



(51) 国際特許分類:

B23K 26/03 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2020/041786

(22) 国際出願日:

2020年11月9日(09.11.2020)

(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 2019-205117 2019年11月13日(13.11.2019) JP

(71) 出願人: ヌヴォトンテクノロジー  
ジャパン株式会社 (NUVOTON TECHNOLOGY  
CORPORATION JAPAN) [JP/JP]; 〒6178520 京  
都府長岡京市神足焼町1番地 Kyoto (JP).

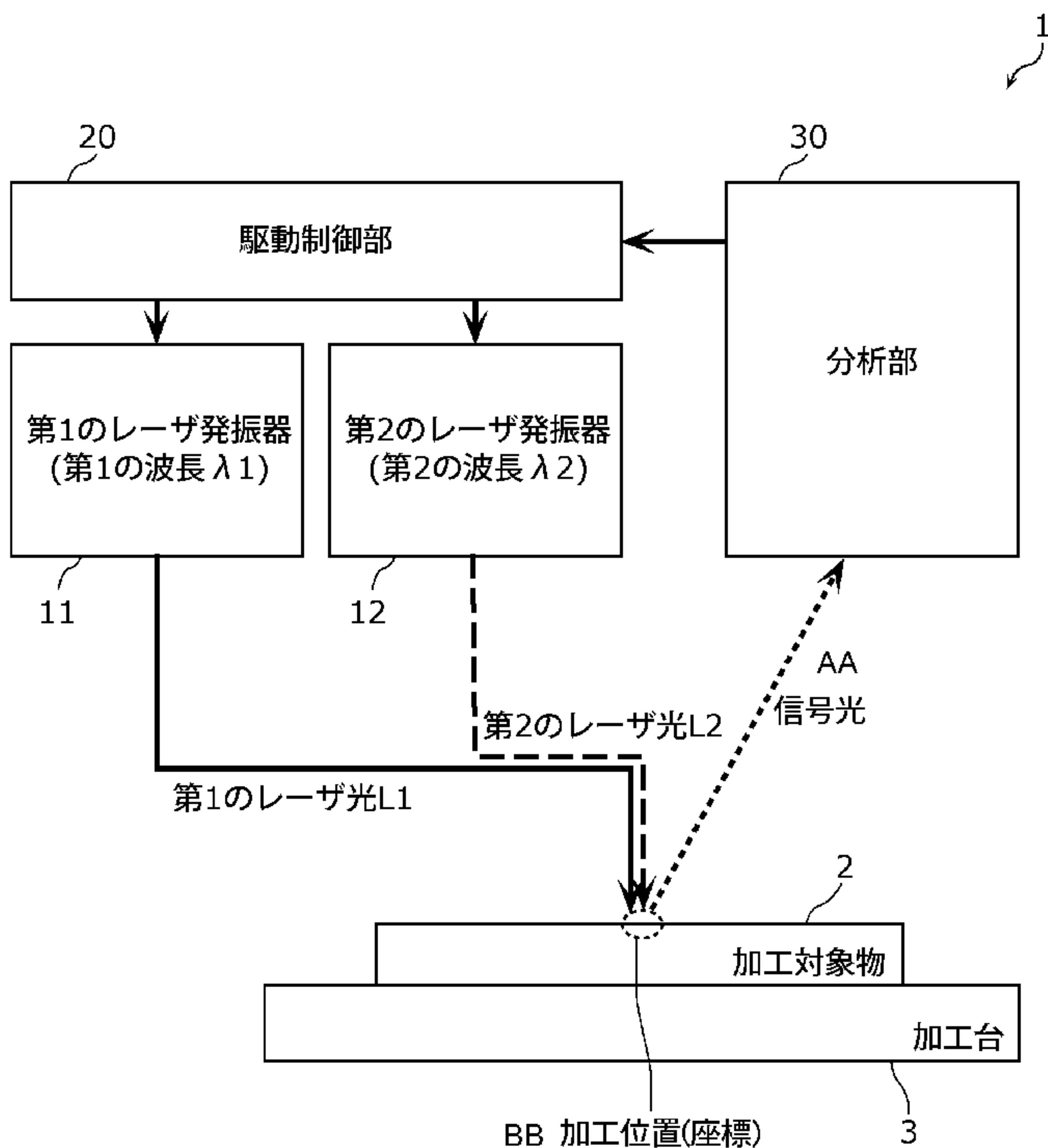
(72) 発明者: 吉田 真治(YOSHIDA, Shinji).

(74) 代理人: 新居 広守, 外 (NII, Hiromori et al.);  
〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目  
3番10号タナカ・イトーピア新大阪ビル6  
階新居国際特許事務所内 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, 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,

(54) Title: LASER PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: レーザ加工装置



- 2 Workpiece
- 3 Processing table
- 11 First laser oscillator (first wavelength  $\lambda_1$ )
- 12 Second laser oscillator (second wavelength  $\lambda_2$ )
- 20 Drive control unit
- 30 Analyzing unit
- L1 First laser light
- L2 Second laser light
- AA Signal light
- BB Processing position (coordinate)

(57) Abstract: A laser processing device (1) is provided with a first laser oscillator (11) for emitting first laser light (L1) of which the peak wavelength is a first wavelength, a second laser oscillator (12) for emitting second laser light (L2) of which the peak wavelength is a second wavelength different from the first wavelength, a drive control unit (20) for driving each of the first laser oscillator (11) and the second laser oscillator (12), and an analyzing unit (30) which acquires signal light from a workpiece (2) and adjusts the processing conditions of the workpiece (2) on the basis of the acquired

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))

signal light, wherein the drive control unit (20) changes the intensity of at least one of the first laser light (L1) and the second laser light (L2) by driving the first laser oscillator (11) and the second laser oscillator (12) in accordance with the processing conditions, and causes the workpiece (2) to be irradiated with at least one of the first laser light (L1) and the second laser light (L2).

(57) 要約: レーザ加工装置 (1) は、ピーク波長が第1の波長である第1のレーザ光 (L1) を出射する第1のレーザ発振器 (11) と、ピーク波長が第1の波長とは異なる第2の波長である第2のレーザ光 (L2) を出射する第2のレーザ発振器 (12) と、第1のレーザ発振器 (11) および第2のレーザ発振器 (12) の各々を駆動する駆動制御部 (20) と、加工対象物 (2) からの信号光を取得し、取得した信号光に基づいて加工対象物 (2) の加工条件を調整する分析部 (30) とを備え、駆動制御部 (20) は、前記加工条件に応じて第1のレーザ発振器 (11) および第2のレーザ発振器 (12) を駆動することで第1のレーザ光 (L1) および第2のレーザ光 (L2) の少なくとも一方の強度を変化させて加工対象物 (2) に第1のレーザ光 (L1) および第2のレーザ光 (L2) の少なくとも一方を照射させる。

## 明 細 書

発明の名称： レーザ加工装置

### 技術分野

[0001] 本開示は、レーザ加工装置に関し、特に、２種類以上の材料からなる複合材をレーザ光により加工するレーザ加工装置に関する。

### 背景技術

[0002] 従来、レーザ光を照射することで対象物をレーザ加工するレーザ加工装置として、対象物の材料の違いに応じてレーザ光の切り替えができるように複数の波長のレーザ光を出射することができるものが知られている。例えば、特許文献１の図１には、この種のレーザ加工装置に用いられる光源として、赤色のレーザ光を出射する半導体レーザ素子および赤外のレーザ光を出射する半導体レーザ素子を有する多波長レーザ発光装置が開示されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献１：特開２００１－２４９５５６号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 加工対象物を加工台に配置してレーザ加工する際、加工対象物が加工台に配置される位置を予め決めておくことで加工対象物の所定の加工位置にレーザ光を照射することができる。これにより、高いスループットで、レーザ照射によって加工対象物の材料が飛散するスパッタの少ない（つまり加工品質の高い）レーザ加工を行うことができる。

[0005] しかしながら、加工対象物が加工台に置かれたときに予め決められた位置から加工対象物がずれてしまったり、加工対象物の外形がばらついていて加工対象物に個体差（個体ばらつき）があったりすると、加工対象物の所定の加工位置に適切なレーザ光が照射されず、加工不良の原因となる。

[0006] 特に、加工対象物として２種類以上の材料からなる複合材を用いる場合、

材料の変化点でレーザー光の波長を切り替えることがあるが、このときに加工対象物の位置がずれると、複合材における複数の材料の各々に適切な波長のレーザー光が照射されず、加工不良が生じてしまう。この結果、加工品質が低下したりスループットが低下したりする。

[0007] 本開示は、このような課題を解決するためになされたものであり、高いスループットで高品質なレーザー加工を実現できるレーザー加工装置等を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するために、本開示に係るレーザー加工装置の一態様は、レーザー光によって対象物を加工するレーザー加工装置であって、ピーク波長が第1の波長である第1のレーザー光を出射する第1のレーザー発振器と、ピーク波長が第1の波長とは異なる第2の波長である第2のレーザー光を出射する第2のレーザー発振器と、前記第1のレーザー発振器および前記第2のレーザー発振器の各々を駆動する駆動制御部と、前記対象物からの信号光を取得し、取得した前記信号光に基づいて前記対象物の加工条件を調整する分析部とを備え、前記駆動制御部は、前記加工条件に応じて前記第1のレーザー発振器および前記第2のレーザー発振器を駆動することで前記第1のレーザー光および前記第2のレーザー光の少なくとも一方の強度を変化させて前記対象物に前記第1のレーザー光および前記第2のレーザー光の少なくとも一方を照射させる。

### 発明の効果

[0009] 本開示によれば、高いスループットで高品質なレーザー加工を実現することができる。

### 図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1の(a)は、レーザー加工装置を用いて複合材にレーザー光を照射して複合材を加工するときの様子を説明するための図であり、図1の(b)は、レーザー加工装置のXY座標系における(a)の平面図である。

[図2]図2は、予め決められたレシピにより複合材をレーザー加工する際に複合材の位置ずれが発生した様子を示す図である。

[図3]図 3 は、実施の形態 1 に係るレーザ加工装置の構成を示すブロック図である。

[図4]図 4 は、実施の形態 1 に係るレーザ加工方法のフローチャートである。

[図5]図 5 は、実施の形態 2 に係るレーザ加工装置の構成を示すブロック図である。

[図6]図 6 は、実施の形態 2 に係るレーザ加工方法のフローチャートである。

[図7]図 7 は、実施の形態 3 に係るレーザ加工装置の構成を示すブロック図である。

[図8]図 8 は、実施の形態 3 に係るレーザ加工方法のフローチャートである。

[図9]図 9 は、実施の形態 4 に係るレーザ加工装置の構成を示すブロック図である。

[図10]図 10 は、実施の形態 4 に係るレーザ加工方法のフローチャートである。

[図11]図 11 は、実施の形態 4 において、加工対象物の信号光から得られた反射スペクトルの一例を示す図である。

[図12]図 12 は、実施の形態 4 において、データベースに保存された反射スペクトルのデータ群の一例を示す図である。

[図13]図 13 は、実施の形態 5 に係るレーザ加工装置の構成を示すブロック図である。

[図14]図 14 は、実施の形態 5 において、イメージセンサで撮像された 2 次元画像の一例を示す図である。

[図15]図 15 は、実施の形態 5 に係るレーザ加工方法のフローチャートである。

[図16]図 16 は、実施の形態 5 におけるイメージセンサの 1 つの画素のレイアウトの一例を示す図である。

[図17]図 17 は、実施の形態 5 におけるイメージセンサの 1 つの画素のレイアウトの他の一例を示す図である。

[図18]図 18 は、実施の形態 5 における分光画素による反射スペクトルの一

例を示す図である。

[図19]図19は、実施の形態6に係るレーザ加工装置の構成を示すブロック図である。

[図20]図20は、実施の形態6に係るレーザ加工方法のフローチャートである。

[図21]図21は、実施の形態6において、イメージセンサにより撮像された加工深さに対する発光強度の一例を示す図である。

[図22]図22は、変形例に係るレーザ加工装置の構成を示すブロック図である。

## 発明を実施するための形態

[0011] (本開示の一態様を得るに至った経緯)

まず、本開示の実施の形態の説明に先立ち、本開示の一態様を得るに至った経緯を説明する。

[0012] 2種類以上の材料からなる複合材に対してレーザ加工を行う場合、材料によって光吸収率が異なるため、複数の波長のレーザ光を出射することができるレーザ加工装置を用いて、材料の変化点でレーザ光の波長を切り替えてレーザ加工を行うことが考えられる。例えば、図1の(a)および(b)に示すように、第1の材料で構成された第1の部位2aと第1の材料とは異なる第2の材料で構成された第2の部位2bとが平面視で横に並んで接続された複合材2Xを2つ重ねて、所定の加工位置であるライン状の溶接領域にレーザ光を照射することで第1の部位2a同士および第2の部位2b同士を溶接して2つの複合材2Xを接合する場合、第1の部位2aと第2の部位2bとは光吸収率が異なるため、第1の部位2aに対応する溶接個所では第1の部位2aを構成する第1の材料に適した波長の第1のレーザ光L1を照射し、第2の部位2bに対応する溶接個所では第2の部位2bを構成する第2の材料に適した波長の第2のレーザ光L2を照射する。具体的には、複合材2Xとして、第1の部位2aを構成する第1の材料がアルミニウムからなり且つ第2の部位2bを構成する第2の材料が銅からなる複合金属板を用いる場

合、アルミニウムは赤外光に対する光吸収率が高く、銅は青色光に対する吸収率が高いので、第1のレーザ光L1を赤外レーザ光とし、第2のレーザ光L2を青色レーザ光とする。そして、第1の部位2aと第2の部位2bとの境界をレーザ切替位置とし、このレーザ切替位置で複合材2Xに照射するレーザ光を第1のレーザ光L1から第2のレーザ光L2に切り替える。

[0013]   このような方法で加工対象物のレーザ加工を行う場合、どの位置にどの材料が配置されていてどのようなレーザ光を照射するか等といった加工条件（「レシピ」）を予め作成しておくことで、異なる複数の材料の各々が存在する任意の位置において、各材料に適した波長のレーザ光を選択することができる。例えば、図1の（b）に示すように、加工台に配置された複合材2Xをレーザ加工装置でレーザ溶接する場合、レーザ加工装置（またはレーザ加工システム）上のXY座標系において、複合材2Xが加工台に配置される位置を予め決めておいて、第1の部位2aと第2の部位2bとが存在する位置から溶接領域の座標範囲を予め決めておくとともに、第1の部位2aと第2の部位2bとの境界をレーザ切替座標として複合材2Xに照射するレーザ光をレーザ切替座標で第1のレーザ光L1から第2のレーザ光L2に切り替えるというレーザ条件を予め決めておくことで、複合材2Xについての溶接領域とレーザ条件とをレシピとして予め作成しておく。これにより、このレシピに基づいてレーザ切替座標で複合材2Xに照射するレーザ光を第1のレーザ光L1から第2のレーザ光L2に切り替えることができるので、材料が異なる第1の部位2aと第2の部位2bとに対してそれぞれの材料に適したレーザ光を照射することができる。したがって、高いスループットでスパッタの少ない（つまり加工品質の高い）レーザ加工を実現することができる。

[0014]   しかしながら、加工対象物の設置ばらつきまたはレーザ加工装置の位置精度等によって、加工対象物が加工台に置かれたときに予め決められた位置から加工対象物がずれてしまったり、加工対象物の外形がばらついて加工対象物に個体差（個体ばらつき）があったりする場合がある。例えば、図2に示すように、加工対象物である複合材2Xが加工台に置かれたときに複合材2

Xがレシピで予め決められた位置からずれて加工対象物の位置がずれたり加工対象物の外形のばらつき等によって加工対象物に個体差が生じたりして座標ずれが発生した場合に、レシピで予め決められたレーザ切替座標でレーザ光の切り替えが行われると、第1の部位2 aと第2の部位2 bとの境界ではレーザ光が切り替えられず、第1の部位2 aと第2の部位2 bとの境界とは異なる位置でレーザ光が切り替えられる。例えば、図2では、複合材2 Xの位置がX軸方向のマイナス側にずれているので、レシピ上のレーザ切替座標は、複合材2 Xの位置ずれに伴ってX軸方向のプラス側にずれることになる。この結果、第1の部位2 aから第2の部位2 bへとレーザ光をスキャンして複合材2 Xを加工する場合、複合材2 Xに実際に照射されるレーザ光は、第1の部位2 aと第2の部位2 bとの境界を越えた第2の部位2 bの上で切り替えられることになる。この結果、第1の部位2 aにおける溶接領域については全て適切な波長のレーザ光が照射されるものの、第2の部位2 bにおける溶接領域については適切ではない波長のレーザ光が照射される部分が含まれることになる。具体的には、第1の部位2 aと第2の部位2 bとの実際の境界と予め決められたレーザ切替座標との間に位置する第2の部位2 bには、第1の部位2 aの材料に適した第1のレーザ光L 1が照射されることになる。この結果、複合材2 Xの溶接領域（加工位置）の全域にわたって適切な波長のレーザ光を照射することができなくなる。

[0015] このように、レーザ加工を行う前に予め決められたレシピ（加工条件）を作成しておいてレーザ加工を行う方法では、加工対象物に位置ずれ等が発生すると、加工対象物の所定の加工位置にレーザ光を照射することができなくなる。この結果、加工対象物の加工不良が発生して加工品質が低下し、ひいてはスループットが低下する。

[0016] 例えば、レーザ光の波長の切替座標のばらつきを回避するためには、個々の加工対象物の外形ばらつきや設置位置を測定し、加工対象物1つ1つにレーザ光の波長の切替座標を適切に対応させた個別のレシピを都度作成する必要がある、その結果、スループットが低下する。

[0017] 本開示は、このような課題を解決するためになされたものであり、複合材をレーザ加工するような場合であっても、高いスループットで高品質なレーザ加工を実現できるレーザ加工装置等を提供することを目的とする。

[0018] 以下、本開示の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、いずれも本開示の具体例を示すものである。したがって、以下の実施の形態で示される、数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置および接続形態、並びに、ステップ（工程）およびステップの順序などは、一例であって本開示を限定する主旨ではない。

[0019] また、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。したがって、各図において縮尺などは必ずしも一致していない。各図において、実質的に同一の構成に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略または簡略化する。

[0020] （実施の形態１）

まず、実施の形態１に係るレーザ加工装置１の構成について、図３を用いて説明する。図３は、実施の形態１に係るレーザ加工装置１の構成を示すブロック図である。

[0021] 図３に示すように、レーザ加工装置１は、レーザ光によって加工対象物２を加工する装置である。つまり、レーザ加工装置１は、レーザ光を加工対象物２に向けてレーザ光を照射することで、加工対象物２にレーザ加工を施す。レーザ加工装置１によるレーザ加工は、例えば、溶接、切断、穴あけ等である。

[0022] 加工対象物２は、レーザ加工装置１によって加工される対象物である。つまり、加工対象物２は、レーザ光が照射される照射対象物である。本実施の形態において、加工対象物２は、図１に示される複合材２Ｘであり、加工台３に配置される。

[0023] 加工台３は、加工対象物２が置かれるステージである。加工台３は、互いに直交するＸ軸方向およびＹ軸方向の２軸方向に移動できるように構成されている。加工台３は、さらに、Ｘ軸およびＹ軸の両方に直交するＺ軸方向（

例えば鉛直方向）に移動できるように構成されていてもよいし、所定の $\theta$ 軸を中心に回転できるように構成されていてもよい。

[0024] 図3に示すように、レーザ加工装置1は、第1のレーザ発振器11と、第2のレーザ発振器12と、駆動制御部20と、分析部30とを備える。

[0025] 第1のレーザ発振器11は、加工対象物2をレーザ加工するための加工用レーザ光として、ピーク波長が第1の波長( $\lambda_1$ )である第1のレーザ光L1を出射する。第2のレーザ発振器12は、加工対象物2をレーザ加工するための加工用レーザ光として、ピーク波長が第1の波長とは異なる第2の波長( $\lambda_2 \neq \lambda_1$ )である第2のレーザ光L2を出射する。第1のレーザ発振器11および第2のレーザ発振器12は、例えば、レーザ光を出射する半導体レーザ素子によって構成されている。

[0026] 本実施の形態において、第2のレーザ発振器12が出射する第2のレーザ光L2の第2の波長は、第1のレーザ発振器11が出射する第1のレーザ光L1の第1の波長よりも短い( $\lambda_1 > \lambda_2$ )。

[0027] 一例として、第1のレーザ光L1の第1の波長は、近赤外線以上の波長である。具体的には、第1のレーザ光L1の第1の波長は、800nm以上の波長である。また、第2のレーザ光L2の第2の波長は、可視光線以下の波長である。具体的には、第2のレーザ光L2の第2の波長は、800nm以下の波長である。

[0028] 例えば、加工対象物2として、図1に示されるように、第1の部位2aを構成する第1の材料がアルミニウムからなり且つ第2の部位2bを構成する第2の材料が銅からなる複合材2Xを用いる場合、アルミニウムは赤外光に対する光吸収率が高く、銅は青色光に対する吸収率が高いので、第1のレーザ光L1を赤外レーザ光とし、第2のレーザ光L2を青色レーザ光とするとよい。なお、複合材2Xの材料の組み合わせは、アルミニウムと銅に限らず、アルミニウムと金またはニッケルとの組み合わせであってもよい。複合材2Xの材料の組み合わせは、光吸収率が異なる異種金属の組み合わせであればよい。

[0029] 第1のレーザ発振器11から出射した第1のレーザ光L1は、加工台3に配置された加工対象物2に照射される。同様に、第2のレーザ発振器12から出射した第2のレーザ光L2は、加工台3に配置された加工対象物2に照射される。具体的には、第1のレーザ光L1および第2のレーザ光L2は、加工対象物2の加工位置に照射される。このとき、加工位置に向けてレーザ光を導光し集光するために適切なレンズやミラーなどの光学系が配置されているとよい。

[0030] 駆動制御部20は、第1のレーザ発振器11および第2のレーザ発振器12の各々を駆動する。

[0031] 具体的には、駆動制御部20は、第1のレーザ発振器11を点灯駆動させることで第1のレーザ発振器11から第1のレーザ光L1を出射させたり、第1のレーザ発振器11を消灯駆動することで第1のレーザ光L1を出射させないようにしたりすることができる。つまり、駆動制御部20は、第1のレーザ発振器11を駆動することで、第1のレーザ光L1の出射を開始させたり停止させたりすることができる。さらに、駆動制御部20は、第1のレーザ発振器11を駆動することで、第1のレーザ光L1の強度（出力）を変化させることができる。

[0032] 同様に、駆動制御部20は、第2のレーザ発振器12を点灯駆動させることで第2のレーザ発振器12から第2のレーザ光L2を出射させたり、第2のレーザ発振器12を消灯駆動することで第2のレーザ光L2を出射させないようにしたりすることができる。つまり、駆動制御部20は、第2のレーザ発振器12を駆動することで、第2のレーザ光L2の出射を開始させたり停止させたりすることができる。さらに、駆動制御部20は、第2のレーザ発振器12を駆動することで、第2のレーザ光L2の強度（出力）を変化させることができる。

[0033] 分析部30は、加工対象物2からの信号光を取得し、取得した信号光に基づいて加工対象物2の加工条件を調整する。具体的には、分析部30は、加工対象物2から得られる信号光を分析することで加工対象物2の材料情報を

取得し、取得した材料情報に基づいて加工対象物 2 をレーザ加工する際の加工条件（レーザ加工条件）を調整する。例えば、分析部 30 は、加工対象物 2 からの信号光を受光する光検出器等の機構と、受光した信号光の強度に応じて加工対象物 2 の加工条件を調整するための制御回路等の制御装置を有する。

[0034] 一例として、加工対象物 2 として複合材 2 X を用いる場合、分析部 30 は、第 1 の部位 2 a からの信号光を分析することで第 1 の部位 2 a が第 1 の材料で構成されているという材料情報を取得して、取得した材料情報に基づいて加工対象物 2 の第 1 の部位 2 a をレーザ加工する際の加工条件を調整する。具体的には、分析部 30 は、加工対象物 2 の第 1 の部位 2 a の第 1 の材料に適したレーザ光として第 1 のレーザ光 L 1 を選択するとともに第 1 のレーザ光 L 1 の強度を設定することで加工条件を調整する。同様に、分析部 30 は、第 2 の部位 2 b からの信号光を分析することで第 2 の部位 2 b が第 2 の材料で構成されているという材料情報を取得して、取得した材料情報に基づいて加工対象物 2 の第 2 の部位 2 b をレーザ加工する際の加工条件を調整する。具体的には、分析部 30 は、加工対象物 2 の第 2 の部位 2 b の第 2 の材料に適したレーザ光として第 2 のレーザ光 L 2 を選択するとともに第 2 のレーザ光 L 2 の強度を設定することで加工条件を調整する。

[0035] そして、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 では、駆動制御部 20 は、分析部 30 で得られた加工条件に応じて第 1 のレーザ発振器 11 および第 2 のレーザ発振器 12 を駆動することで第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 の少なくとも一方の強度を変化させて加工対象物 2 に第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 の少なくとも一方を照射させている。

[0036] 具体的には、駆動制御部 20 は、加工対象物 2 からの信号光を分析部 30 で分析することで得られた加工対象物 2 の材料情報に基づいて調整された加工対象物 2 の加工条件にしたがって、第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 の各々の強度を変化させて加工対象物 2 に対して第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 を選択的に照射させている。つまり、駆動制御

部 2 0 は、分析部 3 0 で得られた加工対象物 2 の材料情報に応じて加工対象物 2 の材料に適したレーザ光が照射されるようにレーザ光を切り替えている。この場合、駆動制御部 2 0 は、第 1 のレーザ発振器 1 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 の駆動を制御して、加工対象物 2 に照射するレーザ光を第 1 のレーザ光 L 1 から第 2 のレーザ光 L 2 に切り替えたり第 2 のレーザ光 L 2 から第 1 のレーザ光 L 1 に切り替えたりする。

