

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7620795号
(P7620795)

(45)発行日 令和7年1月24日(2025.1.24)

(24)登録日 令和7年1月16日(2025.1.16)

(51)国際特許分類 F I
 B 2 3 K 26/00 (2014.01) B 2 3 K 26/00 M
 B 2 3 K 26/064 (2014.01) B 2 3 K 26/064 K

請求項の数 10 (全19頁)

(21)出願番号	特願2022-524353(P2022-524353)	(73)特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府門真市元町2番6号
(86)(22)出願日	令和3年4月27日(2021.4.27)	(74)代理人	100106116 弁理士 鎌田 健司
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/016753	(74)代理人	100151378 弁理士 宮村 憲浩
(87)国際公開番号	WO2021/235195	(74)代理人	100157484 弁理士 廣田 智之
(87)国際公開日	令和3年11月25日(2021.11.25)	(72)発明者	大口 恒之 福岡県福岡市博多区美野島四丁目1番6 2号 パナソニックコネク株式会社内
審査請求日	令和5年10月12日(2023.10.12)	(72)発明者	鳴海 恵司 福岡県福岡市博多区美野島四丁目1番6 2号 パナソニックコネク株式会社内 最終頁に続く
(31)優先権主張番号	特願2020-87628(P2020-87628)		
(32)優先日	令和2年5月19日(2020.5.19)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54)【発明の名称】 レーザ加工装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザー光を発生させるレーザー発振器と、
 入射端に入射された前記レーザー光を伝送する光ファイバと、
 前記光ファイバで伝送された前記レーザー光を受け取ってワークに向けて照射するレーザー
 ヘッドと、を少なくとも備え、
 前記レーザーヘッドは、
 筐体と、
 前記筐体の内部に配置された第1光学部品及び第2光学部品と、
 前記筐体の内部に配置された第1受光部及び第2受光部と、を少なくとも有し、
 前記第1光学部品は、前記第2光学部品よりも前記光ファイバの出射端に近い位置に配
 置され、
 前記第1光学部品は、前記レーザー光の受光面のうち少なくとも一つの面に所定の反射率
 を有する第1コーティング膜が設けられ、
 前記第2光学部品は、前記レーザー光の受光面のうち少なくとも一つの面に第2コーティ
 ング膜が設けられ、
 前記第1受光部は、前記第1コーティング膜で反射された前記レーザー光を受光して第1
 受光信号を出力し、
 前記第2受光部は、前記第2コーティング膜の周縁部分で反射された前記レーザー光を受
 光して第2受光信号を出力することを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のレーザ加工装置において、
前記第 2 コーティング膜の周縁部分の反射率は、前記第 1 コーティング膜の反射率よりも高いことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載のレーザ加工装置において、
前記光ファイバは、
軸心に第 1 コアと、
前記第 1 コアの外周面に接して、前記第 1 コアと同軸に設けられた第 1 クラッドと、
前記第 1 クラッドの外周面に接して、前記第 1 コアと同軸に設けられた第 2 コアと、を
少なくとも有することを特徴とするレーザ加工装置。

10

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工装置において、
前記第 1 受光信号及び前記第 2 受光信号が入力される制御部をさらに備え、
前記制御部は、前記第 1 受光信号と前記第 2 受光信号との強度比に基づいて、前記光ファイバに入射される前記レーザ光の開口数の変化を検出するように構成されていることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のレーザ加工装置において、
前記レーザ発振器から出射された前記レーザ光を、前記光ファイバの入射端に入射させるための光結合器をさらに備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

20

【請求項 6】

請求項 5 に記載のレーザ加工装置において、
前記制御部は、前記開口数が所定の範囲を超えた場合は、前記開口数が前記所定の範囲に収まるように前記光結合器を制御することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 7】

請求項 5 または 6 に記載のレーザ加工装置において、
前記制御部は、前記レーザ光の前記光ファイバの入射端面への入射位置及びスポット径の少なくとも 1 つを変化させて、前記開口数が所望の値となるように前記光結合器を制御することを特徴とするレーザ加工装置。

30

【請求項 8】

請求項 4 ないし 7 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工装置において、
前記制御部は、前記レーザ光が所望の集光位置に集光されるように、前記レーザヘッドを制御することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工装置において、
前記第 2 コーティング膜の中央部分の膜厚は、前記周縁部分の膜厚と異なっていることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のレーザ加工装置において、
前記中央部分の膜厚は、前記周縁部分の膜厚よりも厚いことを特徴とするレーザ加工装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、レーザ加工装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、光ファイバを用いて、離れた場所にあるワークをレーザ加工するレーザ加工装置が知られている。このようなレーザ加工装置では、レーザ発振器から出射されたレーザ光

