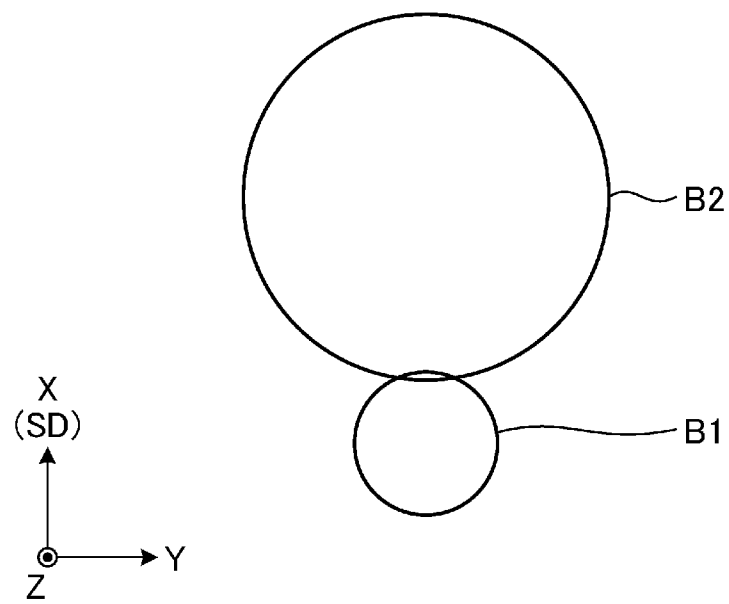
[図20]



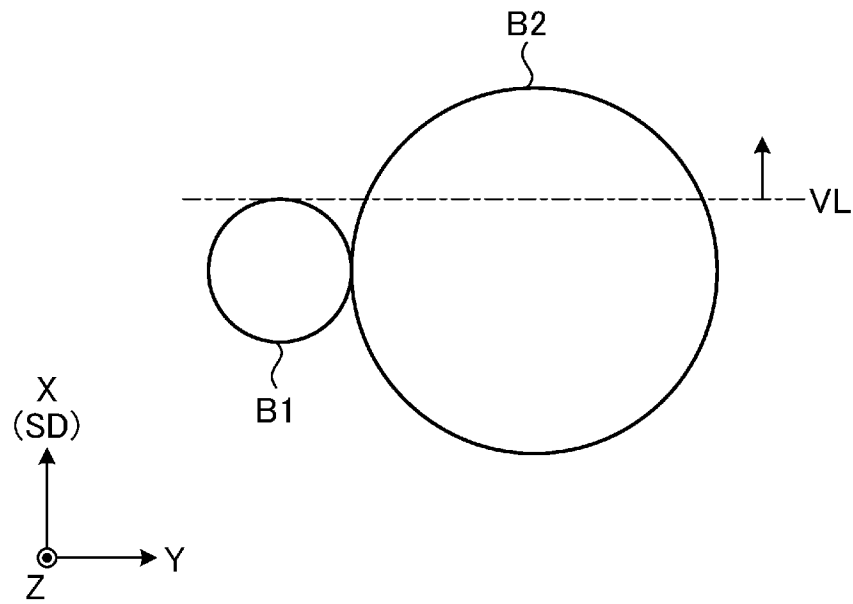
[図21]