[0037] 例えば、加工対象物 2 として複合材 2 X を用いる場合、第 1 の部位 2 a をレーザ加工するときには、分析部 3 0 により第 1 の部位 2 a の第 1 の材料に適した加工条件として第 1 のレーザ光 L 1 およびその強度が調整されるので、駆動制御部 2 0 は、分析部 3 0 で調整された加工条件にしたがって第 1 の部位 2 a の第 1 の材料に適した第 1 のレーザ光 L 1 が第 1 の部位 2 a に照射されるように、第 1 のレーザ発振器 1 1 を点灯駆動するとともに第 2 のレーザ発振器 1 2 を消灯駆動する。同様に、第 2 の部位 2 b をレーザ加工するときには、分析部 3 0 により第 2 の部位 2 b の第 2 の材料に適した加工条件として第 2 のレーザ光 L 2 およびその強度が調整されるので、駆動制御部 2 0 は、分析部 3 0 で調整された加工条件にしたがって第 2 の部位 2 b の第 2 の材料に適した第 2 のレーザ光 L 2 が第 2 の部位 2 b に照射されるように、第 2 のレーザ発振器 1 2 を点灯駆動するとともに第 1 のレーザ発振器 1 1 を消灯駆動する。

[0038] 次に、レーザ加工装置 1 を用いた本実施の形態に係るレーザ加工方法について、図 3 を参照しつつ、図 4 を用いて説明する。図 4 は、実施の形態 1 に係るレーザ加工方法のフローチャートである。

[0039] 図 4 に示すように、まず、加工対象物 2 を加工台 3 に置く（ステップ S 1 1）。具体的には、レーザ加工装置 1 によってレーザ加工の対象となる加工対象物 2 を加工台 3 に配置する。例えば、レーザ加工装置 1 によって加工対象物 2 の加工位置にレーザ光を照射することで 2 つの加工対象物 2 同士を溶接する場合、加工対象物 2 の加工位置は、溶接領域となる。

[0040] 次に、加工対象物 2 の加工位置に光を照射する（ステップ S 1 2）。例え

ば、加工対象物 2 の加工位置からの信号光を受光するための光を加工対象物 2 の加工位置に照射する。一例として、レーザ光、LED 光または照明光等を加工対象物 2 に照射する。ステップ S 1 2 は、分析部 3 0 によって行われる。したがって、分析部 3 0 は、加工対象物 2 の加工位置に光を照射する機構を有する。

[0041] 次に、加工対象物 2 の加工位置からの信号光を受光する（ステップ S 1 3）。例えば、加工対象物 2 の加工位置に照射した光の反射光を信号光として受光する。ステップ S 1 3 は、分析部 3 0 が有する光検出器等で行うことができる。

[0042] 次に、受光した信号光に応じてレーザ加工を行うための加工条件を調整する（ステップ S 1 4）。具体的には、加工条件として、第 1 のレーザ発振器 1 1 から出射する第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 から出射する第 2 のレーザ光 L 2 の各々の強度（出力）を決定する。ステップ S 1 4 は、分析部 3 0 が有する制御装置等で行うことができる。

[0043] 次に、調整された加工条件からレーザ光の強度を変化させる（ステップ S 1 5）。具体的には、ステップ S 1 4 で調整された加工条件に応じて、第 1 のレーザ発振器 1 1 から出射する第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 から出射する第 2 のレーザ光 L 2 の少なくとも一方の強度を変化させる。ステップ S 1 5 は、駆動制御部 2 0 によって行われる。

[0044] 次に、加工対象物 2 にレーザ光を照射する（ステップ S 1 6）。具体的には、ステップ S 1 5 で設定された第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 の各々の強度にしたがって、第 1 のレーザ発振器 1 1 から第 1 のレーザ光 L 1 を出射させて加工対象物 2 の加工位置に第 1 のレーザ光 L 1 を照射したり、第 2 のレーザ発振器 1 2 から第 2 のレーザ光 L 2 を出射させて加工対象物 2 の加工位置に第 2 のレーザ光 L 2 を照射したりする。ステップ S 1 6 は、駆動制御部 2 0 によって行われる。

[0045] 本実施の形態に係るレーザ加工方法は、以上のような手順で行うことができる。この場合、ステップ S 1 3 からステップ S 1 6 を 1 回のみ繰り返して

行ってレーザ加工を終了させることができる。具体的には、ステップS 1 3 およびステップS 1 4 を行って加工対象物 2 に対して全ての加工位置の信号光を取得して加工対象物 2 の加工位置の全ての加工条件を先に調整した後で、調整された加工条件をもとにステップS 1 5 およびステップS 1 6 を行って第 1 のレーザ光L 1 および第 2 のレーザ光L 2 を照射してレーザ加工を行う。つまり、加工対象物 2 の全ての加工位置の加工条件のレシピを先に作成した後に、作成されたレシピを元にレーザ加工を行う。

[0046] また、ステップS 1 3 からステップS 1 6 を 1 回のみ行うのではなく、ステップS 1 3 からステップS 1 6 を複数回繰り返して行ってもよい。つまり、加工対象物 2 の加工位置の複数の個所の各々においてステップS 1 3 からステップS 1 6 を都度繰り返しながらレーザ加工を行ってもよい。例えば、加工対象物 2 におけるある加工位置において、ステップS 1 3 およびステップS 1 4 を行って加工対象物 2 の加工位置の信号光を取得して加工対象物 2 の加工条件を調整した後（つまりレシピを作成した後）、調整された加工条件（レシピ）をもとにステップS 1 5 およびステップS 1 6 を行って第 1 のレーザ光L 1 および第 2 のレーザ光L 2 を照射してレーザ加工を行う。次に、加工対象物 2 における別の加工位置において、ステップS 1 3 およびステップS 1 4 を行って加工対象物 2 の加工位置の信号光を取得して加工対象物 2 の加工条件を調整した後、調整された加工条件をもとにステップS 1 5 およびステップS 1 6 を行って第 1 のレーザ光L 1 および第 2 のレーザ光L 2 を照射してレーザ加工を行う。その後、さらに別の加工位置において同様のことを順次行う。このように、加工対象物 2 の加工位置の信号光を取得しつつ加工条件を作成してリアルタイムでレーザ加工を行ってもよい。

[0047] 以上、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 によれば、分析部 3 0 は、加工対象物 2 からの信号光を取得し、取得した信号光に基づいて加工対象物 2 の加工条件を調整し、駆動制御部 2 0 は、調整した加工条件に応じて第 1 のレーザ発振器 1 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 を駆動することで第 1 のレーザ光L 1 および第 2 のレーザ光L 2 の少なくとも一方の強度を変化させて

加工対象物 2 に第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 の少なくとも一方を照射させている。

[0048] このように、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 では、加工対象物 2 から得られる信号光を分析して加工対象物 2 の材料情報を取得し、取得した材料情報に応じて加工条件を調整して第 1 のレーザ発振器 1 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 を駆動している。

[0049] これにより、加工対象物 2 の材料に適した加工条件で加工対象物 2 の加工位置に第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 を選択的に照射させることができる。特に、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 では、加工対象物 2 の位置ずれまたは加工対象物 2 の個体差等によって加工対象物 2 の座標ずれが発生しても、加工対象物 2 ごとに加工条件を調整している。つまり、事前に作成された単一レシピで加工対象物 2 を加工するのではなく、加工台 3 に配置された現物の加工対象物 2 に応じてレシピを修正（または調整）することができる。さらに、加工台 3 に加工対象物 2 を配置する前に事前にレシピを作成することなく、加工台 3 に配置された現物の加工対象物 2 によって加工対象物の材料の特定と加工用レーザ光の波長選択を行うことができる。これにより、加工対象物 2 の座標位置によらず、加工対象物 2 の所定の加工位置で適切なレーザ加工を行うことができる。このため、加工対象物 2 が複合材 2 Xであっても、第 1 の部位 2 a および第 2 の部位 2 b の各々の加工位置において第 1 の部位 2 a および第 2 の部位 2 b の各々の材料に適した加工条件でレーザ加工を行うことができる。したがって、高いスループットで高品質なレーザ加工を実現することができる。

[0050] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 において、駆動制御部 2 0 は、分析部 3 0 で調整された加工条件に応じて第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 の一方を出射させ、かつ、第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 の他方を出射させないように、第 1 のレーザ発振器 1 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 を駆動している。

[0051] これにより、第 1 のレーザ発振器 1 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 のう

ち、分析部 30 から得られた加工対象物 2 の材料情報に応じてレーザ加工に適した方を選択的に駆動させることができる。したがって、高品質なレーザ加工を実現することができる。

[0052] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 において、第 1 のレーザ光 L1 の第 1 の波長は、近赤外線以上の波長である。

[0053] この構成により、第 1 のレーザ光 L1 は、アルミニウムや特定の樹脂など赤外線領域に高い光吸収率を有するので、これらの材料をレーザ加工する時の散乱光による発熱やスパッタを抑えることができる。これにより、さらに高い加工品質を実現することができる。

[0054] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 において、第 2 のレーザ光 L2 の第 2 の波長は、可視光線以下の波長である。

[0055] この構成により、第 2 のレーザ光 L2 は、高反射率の金属材料または樹脂などの有機材料に対して高い光吸収率を有するので、これらの材料をレーザ加工する時の散乱光による発熱やスパッタを抑えることができる。これにより、さらに高い加工品質を実現することができる。

[0056] （実施の形態 2）

次に、実施の形態 2 に係るレーザ加工装置 1 A の構成について、図 5 を用いて説明する。図 5 は、実施の形態 2 に係るレーザ加工装置 1 A の構成を示すブロック図である。

[0057] 図 5 に示すように、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 A は、上記実施の形態 1 に係るレーザ加工装置 1 と同様に、第 1 のレーザ発振器 11 と、第 2 のレーザ発振器 12 と、駆動制御部 20 と、分析部 30 とを備える。本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 A は、上記実施の形態 1 に係るレーザ加工装置 1 をより具体的にした構成になっている。

[0058] 本実施の形態において、駆動制御部 20 は、駆動回路 21 と、駆動電源 22 とを有する。本実施の形態における駆動制御部 20 は、上記実施の形態 1 と同様の機能を有する。

[0059] 駆動回路 21 は、分析部 30 の分析結果にしたがって、第 1 のレーザ発振

器 1 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 の各々を駆動制御する制御回路である。具体的には、駆動回路 2 1 は、第 1 のレーザ発振器 1 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 の点灯駆動および消灯駆動を制御したり、第 1 のレーザ発振器 1 1 から出射する第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 から出射する第 2 のレーザ光 L 2 の各々の強度を制御したりする。

[0060] 駆動電源 2 2 は、駆動回路 2 1 を駆動させるための電力を生成する電源である。例えば、駆動電源 2 2 は、外部からの入力電源の電力を、駆動回路 2 1 を駆動させるための所定の電力に変換する。

[0061] 分析部 3 0 は、加工対象物 2 からの信号光を取得したときの加工対象物 2 の加工位置での座標における加工条件を調整する。駆動制御部 2 0 は、この加工条件に応じて第 1 のレーザ発振器 1 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 を駆動することで第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 の少なくとも一方を、加工対象物 2 の加工位置での座標における加工位置の座標に基づいて加工対象物 2 に照射させる。

[0062] 本実施の形態において、分析部 3 0 は、データ処理部 3 1 と、光源 3 2 と、第 1 の検出器 3 3 a と、第 2 の検出器 3 3 b と、ビームスプリッタ 3 4 と、レンズ 3 5 とを有する。

[0063] データ処理部 3 1 は、加工対象物 2 からの信号光を解析する。データ処理部 3 1 は、加工対象物 2 からの信号光に基づいて加工対象物 2 の加工位置での座標における加工条件を調整する。本実施の形態において、加工対象物 2 からの信号光は、光源 3 2 が発した分析光の少なくとも一部が加工対象物 2 の表面で反射した反射光である。

[0064] 光源 3 2 から発せられた光は、分析光として、ビームスプリッタ 3 4 およびレンズ 3 5 を介して加工対象物 2 の加工位置に照射される。ビームスプリッタ 3 4 およびレンズ 3 5 は、加工対象物 2 の加工位置へ分析光を照射する光学系の一例である。

[0065] ビームスプリッタ 3 4 は、光源 3 2 から発せられた光を反射してレンズ 3 5 に入射させる。レンズ 3 5 は、ビームスプリッタ 3 4 で反射した光源 3 2

からの光を集光して加工対象物 2 の加工位置に照射する集光レンズである。なお、集光レンズは、例えば、凸レンズ等の光を集束させる集束レンズ及び／又は光を平行にするコリメートレンズである。つまり、集束レンズによって加工位置に光を照射させるだけでなく、コリメートレンズを用いて加工位置に平行化されたコリメート光を照射してもよい。

[0066] なお、加工対象物 2 の加工位置へ分析光を照射する光学系（照射・集光光学系）は、ビームスプリッタ 3 4 およびレンズ 3 5 に限るものではなく、ビームスプリッタ 3 4 およびレンズ 3 5 とは別の光学素子によって構成されていてもよいし、ビームスプリッタ 3 4 およびレンズ 3 5 に加えてさらに別の光学素子を含んでいてもよい。また、光源 3 2 から発せられた分析光は、分光器、または特定の波長帯を透過させるフィルターによって単色化されているとよい。

[0067] 加工対象物 2 に照射される分析光は、第 1 のレーザ光 L 1 のピーク波長である第 1 の波長（ $\lambda 1$ ）および第 2 のレーザ光 L 2 のピーク波長である第 2 の波長（ $\lambda 2$ ）の少なくともいずれか一方を含む。本実施の形態において、加工対象物 2 に照射される分析光は、第 1 の波長および第 2 の波長の両方を含む。具体的には、加工対象物 2 には、第 1 の波長を含む第 1 の分析光と第 2 の波長を含む第 2 の分析光とが照射される。

[0068] つまり、光源 3 2 は、第 1 の分析光と第 2 の分析光を発する。具体的には、光源 3 2 は、ピーク波長が第 1 のレーザ光 L 1 のピーク波長と同じ第 1 の波長（ $\lambda 1$ ）の光である第 1 の分析光を発する第 1 の光源と、ピーク波長が第 2 のレーザ光 L 2 のピーク波長と同じ第 2 の波長（ $\lambda 2$ ）の光である第 2 の分析光を発する第 2 の光源とを含む。光源 3 2 は、例えば、半導体レーザ素子を有するレーザ発振器または LED（Light Emitting Diode）によって構成されている。本実施の形態において、光源 3 2 は、第 1 の分析光としてピーク波長が  $\lambda 1$  のレーザ光を出射する第 1 のレーザ素子と、第 2 の分析光としてピーク波長が  $\lambda 2$  のレーザ光を出射する第 2 のレーザ素子とによって構成されている。

[0069] この場合、光源 3 2 から発せられた第 1 の分析光および第 2 の分析光は、ビームスプリッタ 3 4 で反射してレンズ 3 5 で集光されて加工対象物 2 に照射される。加工対象物 2 に照射された第 1 の分析光および第 2 の分析光は、加工対象物 2 で反射して信号光として分析部 3 0 に入射する。つまり、加工対象物 2 からの信号光は、第 1 の分析光が加工対象物 2 に照射されて加工対象物 2 で反射した反射光である第 1 の信号光と、第 2 の分析光が加工対象物 2 に照射されて加工対象物 2 で反射した反射光である第 2 の信号光とを含む。第 1 の信号光は、第 1 の分析光に含まれる第 1 の波長 ( $\lambda 1$ ) に関する光であり、第 2 の信号光は、第 2 の分析光に含まれる第 2 の波長 ( $\lambda 2$ ) に関する光である。

[0070] このとき、第 1 の波長 ( $\lambda 1$ ) の第 1 の分析光と第 2 の波長 ( $\lambda 2$ ) の第 2 の分析光とは、必ずしも同一の光学系によって加工対象物 2 に集光する必要はなく、光源 3 2 の波長に応じて複数の光学系を用いて異なる光路で加工対象物 2 に集光してもよい。また、加工対象物 2 からの信号光は、第 1 の分析光および第 2 の分析光と同一の光学系を用いて検出器へ導光する必要はなく、加工対象物 2 の表面で散乱される光も検出するためには、信号光を広角に集められる光学系の方が望ましい。さらに第 1 の分析光および第 2 の分析光がレーザ光である場合は、偏光光学系を用いて特定の偏光光を加工対象物 2 に照射し、加工対象物 2 からの信号光の光路に第 1 分析光および第 2 の分析光の偏光を透過させない偏光フィルターを設けてもよい。こうすることで、加工対象物 2 からの信号光を高い S/N 比 ( $S/N$ ) で検出できる。

[0071] このように、データ処理部 3 1 は、光源 3 2 から発せられて加工対象物 2 で反射した分析光を解析することで、加工対象物 2 の加工条件を調整する。具体的には、データ処理部 3 1 は、光源 3 2 から発せられて加工対象物 2 で反射した第 1 の分析光を第 1 の信号光として解析するとともに、光源 3 2 から発せられて加工対象物 2 で反射した第 2 の分析光を第 2 の信号光として解析することで、加工対象物 2 の加工条件を調整する。

[0072] 具体的には、データ処理部 3 1 は、加工対象物 2 の加工位置の座標におい

て、第1の信号光の強度と第2の信号光の強度とを比較することで加工対象物2の加工条件を調整する。より具体的には、データ処理部31は、第1の信号光および第2の信号光の強度から第1の分析光および第2の分析光の反射強度を解析し、加工対象物の加工位置での座標と第1の分析光および第2の分析光の反射強度とを対応させることで、加工対象物の加工位置での座標における加工条件を調整する。また、データ処理部31は、第1の検出器33aで受光した第1の信号光および第2の信号光の各々の強度を、第2の検出器33bで受光した第1の分析光および第2の分析光の各々の強度で補正する。

[0073] 本実施の形態では、第1の検出器33aと第2の検出器33bとを用いて第1の信号光および第2の信号光の強度を検出している。一例として、第1の検出器33aおよび第2の検出器33bは、光検出器である。

[0074] この場合、第1の検出器33aは、光源32から発せられた第1の分析光が加工対象物2で反射した第1の信号光を受光するとともに、光源32から発せられた第2の分析光が加工対象物2で反射した第2の信号光を受光する。本実施の形態において、加工対象物2からの第1の信号光および第2の信号光は、ビームスプリッタ34を透過して第1の検出器33aに入射する。

[0075] また、第2の検出器33bは、第1の分析光の少なくとも一部を受光するとともに、第2の分析光の少なくとも一部を受光する。本実施の形態において、光源32から発せられた第1の分析光および第2の分析光は、ビームスプリッタ34を透過して第2の検出器33bに入射する。

[0076] データ処理部31は、第1の検出器33aで受光した第1の信号光および第2の信号光の強度と、第2の検出器33bで受光した第1の分析光および第2の分析光の強度とに基づいて、第1の波長( $\lambda_1$ )および第2の波長( $\lambda_2$ )の各々の光反射率を演算し、加工対象物2の加工条件を調整する。つまり、データ処理部31は、算出した第1の波長( $\lambda_1$ )および第2の波長( $\lambda_2$ )の各々の光反射率に応じて、第1のレーザ発振器11の第1のレーザ光L1および第2のレーザ発振器12の第2のレーザ光L2の各々の強度

(出力)を調整する。

[0077] ここで、第1の検出器33aで受光した第1の信号光および第2の信号光の各々の強度(反射光強度)を $I_{ref}(\lambda 1)$ および $I_{ref}(\lambda 2)$ とし、第2の検出器33bで受光した第1の分析光および第2の分析光の各々の強度(光源光強度)を $I_{in}(\lambda 1)$ および $I_{in}(\lambda 2)$ とし、第1の波長( $\lambda 1$ )および第2の波長( $\lambda 2$ )の各々の光反射率を $R(\lambda 1)$ および $R(\lambda 2)$ とすると、 $R(\lambda 1)$ および $R(\lambda 2)$ は、以下の(式1)および(式2)で表される。

[0078] [数1]

$$R(\lambda 1) = \frac{I_{ref}(\lambda 1)}{I_{in}(\lambda 1)} \quad \cdots (式1)$$

[0079] [数2]

$$R(\lambda 2) = \frac{I_{ref}(\lambda 2)}{I_{in}(\lambda 2)} \quad \cdots (式2)$$

[0080] なお、このときの $I_{in}$ は、光源32における第1分析光および第2の分析光の出力値を代替するものであるため、例えば図5における光学系による光の損失分を補正して出力されることが望ましい。また、加工対象物2からの信号光を集光する光学系についても同様のことがいえるため、 $I_{ref}$ についても、NA又は透過率などを考慮した補正をすることが望ましい。

[0081] そして、データ処理部31は、 $R(\lambda 1)$ および $R(\lambda 2)$ を演算して、 $R(\lambda 1) > R(\lambda 2)$ であると判断した場合、第2のレーザ光L2を主体として加工対象物2の加工位置にレーザ光を照射するように加工対象物2の加工条件を調整する。具体的には、データ処理部31は、第1のレーザ発振器11を消灯駆動(OFF)または第1のレーザ発振器11から出射する第1のレーザ光L1の出力を低減させるとともに、第2のレーザ発振器12を点灯駆動(ON)または第2のレーザ発振器12から出射する第2のレーザ光L2の出力を増大させるように、加工対象物2の加工条件を調整する。

- [0082] 一方、データ処理部31は、 $R(\lambda 1)$  および  $R(\lambda 2)$  を演算して、 $R(\lambda 1) < R(\lambda 2)$  であると判断した場合、第1のレーザ光L1を主体として加工対象物2の加工位置にレーザ光を照射するように加工対象物2の加工条件を調整する。具体的には、データ処理部31は、第1のレーザ発振器11を点灯駆動(ON)または第1のレーザ発振器11から出射する第1のレーザ光L1の出力を増大させるとともに、第2のレーザ発振器12を消灯駆動(OFF)または第2のレーザ発振器12から出射する第2のレーザ光L2の出力を低減させるように、加工対象物2の加工条件を調整する。
- [0083] 駆動制御部20は、データ処理部31で調整された加工条件にしたがって第1のレーザ発振器11および第2のレーザ発振器12の各々を駆動することで、第1のレーザ光L1および第2のレーザ光L2の各々の強度を変化させて加工対象物2に対して第1のレーザ光L1および第2のレーザ光L2を照射させる。
- [0084] また、本実施の形態において、レーザ加工装置1Aは、第1の光ファイバ41と、第2の光ファイバ42と、光学系50とを有している。
- [0085] 第1のレーザ発振器11から出射した第1のレーザ光L1は、第1の光ファイバ41を伝送して光学系50を介して加工対象物2に照射される。また、第2のレーザ発振器12から出射した第2のレーザ光L2は、第2の光ファイバ42を伝送して光学系50を介して加工対象物2に照射される。
- [0086] 光学系50は、ハーフミラー51とレンズ52とを有する。ハーフミラー51は、第1のレーザ光L1を透過し、第2のレーザ光L2を反射する。レンズ52は、集光光学素子の一例であり、ハーフミラー51を透過した第1のレーザ光L1を集光して加工対象物2に照射させるとともに、ハーフミラー51で反射した第2のレーザ光L2を集光して加工対象物2に照射させる。レンズ52は、複数配置されているが、1つであってもよい。
- [0087] 本実施の形態において、駆動回路21は、レンズ52の位置を制御することができる。例えば、駆動回路21は、データ処理部31で  $R(\lambda 1) > R(\lambda 2)$  であると演算された場合、第2のレーザ光L2が加工対象物2で集

光するようにレンズ52の位置を制御し、データ処理部31で $R(\lambda 1) < R(\lambda 2)$ であると演算された場合、第1のレーザ光L1が加工対象物2で集光するようにレンズ52の位置を制御する。なお、 $R(\lambda 1) = R(\lambda 2)$ の場合は、第1のレーザ光L1および第2のレーザ光L2のどちらを選択してもよい。

[0088] また、駆動回路21は、加工台3の位置を制御できるように構成されていてもよい。つまり、駆動回路21によって、加工台3を、X軸方向、Y軸方向およびZ軸方向を移動させて加工台3の位置を変えてもよい。これにより、加工台3に配置された加工対象物2の加工位置に照射される第1のレーザ光L1および第2のレーザ光L2の位置を変えたり、加工台3に配置された加工対象物2の加工位置に照射される第1の分析光および第2の分析光の位置を変えたりすることができる。このことは、他の実施の形態でも同様である。

[0089] なお、本実施の形態において、データ処理部31は、光反射率 $R(\lambda 1)$ および $R(\lambda 2)$ の大小関係（差分）に基づいて加工対象物2の加工条件を調整したが、これに限らない。例えば、データ処理部31は、第1の検出器33aで受光した第1の信号光および第2の信号光の各々の強度（反射光強度）である $I_{ref}(\lambda 1)$ および $I_{ref}(\lambda 2)$ の大小関係（差分）だけに基づいて加工対象物2の加工条件を調整してもよい。この場合、データ処理部31は、 $I_{ref}(\lambda 1) > I_{ref}(\lambda 2)$ であると判断した場合、第2のレーザ光L2を主体として加工対象物2の加工位置にレーザ光を照射するように加工対象物2の加工条件を調整し、 $I_{ref}(\lambda 1) < I_{ref}(\lambda 2)$ であると判断した場合、第1のレーザ光L1を主体として加工対象物2の加工位置にレーザ光を照射するように加工対象物2の加工条件を調整する。ただし、その際には、光源32の光出力の波長依存性は小さい方が望ましく、第1の波長（ $\lambda 1$ ）を含む第1の分析光の強度と第2の波長（ $\lambda 2$ ）を含む第2の分析光の強度とは同一であることが望ましい。

[0090] 次に、レーザ加工装置1Aを用いた本実施の形態に係るレーザ加工方法に

ついて、図5を参照しつつ、図6を用いて説明する。図6は、実施の形態2に係るレーザ加工方法のフローチャートである。

[0091] 図6に示すように、まず、加工対象物2を加工台3に置く（ステップS21）。ステップS21は、上記実施の形態1のレーザ加工方法におけるステップS11と同様である。

[0092] 次に、加工対象物2の加工位置に第1の波長（ $\lambda 1$ ）および第2の波長（ $\lambda 2$ ）を含む分析光を照射する（ステップS22）。具体的には、光源32から発せられた第1の分析光および第2の分析光を加工対象物2の加工位置に照射する。

