(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
2023年8月10日(10.08.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/149449 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/JP2023/003153

(22) 国際出願日：　2023年2月1日(01.02.2023)

(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 2022-014611　2022年2月2日(02.02.2022)　JP

(71) 出願人:パナソニックＩＰマネジメント株式会社(**PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見２丁目１番６１号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 中川　龍幸 (**NAKAGAWA Tatsuyuki**). 川本　篤寛 (**KAWAMOTO Atsuhiro**). 藤原　潤司 (**FUJIWARA Junji**). 櫻井　通雄 (**SAKURAI Michio**).

(74) 代理人: 弁理士法人前田特許事務所(**MAEDA & PARTNERS**); 〒5300004 大阪府大阪市北区堂島浜１丁目２番１号 新ダイビル２３階 Osaka (JP).

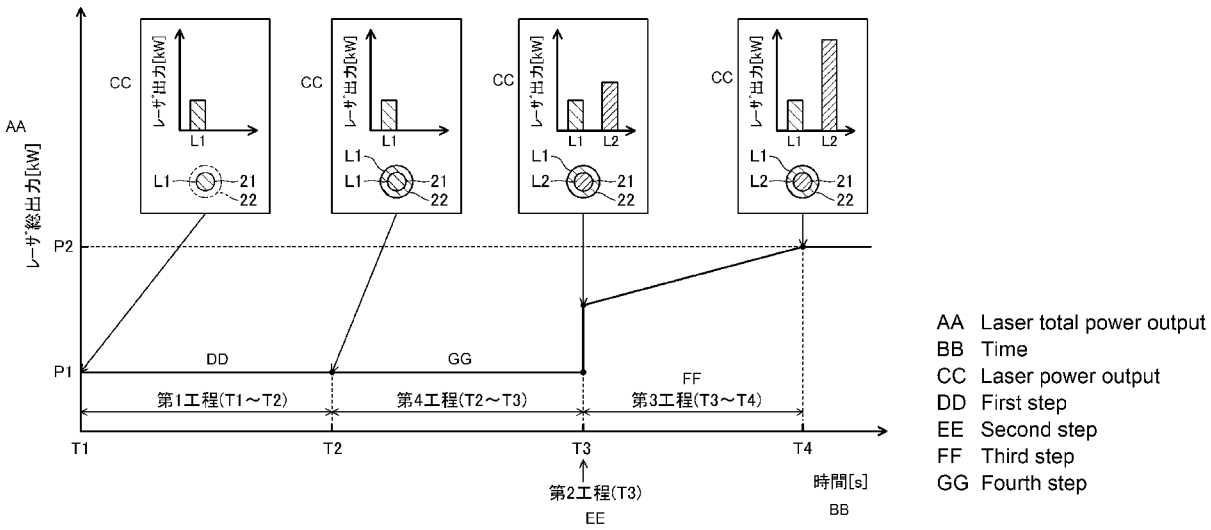
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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,

WO 2023/149449 A1

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

(54) 発明の名称： レーザ加工方法

[図4]



(57) **Abstract:** A transmission fiber 20 includes a first core 21 and a second core 22. The second core 22 is provided on an outer circumferential portion of the first core 21. In a first step of a laser startup step, a first laser beam L1 is emitted from the first core 21. In a second step, the first laser beam L1 is emitted from the second core 22, and a second laser beam L2 is emitted from the first core 21. In a third step, a power output of the second laser beam L2 emitted from the first core 21 is gradually increased while an emission position of the first laser beam L1 and the second laser beam L2 with respect to a workpiece W is moved in a laser processing direction.

[続葉有]

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, CV, 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, ME, 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：伝送ファイバ２０は、第１コア２１と、第２コア２２とを有する。第２コア２２は、第１コア２１の外周部に設けられる。レーザ開始工程の第１工程では、第１コア２１から第１レーザ光Ｌ１を出射する。第２工程では、第２コア２２から第１レーザ光Ｌ１を出射する一方、第１コア２１から第２レーザ光Ｌ２を出射する。第３工程では、第１レーザ光Ｌ１及び第２レーザ光Ｌ２のワークＷに対する出射位置をレーザ加工方向に移動させながら、第１コア２１から出射させる第２レーザ光Ｌ２の出力を徐々に増加する。

明　細　書

発明の名称 ： レーザ加工方法

技術分野

[0001]　本発明は、レーザ加工方法に関するものである。

背景技術

[0002]　特許文献１には、第１レーザビームをダブルコアファイバの第１ファイバコアに入射する一方、第１レーザビームとは異なる波長の第２レーザビームを第２ファイバコアに入射して、ワークに対して第１レーザビーム及び第２レーザビームを出射するようにしたレーザ切断方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：独国特許出願公開第１０２０１１０７８１７３号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　ところで、従来の発明では、レーザ開始位置において、第１レーザビーム及び第２レーザビームをワークに対して同時に出射すると、レーザ出力が高くなりすぎることでスパッタが発生してしまい、ワークの加工品質が低下するおそれがある。

[0005]　本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的は、レーザ開始位置においてスパッタの発生を抑えることにある。

課題を解決するための手段

[0006]　第１の態様は、伝送ファイバで伝送されたレーザ光を出射してワークを加工するレーザ加工方法であって、前記伝送ファイバは、第１コアと、該第１コアの外周部に設けられた第２コアとを少なくとも有し、前記レーザ光は、第１レーザ光と、該第１レーザ光よりも波長の長い第２レーザ光とを含み、前記ワークの加工開始時に、前記第１レーザ光及び前記第２レーザ光の出力を調整するレーザ開始工程を備え、前記レーザ開始工程は、前記第１レーザ

光を前記第１コアから出射させる第１工程と、前記第１レーザ光を前記第２コアから出射させる一方、前記第２レーザ光を前記第１コアから出射させる第２工程と、前記第１レーザ光及び前記第２レーザ光の前記ワークに対する出射位置をレーザ加工方向に移動させながら、前記第１コアから出射させる該第２レーザ光の出力を徐々に増加させる第３工程とを有することを特徴とする。

[0007] 第１の態様では、伝送ファイバは、第１コアと、第２コアとを少なくとも有する。第２コアは、第１コアの外周部に設けられる。レーザ開始工程の第１工程では、第１コアから第１レーザ光を出射する。第２工程では、第２コアから第１レーザ光を出射する一方、第１コアから第２レーザ光を出射する。第３工程では、第１レーザ光及び第２レーザ光のワークに対する出射位置をレーザ加工方向に移動させながら、第１コアから出射させる第２レーザ光の出力を徐々に増加する。

[0008] このように、レーザ開始位置において、第１レーザ光でワークを予熱した後に、第２レーザ光を出射することで、レーザ開始位置におけるスパッタの発生を抑え、ワークの加工品質を高めることができる。

[0009] また、第１コアから出射した第２レーザ光の周囲に、第２コアを通過してリング状となった第１レーザ光を出射することで、第２レーザ光の前方を予熱しつつ、第２レーザ光の後方の加工表面をきれいにすることができる。

[0010] 第２の態様は、第１の態様において、前記第２工程の前に、前記第１レーザ光を前記第１コア及び前記第２コアから出射させる第４工程を有することを特徴とする。

[0011] 第２の態様では、第２レーザ光をワークに出射する前に、第１レーザ光を第１コア及び第２コアから出射してワークの予熱範囲を広げることで、ワークの加工品質を高めることができる。

発明の効果

[0012] 本開示の態様によれば、レーザ開始位置においてスパッタの発生を抑えることができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図１は、本実施形態に係るレーザ加工装置の概略構成を示す側面図である。

[図2]図２は、伝送ファイバを入射端側から見たときの断面図である。

[図3]図３は、レーザ光の波長と反射率との関係を示すグラフ図である。

[図4]図４は、レーザ光の総出力の時間変化を示すグラフ図である。

[図5A]図５Ａは、第１コアに第１レーザ光を入射させた状態を示す図である。

[図5B]図５Ｂは、第１コアから第１レーザ光を出射させた状態を示す図である。

[図6A]図６Ａは、第１コア及び第２コアに第１レーザ光を入射させた状態を示す図である。

[図6B]図６Ｂは、第１コア及び第２コアから第１レーザ光を出射させた状態を示す図である。

[図7A]図７Ａは、第１コアに第２レーザ光を入射させる一方、第２コアに第１レーザ光を入射させた状態を示す図である。

[図7B]図７Ｂは、第１コアから第２レーザ光を出射させる一方、第２コアから第１レーザ光を出射させた状態を示す図である。

[図8A]図８Ａは、第１コアに入射させる第２レーザ光の出力を増加させた状態を示す図である。

[図8B]図８Ｂは、第１レーザ光及び第２レーザ光の出射位置を移動させながら、第２レーザ光の出力を増加させた状態を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、以下の好ましい実施形態の説明は、本質的に例示に過ぎず、本発明、その適用物或いはその用途を制限することを意図するものではない。