50

を光ファイバに適切に入射させるための光学部品、例えば、集光レンズが用いられる。

【0003】

ところで、レーザ光の出力がkWクラスの大出力になると、集光レンズでレーザ光の一部が吸収され温度が上昇してしまう。この場合、熱レンズ効果により、集光レンズの焦点距離が変化してしまうことがある。

【0004】

そこで、特許文献1には、レーザ光が透過する集光レンズの面内温度分布を熱電対で多点測定することにより、集光レンズの屈折率分布やレーザ光の開口数の変化に相当する焦点距離の変化を検出する方法が開示されている。この検出結果に基づいて、レーザ光の焦点位置を補正することで、ワークに照射されるレーザ光のスポット径を適切な値に保つことができる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特許第5558629号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、レーザ発振器は、長期使用時に、温度上昇等の影響により、その状態が変化することがある。例えば、レーザ光の光軸が初期から変動する場合がある。また、レーザ光の出力を大幅に変えて使用する場合、出力変化の前後でレーザ光の拡がり角が変化してしまうことがある。

20

【0007】

このような場合、光ファイバに入射されるレーザ光の開口数が変動し、ワークに照射されるレーザ光のビーム品質やスポット径を所望の値に維持できないおそれがある。ひいては、ワークの加工精度を損ねるおそれがあった。

【0008】

しかし、特許文献1に開示された従来の方法では、熱電対を用いて、間接的に集光レンズの屈折率分布を求めているため、このような開口数の変化を短時間にかつリアルタイムで検出することは難しかった。

30

【0009】

本開示はかかる点に鑑みてなされたもので、その目的は、光ファイバに入射されるレーザ光の開口数を短時間にかつリアルタイムで検出することができるレーザ加工装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するため、本開示に係るレーザ加工装置は、レーザ光を発生させるレーザ発振器と、入射端に入射された前記レーザ光を伝送する光ファイバと、前記光ファイバで伝送された前記レーザ光を受け取ってワークに向けて照射するレーザヘッドと、を少なくとも備え、前記レーザヘッドは、筐体と、前記筐体の内部に配置された第1光学部品及び第2光学部品と、前記筐体の内部に配置された第1受光部及び第2受光部と、を少なくとも有し、前記第1光学部品は、前記第2光学部品よりも前記光ファイバの出射端に近い位置に配置され、前記第1光学部品は、前記レーザ光の受光面のうち少なくとも一つの面に所定の反射率を有する第1コーティング膜が設けられ、前記第2光学部品は、前記レーザ光の受光面のうち少なくとも一つの面に第2コーティング膜が設けられ、前記第1受光部は、前記第1コーティング膜で反射された前記レーザ光を受光して第1受光信号を出力し、前記第2受光部は、前記第2コーティング膜の周縁部分で反射された前記レーザ光を受光して第2受光信号を出力することを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0011】

50

本開示によれば、光ファイバに入射されるレーザ光の開口数及びその変化を短時間にかつリアルタイムで検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、実施形態1に係るレーザ加工装置の概略構成図である。

【図2】図2は、光ファイバの断面模式図である。

【図3】図3は、レーザヘッドの内部の模式図である。

【図4】図4は、レーザ光のビームプロファイルを示す模式図である。

【図5】図5は、第1受光信号及び第2受光信号の時間変化の一例を示す図である。

【図6】図6は、レーザ光の出力及びNAに対する第1受光信号及び第2受光信号の相対強度を示す図である。

10

【図7】図7は、実施形態2に係る光ファイバの入射端面へのレーザ光の入射位置と光ファイバから出射されるレーザ光のNAとの関係を示す図である。

【図8】図8は、実施形態3に係る第2コーティング膜の成膜装置の概略構成図である。

【図9】図9は、成膜時の光学部品とヤトイとの配置関係を示す図である。

【図10】図10は、第2コーティング膜の膜厚分布を示す図である。

【図11】図11は、レーザ光の波長と第2コーティング膜の反射率との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

20

以下、本開示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、本開示、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。

【0014】

(実施形態1)