[0093] 次に、加工対象物2の加工位置からの信号光を受光する（ステップS23）。具体的には、加工対象物2の加工位置に照射した第1の分析光のおよび第2の分析光の各々の反射光である第1の信号光および第2の信号光を第1の検出器33aで受光する。

[0094] 次に、反射光強度または光反射率を算出する（ステップS24）。具体的には、第1の検出器33aで受光した第1の信号光および第2の信号光をもとに、第1の信号光および第2の信号光の各々の強度（反射光強度）である $I_{ref}(\lambda 1)$ および $I_{ref}(\lambda 2)$ を算出する。また、第2の検出器33bで受光した第1の分析光および第2の分析光をもとに、第1の分析光および第2の分析光の各々の強度（光源光強度）である $I_{in}(\lambda 1)$ および $I_{in}(\lambda 2)$ を算出して、第1の波長（ $\lambda 1$ ）および第2の波長（ $\lambda 2$ ）の各々の光反射率 $R(\lambda 1)$ および $R(\lambda 2)$ を算出する。

[0095] 次に、第1の波長（ $\lambda 1$ ）および第2の波長（ $\lambda 2$ ）についての反射光強度または光反射率を比較する（ステップS25）。具体的には、データ処理部31によって、第1の波長（ $\lambda 1$ ）に関する反射光強度 $I_{ref}(\lambda 1)$ および第2の波長（ $\lambda 2$ ）に関する反射強度 $I_{ref}(\lambda 2)$ の大小関係を比較する、または、第1の波長（ $\lambda 1$ ）に関する反射率 $R(\lambda 1)$ および第2の波長（ $\lambda 2$ ）に関する反射率 $R(\lambda 2)$ の大小関係を比較する。

[0096] 次に、ステップS25の比較結果に基づいて加工対象物2の加工条件を調

整する（ステップS 2 6）。具体的には、ステップS 2 5における $I_{ref}(\lambda 1)$ と $I_{ref}(\lambda 2)$ との大小関係に応じて加工対象物2の加工条件を調整する、または、ステップS 2 5における $R(\lambda 1)$ と $R(\lambda 2)$ との大小関係に応じて加工対象物2の加工条件を調整する。

[0097] 次に、調整された加工条件からレーザ光の強度を変化させる（ステップS 2 7）。具体的には、ステップS 2 6で調整された加工条件に応じて、第1のレーザ発振器1 1から出射する第1のレーザ光L 1および第2のレーザ発振器1 2から出射する第2のレーザ光L 2の強度を変化させる。

[0098] 次に、加工対象物2にレーザ光を照射する（ステップS 2 8）。具体的には、ステップS 2 7で設定された第1のレーザ光L 1および第2のレーザ光L 2の各々の強度にしたがって、第1のレーザ発振器1 1から第1のレーザ光L 1を出射させて加工対象物2の加工位置に第1のレーザ光L 1を照射したり、第2のレーザ発振器1 2から第2のレーザ光L 2を出射させて加工対象物2の加工位置に第2のレーザ光L 2を照射したりする。ステップS 1 6は、駆動制御部2 0によって行われる。

[0099] 本実施の形態に係るレーザ加工方法は、以上のような手順で行うことができる。この場合、上記のように、ステップS 2 2からステップS 2 8を1回のみ繰り返して行ってレーザ加工を終了させてもよいし、リアルタイムでステップS 2 2からステップS 2 8を複数回繰り返して行ってもよい。

[0100] 以上、本実施の形態に係るレーザ加工装置1 Aによれば、上記実施の形態1と同様に、分析部3 0は、加工対象物2からの信号光を取得し、取得した信号光に基づいて加工対象物2の加工条件を調整し、駆動制御部2 0は、調整した加工条件に応じて第1のレーザ発振器1 1および第2のレーザ発振器1 2を駆動することで第1のレーザ光L 1および第2のレーザ光L 2の少なくとも一方の強度を変化させて加工対象物2に第1のレーザ光L 1および第2のレーザ光L 2の少なくとも一方を照射させている。

[0101] このように、本実施の形態に係るレーザ加工装置1 Aでも、加工対象物2から得られる信号光を分析して加工対象物2の材料情報を取得し、取得した

材料情報に応じて加工条件を調整して第１のレーザ発振器１１および第２のレーザ発振器１２を駆動している。

[0102] これにより、加工対象物２の材料に適した加工条件で加工対象物２の加工位置に第１のレーザ光Ｌ１および第２のレーザ光Ｌ２を照射させることができるので、高いスループットで高品質なレーザ加工を実現することができる。

[0103] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置１Ａにおいて、分析部３０は、加工対象物２からの信号光を解析するデータ処理部３１を有する。

[0104] このように、加工対象物２からの信号光を解析することによって、加工対象物２の材料情報を高い精度で得ることができるので、加工対象物２をレーザ加工する際の波長の選択精度が向上する。したがって、高品質なレーザ加工を実現することができる。

[0105] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置１Ａにおいて、分析部３０は、加工対象物２から信号光を取得したときの加工対象物２の加工位置での座標における加工条件を調整し、駆動制御部２０は、その加工条件に応じて第１のレーザ発振器１１および第２のレーザ発振器１２を駆動することで第１のレーザ光Ｌ１および第２のレーザ光Ｌ２の少なくとも一方を、加工対象物２の加工位置の座標に基づいて加工対象物２に照射させている。

[0106] このように、加工対象物２の加工位置の座標から得られる信号光を分析することで、当該座標の材料情報を取得することができる。これにより、材料情報に応じて加工条件を調整して、第１のレーザ発振器１１および第２のレーザ発振器１２のうちレーザ加工に適した方を駆動させることができるので、高品質なレーザ加工を実現することができる。

[0107] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置１Ａにおいて、データ処理部３１は、加工対象物２からの信号光に基づいて加工対象物２の加工位置での座標における加工条件を調整している。

[0108] これにより、加工対象物２の材料情報を高い精度で得ることができるので、加工対象物２をレーザ加工する際の波長の選択精度が一層向上する。した

がって、より高品質なレーザ加工を実現することができる。

[0109] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 Aにおいて、分析部 3 0は、加工対象物 2 に照射する分析光を発する光源 3 2 と、加工対象物 2 の加工位置へ分析光を照射する光学系とを有しており、加工対象物 2 からの信号光は、光源 3 2 からの分析光の少なくとも一部が加工対象物の表面で反射した反射光となっている。

[0110] このように、加工対象物 2 からの信号光を加工対象物 2 の反射光にすることで、加工対象物 2 の分析光の光吸収および光透過など材料の物性に応じた反射光を信号光として取得することができる。これにより、加工対象物 2 の材料に応じたレーザ加工条件の調整精度が向上するので、より高い加工品質でレーザ加工を行うことができるレーザ加工装置を実現することができる。

[0111] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 Aにおいて、加工対象物 2 に照射する分析光は、ピーク波長が第 1 のレーザ光 L 1 のピーク波長である第 1 の波長と同じ波長の光である第 1 の分析光と、ピーク波長が第 2 のレーザ光 L 2 のピーク波長である第 2 の波長と同じ波長の光である第 2 の分析光とを含んでおり、加工対象物 2 からの信号光は、第 1 の分析光が加工対象物に照射されて加工対象物 2 で反射した反射光である第 1 の信号光と、第 2 の分析光が加工対象物に照射されて加工対象物 2 で反射した反射光である第 2 の信号光とを含んでいる。そして、データ処理部 3 1 は、加工対象物 2 の加工位置の座標において、第 1 の信号光の強度と第 2 の信号光の強度とを比較する、または第 1 の波長での反射率と第 2 の波長での反射率とを比較することで、加工条件を調整している。

[0112] このように、2つの波長による反射強度または反射率を比較することで、第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 のうちどちらが加工位置の材料に対して適しているかを判断することができる。したがって、より高い加工品質でレーザ加工を行うことができるレーザ加工装置を実現することができる。

[0113] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 Aにおいて、加工対象物 2 に

照射される分析光は、第1のレーザ光L1のピーク波長である第1の波長および第2のレーザ光L2のピーク波長である第2の波長の少なくともいずれか一方を含んでいる。

[0114] この構成により、分析光に加工用レーザ光の発振波長が含まれるので、加工用レーザ光の波長における反射強度または反射率を加工対象物の加工位置の座標に対して分析することができる。これにより、加工条件の調整の精度が向上し、より高い加工品質でレーザ加工を行うことができるレーザ加工装置を実現することができる。

[0115] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置1Aにおいて、データ処理部31は、加工対象物2からの信号光の強度から加工対象物2に照射された分析光の反射率を解析し、加工対象物2の加工位置での座標と反射率とを対応させることで、加工対象物の加工位置での座標における加工条件を調整している。

[0116] これにより、加工対象物2の加工位置における材料の化学組成または表面状態に依存した反射強度または反射率を解析することができるので、材料特性の分析精度が向上する。したがって、加工対象物2の加工位置における材料に応じたレーザ加工条件の調整精度が向上するので、より高い加工品質でレーザ加工を行うことができるレーザ加工装置を実現することができる。

[0117] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置1Aにおいて、分析部30は、第1の検出器33aと第2の検出器33bとを有しており、第1の検出器33aは、加工対象物2に照射される分析光が加工対象物2で反射した信号光を受光し、第2の検出器33bは、加工対象物2に照射される分析光の少なくとも一部を受光している。そして、データ処理部31は、第1の検出器33aで受光した信号光の強度を、第2の検出器33bで受光した分析光の強度で補正している。

[0118] これにより、加工対象物2に照射する分析光の強度と加工対象物2からの信号光とを同時に検出することができるので、分析光を発する光源32のばらつきまたは波長依存性を補償した反射強度または反射率を得ることができ

る。この結果、加工対象物 2 の加工位置における材料特性の分析精度が向上するので、加工対象物 2 の加工位置の材料に応じたレーザ加工条件の調整精度が向上する。したがって、より高い加工品質でレーザ加工を行うことができるレーザ加工装置を実現することができる。

[0119] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 A において、分析光を発する光源 3 2 は、レーザ発振器または L E D によって構成されている。

[0120] これにより、単色化された分析光が加工対象物 2 に照射されるので、特定の波長の反射強度または反射率を得ることができる。この結果、加工対象物 2 の加工位置における材料特性の分析精度が一層向上するので、加工対象物 2 の加工位置の材料に応じたレーザ加工条件の調整精度がさらに向上する。したがって、さらに高い加工品質でレーザ加工を行うことができるレーザ加工装置を実現することができる。

[0121] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 A において、加工対象物 2 に照射される分析光は、分光器、または特定の波長帯を透過させるフィルターによって単色化されているとよい。

[0122] この場合も、単色化された分析光が加工対象物 2 に照射されるので、特定の波長の反射強度または反射率を得ることができる。したがって、加工対象物 2 の加工位置における材料特性の分析精度が一層向上して加工対象物 2 の加工位置の材料に応じたレーザ加工条件の調整精度が向上するので、高品質なレーザ加工を実現することができる。

[0123] なお、本実施の形態において、光源 3 2 は、分析部 3 0 に設けられていて、これに限らない。つまり、光源 3 2 は、分析部 3 0 に設けられていなくてもよい。

[0124] （実施の形態 3）

次に、実施の形態 3 に係るレーザ加工装置 1 B の構成について、図 7 を用いて説明する。図 7 は、実施の形態 3 に係るレーザ加工装置 1 B の構成を示すブロック図である。

[0125] 本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 B は、上記実施の形態 2 に係るレー

ザ加工装置 1 Aと同様に、加工対象物 2 に照射される分析光に、第 1 の波長 ( $\lambda 1$ ) および第 2 の波長 ( $\lambda 2$ ) の少なくとも一方が含まれているが、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 Bは、上記実施の形態 2に係るレーザ加工装置 1 Aとは異なり、加工対象物 2 に照射する分析光を発する光源 3 2 が別途配置されておらず、加工用レーザ光を分析光として用いている。

[0126] つまり、本実施の形態におけるレーザ加工装置 1 Bにおいて、加工対象物 2 に照射する分析光は、第 1 のレーザ発振器 1 1 から出射する第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 から出射する第 2 のレーザ光 L 2 の少なくともいずれか一方の一部を導光した光である。

[0127] 具体的には、本実施の形態におけるレーザ加工装置 1 Bでは、図 7 に示すように、第 1 のレーザ発振器 1 1 から出射する第 1 のレーザ光 L 1 を第 1 の分析光として加工対象物 2 に照射するとともに、第 2 のレーザ発振器 1 2 から出射する第 2 のレーザ光 L 2 を第 2 の分析光として加工対象物 2 に照射している。

[0128] このため、本実施の形態において、ハーフミラー 5 1 は、第 1 のレーザ発振器 1 1 から出射した第 1 のレーザ光 L 1 の一部を反射するとともに第 2 のレーザ発振器 1 2 から出射した第 2 のレーザ光 L 2 の一部を透過して分析部 3 0 のビームスプリッタ 3 4 に入射させている。ビームスプリッタ 3 4 に入射した第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 は、第 1 の分析光および第 2 の分析光として加工対象物 2 の加工位置に照射される。

[0129] 第 1 のレーザ発振器 1 1 から出射して第 1 の分析光として加工対象物 2 に照射された第 1 のレーザ光 L 1 と第 2 のレーザ発振器 1 2 から出射して第 2 の分析光として加工対象物 2 に照射された第 2 のレーザ光 L 2 とは、加工対象物 2 で反射して第 1 の検出器 3 3 a に入射する。

[0130] また、ビームスプリッタ 3 4 に入射した第 1 のレーザ光 L 1 の一部および第 2 のレーザ光の一部は、ビームスプリッタ 3 4 を透過して第 2 の検出器 3 3 b に入射する。これにより、第 1 の分析光としての第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 の分析光としての第 2 のレーザ光 L 2 が第 2 の検出器 3 3 b で受光

することができるので、第1の分析光としての第1のレーザ光L1の強度と第2の分析光としての第2のレーザ光L2の強度とを検出することができる。

[0131] なお、本実施の形態において、加工対象物2に照射する分析光として加工用レーザ光を用いていること以外は、上記実施の形態2に係るレーザ加工装置1Aと基本的には同じである。例えば、データ処理部31での処理は、上記実施の形態2と同様である。

[0132] 次に、レーザ加工装置1Bを用いた本実施の形態に係るレーザ加工方法について、図8を用いて説明する。図8は、実施の形態3に係るレーザ加工方法のフローチャートである。

[0133] 図8に示すように、本実施の形態に係るレーザ加工方法は、ステップS31からステップS38を含む。

[0134] 本実施の形態に係るレーザ加工方法は、上記実施の形態2のレーザ加工方法とステップS32のみが異なり、それ以外のステップS31およびステップS33からステップS38は、図6に示される上記実施の形態2のレーザ加工方法におけるステップS21およびステップS23からステップS28と同じである。

[0135] 上記実施の形態2のレーザ加工方法において、ステップS22では、光源32から発せられた第1の分析光および第2の分析光を加工対象物2の加工位置に照射していたが、本実施の形態におけるレーザ加工方法において、ステップS32は、第1のレーザ発振器11および第2のレーザ発振器12から出射した第1のレーザ光L1および第2のレーザ光L2を加工対象物2の加工位置に照射している。

[0136] 以上、本実施の形態に係るレーザ加工装置1Bによれば、上記実施の形態2に係るレーザ加工装置1Aと同様の効果を奏する。例えば、高いスループットで高品質なレーザ加工を実現できる等の効果を奏する。

[0137] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置1Bでは、上記実施の形態2と異なり、加工対象物2に照射される分析光は、加工用レーザ光である第1の

レーザ光L 1 および第2のレーザ光L 2の少なくともいずれか一方の一部を導光した光である。

[0138] この構成により、レーザ発振器から出射するレーザ光を直接分析光としているので、レーザ発振器から出射するレーザ光の波長における加工対象物2の反射率または反射強度を分析することができる。したがって、レーザ加工条件の調整精度が一層向上するので、より高い加工品質でレーザ加工を行うことができるレーザ加工装置を実現することができる。

[0139] しかも、レーザ発振器からのレーザ光を分析光として用いることで、上記実施の形態2のように分析光用光源（光源3 2）を必要としない。したがって、小型のレーザ加工装置を実現することができる。

[0140] なお、本実施の形態において、第1の分析光および第2の分析光として用いる第1のレーザ光L 1 および第2のレーザ光L 2は、加工対象物2を加工する際に加工用レーザ光として用いる第1のレーザ光L 1 および第2のレーザ光L 2の強度と同じであってもよいし、加工用レーザ光として用いる第1のレーザ光L 1 および第2のレーザ光L 2の強度よりも小さくてもよい。また、加工対象物2の加工位置に分析光と加工用レーザ光とを同時に照射する場合、1つのレーザ発振器から出射するレーザ光を分析光と加工用レーザ光とに分割してもよい。例えば、第1のレーザ発振器1 1から出射する第1のレーザ光L 1を、1%の第1の分析光と99%の加工用レーザ光とに分割してもよい。また、加工対象物2の加工位置に分析光と加工用レーザ光とを同時に照射しなくてもよいが、この場合、分析光は、加工用レーザ光が照射される位置の少し前方の位置に照射するとよい。

[0141] なお、分析光（第1の分析光、第2の分析光）と加工用レーザ光とは同一の光源を用いているが、分析光の照射と加工用レーザ光の照射とのタイミングは別にしてもよい。この場合、分析光を照射するときは分析部3 0へ光を導光するミラーを配置し、加工対象物2にレーザ光を照射するときは加工位置に導光されるように光学系5 0およびハーフミラー5 1を駆動することでレーザ発振器からの光の導光方向を切り替えてもよい。

[0142] (実施の形態4)

次に、実施の形態4に係るレーザ加工装置1Cの構成について、図9を用いて説明する。図9は、実施の形態4に係るレーザ加工装置1Cの構成を示すブロック図である。

[0143] 図9に示すように、本実施の形態に係るレーザ加工装置1Cは、上記実施の形態2に係るレーザ加工装置1Aと同様に、第1のレーザ発振器11と、第2のレーザ発振器12と、駆動制御部20と、分析部30Cとを備える。

[0144] 上記実施の形態2に係るレーザ加工装置1Aでは、第1の波長の反射率 $R(\lambda_1)$ と第2の波長の反射率 $R(\lambda_2)$ を比較したり、第1の波長の反射強度 $I_{ref}(\lambda_1)$ と第2の波長の反射強度 $I_{ref}(\lambda_2)$ とを比較したりすることで、レーザ加工する際のレーザ光を選択したが、本実施の形態に係るレーザ加工装置1Cでは、加工対象物2の反射強度スペクトルから加工対象物2の材料を特定してレーザ加工する際のレーザ光を選択する。

[0145] 具体的には、本実施の形態におけるレーザ加工装置1Cは、上記実施の形態2におけるレーザ加工装置1Aとは分析部30Cの構成が異なる。具体的には、本実施の形態における分析部30Cは、データ処理部31Cと、光源32Cと、検出器33Cと、ミラー34Cと、レンズ35と、分光器36と、データベース37とを有する。

[0146] 光源32Cは、加工対象物2に照射する分析光として、第1のレーザ発振器11が出射する第1のレーザ光L1のピーク波長である第1の波長( $\lambda_1$ )および第2のレーザ発振器12が出射する第2のレーザ光L2のピーク波長である第2の波長( $\lambda_2$ )とを含む光を発する。本実施の形態において、光源32は、 $\lambda_1 > \lambda_2$ の関係で $\lambda_1$ および $\lambda_2$ を含む白色光を発する。

[0147] 分光器36は、加工対象物2からの信号光を分光する。具体的には、分光器36は、光源32から発せられてミラー34Cで反射してレンズ35で集光して加工対象物2に照射された分析光が加工対象物2で反射した反射光である信号光を分光する。

[0148] 分光器36で分光された信号光は、検出器33Cに入射する。検出器33

Cは、分光器36で分光された加工対象物2からの信号光を測定することによって、加工対象物2からの信号光の強度または反射率の波長依存性を示す反射スペクトルを測定する。

[0149] データベース37には、材料ごとの複数種類の反射スペクトルのデータ群が保存されている。具体的には、データベース37には、少なくとも加工対象物2の材料となりうる複数種類の反射スペクトルのデータ群が保存されている。データベース37には、既存の材料の反射スペクトルの複数のデータが蓄積されている。

[0150] そして、データ処理部31Cは、検出器33Cで測定された反射スペクトルに基づいて加工対象物2の加工位置での座標における加工条件を調整する。具体的には、データ処理部31Cは、データベース37と接続されており、加工対象物2からの信号光により得られた反射スペクトルとデータベース37に保存された反射スペクトルのデータ群とを照合し、加工対象物2の加工位置での座標における材料がデータベース37に保存された材料のどれに最も近いかを決定し、決定した材料に応じて加工対象物の加工位置での座標における加工条件を調整する。

[0151] この場合、データベース37のデータ群内に、加工対象物2からの信号光により得られた反射スペクトルと一致する反射スペクトルがあれば、その反射スペクトルに対応する材料を加工対象物2の材料と特定することができるが、データベース37のデータ群内に、加工対象物2からの信号光により得られた反射スペクトルと一致する反射スペクトルがなくても、データベース37のデータ群の中の最も近い反射スペクトルによって加工対象物の材料を決定してもよい。

[0152] なお、新たに取得した反射スペクトルのデータと加工対象物の材料とを紐づけてデータベース37に追加保存してもよい。これにより、データベース37の拡充・拡張を行うことができる。また、反射スペクトルの照合結果と加工条件とを紐づけて再度データベース37に保存してもよい。

[0153] 次に、レーザ加工装置1Cを用いた本実施の形態に係るレーザ加工方法に

ついて、図 10 を用いて説明する。図 10 は、実施の形態 4 に係るレーザ加工方法のフローチャートである。

[0154] 図 10 に示すように、まず、加工対象物 2 を加工台 3 に置く（ステップ S 4 1）。ステップ S 4 1 は、上記実施の形態 2 のレーザ加工方法におけるステップ S 2 1 と同様である。

[0155] 次に、加工対象物 2 の加工位置に第 1 の波長（ $\lambda 1$ ）および第 2 の波長（ $\lambda 2$ ）を含む分析光を照射する（ステップ S 4 2）。具体的には、光源 3 2 C から発せられた第 1 の波長および第 2 の波長を含む分析光を加工対象物 2 の加工位置に照射する。

[0156] 次に、加工対象物 2 の加工位置からの信号光を分光受光する（ステップ S 4 3）。具体的には、加工対象物 2 の加工位置に照射した分析光の各々の反射光である信号光を分光器 3 6 で分光し、分光器 3 6 で分光された信号光を検出器 3 3 C で受光する。

[0157] 次に、加工対象物 2 からの信号光の強度または反射率の波長依存性を示す反射スペクトルを算出する（ステップ S 4 4）。具体的には、分光器 3 6 で分光されて検出器 3 3 C で受光した信号光を測定することで、図 11 に示すような反射強度の波長依存性を示す反射スペクトルを算出する。

[0158] 次に、測定された信号光の反射スペクトルをデータベース 3 7 と照合して材料を分析する（ステップ S 4 5）。具体的には、検出器 3 3 C で測定された反射スペクトルと、図 12 に示されるようなデータベース 3 7 に保存された材料ごとの複数種類の反射スペクトルのデータ群とを照合することで、加工対象物 2 の加工位置での座標における材料がデータベース 3 7 に保存された材料のどれに最も近いかを決定する。例えば、検出器 3 3 C で測定された反射スペクトルが図 11 に示される反射スペクトルである場合、図 11 に示される反射スペクトルは、図 12 に示される複数の反射スペクトルのうち銅の反射スペクトルに最も近いので（図 11 と図 12 ではほぼ一致しているので）、加工対象物 2 の加工位置での座標における材料が銅であると決定することができる。つまり、測定された信号光の反射スペクトルとデータベース

とを照合することで加工対象物 2 の加工位置の材料は銅の可能性が高いことが分析される。

[0159] 次に、ステップ S 4 5 で決定した材料に応じて加工対象物 2 の加工位置での座標における加工条件を調整する（ステップ S 4 6）。例えば、上記のように、加工対象物 2 の加工位置の材料が銅であると決定された場合、銅に適した波長のレーザ光（本実施の形態では、青色レーザ光である第 2 のレーザ光 L 2）でレーザ加工する加工条件が作成される。

[0160] 次に、調整された加工条件からレーザ光の強度を変化させる（ステップ S 4 7）。具体的には、ステップ S 4 6 で調整された加工条件に応じて、第 1 のレーザ発振器 1 1 から出射する第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 から出射する第 2 のレーザ光 L 2 の強度を変化させる。

[0161] 次に、加工対象物 2 にレーザ光を照射する（ステップ S 4 8）。具体的には、ステップ S 4 7 で設定された第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 の各々の強度にしたがって、第 1 のレーザ発振器 1 1 から第 1 のレーザ光 L 1 を出射させて加工対象物 2 の加工位置に第 1 のレーザ光 L 1 を照射したり、第 2 のレーザ発振器 1 2 から第 2 のレーザ光 L 2 を出射させて加工対象物 2 の加工位置に第 2 のレーザ光 L 2 を照射したりする。

[0162] 本実施の形態に係るレーザ加工方法は、以上のような手順で行うことができる。この場合、上記実施の形態 2 のように、ステップ S 4 2 からステップ S 4 8 を 1 回のみ繰り返して行ってレーザ加工を終了させてもよいし、リアルタイムでステップ S 4 2 からステップ S 4 8 を複数回繰り返して行ってもよい。

[0163] 以上、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 C によれば、上記実施の形態 2 と同様に、分析部 3 0 C は、加工対象物 2 からの信号光を取得し、取得した信号光に基づいて加工対象物 2 の加工条件を調整し、駆動制御部 2 0 は、調整した加工条件に応じて第 1 のレーザ発振器 1 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 を駆動することで第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 の少なくとも一方の強度を変化させて加工対象物 2 に第 1 のレーザ光 L 1 および