[0015] 図１に示すように、レーザ加工装置１は、光結合ユニット１０と、伝送ファイバ２０と、レーザ加工ヘッド３０と、ロボット２と、制御部５とを備え

る。

[0016] 光結合ユニット１０は、第１レーザ発振器１１と、第２レーザ発振器１２と、第１ミラー１３と、第２ミラー１４と、第３ミラー１５と、第１調整機構１６と、第２調整機構１７と、第３調整機構１８とを有する。

[0017] 第１レーザ発振器１１は、制御部５からの指令に基づいて、第１レーザ光Ｌ１を出射する。第１レーザ光Ｌ１は、短波長のレーザ光である。短波長の第１レーザ光Ｌ１は、波長が６００ｎｍ以下（例えば、２６６ｎｍ～６００ｎｍ）の青色レーザ光又は緑色レーザ光である。第１レーザ発振器１１は、図示しない複数のレーザモジュールから複数の第１レーザ光Ｌ１を出射する。

[0018] 第２レーザ発振器１２は、制御部５からの指令に基づいて、第２レーザ光Ｌ２を出射する。第２レーザ光Ｌ２は、第１レーザ光Ｌ１よりも波長の長い、長波長のレーザ光である。長波長の第２レーザ光Ｌ２は、波長が８００ｎｍ以上（例えば、８００ｎｍ～１６０００ｎｍ程度）の赤外レーザ光である。

[0019] 第１ミラー１３は、第１レーザ発振器１１から出射された複数の第１レーザ光Ｌ１のうち一部の第１レーザ光Ｌ１を反射して、第１調整機構１６に導光する。

[0020] 第２ミラー１４は、第１レーザ発振器１１から出射された複数の第１レーザ光Ｌ１のうち残りの第１レーザ光Ｌ１を反射して、第２調整機構１７に導光する。

[0021] 第３ミラー１５は、第２レーザ発振器１２から出射された第２レーザ光Ｌ２を反射して、第３調整機構１８に導光する。

[0022] 第１調整機構１６は、例えば、２軸ＭＥＭＳ（Micro Electro Mechanical Systems）ミラーで構成される。第１調整機構１６は、第１ミラー１３で反射された第１レーザ光Ｌ１をさらに反射して、伝送ファイバ２０に導光する。第１調整機構１６は、ミラーの角度を変更することで、伝送ファイバ２０に対する第１レーザ光Ｌ１の入射位置を変更する。これにより、第１レーザ光

Ｌ１を、伝送ファイバ２０の第１コア２１又は第２コア２２に対して選択的に入射可能となっている。

[0023] 第２調整機構１７は、例えば、２軸ＭＥＭＳミラーで構成される。第２調整機構１７は、第２ミラー１４で反射された第１レーザ光Ｌ１をさらに反射して、伝送ファイバ２０に導光する。第２調整機構１７は、ミラーの角度を変更することで、伝送ファイバ２０に対する第１レーザ光Ｌ１の入射位置を変更する。これにより、第１レーザ光Ｌ１を、伝送ファイバ２０の第１コア２１又は第２コア２２に対して選択的に入射可能となっている。

[0024] 第３調整機構１８は、例えば、２軸ＭＥＭＳミラーで構成される。第３調整機構１８は、第３ミラー１５で反射された第２レーザ光Ｌ２をさらに反射して、伝送ファイバ２０に導光する。第３調整機構１８は、ミラーの角度を変更することで、伝送ファイバ２０に対する第２レーザ光Ｌ２の入射位置を変更する。これにより、第２レーザ光Ｌ２を、伝送ファイバ２０の第１コア２１又は第２コア２２に対して選択的に入射可能となっている。

[0025] なお、第１調整機構１６、第２調整機構１７、及び第３調整機構１８は、２軸ＭＥＭＳミラーの代わりに、２軸のガルバノメータ（ガルバノミラー）を用いた構成としてもよい。

[0026] 光結合ユニット１０とレーザ加工ヘッド３０とは、伝送ファイバ２０で接続される。第１レーザ光Ｌ１及び第２レーザ光Ｌ２は、伝送ファイバ２０を介してレーザ加工ヘッド３０に伝送される。

[0027] 図２にも示すように、伝送ファイバ２０は、第１コア２１と、第２コア２２と、第１クラッド２３と、第２クラッド２４と、保護皮膜２５とを有する。

[0028] 第１コア２１は、伝送ファイバ２０の軸心に配置される。第１コア２１は、軸方向から見て円形状に形成される。第１コア２１は、例えば、石英ガラスで形成される。

[0029] 第１コア２１の外周部には、第１クラッド２３が設けられる。第１クラッド２３は、第１コア２１と同軸に設けられる。第１クラッド２３は、第１コ

ア２１よりも屈折率の低い材料で形成される。第１クラッド２３は、例えば、フッ素がドープされた石英ガラスで構成される。第１クラッド２３の屈折率は、第１コア２１の屈折率よりも低い。

[0030] 第１クラッド２３の外周部には、第２コア２２が設けられる。第２コア２２は、第１コア２１と同軸に設けられる。第２コア２２は、軸方向から見てリング状に形成される。第２コア２２は、第１コア２１と同じ材質、例えば、石英ガラスで構成される。第２コア２２の屈折率は、第１クラッド２３の屈折率よりも高い。

[0031] 第２コア２２の外周部には、第２クラッド２４が設けられる。第２クラッド２４は、第１コア２１及び第２コア２２と同軸に設けられる。第２クラッド２４は、例えば、フッ素がドープされた石英ガラスで構成される。第２クラッド２４の屈折率は、第２コア２２の屈折率よりも低い。

[0032] 第２クラッド２４の外周部には、保護皮膜２５が設けられる。保護皮膜２５は、例えば、合成樹脂で構成される。保護皮膜２５は、石英ガラスで構成された第１コア２１、第２コア２２、第１クラッド２３、及び第２クラッド２４を機械的に保護する。保護皮膜２５は、伝送ファイバ２０から第１レーザ光Ｌ１及び第２レーザ光Ｌ２が漏れ出すことや、外部から伝送ファイバ２０に光が漏れ込むのを抑える。

[0033] 図１に示すように、レーザ加工ヘッド３０は、伝送ファイバ２０から入射される第１レーザ光Ｌ１及び第２レーザ光Ｌ２をワークＷに出射する。図１に示す例では、円形状の第２レーザ光Ｌ２の外周部が、リング状の第１レーザ光Ｌ１で囲まれた状態で、レーザ光が出射される。

[0034] レーザ加工ヘッド３０は、コリメートレンズ３１と、第４ミラー３２と、集光レンズ３３とを有する。

[0035] コリメートレンズ３１は、伝送ファイバ２０の出射端から出射された第１レーザ光Ｌ１及び第２レーザ光Ｌ２を平行化する。

[0036] 第４ミラー３２は、コリメートレンズ３１で平行化された第１レーザ光Ｌ１及び第２レーザ光Ｌ２を反射して、集光レンズ３３に導光する。

[0037] 集光レンズ３３は、第１レーザ光Ｌ１及び第２レーザ光Ｌ２を集光する。集光レンズ３３で集光された第１レーザ光Ｌ１及び第２レーザ光Ｌ２は、ワークＷに出射される。

[0038] ロボット２は、ロボットアーム３を有する。ロボットアーム３の先端部には、レーザ加工ヘッド３０が取り付けられる。ロボットアーム３は、複数の関節部４を有する。

[0039] ロボット２は、制御部５からの指令に基づいて、レーザ加工ヘッド３０を所定の溶接方向（加工方向）に沿って移動させ、ワークＷに対するレーザ加工ヘッド３０の位置を変更する。これにより、ワークＷに対する第１レーザ光Ｌ１及び第２レーザ光Ｌ２の出射位置を移動させ、レーザ加工を行う。

[0040] 制御部５は、光結合ユニット１０、レーザ加工ヘッド３０、及びロボット２に接続される。制御部５は、光結合ユニット１０、レーザ加工ヘッド３０、及びロボット２の動作を制御する。