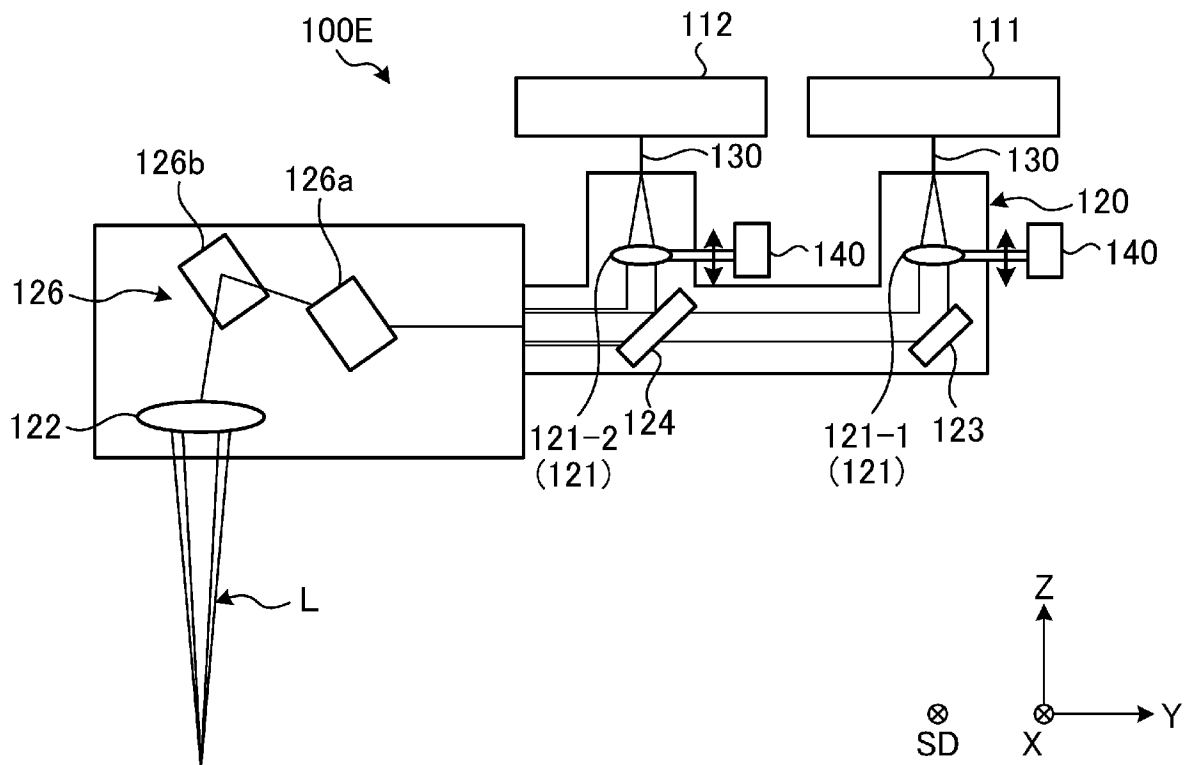
[図22]



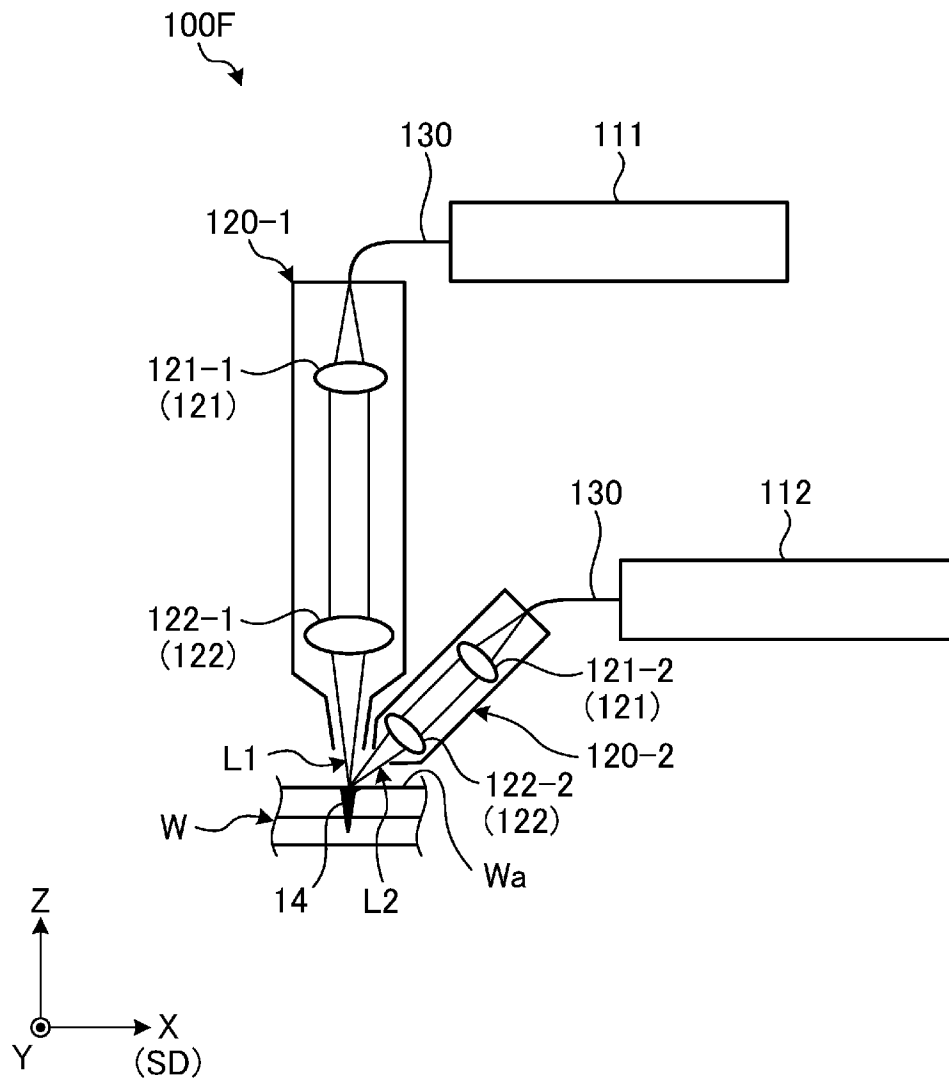
[図23]