[レーザ加工装置及び光ファイバの構成]

図1は、本実施形態に係るレーザ加工装置の概略構成図を示し、図2は、光ファイバの断面模式図を示す。なお、以降の説明において、光ファイバ30の入射端面30aと垂直な方向をX方向と呼び、レーザヘッド40からワークWに向かう方向をZ方向と呼び、X方向及びZ方向のそれぞれと直交する方向をY方向と呼ぶことがある。また、図2はあくまでも模式図であり、光ファイバ30の各部の実際の寸法とは異なっている。

30

【0015】

図1に示すように、レーザ加工装置100は、レーザ発振器10と光結合器20と光ファイバ30とレーザヘッド40と制御部60を少なくともも有している。なお、レーザ加工装置100は、レーザ発振器10の駆動用電源等を有しているが、これらについては、説明の便宜上、図示及び説明を省略する。

【0016】

レーザ発振器10は、レーザ光LBを出射する。本実施形態では、レーザ光LBの波長は950nm~1000nm程度である。ただし、特にこれに限定されず、別の値を取ってもよい。

40

【0017】

本実施形態のレーザ発振器10は、半導体レーザからの出射光を直接に用いる半導体レーザ光源(DDL; Direct Diode Laser)である。また、DDL光源として、複数のレーザ光エミッタを備える半導体レーザアレイが複数個用いられる。

【0018】

光結合器20は、第1筐体21と反射ミラー22と第1集光レンズ23とを少なくともも有しており、反射ミラー22と第1集光レンズ23とは、互いに所定の配置関係を保った状態で、第1筐体21の内部に收容されている。また、第1筐体21は、レーザ発振器10から出射されたレーザ光LBが入射される光入射口(図示せず)と、光ファイバ30の入射端30aが接続される光出射口(図示せず)とを有している。

50

【 0 0 1 9 】

反射ミラー 2 2 は、第 1 筐体 2 1 の内部に入射されたレーザ光 L B を第 1 集光レンズ 2 3 に向けて反射する。第 1 集光レンズ 2 3 は、反射ミラー 2 2 で反射されたレーザ光 L B を光ファイバ 3 0 の入射端面 3 0 a 1 に入射されるように集光する。

【 0 0 2 0 】

図 1 に示すように、第 1 集光レンズ 2 3 から光ファイバ 3 0 の入射端 3 0 a 1 に向かうレーザ光 L B の光路において、レーザ光 L B の光軸と、レーザ光 L B の最外側とがなす角度を拡がり角 とする。

【 0 0 2 1 】

このとき、レーザ光 L B の入射側の開口数 (N A) は、以下に示す式 (1) で定義される。

【 0 0 2 2 】

$$N A = \sin \quad \dots (1)$$

また、反射ミラー 2 2 には、第 1 位置調整部 7 1 が接続されている。第 1 位置調整部 7 1 を駆動することで、レーザ光 L B の入射方向に対する反射ミラー 2 2 の表面の角度が調整される。第 1 集光レンズ 2 3 には、第 2 位置調整部 7 2 が接続されている。第 2 位置調整部 7 2 を駆動することで、第 1 集光レンズ 2 3 は、X , Y , Z 方向の少なくとも 1 つの方向に移動し、かつその位置が所望の位置に調整される。

【 0 0 2 3 】

本実施形態では、レーザ光 L B が光ファイバ 3 0 の第 1 コア 3 1 (図 2 参照) に入射されるように、反射ミラー 2 2 と第 1 集光レンズ 2 3 との初期の配置関係が設定されている。

【 0 0 2 4 】

ただし、後で述べるように、レーザ光 L B は、光ファイバ 3 0 の第 2 コア 3 3 (図 2 参照) に入射されてもよい。その場合は、第 1 位置調整部 7 1 及び / または第 2 位置調整部 7 2 を駆動して、光ファイバ 3 0 の入射端面 3 0 a 1 へのレーザ光 L B の入射位置を変更する。

【 0 0 2 5 】

図 1 に示す例では、第 1 位置調整部 7 1 及び第 2 位置調整部 7 2 とともに第 1 筐体 2 1 の外部に配置されているが、実際には、それぞれの一部が第 1 筐体 2 1 の内部に設けられる。第 1 位置調整部 7 1 及び第 2 位置調整部 7 2 とともに第 1 筐体 2 1 の内部に配置されていてもよい。