第2のレーザ光L2の少なくとも一方を照射させている。

[0164] これにより、上記実施の形態2と同様の効果を奏する。すなわち、加工対象物2の材料に適した加工条件で加工対象物2の加工位置に第1のレーザ光L1および第2のレーザ光L2を照射させることができるので、高いスループットで高品質なレーザ加工を実現することができる。

[0165] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置1Cにおいて、分析部30Cは、加工対象物2からの信号光を分光する分光器36と、分光器36で分光された信号光を測定することで、信号光の強度または反射率の波長依存性を示す反射スペクトルを測定する検出器33Cとを有し、データ処理部31Cは、検出器33Cで測定された反射スペクトルに基づいて加工対象物2の加工位置での座標における加工条件を調整する。

[0166] このように、材料固有の反射強度または反射率の波長依存性である反射スペクトルを取得することで、加工対象物2の加工位置の座標における材料特性または材料の化学組成の分析精度が向上し、材料に応じたレーザ加工条件の調整精度が向上する。したがって、より高い加工品質でレーザ加工を行うことができるレーザ加工装置を実現することができる。

[0167] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置1Cにおいて、データ処理部31Cは、材料ごとの複数種類の反射スペクトルのデータ群が保存されたデータベース37と接続されており、データ処理部31は、加工対象物2からの信号光により得られた反射スペクトルとデータベース37に保存された反射スペクトルのデータ群とを照合し、加工対象物2の加工位置での座標における材料がデータベース37に保存された材料のどれに最も近いかを決定し、決定した材料に応じて加工対象物2の加工位置での座標における加工条件を調整している。

[0168] このように、材料固有の反射率スペクトルをデータベース37で照合することで、加工対象物2の加工位置の座標における材料特性または材料の化学組成の分析精度が向上し、材料に応じたレーザ加工条件の調整精度が一層向上する。したがって、さらに高い加工品質でレーザ加工を行うことができる

レーザ加工装置を実現することができる。

[0169] なお、本実施の形態では、加工対象物 2 に照射した分析光の反射光である信号光を分光器 3 6 で分光して加工対象物 2 の材料の反射スペクトルを算出したが、これに限らない。例えば、分光器で分光された光を分析光として加工対象物 2 に照射してもよい。この場合、分析部 3 0 C は、光源 3 2 から発せられた分析光を分光する分光器と、分光された分析光を加工対象物の加工位置に照射し、分光された分析光が加工対象物 2 の表面で反射した信号光を測定することによって、加工対象物 2 からの信号光の強度または反射率の波長依存性を示す反射スペクトルを測定する検出器とを有していればよい。この場合も、本実施の形態と同様の効果を奏する。

[0170] また、本実施の形態において、データベース 3 7 は、メモリ等の記憶装置であって、分析部 3 0 C が有していたが、これに限らない。データベース 3 7 は、レーザ加工装置 1 C 以外に配置されていてもよい。また、データベース 3 7 は、インターネット等のネットワークを介してデータ処理部 3 1 C に接続されたクラウドサーバ等に設置されていてもよい。データベース 3 7 をクラウドサーバ上に設置することで、データベース 3 7 の拡充・拡張に伴って、人工知能を用いた機械学習を導入して照合結果の精度を高めることができる。

[0171] （実施の形態 5）

次に、実施の形態 5 に係るレーザ加工装置 1 D の構成について、図 1 3 を用いて説明する。図 1 3 は、実施の形態 5 に係るレーザ加工装置 1 D の構成を示すブロック図である。

[0172] 図 1 3 に示すように、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 D は、上記実施の形態 2 ～ 4 に係るレーザ加工装置 1 A ～ 1 C と同様に、第 1 のレーザ発振器 1 1 と、第 2 のレーザ発振器 1 2 と、駆動制御部 2 0 と、分析部 3 0 D とを備える。

[0173] 上記実施の形態 2 ～ 4 に係るレーザ加工装置 1 A ～ 1 C では、加工対象物 2 からの信号光を検出器で受光して分析することで、レーザ加工する際のレ

ーザ光を選択したが、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 D では、加工対象物 2 からの信号光をイメージセンサ 3 8 で撮像することで、レーザ加工する際のレーザ光を選択する。

[0174] 具体的には、本実施の形態におけるレーザ加工装置 1 D は、上記実施の形態 2 ～ 4 におけるレーザ加工装置 1 A ～ 1 C とは分析部 3 0 D の構成が異なる。具体的には、本実施の形態における分析部 3 0 D は、データ処理部 3 1 D と、イメージセンサ 3 8 と、画像処理部 3 9 とを有する。

[0175] 本実施の形態におけるレーザ加工装置 1 D は、さらに、光源 6 0 を有する。光源 6 0 は、分析光を加工対象物 2 A および 2 B に照射する。光源 6 0 が照射する分析光は、例えば白色光である。なお、本実施の形態では、上記実施の形態 1 ～ 4 とは異なり、図 1 3 に示すように、各々が 1 種類の金属材料のみからなる 2 枚の加工対象物 2 A を溶接接合するとともに、各々が 1 種類の金属材料のみからなる 2 枚の加工対象物 2 B を溶接接合する場合を例示している。加工対象物 2 A を構成する材料は、例えばアルミニウムであり、加工対象物 2 B を構成する材料は、例えば銅である。

[0176] イメージセンサ 3 8 は、光を受光する画素が 2 次元に複数個配列された固体撮像素子の一例である。本実施の形態において、イメージセンサ 3 8 は、カラーイメージセンサである。本実施の形態において、イメージセンサ 3 8 は、少なくとも、第 1 の波長 ( $\lambda 1$ ) を透過させる第 1 フィルターとして近赤外線透過させるフィルターが設けられた第 1 画素と、第 2 の波長 ( $\lambda 2$ ) を透過させる第 2 フィルターとして可視光線領域の少なくとも一部の波長を透過させるフィルターが設けられた第 2 画素とを有する。

[0177] イメージセンサ 3 8 は、加工対象物 2 A および 2 B からの信号光を受光することで加工対象物 2 A および 2 B の 2 次元画像を撮像し、この 2 次元画像をデータ処理部 3 1 D へ出力する。具体的には、イメージセンサ 3 8 は、光源 6 0 から照射された分析光が加工対象物 2 A および 2 B で反射した反射光である信号光を撮像する。イメージセンサ 3 8 で撮像された 2 次元画像は、画像処理部 3 9 を介してデータ処理部 3 1 D に入力される。画像処理部 3 9

は、イメージセンサ 38 で受光した信号光をもとに、図 14 に示されるような 2 次元画像の画像データを生成し、この画像データをデータ処理部 31D に出力する。

[0178] そして、データ処理部 31D は、2 次元画像における加工対象物 2A および 2B の加工位置（溶接領域）に対応する明るさによって加工対象物 2A および 2B の加工条件を調整する。具体的には、データ処理部 31D は、イメージセンサ 38 で受光した 2 次元画像において、加工対象物 2A および 2B の加工位置における信号光の第 1 の波長の画素信号強度と信号光の第 2 の波長の画素信号強度とを比較をすることによって、加工対象物 2A および 2B の加工条件を調整する。つまり、本実施の形態では、特定の波長の光を透過させる分光フィルターが画素上に設けられた分光画素から構成される 2 次元画像によって加工対象物 2A および 2B の反射率を推定し、加工対象物 2 の加工位置における座標と明るさとの関係から各座標に適した加工用レーザ光の波長を選択する。

[0179] 次に、レーザ加工装置 1D を用いた本実施の形態に係るレーザ加工方法について、図 15 を用いて説明する。図 15 は、実施の形態 5 に係るレーザ加工方法のフローチャートである。

[0180] 図 15 に示すように、まず、加工対象物 2A および 2B を加工台 3 に置く（ステップ S51）。ステップ S51 は、上記実施の形態 2 のレーザ加工方法におけるステップ S21 と同様である。

[0181] 次に、加工対象物 2A および 2B の加工位置に分析光を照射する（ステップ S52）。具体的には、光源 60 から発せられた分析光を加工対象物 2A および 2B の加工位置を含む領域に照射する。

[0182] 次に、加工対象物 2A および 2B の加工位置からの信号光をイメージセンサ 38 で撮像する（ステップ S53）。具体的には、加工対象物 2A および 2B の加工位置に照射した光源 60 の分析光が加工対象物 2A および 2B で反射した反射光である信号光をイメージセンサ 38 で撮像して 2 次元画像を取得する。つまり、加工対象物 2A および 2B について、複数の分光画素を

含む2次元画像を取得する。

[0183] 次に、撮像した2次元画像を分析する（ステップS54）。具体的には、イメージセンサ38で撮像した2次元画像において、加工対象物2Aおよび2Bの加工位置における信号光の第1の波長の画素信号強度（分光画素強度）と信号光の第2の波長の画素信号強度（分光画素強度）とを比較をする。

[0184] 次に、ステップS54の比較結果に応じて加工対象物2Aおよび2Bの加工位置での座標における加工条件を調整する（ステップS55）。

[0185] ステップS54およびS55は、例えば、以下のようにして行うことができる。

[0186] イメージセンサ38は、複数の分光画素が周期的に配列されているので、イメージセンサ38で加工対象物2Aおよび2Bからの信号光を受光することで、隣接する分光画素からの強度情報から各画素の色と明るさ（輝度）が決定されて2次元画像が撮像される。これにより、加工対象物2Aおよび2Bの加工位置の各座標に相当する画素において、分光画素強度を取得することができる。

[0187] 例えば、一般的なカラーイメージセンサの分光画素の1つとして、図16に示されるベイヤー配列画素が知られている。この場合、1つの分光画素は、2つの緑色サブ画素（G）と1つの赤色サブ画素（R）と1つの青色サブ画素（B）との4つのサブ画素によって構成される。各サブ画素上には顔料などのカラーフィルターが設けられており、各サブ画素は特定の分光感度を有する。通常、ベイヤー配列画素の4つのサブ画素によって1つの分光画素の明るさと色が決定され、1つのデータとして出力される。ベイヤー配列の分光画素については、青色に感度を持つ青色サブ画素と赤色に感度を持つ赤色サブ画素とがあり、各配色ごとで画像を構成し各座標に対応した反射強度を取得することができる。

[0188] そして、イメージセンサ38で撮像した2次元画像の各分光画素において、赤色サブ画素の信号強度に対して青色サブ画素の信号強度が大きい場合は、青色光の反射率が高くなっている。したがって、この場合、例えば、第1

のレーザ光L 1でレーザ加工（赤外加工）するという加工条件となる。

[0189] 一方、イメージセンサ38で撮像した2次元画像の各分光画素において、赤色サブ画素の信号強度に対して青色サブ画素の信号強度が小さい場合は、青色光の反射率が小さくなっている。したがって、この場合、例えば、第2のレーザ光L 2でレーザ加工（青色加工）するという加工条件となる。

[0190] なお、緑色サブ画素は、輝度情報を示しているので、緑色サブ画素の信号強度でモノクロの2次元画像を構成し、2次元画像上においてどの位置が第1のレーザ光L 1のレーザ加工に適しており、どの位置が第2のレーザ光L 2のレーザ加工に適しているかを表示することもできる。また、赤色サブ画素の出力と青色サブ画素の出力とを合わせて色を再現して通常のカラー画像として表示することもできる。

[0191] また、イメージセンサ38の各分光画素のレイアウトは、図16に示されるベイヤー配列に限らない。例えば、緑色サブ画素の1つまたは2つのカラーフィルターが配置されていない白色画素であってもよい。この構成であれば、白色画素であるため、全ての材料に対してモノクロの輝度画像を感度良く撮像できる。また、図17に示すように、イメージセンサ38の各分光画素は、ベイヤー配列画素であって、各分光画素内に少なくとも近赤外（N I R : N e a r I n f r a r e d）サブ画素が1つ以上設けられたものであってもよい。この場合も、各配色ごとに画像を構成し各座標に対応した反射強度を取得することができる。

[0192] そして、例えば、N I Rサブ画素の信号強度に対して青色サブ画素の信号強度が大きい場合は、第2のレーザ光L 2でレーザ加工（青色加工）し、N I Rサブ画素の信号強度に対して青色サブ画素の信号強度が同程度であれば、第1のレーザ光L 1でレーザ加工（赤外加工）するという加工条件となる。

[0193] 次に、調整された加工条件からレーザ光の強度を変化させる（ステップS 56）。具体的には、ステップS 55で調整された加工条件に応じて、第1のレーザ発振器11から出射する第1のレーザ光L 1および第2のレーザ発

振器 1 2 から出射する第 2 のレーザ光 L 2 の強度を変化させる。

[0194] 次に、加工対象物 2 A および 2 B にレーザ光を照射する（ステップ S 5 7）。具体的には、ステップ S 5 6 で設定された第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 の各々の強度にしたがって、第 1 のレーザ発振器 1 1 から第 1 のレーザ光 L 1 を出射させて加工対象物 2 A および 2 B の加工位置に第 1 のレーザ光 L 1 を照射したり、第 2 のレーザ発振器 1 2 から第 2 のレーザ光 L 2 を出射させて加工対象物 2 A および 2 B の加工位置に第 2 のレーザ光 L 2 を照射したりする。

[0195] 本実施の形態に係るレーザ加工方法は、以上のような手順で行うことができる。この場合、上記実施の形態 2 のように、ステップ S 5 2 からステップ S 5 7 を 1 回のみ繰り返して行ってレーザ加工を終了させてもよいし、リアルタイムでステップ S 5 2 からステップ S 5 7 を複数回繰り返して行ってもよい。

[0196] 以上、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 D によれば、上記実施の形態 2 と同様に、分析部 3 0 D は、加工対象物 2 A および 2 B からの信号光を取得し、取得した信号光に基づいて加工対象物 2 A および 2 B の加工条件を調整し、駆動制御部 2 0 は、調整した加工条件に応じて第 1 のレーザ発振器 1 1 および第 2 のレーザ発振器 1 2 を駆動することで第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 の少なくとも一方の強度を変化させて加工対象物 2 に第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 の少なくとも一方を照射させている。

[0197] これにより、上記実施の形態 2 と同様の効果を奏する。すなわち、加工対象物 2 A および 2 B の各々の材料に適した加工条件で加工対象物 2 A および 2 B の加工位置に第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光 L 2 を照射させることができるので、高いスループットで高品質なレーザ加工を実現することができる。

[0198] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 D において、分析部 3 0 D は、加工対象物 2 A および 2 B からの信号光を受光することで加工対象物 2 A

および 2 B の 2 次元画像をデータ処理部 3 1 D に出力するイメージセンサ 3 8 を有しており、データ処理部 3 1 D は、イメージセンサ 3 8 で撮像した 2 次元画像の加工位置に対応する明るさによって加工対象物 2 A および 2 B の加工条件を調整している。

[0199] この構成により、2 次元画像の各分光画素の明るさを比較分析することで、加工対象物 2 A および 2 B の加工位置の各座標における信号光の強度を 2 次元の面で同時に分析することができる。これにより、高い加工品質と高いスループットとを容易に両立することができるレーザ加工装置を実現できる。

[0200] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 D において、イメージセンサ 3 8 は、少なくとも第 3 の波長 ( $\lambda_3$ ) を透過させる第 1 フィルターを搭載した第 1 の画素と、第 4 の波長 ( $\lambda_4$ ) を透過させる第 2 フィルターを搭載した第 2 の画素とを有しているとよい。この場合、データ処理部 3 1 D は、イメージセンサ 3 8 で受光された 2 次元画像において、加工対象物 2 A および 2 B の加工位置における信号光の第 3 の波長の画素信号強度と信号光の第 4 の波長の画素信号強度とを比較をすることによって、加工対象物の加工条件を調整するとよい。

[0201] この構成により、加工対象物 2 A および 2 B の加工位置の座標に対応した分光画素で各波長に対する信号光の強度比較をすることができるので、異なる波長における反射強度または反射率を 2 次元の面で同時に分析することができる。これにより、高い加工品質と高いスループットとを一層容易に両立することができるレーザ加工装置を実現できる。

[0202] この場合、例えば、第 1 フィルターは、近赤外線を透過させるフィルターであり、第 2 フィルターは、可視光線領域の少なくとも一部の波長を透過させるフィルターであるとよい。

[0203] この構成により、幅広い波長範囲における色信号を取得することが可能となるため、反射スペクトルまたは反射強度の比較において、2 次元の面で高い精度で材料特性の分析を同時に行うことができる。これにより、高い加工

品質と高いスループットとを一層容易に両立することができるレーザ加工装置を実現できる。

[0204] なお、本実施の形態によれば、イメージセンサ38で撮像した2次元画像の各分光画素の信号強度を比較することで、1つのベイヤー配列における反射スペクトルを合成することができる。例えば、イメージセンサ38で撮像した2次元画像の各分光画素が図17に示される配列である場合、各分光画素について、図18に例示されるような反射スペクトルを得ることができる。この場合、データ処理部31Dを、反射スペクトルのデータ群が保存されたデータベースを接続し、イメージセンサ38で撮像した2次元画像の各分光画素によって取得した反射スペクトルをデータベースと照合することで各分光画素の座標位置における材料の分析を行うことができる。

[0205] つまり、この場合、データ処理部31Dは、上記実施の形態4のように、加工対象物2Aおよび2Bの加工位置における信号光の第3の波長( $\lambda_3$ )の画素信号強度と、その信号光の第4の波長( $\lambda_4$ )の画素信号強度とを、データベース内に保存された反射スペクトルのデータ群とそれぞれ照合し、加工対象物2Aおよび2Bの加工位置での座標における材料がデータベースに保存された材料のどれに最も近いかを決定し、決定した材料に応じて加工対象物2Aおよび2Bの加工位置での座標における加工条件を調整してもよい。

[0206] この構成により、加工対象物2Aおよび2Bの加工位置における各座標に対応した分光画素毎に反射スペクトルを出力することができるので、2次元の面で同時に材料の分析を行うことができる。これにより、高い加工品質と高いスループットとを両立することができるレーザ加工装置を実現できる。

[0207] ここで、第3の波長( $\lambda_3$ )と第4の波長( $\lambda_4$ )とは、それぞれ、第1のレーザ発振器11から出射する第1のレーザ光L1および第2のレーザ発振器12から出射する第2のレーザ光L2の波長と同一であることが望ましい。この構成であれば、これらのレーザ発振器から出射するレーザ光の波長における加工対象物2の反射率または反射強度を直接比較することができる。

。したがって、レーザ加工条件の調整精度が一層向上するので、より高い加工品質でレーザ加工を行うことができるレーザ加工装置を実現することができる。

[0208]    なお、本実施の形態では、上記のように、１種類の金属材料のみからなる２枚の加工対象物２Ａまたは２Ｂを溶接接合する場合について説明したが、これに限らない。例えば、本実施の形態は、上記実施の形態１～４のように、２枚の複合材２Ｘを溶接接合する場合にも適用することができる。

[0209]    （実施の形態６）

次に、実施の形態６に係るレーザ加工装置１Ｅの構成について、図１９を用いて説明する。図１９は、実施の形態６に係るレーザ加工装置１Ｅの構成を示すブロック図である。

[0210]    図１９に示すように、本実施の形態に係るレーザ加工装置１Ｅは、上記実施の形態５に係るレーザ加工装置１Ｄと同様に、第１のレーザ発振器１１と、第２のレーザ発振器１２と、駆動制御部２０と、分析部３０Ｅとを備える。

[0211]    また、本実施の形態に係るレーザ加工装置１Ｅは、上記実施の形態５に係るレーザ加工装置１Ｄと同様に、加工対象物２からの信号光をイメージセンサ３８で撮像して分析している。具体的には、分析部３０Ｅは、データ処理部３１Ｅと、イメージセンサ３８と、画像処理部３９とを有する。

[0212]    本実施の形態に係るレーザ加工装置１Ｅが上記実施の形態５に係るレーザ加工装置１Ｄと異なる点は、上記実施の形態５では、光源６０を用いて加工対象物２Ａおよび２Ｂに分析光を照射していたが、本実施の形態では、加工対象物２Ａおよび２Ｂには、分析光を照射していない。

[0213]    具体的には、本実施の形態に係るレーザ加工装置１Ｅでは、レーザ加工時に発生するプルーム（レーザプルーム）を信号光として分析している。したがって、本実施の形態において、加工対象物２Ａおよび２Ｂからの信号光は、第１のレーザ光Ｌ１および第２のレーザ光Ｌ２の少なくとも一方が加工対象物２Ａおよび２Ｂへ照射されることに伴って加工中に発生する発光である

。なお、プルームとは、レーザ加工時に高温になって吹き上がる金属元素プラズマのことであり、炎色反応のように材料によってプルームの色が異なる。

[0214] イメージセンサ 38 は、レーザ加工中に発生するプルームをリアルタイムに撮像することで、プルームの発光スペクトルを取得する。

[0215] データ処理部 31 E は、イメージセンサ 38 で取得してプルームの発光スペクトルから加工対象物 2 A および 2 B の加工位置の座標に対して加工条件を調整する。このように、プルームを測定することで、加工用レーザ光の最適な波長の選択と出力制御とを行うことができるので、加工対象物 2 A および 2 B の加工品質を向上させることができる。

[0216] なお、図 19 に示すように、本実施の形態では、第 1 の材料（材料 A）からなる 1 枚の加工対象物 2 A と第 2 の材料（材料 B）からなる 1 枚の加工対象物 2 B とを溶接接合する場合を例示している。

[0217] 次に、レーザ加工装置 1 E を用いた本実施の形態に係るレーザ加工方法について、図 20 を用いて説明する。図 20 は、実施の形態 6 に係るレーザ加工方法のフローチャートである。

[0218] 図 20 に示すように、まず、加工対象物 2 A および 2 B を重ねて加工台 3 に置く（ステップ S 6 1）。ステップ S 6 1 は、上記実施の形態 2 のレーザ加工方法におけるステップ S 2 1 と同様である。

[0219] 次に、加工対象物 2 A または 2 B にレーザ光を照射する（ステップ S 6 2）。具体的には、加工対象物 2 A が加工対象物 2 B の上に配置されているので、加工対象物 2 A の加工位置に、加工用レーザ光として第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光の少なくとも一方を照射する。

[0220] 次に、レーザ照射で生じるプルームをイメージセンサ 38 で撮像する（ステップ S 6 3）。具体的には、加工用レーザ光として第 1 のレーザ光 L 1 および第 2 のレーザ光の少なくとも一方を加工対象物 2 A および 2 B の加工位置に照射することで生じるプルームを加工対象物 2 A または 2 B からの信号光としてこの信号光をイメージセンサ 38 で撮像し、プルームの発光スペクトルを取得する。

- [0221] この場合、例えば、レーザ加工によって加工深さが深くなっていくと（つまり、加工時間が経過していくと）、イメージセンサ38によって、図21に示されるようなプルームに含まれる特定の波長の発光強度の加工深さ（または加工時間）依存性を得ることができる。
- [0222] 次に、撮像したプルームの画像を分析する（ステップS64）。具体的には、イメージセンサ38で撮像したプルームの発光スペクトルと、材料ごとの複数種類の発光スペクトルのデータ群が保存されたデータベース（不図示）とを照合して、レーザ加工中の加工対象物の材料がデータベースに保存された材料のどれに最も近いかを決定する。
- [0223] このとき、レーザ加工によって加工深さが深くなっていった、図21に示すように、第1の材料（材料A）と第2の材料（材料B）とで発光強度が入れ替わると、この発光強度が入れ替わった時点で、第1の材料（材料A）で構成された加工対象物2Aから第2の材料（材料B）で構成された加工対象物2Bへの加工対象が変化したことが分かる。
- [0224] 次に、ステップS64の分析結果に応じて加工対象物の加工条件を調整する（ステップS65）。具体的には、第1のレーザ光L1および第2のレーザ光L2のうち、ステップS64で決定された材料に適した方の波長のレーザ光を選択する。
- [0225] 次に、調整された加工条件からレーザ光の強度を変化させる（ステップS66）。具体的には、ステップS65で調整された加工条件に応じて、第1のレーザ発振器11から出射する第1のレーザ光L1および第2のレーザ発振器12から出射する第2のレーザ光L2の強度を変化させる。
- [0226] 次に、加工対象物にレーザ光を照射する（ステップS67）。具体的には、ステップS66で設定された第1のレーザ光L1および第2のレーザ光L2の各々の強度にしたがって、第1のレーザ発振器11から第1のレーザ光L1を出射させて加工対象物2の加工位置に第1のレーザ光L1を照射したり、第2のレーザ発振器12から第2のレーザ光L2を出射させて加工対象物2の加工位置に第2のレーザ光L2を照射したりする。

[0227] 本実施の形態に係るレーザ加工方法は、以上のような手順で行うことができる。

[0228] 以上、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 E によれば、上記実施の形態 5 と同様に、分析部 30 E は、加工対象物 2 A および 2 B からの信号光を取得し、取得した信号光に基づいて加工対象物 2 A および 2 B の加工条件を調整し、駆動制御部 20 は、調整した加工条件に応じて第 1 のレーザ発振器 11 および第 2 のレーザ発振器 12 を駆動することで第 1 のレーザ光 L1 および第 2 のレーザ光 L2 の少なくとも一方の強度を変化させて加工対象物 2 に第 1 のレーザ光 L1 および第 2 のレーザ光 L2 の少なくとも一方を照射させている。

[0229] これにより、上記実施の形態 5 と同様の効果を奏する。すなわち、加工対象物 2 A および 2 B の各々の材料に適した加工条件で加工対象物 2 A および 2 B の加工位置に第 1 のレーザ光 L1 および第 2 のレーザ光 L2 を照射させることができるので、高いスループットで高品質なレーザ加工を実現することができる。

[0230] また、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 E において、加工対象物 2 A および 2 B からの信号光は、第 1 のレーザ光 L1 および第 2 のレーザ光 L2 の少なくとも一方が加工対象物 2 A または 2 B へ照射されることに伴って加工中に発生する発光である。

[0231] この構成により、加工対象物 2 A および 2 B をレーザ加工しているときに発生するブルームによってレーザ加工中の加工対象物 2 A または 2 B の材料を特定することができるので、材料に最適な加工用レーザ光を選択することができる。つまり、リアルタイムで加工対象物 2 A および 2 B の材料特定と加工用レーザ光の波長選択とを行うことができる。これにより、レーザ加工と同時に加工対象物の材料の分析が可能となるので、加工対象物の加工条件の調整をレーザ加工と同時に行うことができる。したがって、高い加工品質と高いスループットとを両立することができるレーザ加工装置を実現できる。