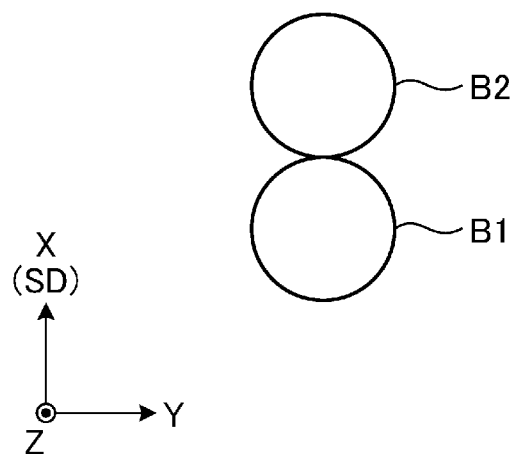
[図24]



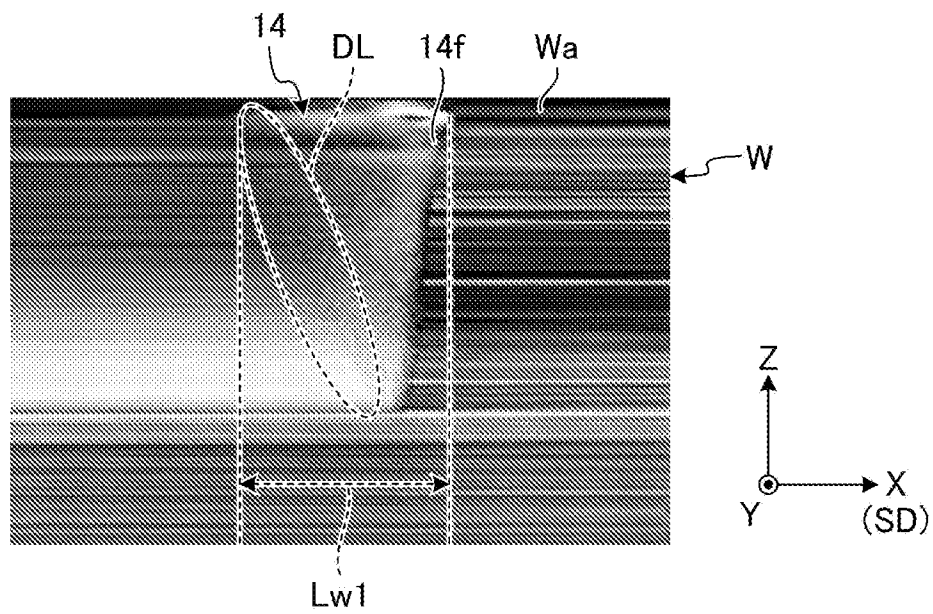
[図25]