[0041] 制御部５は、レーザ加工ヘッド３０の移動速度の他に、第１レーザ光Ｌ１及び第２レーザ光Ｌ２の出力開始や停止、第１レーザ光Ｌ１及び第２レーザ光Ｌ２の出力強度などを制御する機能も備える。なお、制御部５は、ここで１つの構成になっているが、複数で構成しても良い。

[0042] ワークＷは、例えば板状に形成される。ワークＷは、レーザ吸収率の低い高反射率材料で構成される。具体的に、図３に示すように、レーザ光の反射率は、ワークＷの材質によって異なる。例えば、波長が８００ｎｍ以上の長波長としての赤外レーザ光を基準とした場合、銅（Ｃｕ）、アルミニウム（Ａｌ）、金（Ａｕ）、銀（Ａｇ）は、鉄（Ｆｅ）に比べてレーザ光の波長の反射率（％）が高く、言い換えるとレーザ吸収率の低い高反射率材料であることが分かる。一方、鉄（Ｆｅ）は、相対的にレーザ光の波長の反射率（％）が低く、言い換えるとレーザ吸収率の高い低反射率材料であることが分かる。

[0043] そこで、本実施形態では、ワークＷをレーザ吸収率の低い高反射率材料である銅で構成している。なお、ワークＷを金又は銀で構成してもよい。

[0044] 〈レーザ開始位置における動作について〉

ところで、ワークＷの溶接開始点であるレーザ開始位置Ｓにおいて、レーザ開始工程でのレーザ照射開始時に、第１レーザ光Ｌ１及び第２レーザ光Ｌ２をワークＷに対して同時に出射すると、レーザ開始位置Ｓでスパッタが発生するおそれがある。

[0045] そこで、本実施形態のレーザ加工装置１では、レーザ開始位置Ｓにおいて、レーザ開始工程でのスパッタの発生を抑えるための制御を行うようにした。

[0046] 具体的に、レーザ開始工程を図４に示す。このように、レーザ開始位置Ｓでレーザ光の出射を開始したときの時刻Ｔ１から時刻Ｔ２の間において、制御部５は、第１工程を行う。第１工程では、制御部５は、第１コア２１から第１レーザ光Ｌ１が出射されるように、光結合ユニット１０の動作を制御する。

[0047] 第１工程において、図５Ａに示すように、制御部５は、短波長の第１レーザ発振器１１を動作させて、短波長の第１レーザ光Ｌ１を出射させる一方、長波長の第２レーザ発振器１２の動作を停止させる。制御部５は、第１調整機構１６のミラーの角度を調整して、第１ミラー１３で反射された第１レーザ光Ｌ１を伝送ファイバ２０の軸心に構成された第１コア２１に入射させる。さらに、制御部５は、第２調整機構１７のミラーの角度を調整して、第２ミラー１４で反射された第１レーザ光Ｌを伝送ファイバ２０の第１コア２１に入射させる。

[0048] 図５Ｂに示すように、第１コア２１に入射された短波長の第１レーザ光Ｌ１は、ワークＷに対して円形状に出射される。ワークＷのレーザ開始位置Ｓには、第１レーザ光Ｌ１によりワークＷが一部溶融した溶融池４０が形成される。このように、短波長の第１レーザ光Ｌ１のビーム径を小さくしてレーザのパワー密度を上げてワークＷに出射することで、レーザ開始位置Ｓでの高反射材料のワークＷを短い時間で溶融させることができる。ここで、第１レーザ光Ｌ１の出力は、０．５ｋＷ～４ｋＷ、好ましくは、２ｋＷに設定す

る。

[0049] 図４に示すように、時刻Ｔ２から時刻Ｔ３の間において、制御部５は、第４工程を行う。第４工程では、制御部５は、第１コア２１及び第２コア２２の両方から第１レーザ光Ｌ１が出射されるように、光結合ユニット１０の動作を制御する。

[0050] 第４工程において、図６Ａに示すように、制御部５は、短波長の第１レーザ発振器１１を動作させて短波長の第１レーザ光Ｌ１を出射させる一方、長波長の第２レーザ発振器１２の動作を停止させる。制御部５は、第１調整機構１６のミラーの角度を調整して、第１ミラー１３で反射された第１レーザ光Ｌ１を伝送ファイバ２０の第１コア２１に入射させる。さらに、制御部５は、第２調整機構１７のミラーの角度を調整して、第２ミラー１４で反射された第１レーザ光Ｌ１を第２コア２２に入射させる。

[0051] 図６Ｂに示すように、第１コア２１に入射された短波長の第１レーザ光Ｌは、ワークＷに対して円形状に出射される。第２コア２２に入射された短波長の第１レーザ光Ｌ１は、ワークＷに対してリング状に出射される。第１コア２１及び第２コア２２から出射された第１レーザ光Ｌ１が合わさることで、第４工程における第１レーザ光Ｌ１のビーム径は、第１工程における第１レーザ光Ｌ１のビーム径（図５Ｂ参照）よりも大きくなる。第４工程において、ワークＷのレーザ開始位置Ｓには、第１工程時よりも大きな溶融池４０が形成される。このように、第１レーザ光Ｌ１のビーム径を大きくすることで、レーザ開始位置Ｓにおける第１レーザ光Ｌ１の出射範囲が広がり、また第１工程に比べてレーザのパワー密度を相対的に下げてワークＷの予熱も行うことができる。

[0052] 図４に示すように、時刻Ｔ３において、制御部５は、第２工程を行う。第２工程では、制御部５は、第１コア２１から長波長の第２レーザ光Ｌ２が出射される一方、第２コア２２から短波長の第１レーザ光Ｌ１が出射されるように、光結合ユニット１０の動作を制御する。

[0053] 第２工程において、図７Ａに示すように、制御部５は、短波長の第１レー

ザ発振器１１を動作させて短波長の第１レーザ光Ｌ１を出射させる一方、長波長の第２レーザ発振器１２を動作させて長波長の第２レーザ光Ｌ２を出射させる。

[0054] 制御部５は、第１調整機構１６のミラーの角度を調整して、第１ミラー１３で反射された短波長の第１レーザ光Ｌ１を、伝送ファイバ２０の第１コア２１と同軸で且つ第１コア２１の外周側に設けられた第２コア２２に入射させる。制御部５は、第２調整機構１７のミラーの角度を調整して、第２ミラー１４で反射された短波長の第１レーザ光Ｌ１を伝送ファイバ２０の第２コア２２に入射させる。制御部５は、第３調整機構１８のミラーの角度を調整して、第３ミラー１５で反射された長波長の第２レーザ光Ｌ２を伝送ファイバ２０の軸心に設けられた第１コア２１に入射させる。

[0055] 第２工程において、図７Ｂに示すように、伝送ファイバ２０の軸心に設けられた第１コア２１に入射された長波長の第２レーザ光Ｌ２は、ワークＷに対して円形状に出射される。第２コア２２に入射された短波長の第１レーザ光Ｌ１は、ワークＷに対してリング状に出射される。ワークＷのレーザ開始位置Ｓには、長波長の第２レーザ光Ｌ２の高出力によって溶け込み量が大きくなった溶融池４０が形成される。ここで、第２レーザ光Ｌ２の出力は、例えば、４ｋＷに設定する。

[0056] このように、第１工程、第４工程において、高反射材料のワークＷに対して、短波長の第１レーザ光Ｌ１のビーム径を小さくして、ワークＷの一部が溶融して形成された溶融池４０を形成し、次に第１レーザ光Ｌ１のビーム径を大きくして、レーザのパワー密度を相対的に下げてワークＷの予熱を促進する。その後に、溶融金属で形成される溶融池４０により、高反射材料のワークＷの表面のレーザ吸収率が相対的に上がった状態で、第２工程において、ワークＷの溶融池４０に対し、長波長の第２レーザ光Ｌ２を出射し、その外周にリング状に、短波長の第１レーザ光Ｌ１を出射し、溶け込み量が大きくなった溶融池４０を形成する。

[0057] これにより、溶け込み量を大きくするとともに、溶融池４０に形成される

図示しないキーホールの開口の周縁の傾斜を押し広げるようにしてキーホールの開口を押し広げ、キーホール内の金属溶融蒸気の安定した排出を促進し、キーホールの崩落を抑制することで、レーザ開始工程でのレーザ開始位置Ｓにおけるスパッタの発生を抑え、ワークＷの加工品質を高めることができる。

[0058] また、第１コア２１から出射した長波長の第２レーザ光Ｌ２の周囲に、第２コア２２を通過してリング状となった短波長の第１レーザ光Ｌ１を出射することで、第２レーザ光Ｌ２の前方を予熱しつつ、第２レーザ光Ｌ２の後方の加工表面をきれいにすることができる。