[0232] なお、本実施の形態では、イメージセンサ 38 を用いてプルームの発光スペクトルを取得したが、これに限らない。例えば、イメージセンサ 38 に代えて、分光器を用いてもよい。この場合、分析部 30E は、プルーム（発光）を分光する分光器と、プルームの発光スペクトルを出力するデータ処理部とを有し、データ処理部は、プルームの発光スペクトルから加工対象物の加工位置の座標に対して加工条件を調整すればよい。

[0233] この構成でも材料固有の発光スペクトルを取得することができるので、加工対象物の加工位置の座標における材料特性または材料の化学組成の分析精度が向上し、材料に応じたレーザ加工条件の調整精度が向上する。これにより、高い加工品質でレーザ加工を行うことができるレーザ加工装置を実現することができる。

[0234] （変形例）

以上、本開示に係るレーザ加工装置等について、実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、上記の実施の形態に限定されるものではない。

[0235] 例えば、上記実施の形態 2 ～ 6 において、第 1 のレーザ発振器 11 から出射した第 1 のレーザ光 L1 および第 2 のレーザ発振器 12 から出射した第 2 のレーザ光 L2 は、ハーフミラー 51 およびレンズ 52 からなる単一の集光光学系である光学系 50 によって同じ光軸にして加工対象物に照射されていたが、これに限らない。例えば、図 22 に示されるレーザ加工装置 1F のように、第 1 のレーザ発振器 11 から出射した第 1 のレーザ光 L1 および第 2 のレーザ発振器 12 から出射した第 2 のレーザ光 L2 は、第 1 のレンズ群 52a および第 2 のレンズ群 52b との個別の集光光学系である光学系 50F によって別々の光軸で加工対象物に照射されていてもよい。

[0236] また、上記実施の形態 1 において、光源 32 は、第 1 のレーザ光 L1 のピーク波長である第 1 の波長（ $\lambda 1$ ）を含む光を発する第 1 の光源と、第 2 のレーザ光 L2 のピーク波長である第 2 の波長（ $\lambda 2$ ）を含む光を発する第 2 の光源とによって構成されていたが、これに限らない。例えば、光源 32 は、第 1 の波長（ $\lambda 1$ ）および第 2 の波長（ $\lambda 2$ ）とは異なる第 3 の波長（ $\lambda$

3) を含む光を発する第1の光源と、第1の波長( $\lambda_1$ )、第2の波長( $\lambda_2$ ) および第3の波長( $\lambda_3$ ) とは異なる第4の波長( $\lambda_4$ ) を含む光を発する第2の光源とによって構成されていてもよい。この場合、光源32の第1の光源は、第1の分析光としてピーク波長が第3の波長( $\lambda_3$ ) である光を発し、光源32の第2の光源は、第2の分析光としてピーク波長が第4の波長( $\lambda_4$ ) である光を発する。第3の波長( $\lambda_3$ ) および第4の波長( $\lambda_4$ ) は、紫外線から近赤外線範囲であることが望ましい。これは、金属およびその他の材料の吸収・反射スペクトルの変化が紫外領域から近赤外領域で生じるものが多いためである。また、第3の波長( $\lambda_3$ ) および第4の波長( $\lambda_4$ ) は、一方が可視光線以下の波長で、他方が近赤外線以上の波長であるとよい。これは、第3の波長( $\lambda_3$ ) と第4の波長( $\lambda_4$ ) とが近い波長であると材料の特定が困難になるからである。

[0237] また、上記実施の形態1～6では、加工用レーザ発振器として、第1のレーザ発振器11および第2のレーザ発振器12の2つを用いたが、これに限らない。例えば、3つ以上の加工用レーザ発振器を用いてもよい。つまり、3つ以上のレーザ光について、波長選択および出力制御を行ってもよい。

[0238] また、上記実施の形態1～6では、レーザ加工を行う前に図1および図2で説明したような事前のレシピを予め作成しておく必要はないが、上記実施の形態1～6において、このような事前のレシピを併用してもよい。

[0239] また、上記実施の形態1～6では、金属同士をレーザ加工する場合について説明したが、これに限らない。例えば、本開示は、金属と樹脂とをレーザ加工する場合にも適用することができ、また、樹脂と樹脂とをレーザ加工する場合にも適用することができる。その他、金属および樹脂に限らず、種々の材料同士をレーザ加工する場合にも適用することができる。特に、本開示は、光吸収率が異なる異種材料同士をレーザ加工する場合に適している。

[0240] その他、実施の形態に対して当業者が思いつく各種変形を施して得られる形態や、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で各実施の形態における構成要素および機能を任意に組み合わせることで実現される形態も本開示に含まれる。

## 産業上の利用可能性

[0241] 本開示の技術は、レーザ光を照射することで加工対象物を加工するレーザ加工装置等において有用である。

## 符号の説明

[0242] 1、1 A、1 B、1 C、1 D、1 E、1 F レーザ加工装置  
2、2 A、2 B 加工対象物  
2 X 複合材  
2 a 第1の部位  
2 b 第2の部位  
3 加工台  
1 1 第1のレーザ発振器  
1 2 第2のレーザ発振器  
2 0 駆動制御部  
2 1 駆動回路  
2 2 駆動電源  
3 0、3 0 C、3 0 D、3 0 E 分析部  
3 1、3 1 C、3 1 D、3 1 E データ処理部  
3 2、3 2 C 光源  
3 3 a 第1の検出器  
3 3 b 第2の検出器  
3 3 C 検出器  
3 4 ビームスプリッタ  
3 4 C ミラー  
3 5 レンズ  
3 6 分光器  
3 7 データベース  
3 8 イメージセンサ  
3 9 画像処理部

4 1 第 1 の光ファイバ

4 2 第 2 の光ファイバ

5 0、5 0 F 光学系

5 1 ハーフミラー

5 2 レンズ

5 2 a レンズ群

5 2 b レンズ群

6 0 光源

## 請求の範囲

- [請求項1] レーザ光によって対象物を加工するレーザ加工装置であって、  
ピーク波長が第1の波長である第1のレーザ光を出射する第1のレーザ発振器と、  
ピーク波長が第1の波長とは異なる第2の波長である第2のレーザ光を出射する第2のレーザ発振器と、  
前記第1のレーザ発振器および前記第2のレーザ発振器の各々を駆動する駆動制御部と、  
前記対象物からの信号光を取得し、取得した前記信号光に基づいて前記対象物の加工条件を調整する分析部とを備え、  
前記駆動制御部は、前記加工条件に応じて前記第1のレーザ発振器および前記第2のレーザ発振器を駆動することで前記第1のレーザ光および前記第2のレーザ光の少なくとも一方の強度を変化させて前記対象物に前記第1のレーザ光および前記第2のレーザ光の少なくとも一方を照射させる  
レーザ加工装置。
- [請求項2] 前記駆動制御部は、前記加工条件に応じて前記第1のレーザ光および前記第2のレーザ光の一方を出射させ、かつ、前記第1のレーザ光および前記第2のレーザ光の他方を出射させないように、前記第1のレーザ発振器および前記第2のレーザ発振器を駆動する  
請求項1に記載のレーザ加工装置。
- [請求項3] 前記分析部は、前記信号光を解析するデータ処理部を有する  
請求項1または2に記載のレーザ加工装置。
- [請求項4] 前記分析部は、前記信号光を取得したときの前記対象物の加工位置での座標における前記加工条件を調整し、  
前記駆動制御部は、前記加工条件に応じて前記第1のレーザ発振器および前記第2のレーザ発振器を駆動することで前記第1のレーザ光および前記第2のレーザ光の少なくとも一方を、前記加工位置の座標

に基づいて前記対象物に照射させる

請求項 3 に記載のレーザ加工装置。

[請求項5] 前記データ処理部は、前記信号光に基づいて前記対象物の加工位置での座標における前記加工条件を調整する

請求項 4 に記載のレーザ加工装置。

[請求項6] 前記分析部は、分析光を発する光源と、前記対象物の加工位置へ前記分析光を照射する光学系とを有し、

前記信号光は、前記分析光の少なくとも一部が前記対象物の表面で反射した反射光である

請求項 4 または 5 に記載のレーザ加工装置。

[請求項7] 前記分析光は、前記第 1 の波長の光である第 1 の分析光と、前記第 2 の波長の光である第 2 の分析光とを含み、

前記信号光は、前記第 1 の分析光が前記対象物に照射されて前記対象物で反射した反射光である第 1 の信号光と、前記第 2 の分析光が前記対象物に照射されて前記対象物で反射した反射光である第 2 の信号光とを含み、

前記データ処理部は、前記対象物の加工位置の座標において、前記第 1 の信号光の強度と前記第 2 の信号光の強度とを比較する、または前記第 1 の波長での反射率と前記第 2 の波長での反射率とを比較することで、前記加工条件を調整する

請求項 6 に記載のレーザ加工装置。

[請求項8] 前記分析光は、前記第 1 のレーザ光および前記第 2 のレーザ光の少なくともいずれか一方の波長を含む、

請求項 6 または 7 に記載のレーザ加工装置。

[請求項9] 前記分析光は、前記第 1 のレーザ光および前記第 2 のレーザ光の少なくともいずれか一方の一部を導光した光である

請求項 8 に記載のレーザ加工装置。

[請求項10] 前記データ処理部は、前記信号光の強度から前記分析光の反射強度

または反射率を解析し、前記対象物の加工位置での座標と前記反射強度または前記反射率とを対応させることで、前記対象物の加工位置での座標における前記加工条件を調整する

請求項6～9のいずれか1項に記載のレーザ加工装置。

[請求項11]

前記分析部は、第1の検出器と第2の検出器を有しており、

前記第1の検出器は、前記分析光が前記対象物で反射した信号光を受光し、

前記第2の検出器は、前記分析光の少なくとも一部を受光し、

前記データ処理部は、前記第1の検出器で受光した前記信号光の強度を、前記第2の検出器で受光した前記分析光の強度で補正する

請求項6～10のいずれか1項に記載のレーザ加工装置。

[請求項12]

前記分析部は、前記分析光を分光する分光器を有し、

分光された前記分析光は、前記対象物の加工位置に照射され、

前記分析部は、前記分光器で分光された前記分析光が前記対象物の表面で反射した信号光を測定することによって、前記信号光の強度または反射率の波長依存性を示す反射スペクトルを測定する検出器を有し、

前記データ処理部は、前記反射スペクトルに基づいて前記対象物の加工位置での座標における前記加工条件を調整する

請求項4または5に記載のレーザ加工装置。

[請求項13]

前記分析部は、前記信号光を分光する分光器と、前記分光器で分光された前記信号光を測定することで、前記信号光の強度または反射率の波長依存性を示す反射スペクトルを測定する検出器とを有し、

前記データ処理部は、前記反射スペクトルに基づいて前記対象物の加工位置での座標における前記加工条件を調整する

請求項4または5に記載のレーザ加工装置。

[請求項14]

前記データ処理部は、データベースと接続されており、

前記データベースには、材料ごとの複数種類の反射スペクトルのデ

ータ群が保存されており、

前記データ処理部は、前記信号光により得られた前記反射スペクトルと前記データベースに保存された反射スペクトルのデータ群とを照合し、前記対象物の加工位置での座標における材料が前記データベースに保存された材料のどれに最も近いかを決定し、決定した材料に応じて前記対象物の加工位置での座標における前記加工条件を調整する請求項 1 2 または 1 3 に記載のレーザ加工装置。

[請求項15] 前記分析光の光源は、レーザ発振器またはLEDである

請求項 6 ～ 1 4 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工装置。

[請求項16] 前記分析光は、分光器、または特定の波長帯を透過させるフィルターによって単色化されている

請求項 6 ～ 1 5 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工装置。

[請求項17] 前記分析部は、光を受光する画素が 2 次元に複数個配列された固体撮像素子を有し、

前記固体撮像素子は、前記信号光を受光することで前記対象物の 2 次元画像をデータ処理部へ出力し、

前記データ処理部は、前記 2 次元画像における前記対象物の加工位置に対応する明るさによって前記対象物の加工条件を調整する

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工装置。

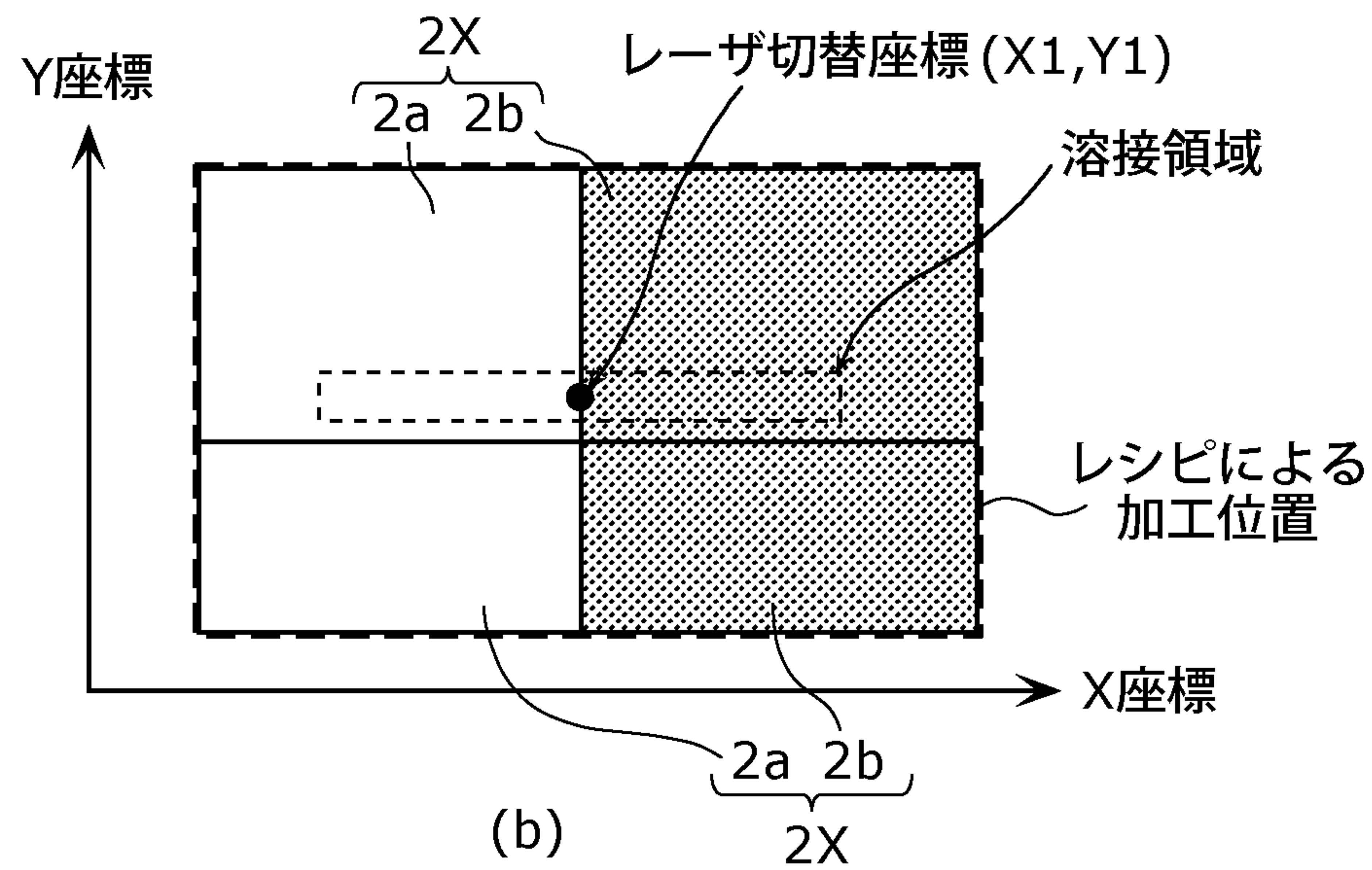
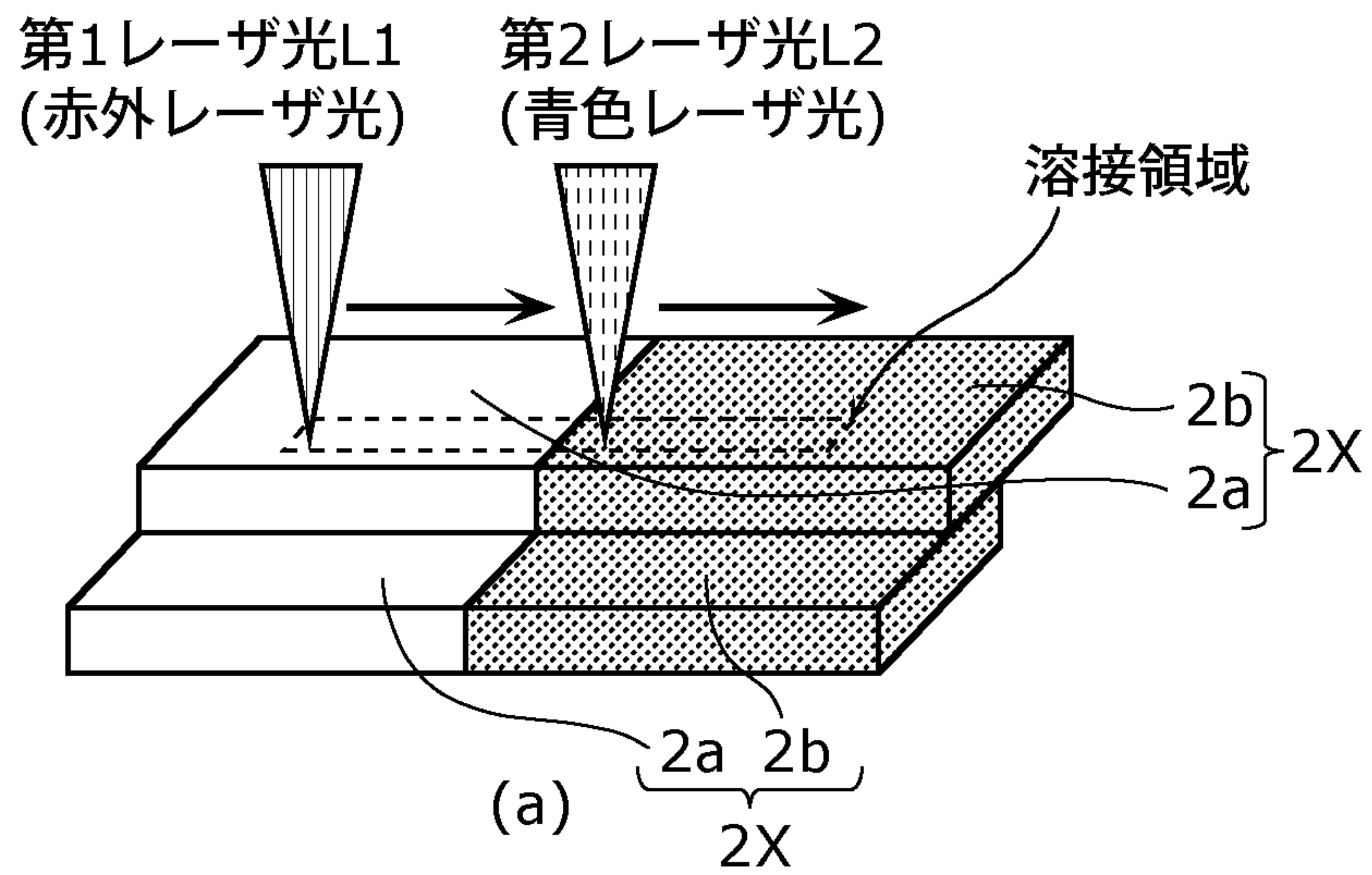
[請求項18] 前記固体撮像素子は、少なくとも、第 3 の波長を透過させる第 1 フィルターと、前記第 1 のフィルターを搭載した第 1 の画素と、第 4 の波長を透過させる第 2 フィルターと、前記第 2 のフィルターを搭載した第 2 の画素を有し、

前記データ処理部は、前記固体撮像素子で受光された 2 次元画像において、前記対象物の加工位置における前記信号光の前記第 1 の波長の画素信号強度と前記信号光の前記第 2 の波長の画素信号強度とを比較をすることによって、前記対象物の加工条件を調整する

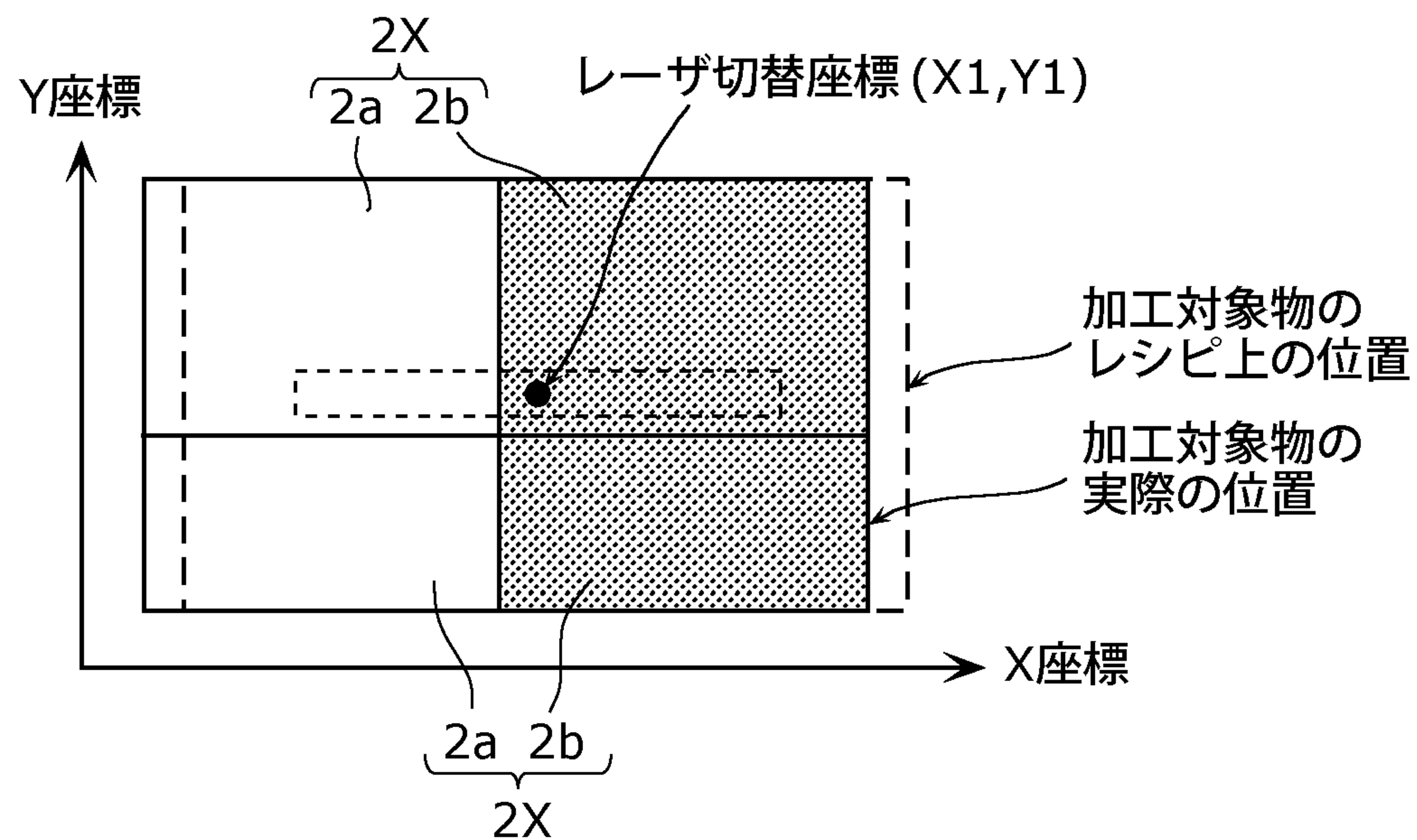
請求項 1 7 に記載のレーザ加工装置。

- [請求項19] 前記第1フィルターは、近赤外線を透過させるフィルターであり、  
前記第2フィルターは、可視光線領域の少なくとも一部の波長を透過させるフィルターである  
請求項18に記載のレーザ加工装置。
- [請求項20] 前記データ処理部は、前記加工位置の前記信号光の前記第3の波長の画素信号強度と、前記信号光の前記第4の波長の画素信号強度とを、データベース内に保存された反射スペクトルのデータ群とそれぞれ照合し、前記対象物の加工位置での座標における材料が前記データベースに保存された材料のどれに最も近いかを決定し、決定した材料に応じて前記対象物の加工位置での座標における前記加工条件を調整する  
請求項18または19に記載のレーザ加工装置。
- [請求項21] 前記信号光は前記第1のレーザ光および前記第2のレーザ光の少なくとも一方が前記対象物へ照射されることに伴って加工中に発生する発光である  
請求項1～3または請求項17～20のいずれか1項に記載のレーザ加工装置。
- [請求項22] 前記分析部は、前記発光を分光する分光器と、前記発光の発光スペクトルを出力するデータ処理部とを有し、前記データ処理部は前記発光スペクトルから前記対象物の加工位置の座標に対して前記加工条件を調整する  
請求項21に記載のレーザ加工装置。
- [請求項23] 前記第1のレーザ光の波長は、近赤外線以上の波長である  
請求項1～22のいずれか1項に記載のレーザ加工装置。
- [請求項24] 前記第2のレーザ光の波長は、可視光線以下の波長である  
請求項1～23のいずれか1項に記載のレーザ加工装置。