【 0 0 2 6 】

光ファイバ 3 0 は、光結合器 2 0 の第 1 集光レンズ 2 3 で集光されたレーザ光 L B を受け取ってレーザヘッド 4 0 に向けて伝送する。

【 0 0 2 7 】

図 2 に示すように、光ファイバ 3 0 は、それぞれが光導波路である第 1 コア 3 1 及び第 2 コア 3 3 と第 1 クラッド 3 2 及び第 2 クラッド 3 4 とを少なくとも有しており、第 2 クラッド 3 4 の外周面が遮光性の被膜 (図示せず) で覆われている。

【 0 0 2 8 】

第 1 コア 3 1 は、断面視で円形状であり、光ファイバ 3 0 の軸心に配置されている。第 1 クラッド 3 2 は、第 1 コア 3 1 の外周面に接して、第 1 コア 3 1 と同軸に配置されており、断面視でリング状である。第 2 コア 3 3 は、第 1 クラッド 3 2 の外周面に接して、第 1 コア 3 1 と同軸に配置されており、断面視でリング状である。第 2 クラッド 3 4 は、第 2 コア 3 3 の外周面に接して、第 1 コア 3 1 と同軸に配置されており、断面視でリング状である。

【 0 0 2 9 】

第 1 コア 3 1 及び第 2 コア 3 3 と第 1 クラッド 3 2 及び第 2 クラッド 3 4 とは、いずれも石英からなる。ただし、第 1 クラッド 3 2 の屈折率は、第 1 コア 3 1 及び第 2 コア 3 3 のそれぞれの屈折率よりも低くなるように設定されている。また、第 2 クラッド 3 4 の屈折率は、第 2 コア 3 3 の屈折率よりも低くなるように設定されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 0 】

レーザヘッド40は、光ファイバ30で伝送されたレーザ光LBを受け取って、ワークWに向けて照射するように構成されており、第2筐体(筐体)41と複数の光学部品とを有している。図1に示すように、複数の光学部品には、コリメーションレンズ42と第2集光レンズ43と保護ガラス44とが含まれる。また、複数の光学部品には、後で述べる第1シールドガラス(第1光学部品)45と第2シールドガラス(第2光学部品)47も含まれる(図3参照)。

【 0 0 3 1 】

第2筐体41は、光ファイバ30の出射端30bが接続されるコネクタ部41aとレーザ光LBがワークWに向けて出射される光出射口(図示せず)とを有している。また、前述した複数の光学部品が、互いに所定の配置関係を保った状態で、第2筐体41の内部に収容されている。

10

【 0 0 3 2 】

光ファイバ30の出射端30bから第2筐体41の内部に入射したレーザ光LBは、第1シールドガラス45及び第2シールドガラス47をそれぞれ透過して、集光光学系であるコリメーションレンズ42及び第2集光レンズ43に入射される。

【 0 0 3 3 】

コリメーションレンズ42は、レーザ光LBを平行光に変換し、第2集光レンズ43は、コリメーションレンズ42を透過したレーザ光LBをワークWの表面に集光するように構成されている。

20

【 0 0 3 4 】

また、コリメーションレンズ42及び第2集光レンズ43の両方、あるいは少なくとも一方に第3位置調整部73が接続されている。第3位置調整部73を駆動することで、コリメーションレンズ42及び/または第2集光レンズ43は、第2筐体41の内部を進行するレーザ光LBの光軸方向に移動し、レーザ光LBの集光位置が所望の位置に調整される。

【 0 0 3 5 】

図1に示す例では、第3位置調整部73は第2筐体41の外部に配置されているが、実際には、一部が第2筐体41の内部に設けられる。第3位置調整部73が、第2筐体41の内部に配置されていてもよい。

30

【 0 0 3 6 】

保護ガラス44は、レーザ光LBの照射によりワークWが溶融して発生するヒュームやスパッタが、第2筐体41の内部に入り込んで他の光学部品に付着するのを防止するために設けられる。

【 0 0 3 7 】

保護ガラス44を始め、他の光学部品が、それぞれレーザ光LBを透過する材質であることは言うまでもない。本実施形態では、複数の光学部品のそれぞれは、合成石英製である。ただし、特にこれに限定されず、レーザ光LBの波長に応じて、適宜、他の材質を選択できる。