[0059] 図４に示すように、時刻Ｔ３から時刻Ｔ４の間において、制御部５は、第３工程を行う。第３工程では、制御部５は、伝送ファイバ２０の軸心に設けられた第１コア２１から長波長の第２レーザ光Ｌ２が出射される一方、第１コア２１の外周に設けられた第２コア２２から短波長の第１レーザ光Ｌ１が出射されるように、光結合ユニット１０の動作を制御する。また、制御部５は、レーザ加工ヘッド３０を溶接方向に移動させながら、伝送ファイバ２０の軸心に設けられた第１コア２１から出射される長波長の第２レーザ光Ｌ２の出力を徐々に増加させる。

[0060] 第３工程において、図８Ａに示すように、制御部５は、第１レーザ発振器１１を動作させて第１レーザ光Ｌ１を出射させる一方、第２レーザ発振器１２を動作させて第２レーザ光Ｌ２を出射させる。

[0061] 制御部５は、第１調整機構１６のミラーの角度を調整して、第１ミラー１３で反射された短波長の第１レーザ光Ｌ１を、伝送ファイバ２０の第１コア２１と同軸で且つ第１コア２１の外周側に設けられた第２コア２２に入射させる。制御部５は、第２調整機構１７のミラーの角度を調整して、第２ミラー１４で反射された短波長の第１レーザ光Ｌ１を伝送ファイバ２０の第２コア２２に入射させる。制御部５は、第３調整機構１８のミラーの角度を調整して、第３ミラー１５で反射された長波長の第２レーザ光Ｌ２を、伝送ファイバ２０の第１コア２１に入射させる。

[0062] 第３工程において、図８Ｂに示すように、伝送ファイバ２０の軸心に設けられた第１コア２１に入射された長波長の第２レーザ光Ｌ２は、ワークＷに対して円形状に出射される。第２コア２２に入射された短波長の第１レーザ光Ｌ１は、ワークＷに対してリング状に出射される。制御部５は、第２レーザ発振器１２の動作を制御して、第１コア２１に入射される長波長の第２レーザ光Ｌ２の出力を増加させる。ここで、第２レーザ光Ｌ２の出力は、例えば、１０ｋＷに設定する。

[0063] 具体的に、図４に示すように、時刻Ｔ４における第２レーザ光Ｌ２の出力は、時刻Ｔ３における第２レーザ光Ｌ２の出力よりも大きくなっている。そのため、時刻Ｔ３におけるレーザ光の総出力Ｐ１よりも、時刻Ｔ４におけるレーザ光の総出力Ｐ２の方が大きくなる。制御部５は、時刻Ｔ３から時刻Ｔ４にかけて、レーザ光の総出力がＰ１からＰ２に徐々に変化するように、第２レーザ発振器１２の動作を制御する。ワークＷには、短波長の第１レーザ光Ｌ１及び長波長の第２レーザ光Ｌ２のワークＷに対する出射位置に溶融池４０が形成される。ワークＷにおける溶融池４０よりも溶接方向の後方には、溶融池４０が凝固することで溶接ビード４１が形成される。

[0064] このように、レーザ開始工程の第３工程において、レーザ加工ヘッド３０を溶接方向に移動させながら、レーザ光の出力を徐々に増加させることで、レーザ開始位置Ｓにおけるスパッタの発生を抑えつつ、レーザ加工ヘッド３０を溶接方向に移動させながら、ワークＷの溶け込み深さを十分に確保することができる。

[0065] 《その他の実施形態》

前記実施形態については、以下のような構成としてもよい。

[0066] 本実施形態では、時刻Ｔ１から時刻Ｔ２の間において、短波長の第１レーザ光Ｌ１を第１コア２１から出射させる第１工程を行い、時刻Ｔ２から時刻Ｔ３の間において、短波長の第１レーザ光Ｌ１を第１コア２１及び第２コア２２から出射させる第４工程を行い、時刻Ｔ３において、短波長の第１レーザ光Ｌ１を第２コア２２から出射させる一方、長波長の第２レーザ光Ｌ２を

第１コア２１から出射させる第２工程を行い、時刻Ｔ３から時刻Ｔ４の間において、第１レーザ光Ｌ１及び第２レーザ光Ｌ２のワークＷに対する出射位置をレーザ加工方向に移動させながら、第１コア２１から出射させる第２レーザ光Ｌ２の出力を徐々に増加させる第３工程を行うようにしたが、この形態に限定するものではない。

[0067] 例えば、第１工程の後、第４工程を行うことなく、第２工程を行うようにしてもよい。つまり、時刻Ｔ１から時刻Ｔ３の間において第１工程を行い、時刻Ｔ３において第２工程を行い、時刻Ｔ３から時刻Ｔ４の間において第３工程を行うようにしてもよい。

[0068] 本実施形態では、ロボット２でレーザ加工ヘッド３０を移動させ、ワークＷに対するレーザ加工ヘッド３０の位置を変更するようにしたが、この形態に限定するものではない。例えば、ワークＷを移動テーブル（図示省略）に搭載して、レーザ加工ヘッド３０に対して、ワークＷを相対的に移動させる構成であってもよい。

[0069] また、レーザ加工ヘッド３０とワークＷを搭載した移動テーブルとを相対的に移動させ、ワークＷに対して相対的に第１レーザ光Ｌ１及び第２レーザ光Ｌ２を移動させて加工する構成であっても良い。

[0070] 本実施形態では、１つのレーザ加工ヘッド３０から短波長の第１レーザ光Ｌ１及び長波長の第２レーザ光Ｌ２を出射するようにした形態について説明したが、この形態に限定するものではない。例えば、短波長の第１レーザ光Ｌ１を出射するレーザ加工ヘッドと、長波長の第２レーザ光Ｌ２を出射するレーザ加工ヘッドとを別々に設けた構成であってもよい。

産業上の利用可能性

[0071] 以上説明したように、本発明は、レーザ開始位置においてスパッタの発生を抑えることができるという実用性の高い効果が得られることから、きわめて有用で産業上の利用可能性は高い。

符号の説明

[0072] １ レーザ加工装置

２　ロボット

５　制御部

１１　第１レーザ発振器

１２　第２レーザ発振器

１６　第１調整機構

１７　第２調整機構

１８　第３調整機構

２０　伝送ファイバ

２１　第１コア

２２　第２コア

Ｌ１　第１レーザ光

Ｌ２　第２レーザ光

Ｗ　ワーク

請求の範囲

[請求項1] 伝送ファイバで伝送されたレーザ光を出射してワークを加工するレーザ加工方法であって、

前記伝送ファイバは、第１コアと、該第１コアの外周部に設けられた第２コアとを少なくとも有し、

前記レーザ光は、第１レーザ光と、該第１レーザ光よりも波長の長い第２レーザ光とを含み、

前記ワークの加工開始時に、前記第１レーザ光及び前記第２レーザ光の出力を調整するレーザ開始工程を備え、

前記レーザ開始工程は、

前記第１レーザ光を前記第１コアから出射させる第１工程と、

前記第１レーザ光を前記第２コアから出射させる一方、前記第２レーザ光を前記第１コアから出射させる第２工程と、

前記第１レーザ光及び前記第２レーザ光の前記ワークに対する出射位置をレーザ加工方向に移動させながら、前記第１コアから出射させる該第２レーザ光の出力を徐々に増加させる第３工程とを有する