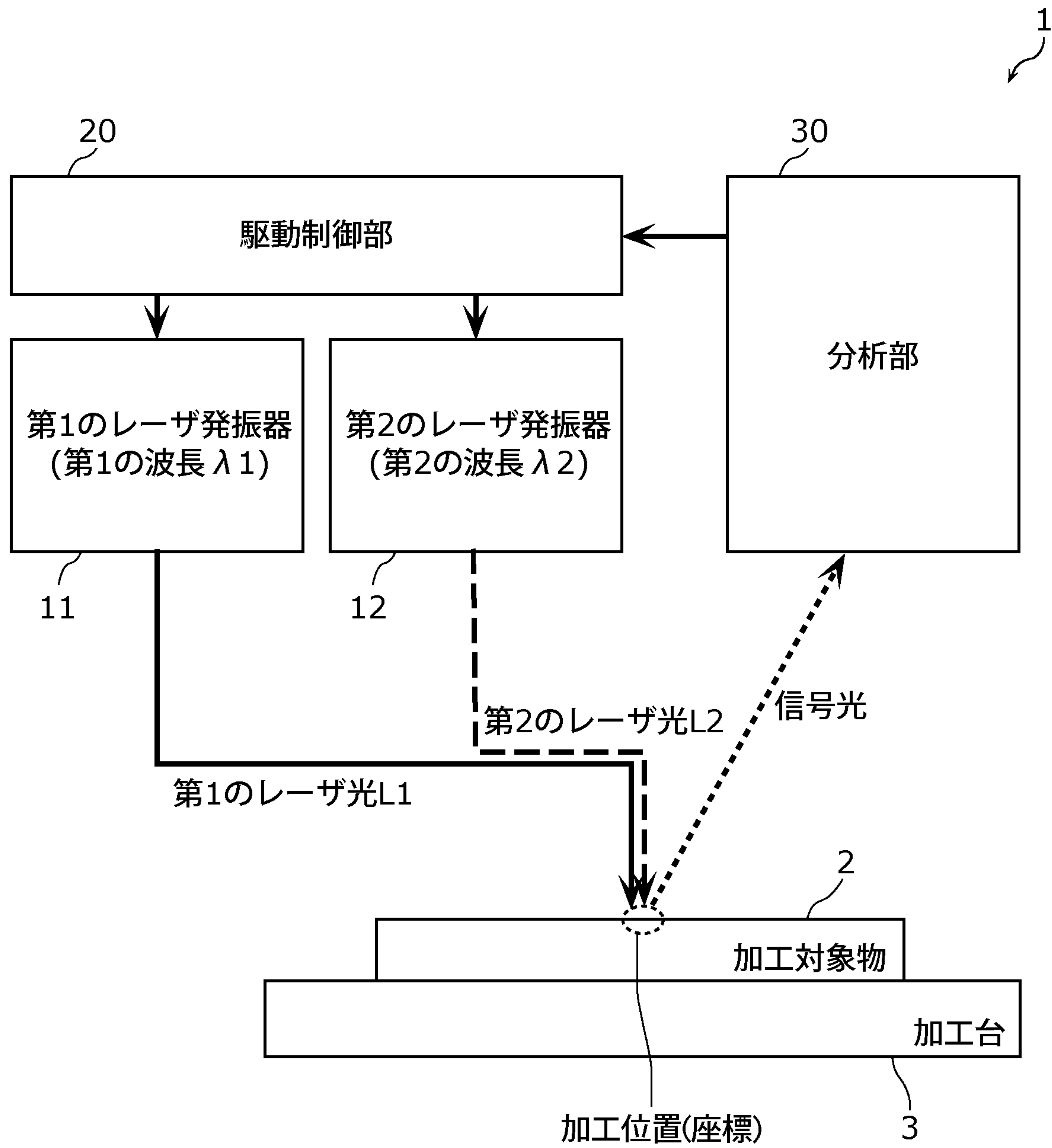
[図1]



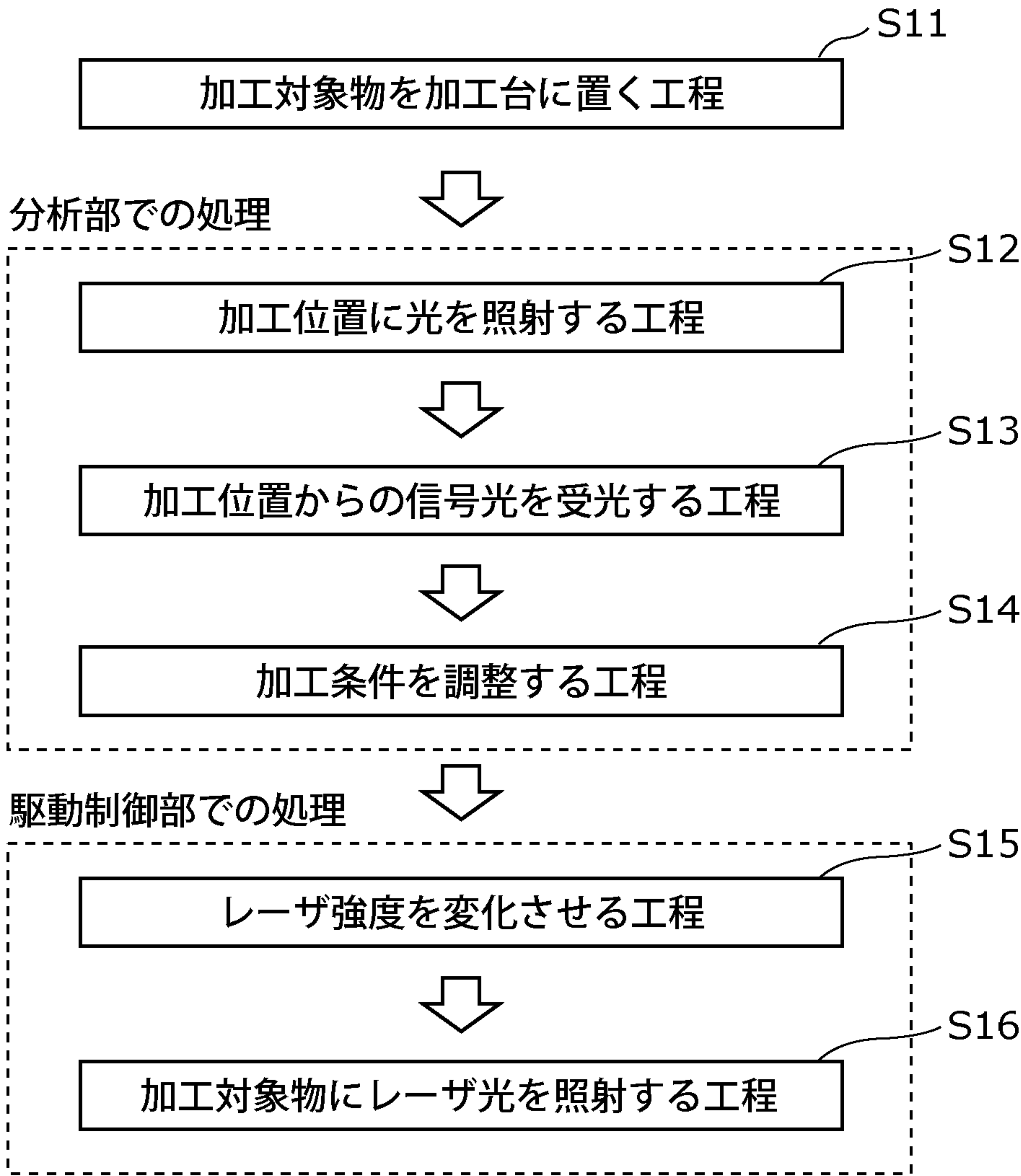
[図2]



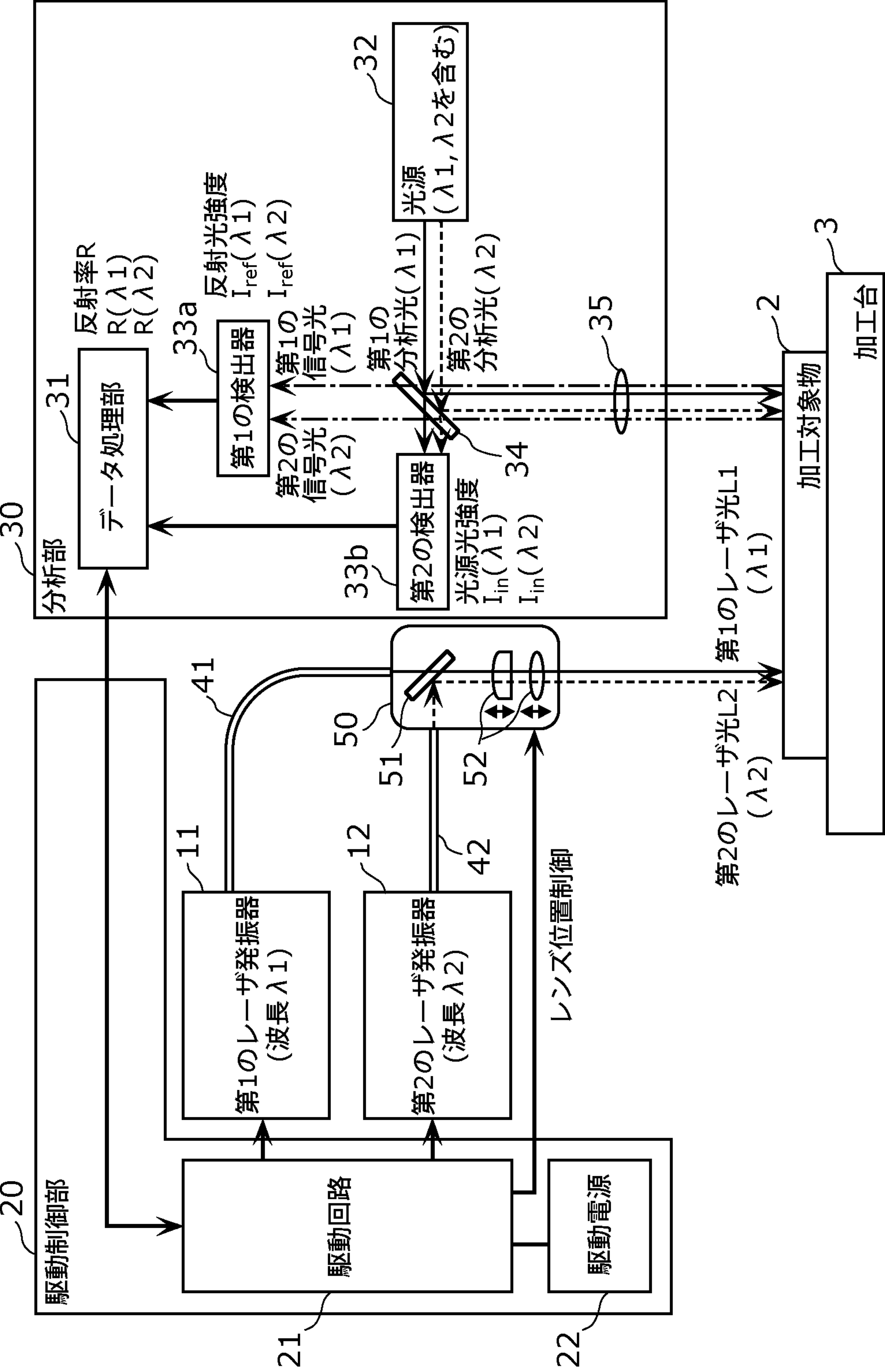
[図3]



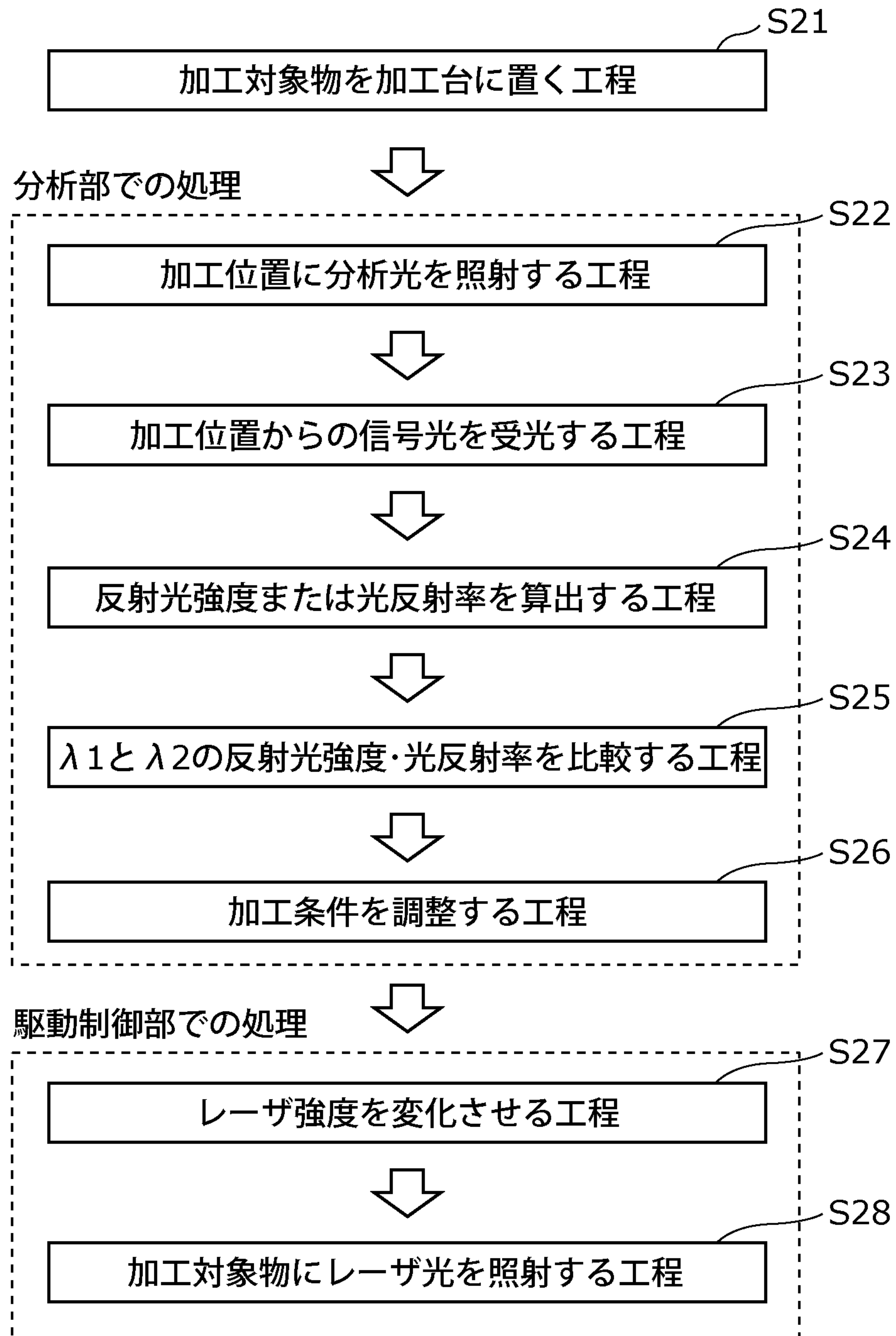
[図4]



1A [図5]

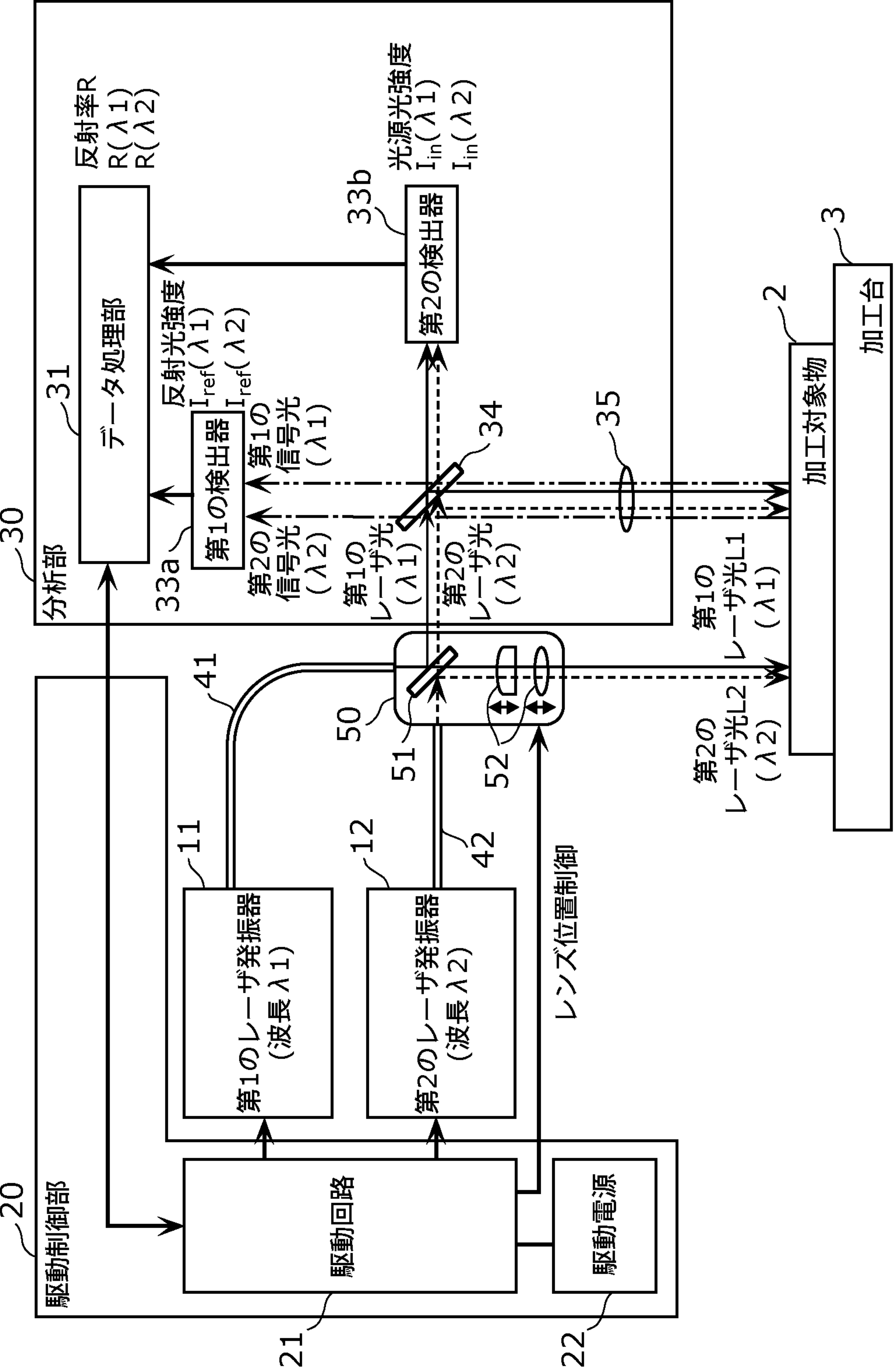


[図6]

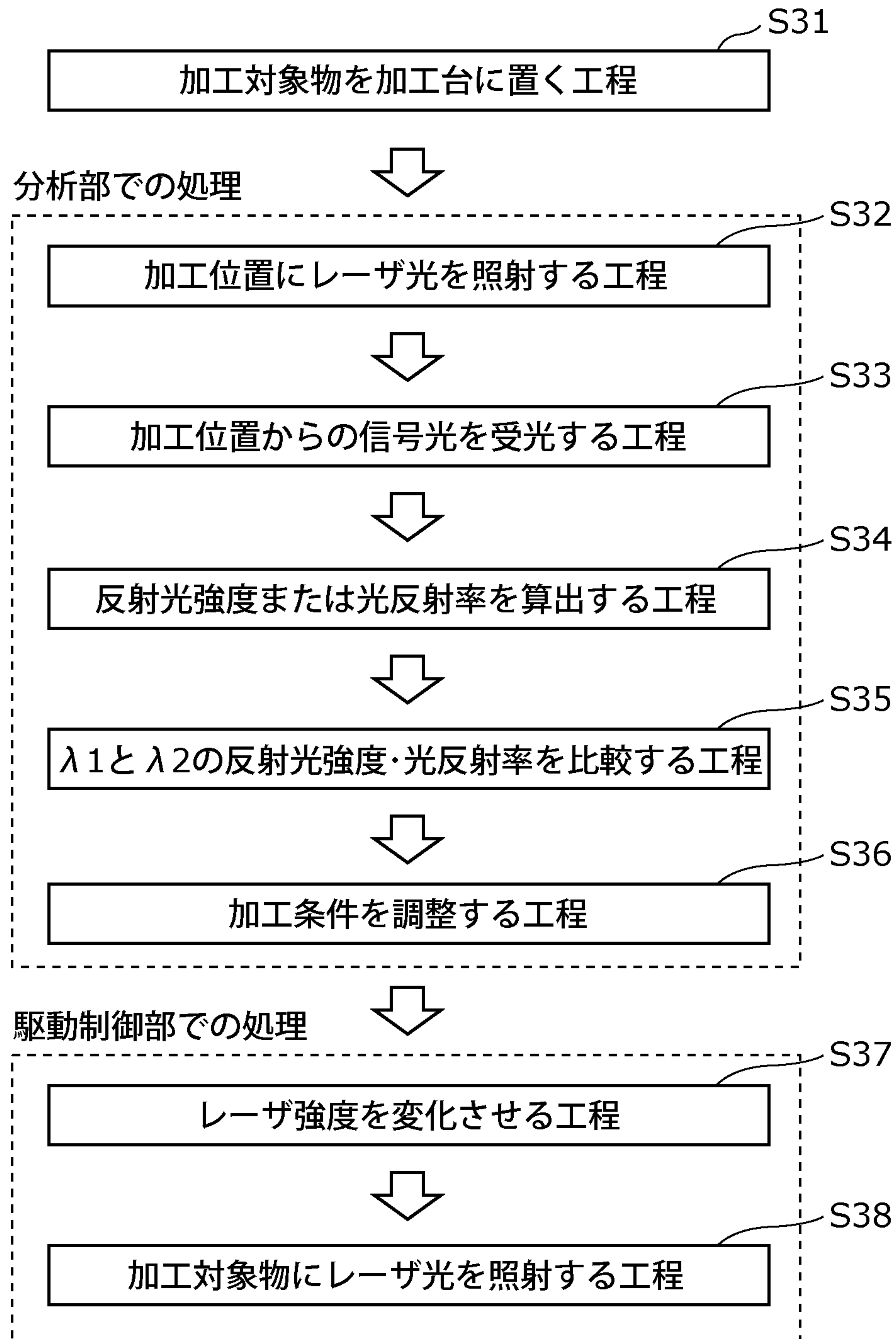


[図7]

1B

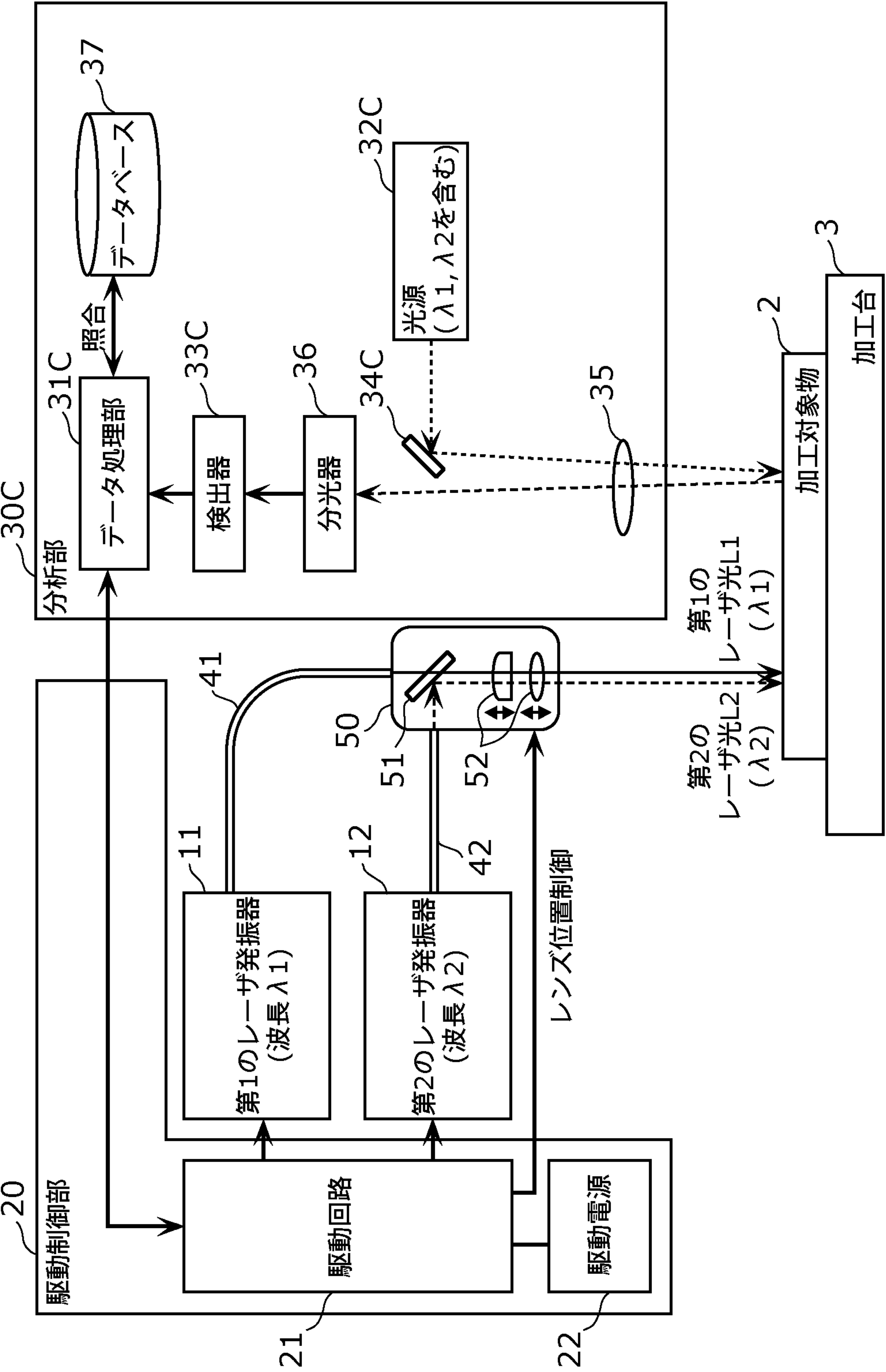


[図8]