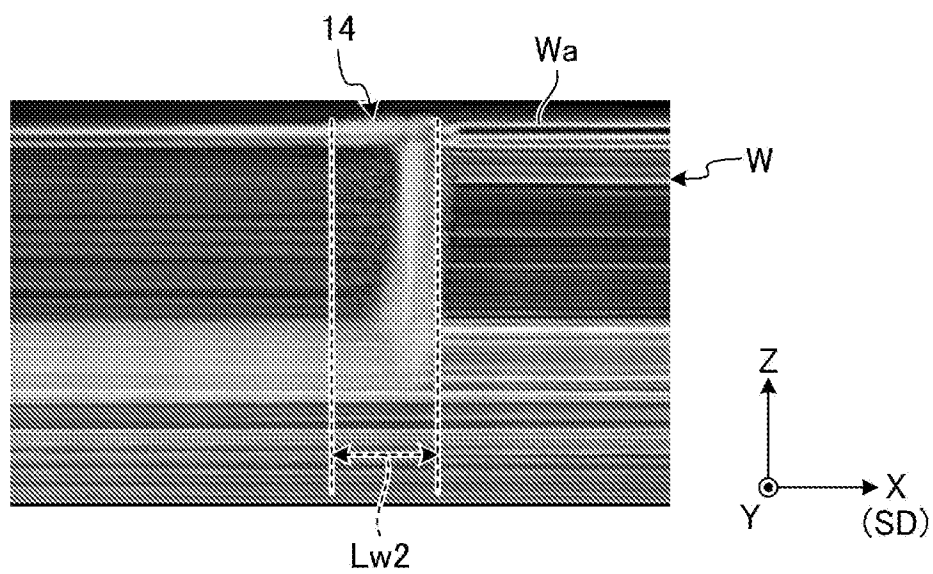
[図26]



[図27]



[図28]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/010247

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K 26/067 (2006.01) i; B23K 26/073 (2006.01) i; B23K 26/082 (2014.01) i; B23K 26/21 (2014.01) i

FI: B23K26/067; B23K26/21 N; B23K26/21 G; B23K26/073; B23K26/082;
B23K26/21 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)

B23K26/00-26/70; C21D1/02-1/84; C21D7/00-8/10; C21D9/663-11/00; C22F1/00-3/02

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 Y A	JP 2014-161862 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 08 September 2014 (2014-09-08) paragraphs [0016]- [0046], fig. 1-4	1, 3, 9, 12 10, 13-15 2, 4-8, 11, 16-22
Y	WO 2018/159857 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 07 September 2018 (2018-09-07) paragraphs [0051], [0071], [0075], fig. 1, 4-5	10, 14-15
Y	JP 2001-276988 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 09 October 2001 (2001-10-09) paragraphs [0027]-[0028], fig. 1	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

"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

"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
18 May 2021 (18.05.2021)Date of mailing of the international search report
01 June 2021 (01.06.2021)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 REPORT

International application No.

PCT/JP2021/010247

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/010247

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2014-161862 A WO 2018/159857 A1	08 Sep. 2014 07 Sep. 2018	(Family: none) US 2019/0389001 A1 paragraphs [0037], [0058], [0062], fig. 1, 4-5 EP 3590648 A1 CN 110402179 A	
JP 2001-276988 A	09 Oct. 2001	US 2002/0134768 A1 paragraphs [0084]- [0085], fig. 1 WO 2001/072465 A1 EP 1199128 A1	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/010247

<Continuation of Box No. III>

(Invention 1)

Document 1 discloses a "welding method for performing welding by irradiating a surface of a processing object with a laser light to melt the irradiated portion, wherein the laser light relatively moves in a sweep direction with respect to the processing object, and includes a first laser light having a wavelength of 800 nm or greater and 1200 nm or less and a second laser light having a wavelength of 550 nm or less."

Accordingly, the invention in claim 1 lacks novelty in light of document 1.

Furthermore, dependent claim will be examined.

Since claim 2 has the special technical feature in which the "wavelength of the second laser light is 400 nm or greater and 500 nm or less," (hereinafter, referred to as "STF"), the invention in claims 1 and 2 for which a presence or an absence of the STF is determined so far is classified as invention 1.

The invention in claims 3-15 is the invention substantially identical or equivalent to the invention examined in the above description or the invention dependent on claim 1, is inventively related to claim 1, and thus is classified as invention 1.