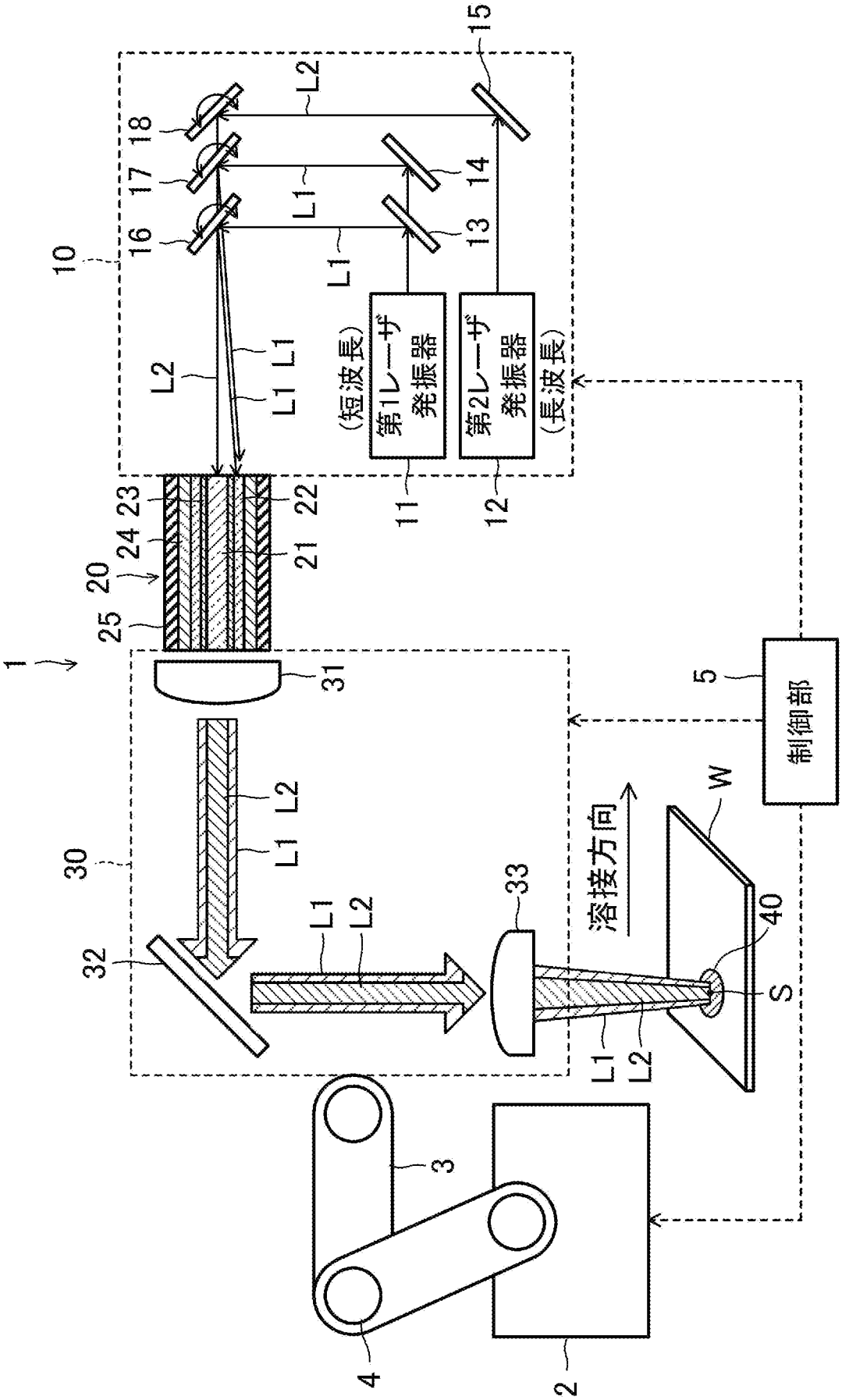
ことを特徴とするレーザ加工方法。

[請求項2] 請求項１において、

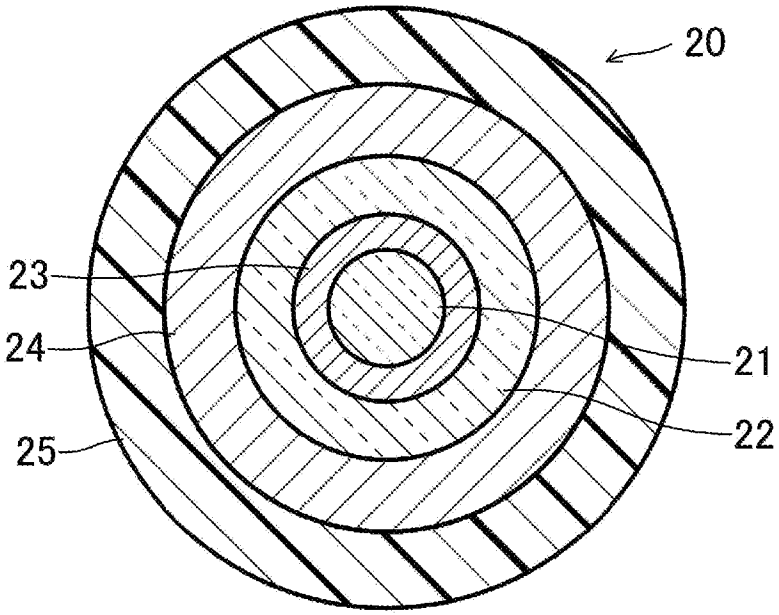
前記第２工程の前に、前記第１レーザ光を前記第１コア及び前記第２コアから出射させる第４工程を有する

ことを特徴とするレーザ加工方法。

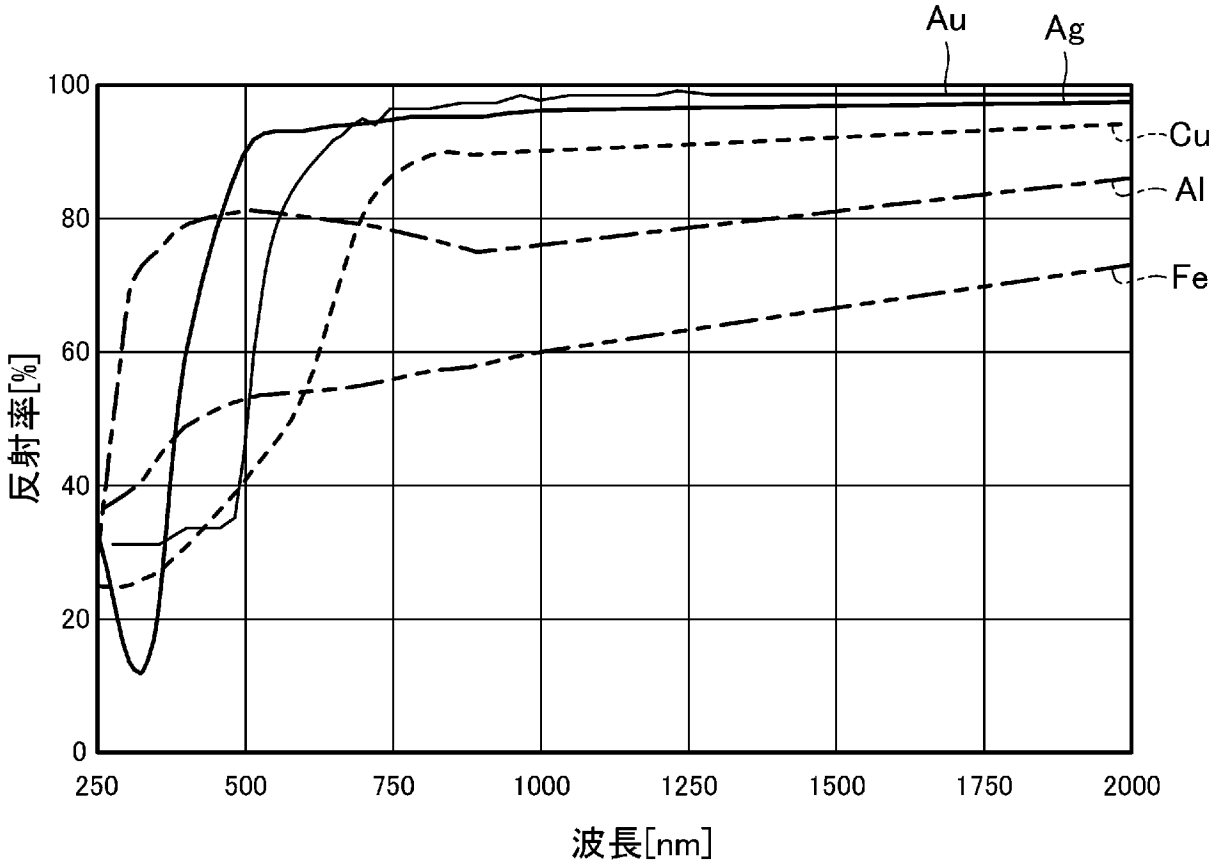
[図1]


15
L2
18
17
16
14
L1
13
L1
10
L2
L1 L1
(短波長)
第1レーザ発振器
第2レーザ発振器
(長波長)
11
12
23
24
20
25
22
21
1
31
5
制御部
L1 L2
30
L1
L2
33
溶接方向
W
32
40
S
L1
L2
3
4
2