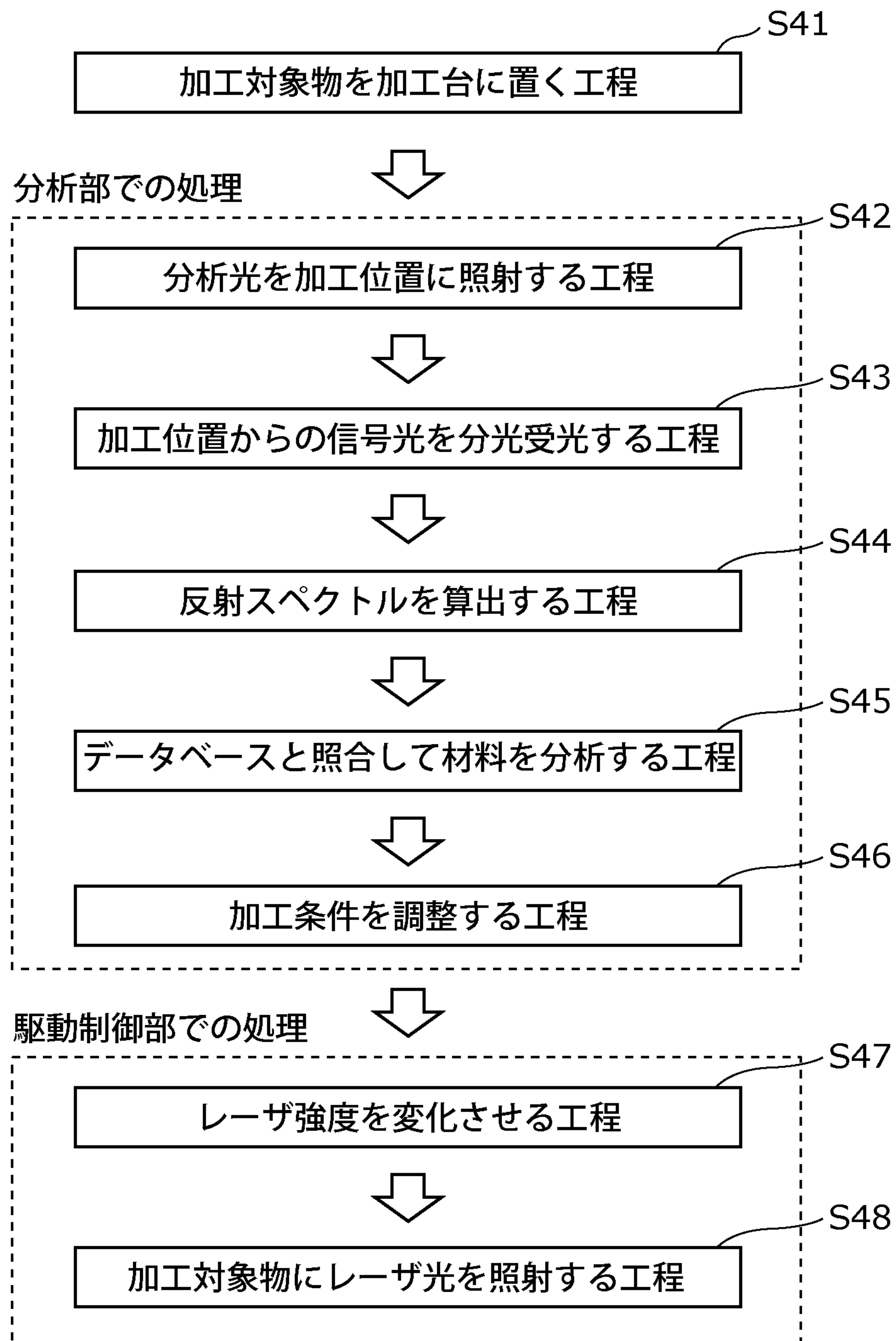


[図9]

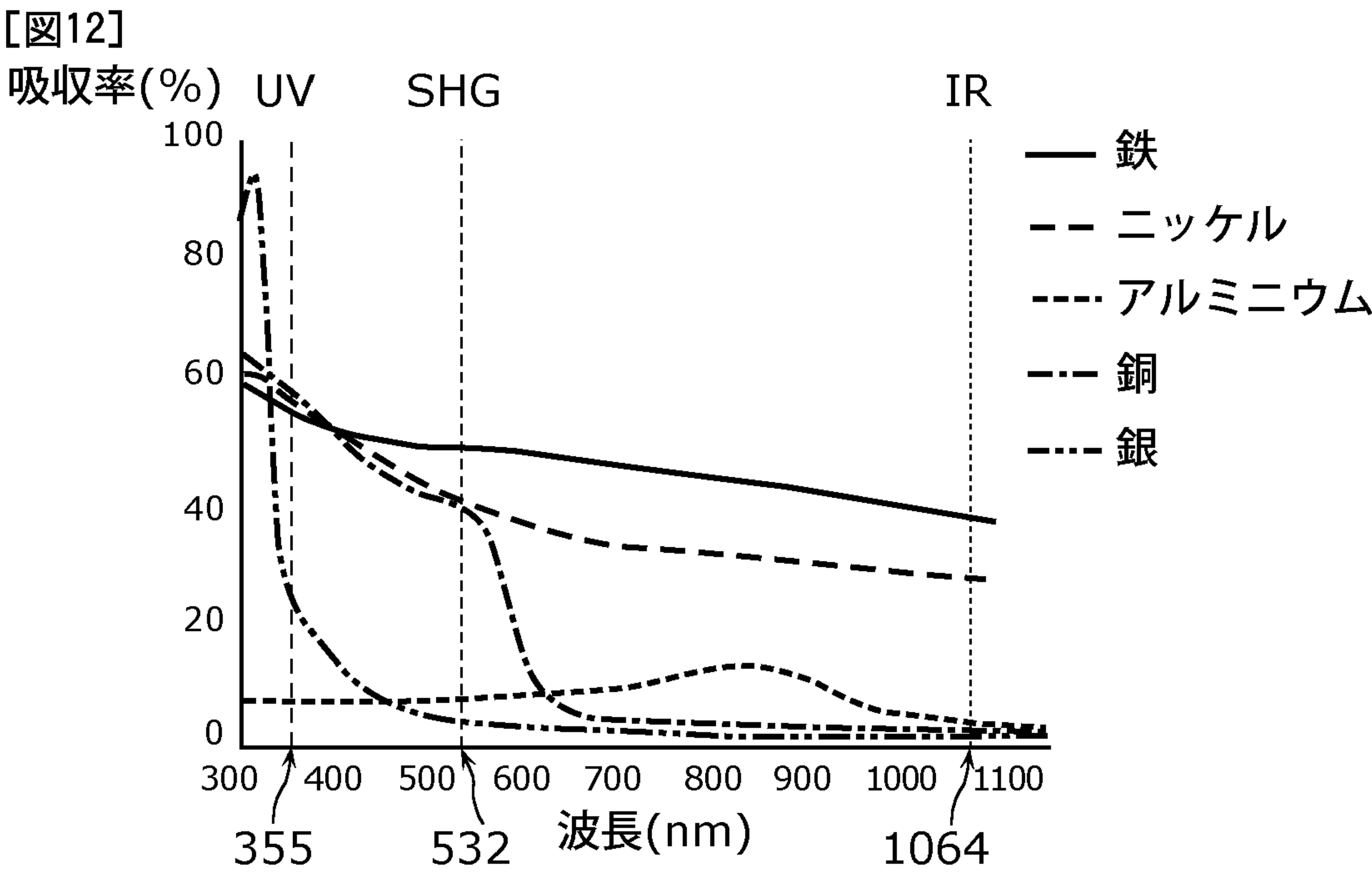
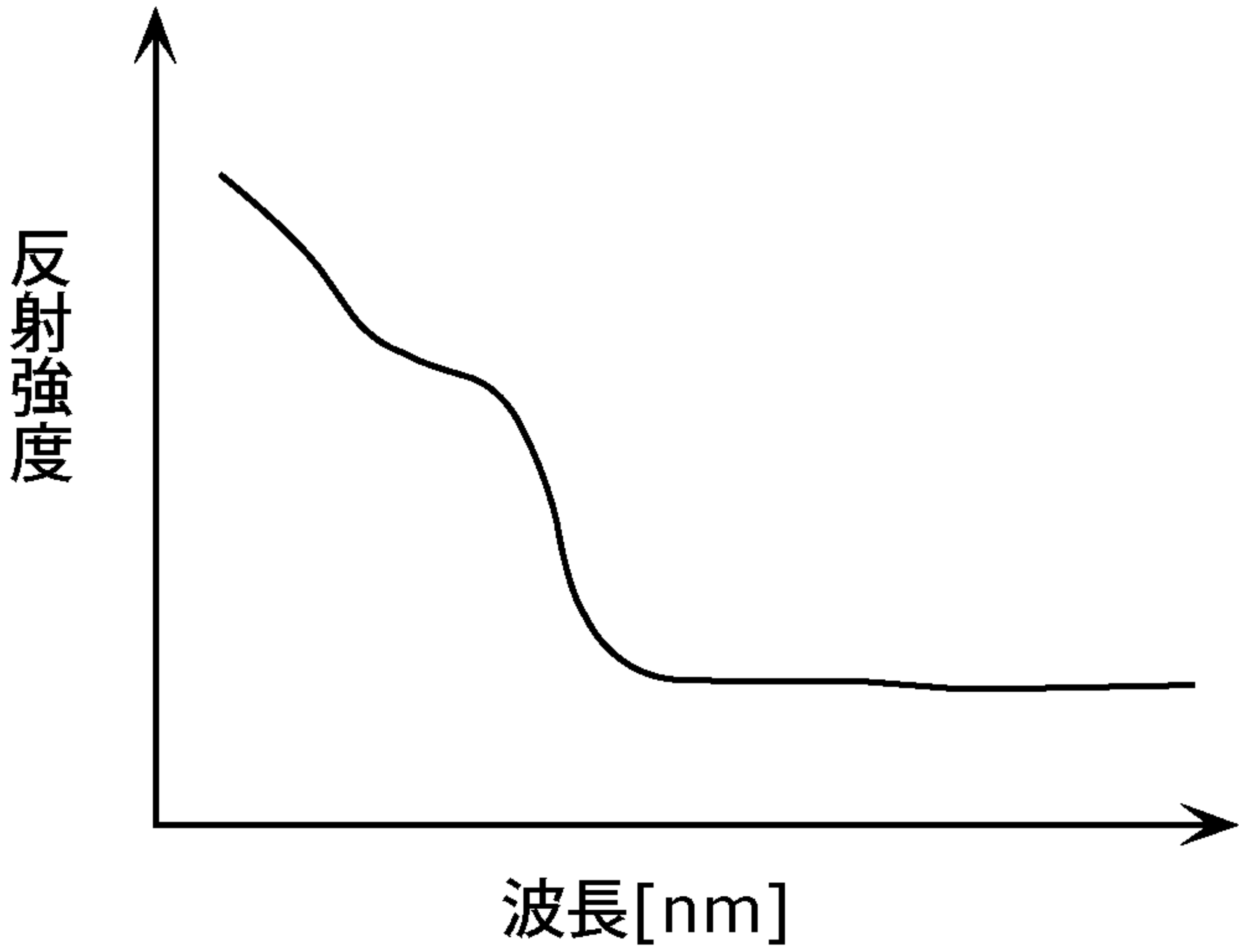
1C



[図10]

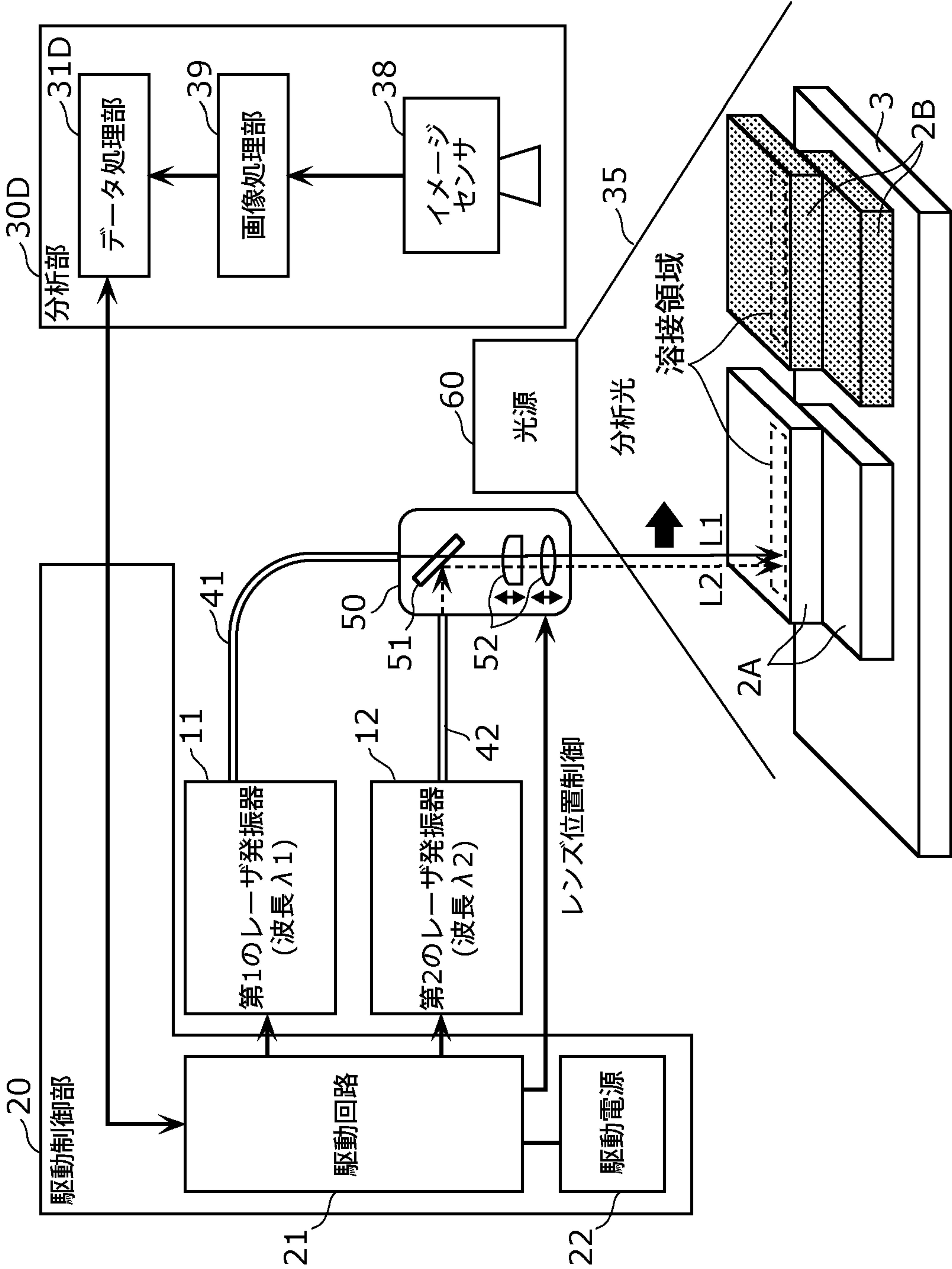


[図11]  
[信号光から得られた反射スペクトル]

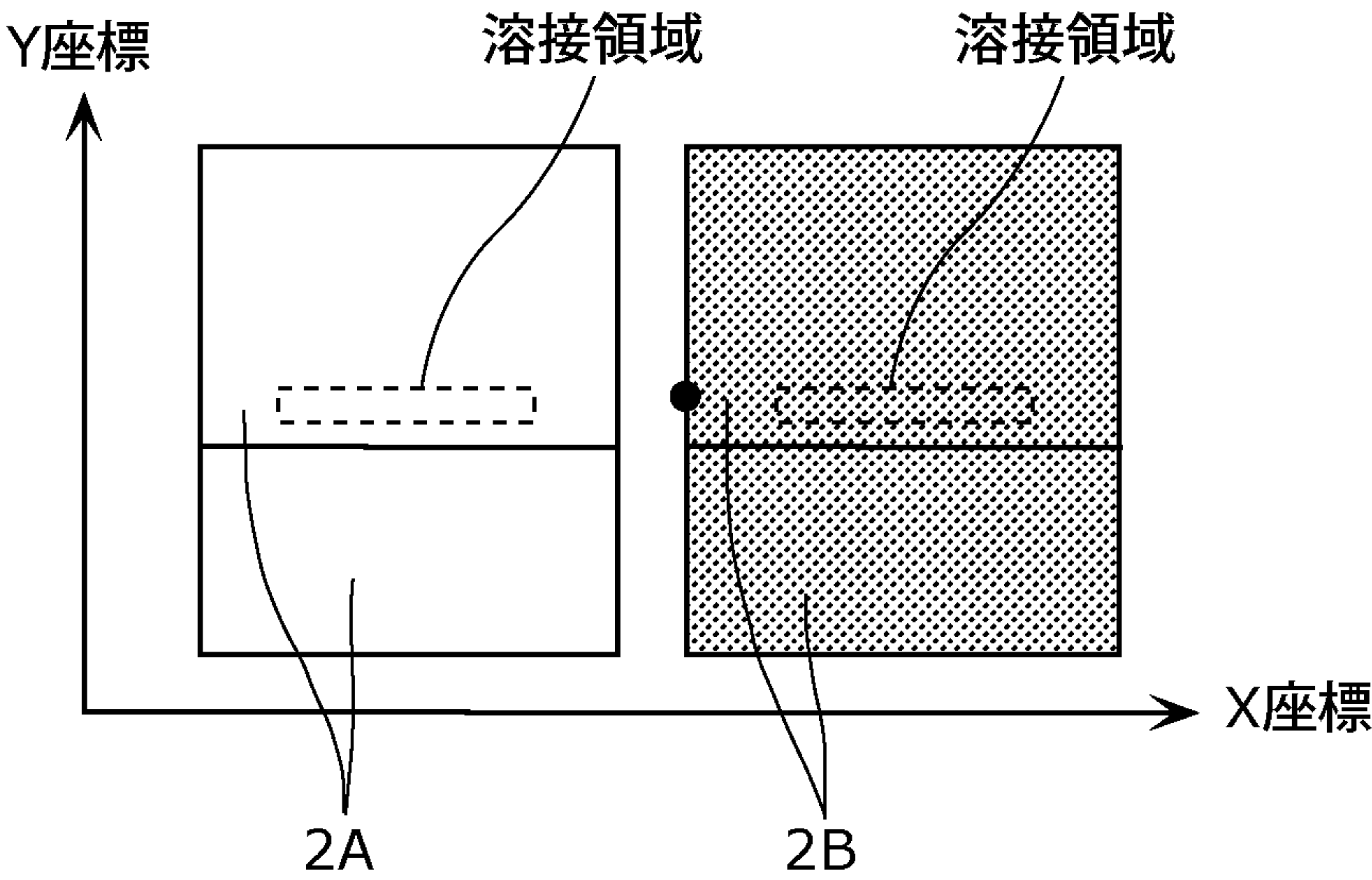


[図13]

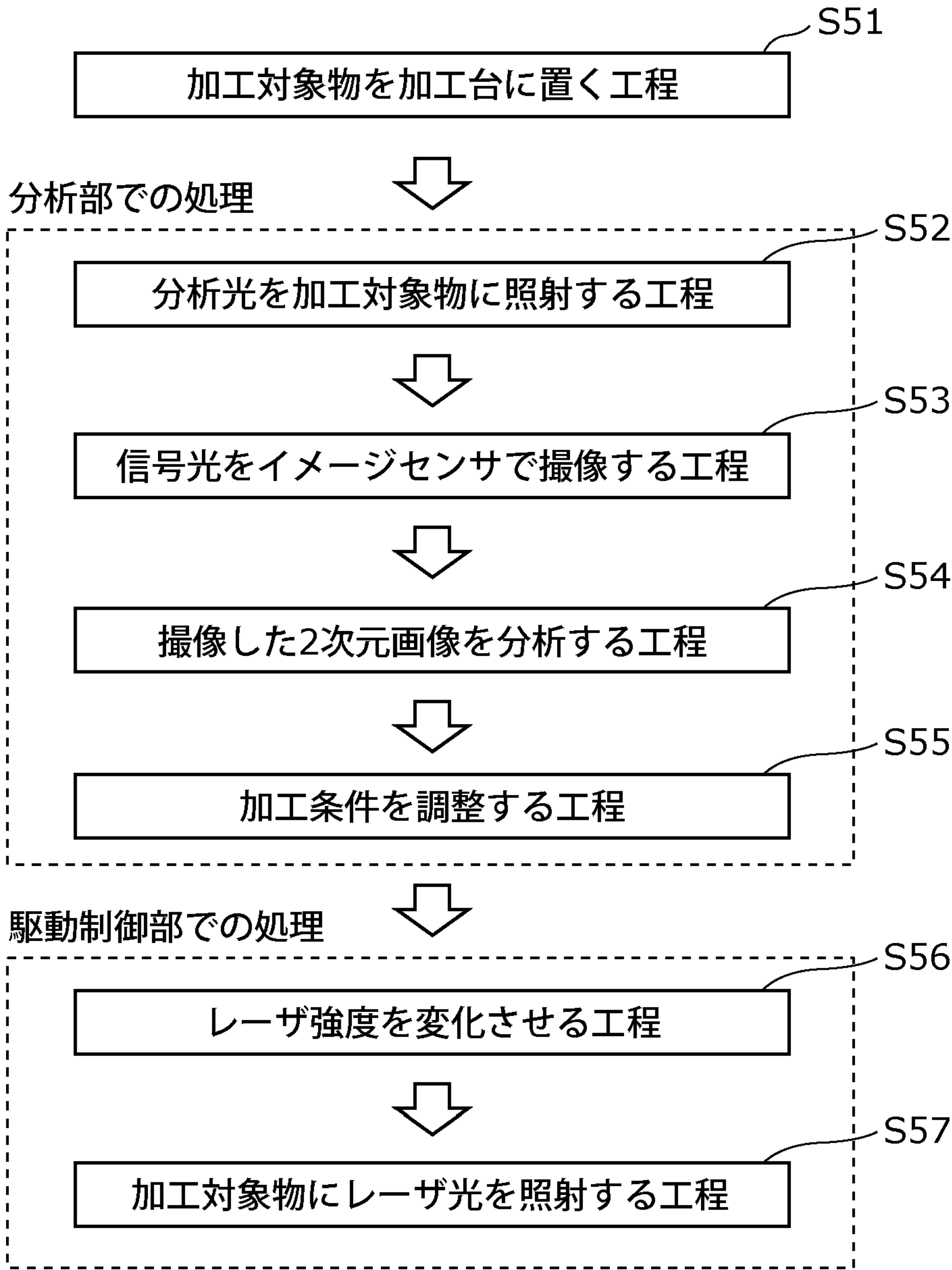
1D



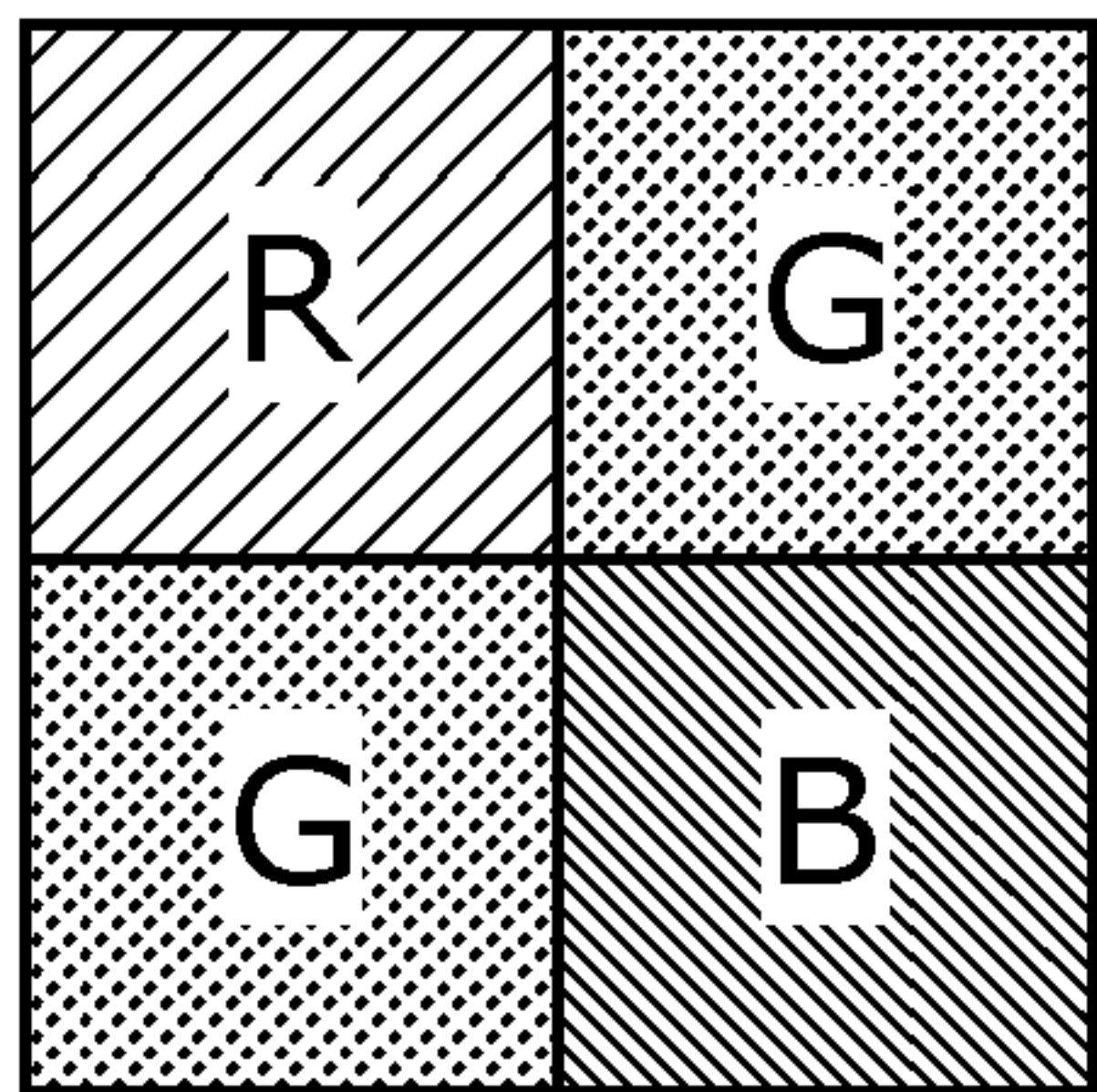
[図14]