(Invention 2)

It cannot be said that the invention in claims 16-22 has the technical feature identical or equivalent to the invention 1. The invention in claims 16-22 is not dependent on claim 1, a feature of a "metal member comprising: a first surface; a second surface on a rear side of the first surface; and a welding portion extending along the first surface, wherein the welding portion includes a welding metal extending toward the second surface from the first surface and a heat affected portion positioned around the welding metal, and the welding metal includes a first portion positioned separated from the first surface in a thickness direction directed from the first surface to the second surface, and a second portion positioned between said first portion and the first surface and having a greater average value of a cross-section area of a crystal grain in a cross section orthogonal to a extending direction of the welding portion than the first portion" has low technical relevance with STF of the invention in claim 1.

The invention in claims 16-22 is not substantially identical or equivalent to any of the invention 1.

Therefore, the invention in claims 16-22 cannot be classified as invention 1.

The invention in claims 16-22 has the technical feature of an average value of a cross-section area of a crystal grain, and is thus classified as invention 2.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 26/067(2006.01)i; B23K 26/073(2006.01)i; B23K 26/082(2014.01)i; B23K 26/21(2014.01)i FI: B23K26/067; B23K26/21 N; B23K26/21 G; B23K26/073; B23K26/082; B23K26/21 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）） B23K26/00-26/70; C21D1/02-1/84; C21D7/00-8/10; C21D9/663-11/00; C22F1/00-3/02										
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2021年</td> </tr> </table>			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
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 2014-161862 A（古河電気工業株式会社）08.09.2014（2014-09-08） 段落0016-0046、図1-4	1, 3, 9, 12								
Y		10, 13-15								
A		2, 4-8, 11, 16-22								
Y	WO 2018/159857 A1（古河電気工業株式会社）07.09.2018（2018-09-07） [0051], [0071], [0075], 図1、4-5	10, 14-15								
Y	JP 2001-276988 A（三菱重工業株式会社）09.10.2001（2001-10-09） 段落0027-0028、図1	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 18.05.2021	国際調査報告の発送日 01.06.2021									
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） 山下 浩平 3P 5788 電話番号 03-3581-1101 内線 3363									

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

（発明1）

文献1には、

「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、800 [nm] 以上かつ1200 [nm] 以下の波長の第一レーザ光と、550 [nm] 以下の波長の第二レーザ光と、を含む、溶接方法。」

が記載されている。

そうすると、請求項1に係る発明は、文献1により新規性が欠如している。

さらに、従属請求項について検討する。

請求項2は、「前記第二レーザ光の波長は、400 [nm] 以上500 [nm] 以下である」という特別な技術的特徴（以下、「STF」という。）を有しているから、これまでにSTFの有無を判断した請求項1、2に係る発明を発明1に区分する。

また、請求項3-15に係る発明は、上記において審査対象とした発明と実質同一又はそれに準ずる発明、もしくは、請求項1に従属する発明であって、請求項1に係る発明に対して発明の連関を有しているので、発明1に区分する。

（発明2）

請求項16-22に係る発明は、発明1と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。請求項16-22に係る発明は、請求項1に従属しておらず、これら請求項における「第一表面と、当該第一表面の裏側の第二表面と、前記第一表面に沿って延びた溶接部と、を備えた金属部材であって、前記溶接部は、前記第一表面から前記第二表面に向けて延びた溶接金属と、前記溶接金属の周囲に位置される熱影響部と、を有し、前記溶接金属は、前記第一表面に対して当該第一表面から前記第二表面に向かう厚さ方向に離れて位置された第一部位と、当該第一部位と前記第一表面との間に位置され前記第一部位よりも前記溶接部の延び方向と直交する断面における結晶粒の断面積の平均値が大きい第二部位と、を有した、金属部材。」という事項は、請求項1に係る発明のSTFと、技術的関連性が低い。

さらに、請求項16-22に係る発明は、発明1に対して実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項16-22に係る発明は、発明1に区分できない。

そして、請求項16-22に係る発明は、結晶粒の断面積の平均値に関する技術的特徴を有しているので、発明2に区分する。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の
申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☒ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

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/JP2021/010247

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2014-161862	A	08.09.2014	(ファミリーなし)	
WO	2018/159857	A1	07.09.2018	US 2019/0389001 A1	
				[0037], [0058], [0062],	
				Figs. 1, 4-5	
				EP 3590648 A1	
				CN 110402179 A	
JP	2001-276988	A	09.10.2001	US 2002/0134768 A1	
				[0084]-[0085], Fig. 1	
				WO 2001/072465 A1	
				EP 1199128 A1	