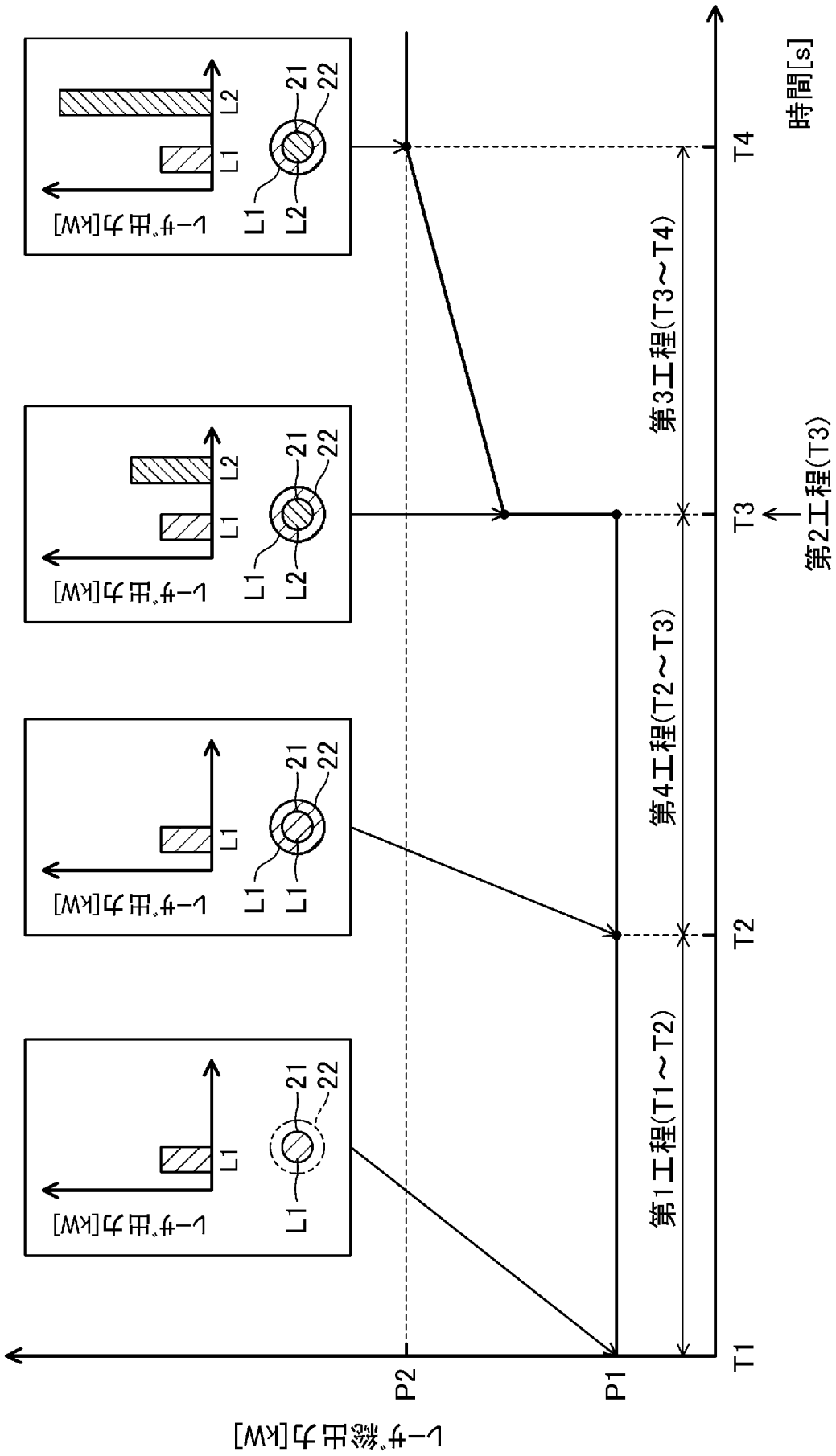
[図2]


20
23
24
25
21
22

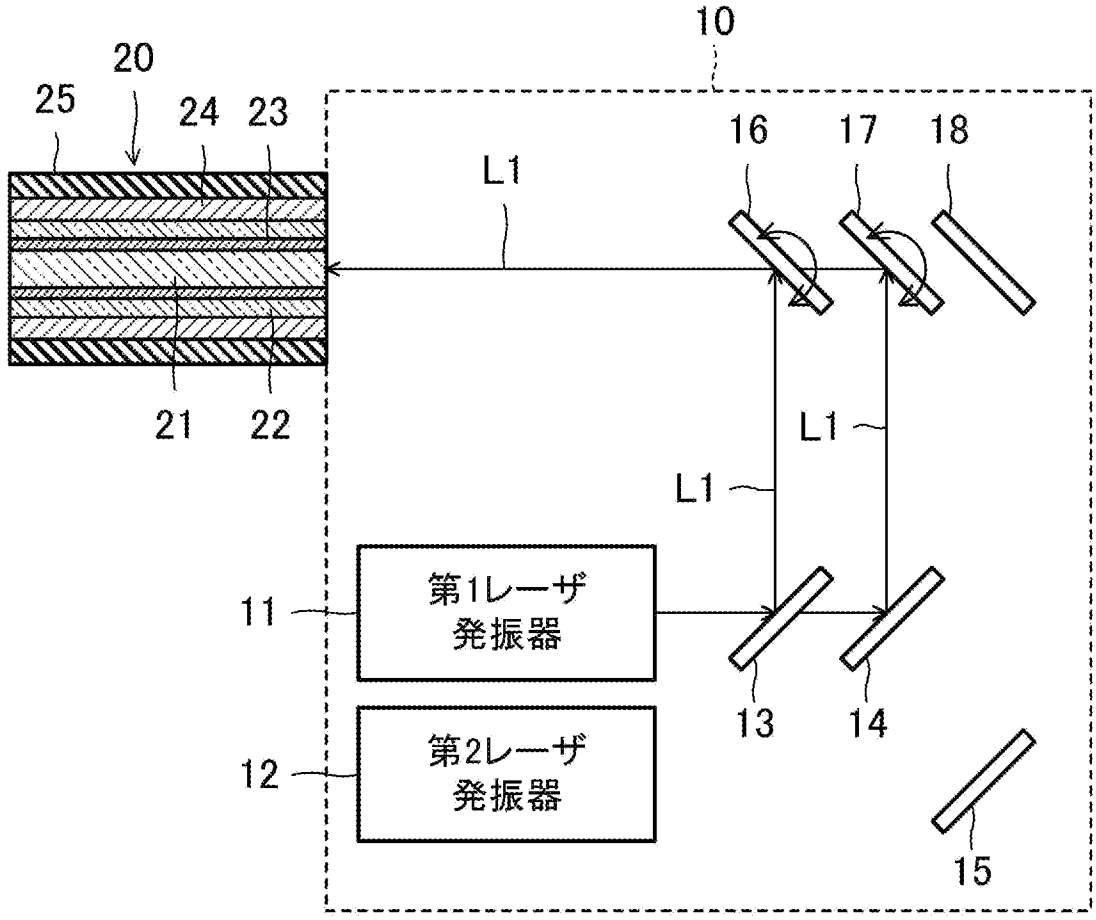
[図3]


Au
Ag
Cu
Al
Fe
100
80
60
40
20
0
反射率[%]
250
500
750
1000
1250
1500
1750
2000
波長[nm]

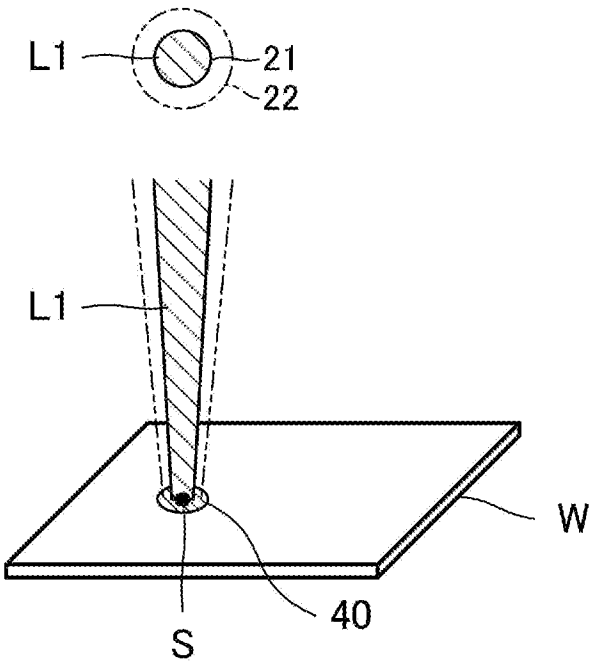
[図4]


レーザ総出力[kW]
P1
P2
T1
T2
T3
T4
時間[s]
第1工程(T1～T2)
第4工程(T2～T3)
第2工程(T3)
第3工程(T3～T4)
レーザ出力[kW]
L1
L2
21
22