【 0 0 3 8 】

制御部60は、第1～第3位置調整部71～73にそれぞれ接続され、第1～第3位置調整部71～73に制御信号を出力して、これらの動作を制御する。また、制御部60には、レーザヘッド40に設けられた第1受光部51及び第2受光部52(図3参照)のそれぞれの出力信号である第1受光信号と第2受光信号とが入力される。前述の制御信号は、第1受光信号及び第2受光信号に基づいて生成される。

40

【 0 0 3 9 】

なお、レーザ加工装置100には、レーザヘッド40を保持するマニピュレータ(図示せず)が設けられていてもよい。マニピュレータは、例えば、多関節口ポットであり、制御部60に接続され、制御部60からの動作指令に基づいて、所望の速度でレーザヘッド40を所望の位置に移動させる。このようにすることで、レーザヘッド40から出射され

50

たレーザ光 L B は、ワーク W の表面に所望の軌跡を描くように照射される。なお、マニピュレータの動作を制御する別の制御部（図示せず）を設けてもよい。

【 0 0 4 0 】

[レーザヘッドの構成]

図 3 は、レーザヘッドの内部の模式図を示す。なお、説明の便宜上、図 3 において、レーザヘッド 4 0 の下半分、例えば、第 2 集光レンズ 4 3 や保護ガラス 4 4 の図示を省略している。

【 0 0 4 1 】

図 3 に示すように、光ファイバ 3 0 の出射端 3 0 b は、コネクタ部 4 1 a を通って第 2 筐体 4 1 の内部に配置されている。光ファイバ 3 0 の出射端 3 0 b から出射されたレーザ光 L B は、その光軸と最外側とが前述の拡がり角 をなすように拡がりながら、第 1 シールドガラス 4 5 及び第 2 シールドガラス 4 7 をそれぞれ透過して、コリメーションレンズ 4 2 に入射される。つまり、光ファイバ 3 0 の出射側でも、式 (1) に示す開口数が維持されている。よって、光ファイバ 3 0 の入射側及び出射側のレーザ光 L B の開口数を総称して、以下、単にレーザ光 L B の N A と呼ぶことがある。

【 0 0 4 2 】

第 1 シールドガラス 4 5 と第 2 シールドガラス 4 7 は、第 2 筐体 4 1 の内部で、光ファイバ 3 0 の出射端 3 0 b とコリメーションレンズ 4 2 との間に配置されている。また、第 1 シールドガラス 4 5 と第 2 シールドガラス 4 7 は、レーザ光 L B の光軸方向に互いに間隔をあけて配置されている。第 1 シールドガラス 4 5 は、第 2 シールドガラス 4 7 よりも光ファイバ 3 0 の出射端 3 0 b に近い位置に配置されている。

【 0 0 4 3 】

第 1 シールドガラス 4 5 及び第 2 シールドガラス 4 7 は、第 2 筐体 4 1 の内部に入り込んだヒューム等が、光ファイバ 3 0 の出射端 3 0 b に付着するのを防止している。

【 0 0 4 4 】

第 1 シールドガラス 4 5 は、レーザ光 L B の受光面のうち、光ファイバ 3 0 の出射端 3 0 b に近い側の面に第 1 コーティング膜 4 6 を有している。第 1 コーティング膜 4 6 は、第 1 シールドガラス 4 5 に入射するレーザ光 L B の光路に配置されており、レーザ光 L B に対して所定の反射率、例えば、0 . 数 % の反射率を有している。

【 0 0 4 5 】

同様に、第 2 シールドガラス 4 7 は、レーザ光 L B の受光面のうち、光ファイバ 3 0 の出射端 3 0 b に近い側の面に第 2 コーティング膜 4 8 を有している。

【 0 0 4 6 】

第 2 コーティング膜 4 8 は、第 2 シールドガラス 4 7 に入射するレーザ光 L B の光路に配置されている。ただし、第 1 コーティング膜 4 6 とは異なり、第 2 コーティング膜 4 8 は、反射率が互いに異なる中央部分 4 8 a と周縁部分 4 8 b とで構成されている。中央部分 4 8 a の反射率は、第 1 コーティング膜 4 6 の反射率に等しい。一方、周縁部分 4 8 b は、中央部分 4 8 a よりも反射率が高くなるように形成されている。例えば、周縁部分 4 8 b の反射率が、中央部分 4 8 a の反射率よりも 1 ~ 十数 % 程度高くなるように、第 2 コーティング膜 4 8 が形成される。