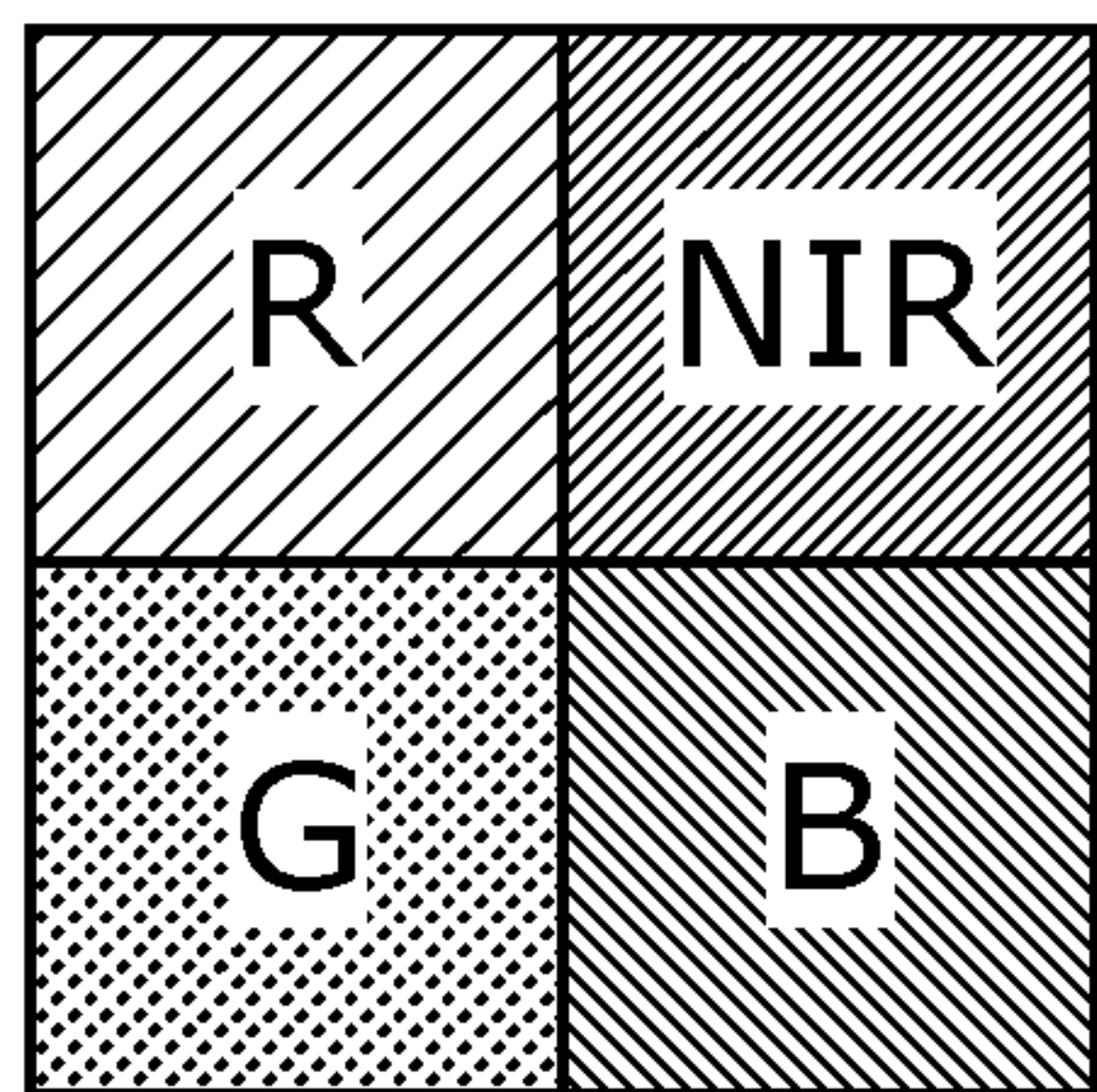
[図15]



[図16]

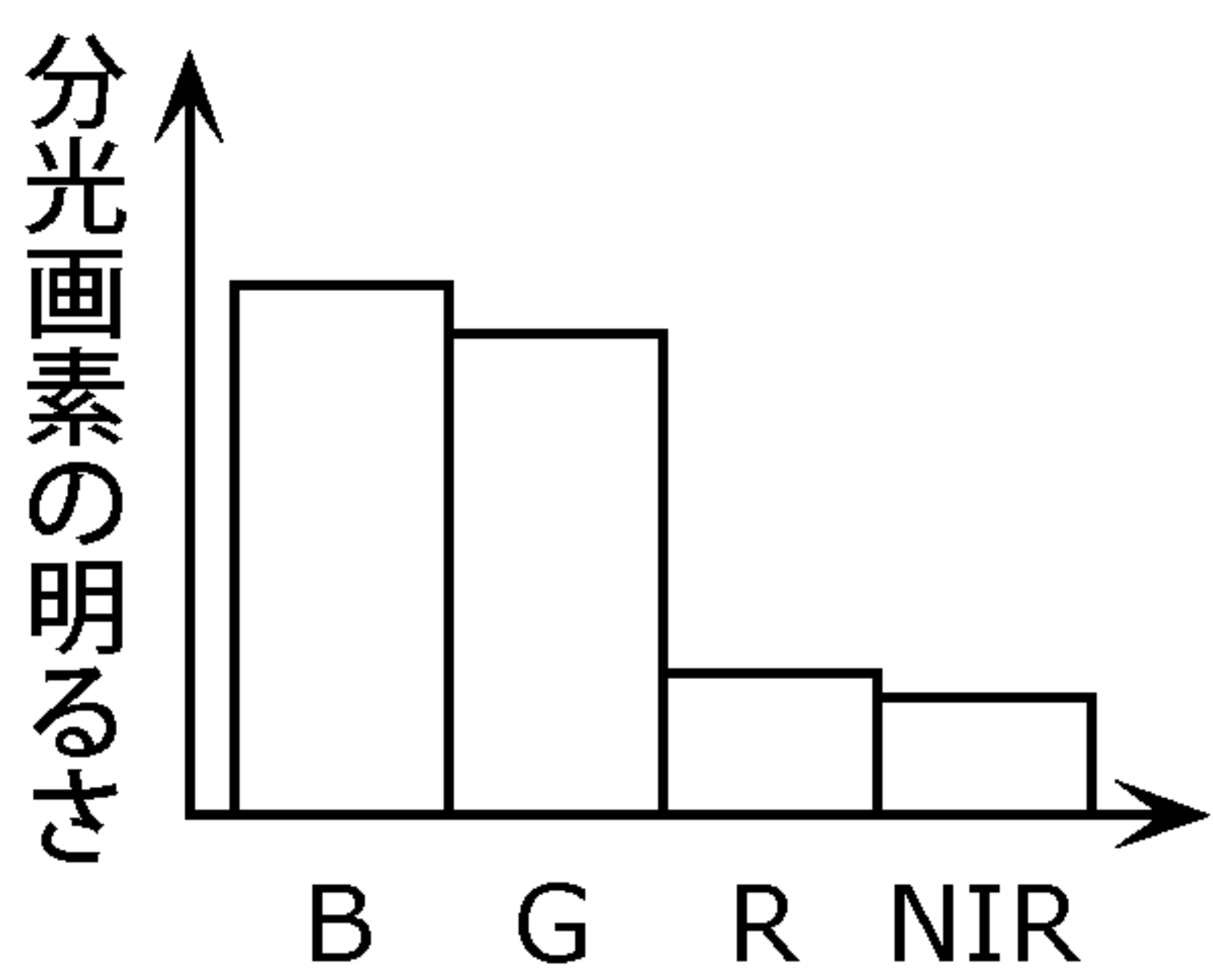


[図17]



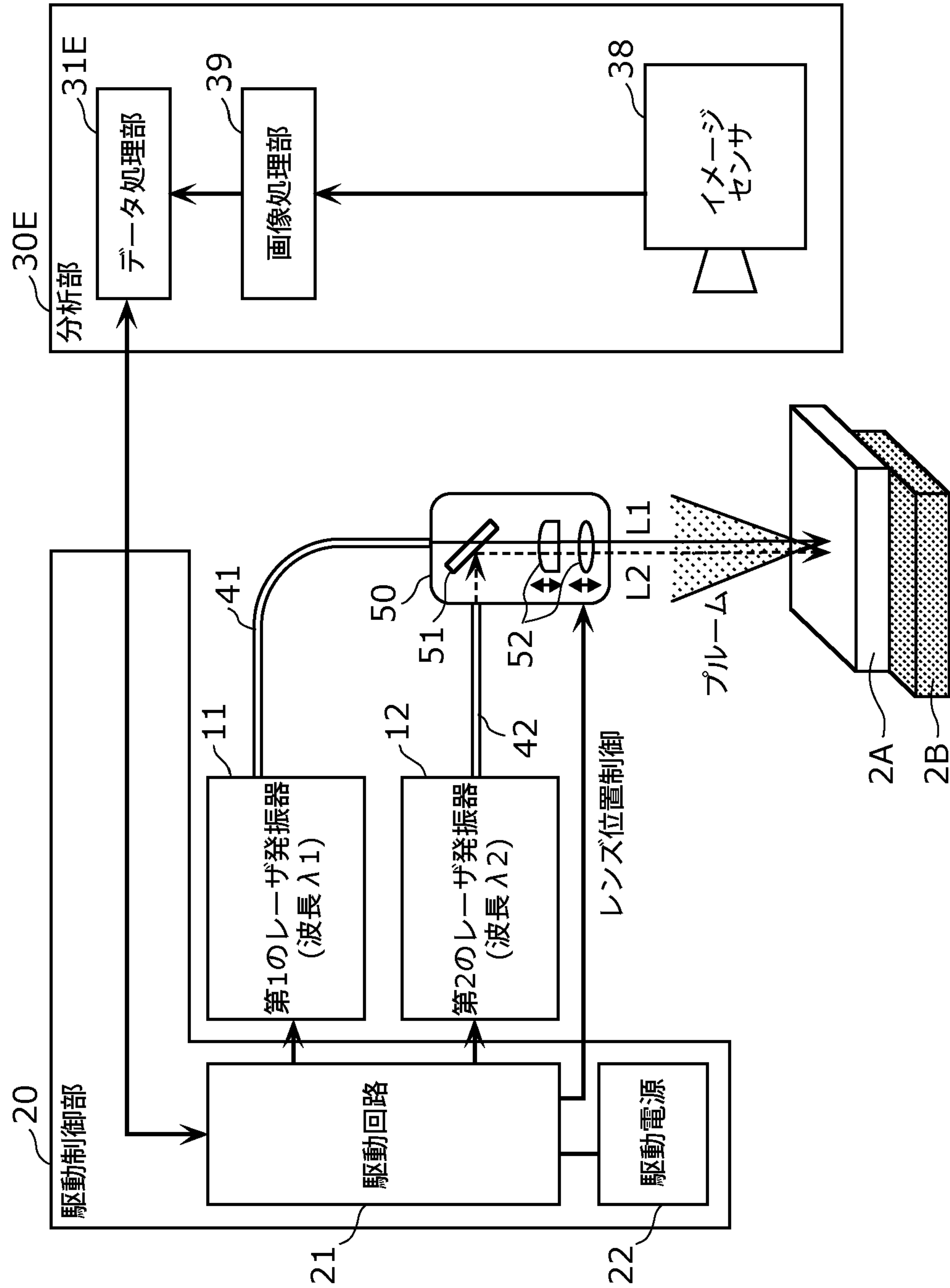
[図18]

[分光画素による反射スペクトル]

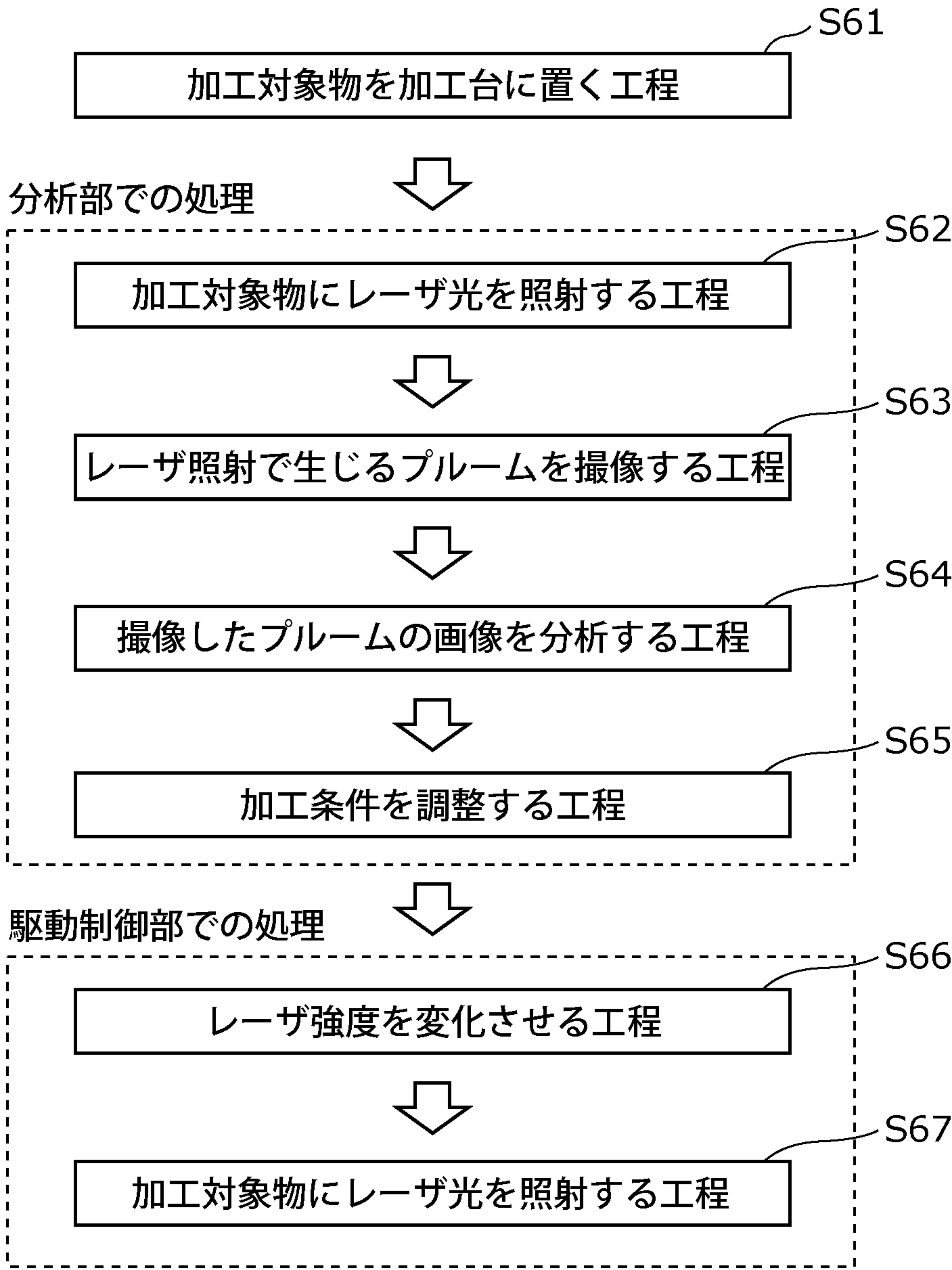


[図19]

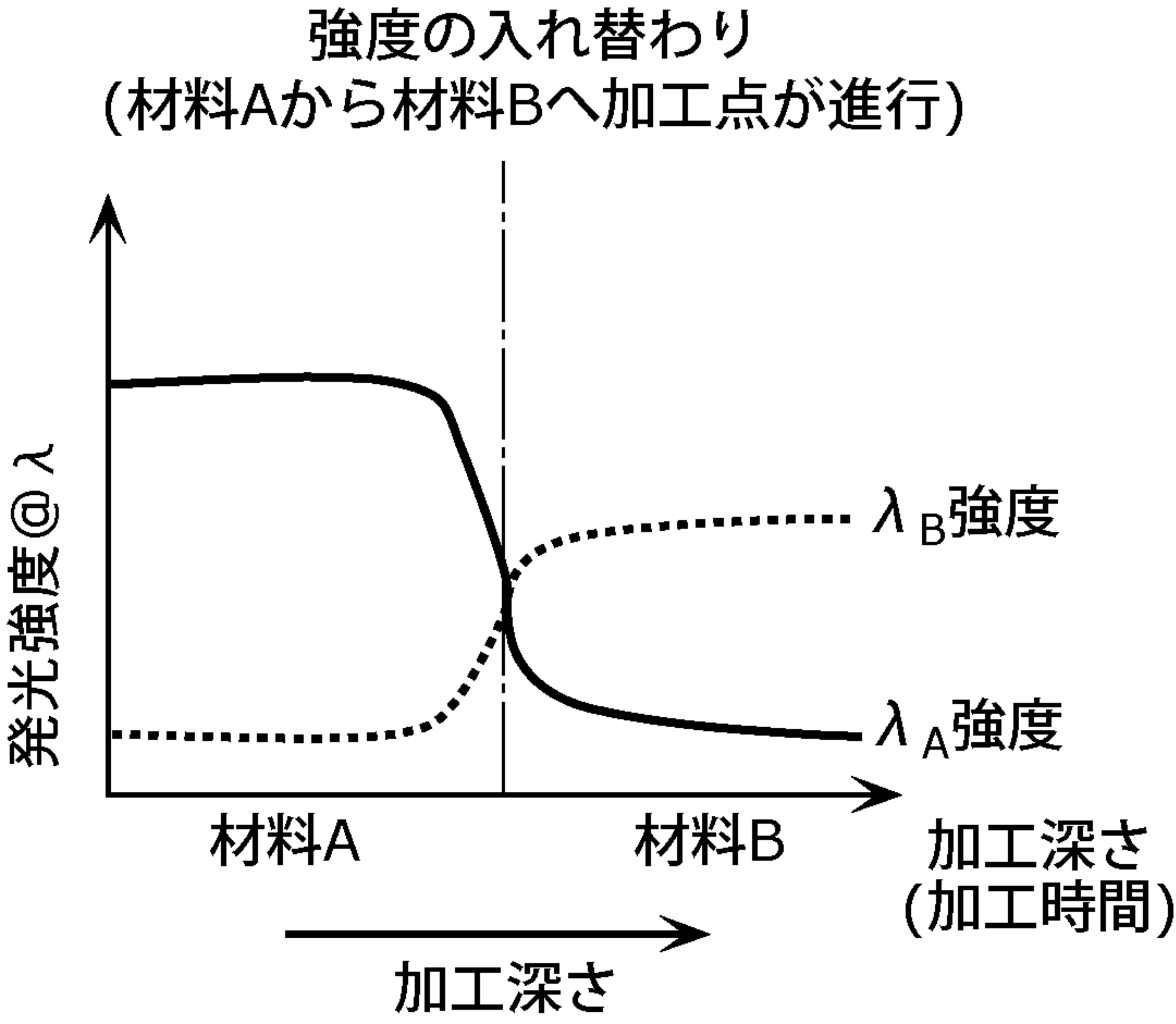
1E



[図20]

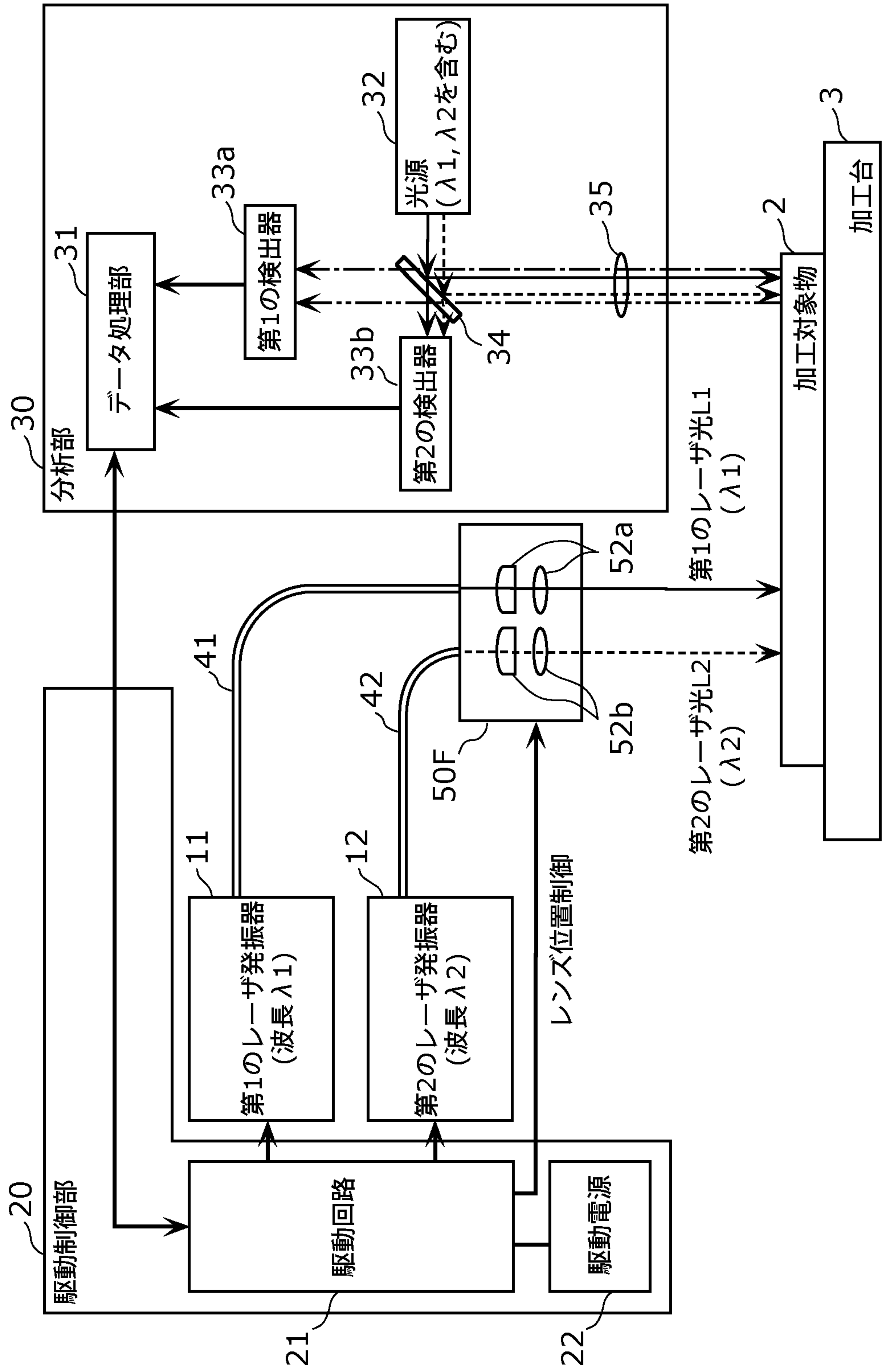


[図21]



[図22]

1F



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

|                               |
|-------------------------------|
| International application No. |
| PCT/JP2020/041786             |

|                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER                                                               |
| B23K 26/03 (2006.01) i                                                                            |
| FI: B23K26/03                                                                                     |
| 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                                                                                                               |
| 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                                                                        |
| Published unexamined utility model applications of Japan                                                                      |
| Registered utility model specifications of Japan                                                                              |
| Published registered utility model applications of Japan                                                                      |
| 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 2004-58140 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 26 February 2004 (2004-02-26) paragraphs [0025], [0034]-[0046], fig. 1, 4-9 | 1-3, 17, 21, 23-24    |
| A                                      |                                                                                                                                        | 4-16, 18-20, 22       |

|                                                                                     |                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. | <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex. |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|

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

|                                                           |                                                    |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
| 18 December 2020 (18.12.2020)                             | 28 December 2020 (28.12.2020)                      |

|                                                                                                                          |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japan Patent Office<br>3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,<br>Tokyo 100-8915, Japan | Authorized officer |
|                                                                                                                          | Telephone No.      |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

## Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/041786

| Patent Documents referred in the Report | Publication Date | Patent Family  | Publication Date |
|-----------------------------------------|------------------|----------------|------------------|
| JP 2004-58140 A                         | 26 Feb. 2004     | (Family: none) |                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                         |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 国際調査報告                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                         | 国際出願番号<br>PCT/JP2020/041786 |
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））<br>B23K 26/03(2006.01)i<br>FI: B23K26/03                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                         |                             |
| 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（I P C））<br>B23K26/00-26/70                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                         |                             |
| 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<br>日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年<br>日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 2 0 年<br>日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 2 0 年<br>日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 2 0 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<br>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<br>請求項の番号              |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | JP 2004-58140 A（松下電器産業株式会社）26.02.2004（2004 - 02 - 26）<br>[0025], [0034]-[0046], 図1, 4-9 | 1-3, 17, 21, 23-24          |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                         | 4-16, 18-20, 22             |
| <div><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                         |                             |
| <div><div>* 引用文献のカテゴリー</div><div>“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</div><div>“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</div><div>“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）</div><div>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</div><div>“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</div><div>“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</div><div>“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</div><div>“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</div><div>“&amp;” 同一パテントファミリー文献</div></div> |                                                                                         |                             |
| 国際調査を完了した日<br>18. 12. 2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 国際調査報告の発送日<br>28. 12. 2020                                                              |                             |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>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）<br><br>奥隅 隆 3P 4016<br><br>電話番号 03-3581-1101 内線 3363                    |                             |

PCT/JP2020/041786

様式 PCT/ISA/210 (パテントファミリー用別紙) (2015年1月)