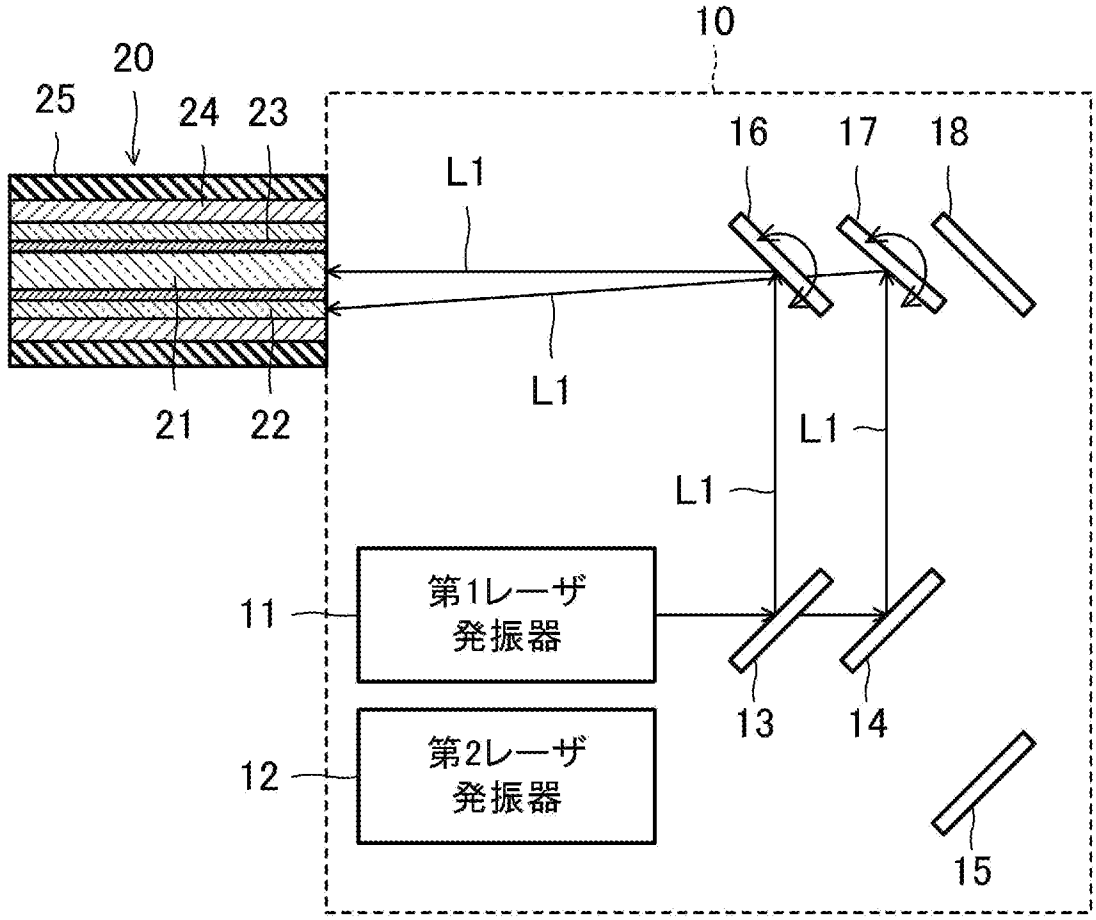
[図5A]


10
20
25
24
23
16
17
18
L1
21
22
L1
L1
11
第1レーザ
発振器
12
第2レーザ
発振器
13
14
15

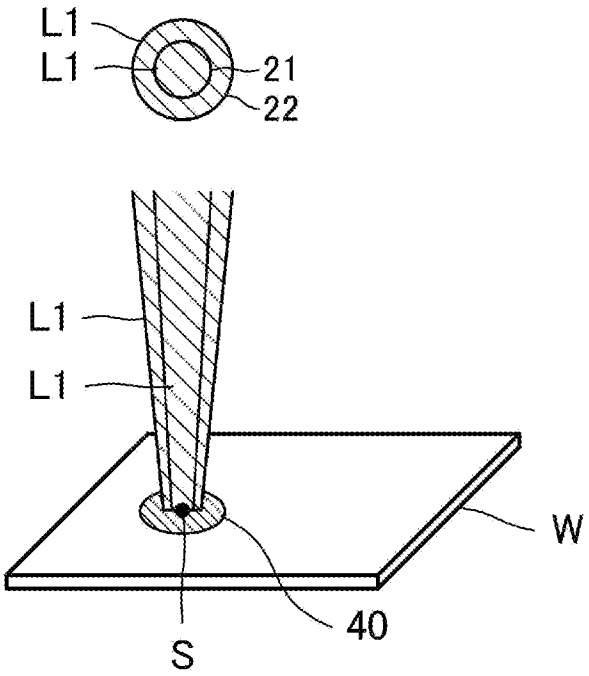
[図5B]


L1
21
22
L1
W
40
S

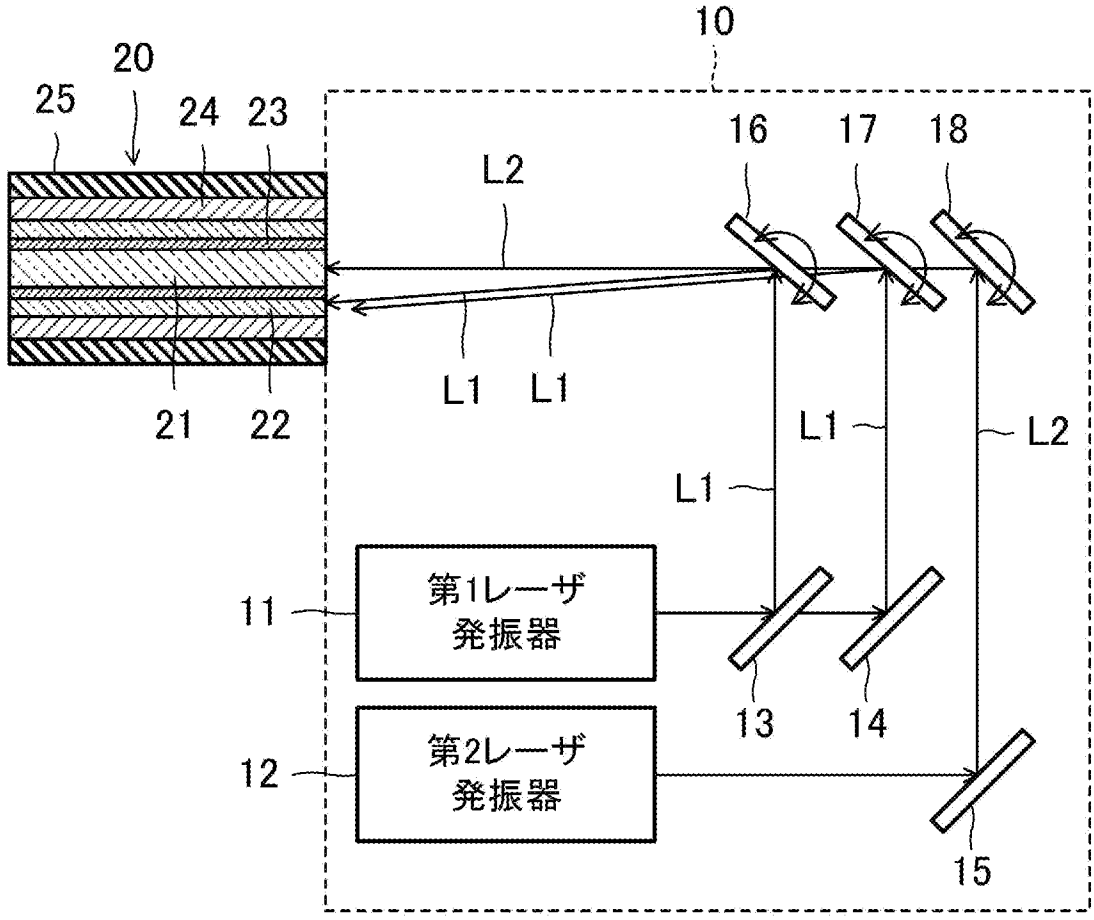
[図6A]


10
20
25
24
23
16
17
18
L1
L1
L1
L1
21
22
第1レーザ
発振器
第2レーザ
発振器
11
12
13
14
15

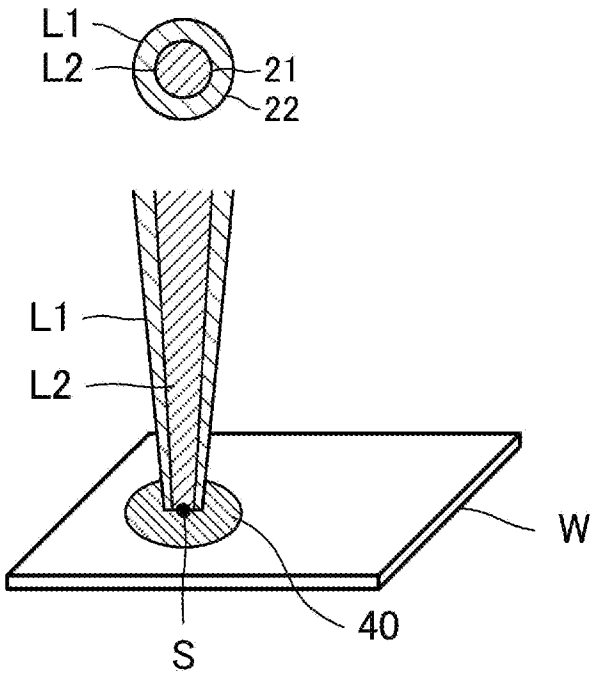
[図6B]


L1
L1
21
22
L1
L1
W
40
S

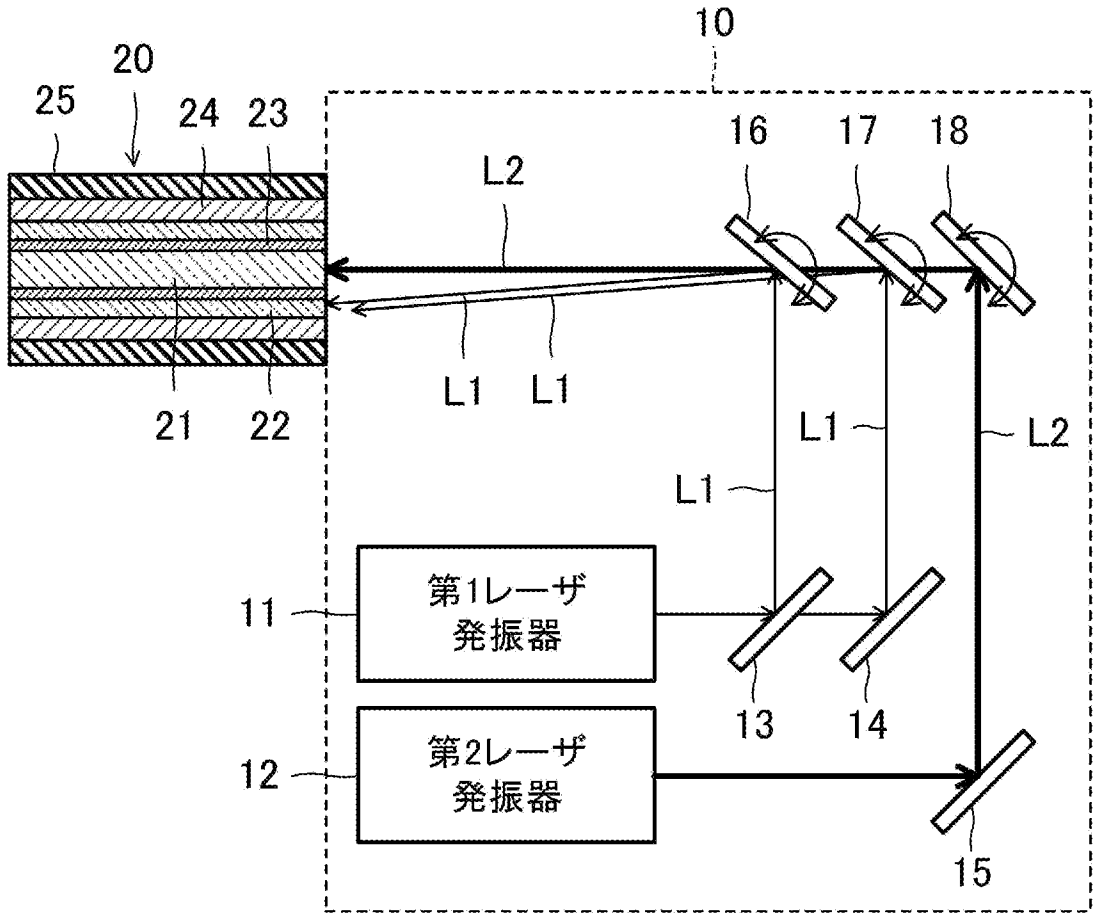
[図7A]


10
20
25
24
23
16
17
18
L2
L1
L1
21
22
L1
L1
L2
第1レーザ
発振器
11
第2レーザ
発振器
12
13
14
15

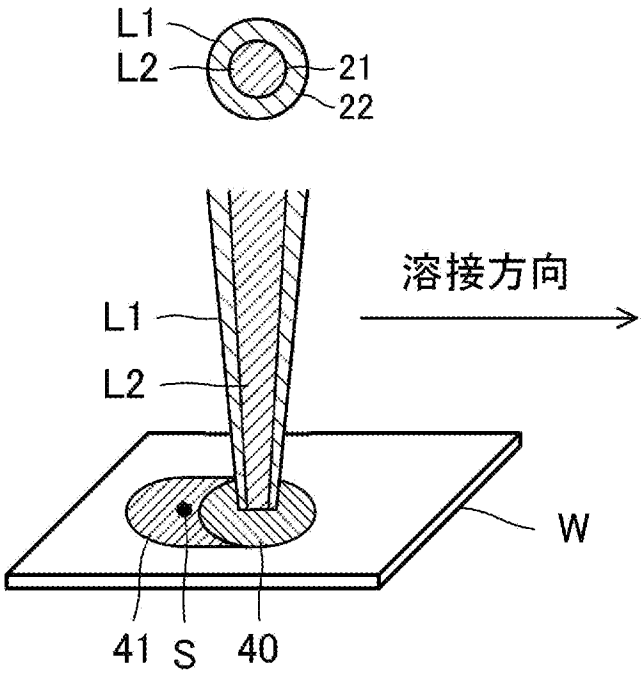
[図7B]


L1
L2
21
22
L1
L2
W
40
S

[図8A]


10
20
25
24
23
16
17
18
L2
L1
L1
21
22
L1
L2
L1
11
第1レーザ
発振器
12
第2レーザ
発振器
13
14
15

[図8B]


L1
L2
21
22
溶接方向
L1
L2
W
41
S
40

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/003153

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K 26/064(2014.01)i; ***B23K 26/00***(2014.01)i
FI: B23K26/064 K; B23K26/00 N

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 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
A	WO 2017/134964 A1 (MURATA MACHINERY, LTD.) 10 August 2017 (2017-08-10) entire text, all drawings	1-2
A	WO 2019/176502 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 19 September 2019 (2019-09-19) entire text, all drawings	1-2
A	JP 2018-174059 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 08 November 2018 (2018-11-08) entire text, all drawings	1-2

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

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

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 March 2023	**28 March 2023**
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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/003153

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2017/134964 A1	10 August 2017	US 2020/0290151 A1 entire text, all drawings CN 108495733 A	
WO 2019/176502 A1	19 September 2019	US 2020/0406403 A1 entire text, all drawings EP 3766627 A1 CN 111601677 A	
JP 2018-174059 A	08 November 2018	US 2018/0281111 A1 entire text, all drawings CN 108695484 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/003153

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 K; B23K26/00 N

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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
A	WO 2017/134964 A1 (村田機械株式会社) 10.08.2017 (2017-08-10) 全文,全図	1-2
A	WO 2019/176502 A1 (パナソニックＩＰマネジメント株式会社) 19.09.2019 (2019-09-19) 全文,全図	1-2
A	JP 2018-174059 A (パナソニックＩＰマネジメント株式会社) 08.11.2018 (2018-11-08) 全文,全図	1-2

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

*　引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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	国際調査報告の発送日
17.03.2023	28.03.2023

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）
柏原　郁昭 3P 3113

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/JP2023/003153

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2017/134964 A1	10.08.2017	US 2020/0290151 A1 全文,全図 CN 108495733 A	
WO 2019/176502 A1	19.09.2019	US 2020/0406403 A1 全文,全図 EP 3766627 A1 CN 111601677 A	
JP 2018-174059 A	08.11.2018	US 2018/0281111 A1 全文,全図 CN 108695484 A	