【 0 0 4 7 】

なお、本願明細書において、「同じ」や「等しい」とは、レーザ加工装置 1 0 0 内の各部品や第 1 コーティング膜 4 6 及び第 2 コーティング膜 4 8 の製造公差や各部品の配置関係の許容公差を含んで同じまたは等しいという意味であり、比較対象となる両者が厳密な意味で同じまたは等しいことまでを意味するものではない。

【 0 0 4 8 】

第 1 コーティング膜 4 6 や第 2 コーティング膜 4 8 は、例えば、T a (タンタル) 等の金属を含む金属酸化物誘電体からなる薄膜であり、レーザ光 L B に対して合成石英よりも屈折率が高くなるように形成される。ただし、これに特に限定されず、適宜別の構成を取りうる。例えば、第 1 コーティング膜 4 6 及び第 2 コーティング膜 4 8 を、合成石英とは

10

20

30

40

50

誘電率が異なり、かつ互いに誘電率が異なる誘電体膜を交互に積層して得られる誘電体多層膜としてもよい。また、第2コーティング膜48として、レーザ光LBを透過する一方、中央部分48aと周縁部分48bとで屈折率分布が異なる構造体を用いてもよい。その場合も、前述した反射率の大小関係を満足していればよい。

【0049】

また、第1コーティング膜46や第2コーティング膜48は、レーザ光LBの大部分、例えば、90%以上を透過させる一方、残部を反射するように構成されている。第1コーティング膜46や第2コーティング膜48の反射率は、高すぎない方がよい。ワークWに照射されるレーザ光LBのロスが大きくなるためである。また、レーザヘッド40の内部での反射光強度が強くなりすぎると、内部の部品を損傷するおそれもある。

10

【0050】

つまり、第1コーティング膜46や第2コーティング膜48の中央部分48a及び周縁部分48bは、レーザ光LBの大部分、例えば90%以上を透過し、残部を反射するように膜厚が設定されるのが好ましい。

【0051】

また、第2筐体41の内部には、第1受光部51と第2受光部52がそれぞれ配置されている。第1受光部51は、第1コーティング膜46で反射されたレーザ光LBを受光可能な位置に配置されている。また、第2受光部52は、第1受光部51と所定の間隔をあけて、かつ第2コーティング膜48の周縁部分48bで反射されたレーザ光LBを受光可能な位置に配置されている。

20

【0052】

第1受光部51及び第2受光部52ともに、公知のフォトダイオード等の受光素子で構成されている。また、第1受光部51及び第2受光部52ともに、受光した光量に応じた電気信号を出力信号、つまり、第1受光信号及び第2受光信号として、それぞれ制御部60に出力するように構成されている。制御部60に入力された第1受光信号及び第2受光信号に基づいて、制御部60でレーザ光LBのNAが導出される。これについては後で詳述する。

【0053】

なお、第1受光部51及び第2受光部52ともに、所定の指向性を有している。つまり、第1受光部51及び第2受光部52は、それぞれ所定の範囲の受光角で入射する光のみを受光可能に構成されている。

30

【0054】

[レーザ光のNAのリアルタイムモニタ及びNAの修正手順]

図4は、レーザ光のビームプロファイルを模式的に示し、具体的には、レーザ光LBの光強度の一次元分布を示している。図5は、第1受光信号及び第2受光信号の時間変化の一例を示し、図6は、レーザ光の出力及びNAに対する第1受光信号及び第2受光信号の相対強度を示す。なお、図6における信号強度は、レーザ光LBの出力が500Wの場合の第1受光信号の信号強度を1とした相対値で示している。

【0055】

図4に示す内側の2本の破線で挟まれた部分は、レーザ光LBのビームパワーの86%が含まれる領域である。図4に示す例では、範囲D1とする。第1受光部51は、この範囲D1に含まれるレーザ光LBが第1コーティング膜46で反射された反射光を受光して、第1受光信号を出力する。

40

【0056】

一方、図4に示す内側の2本の破線で挟まれた部分は、レーザ光LBのビームパワーの100%が含まれる領域である。図4に示す例では、範囲D2とする。第2受光部52は、範囲D1を除いた範囲D2(図4の斜線部分参照)に含まれるレーザ光LBが第2コーティング膜48の周縁部分48bで反射された反射光を受光して、第2受光信号を出力する。

【0057】

50

ところで、前述したように、レーザ光LBのNAは、レーザ発振器10の状態やレーザ光LBの出力変化に応じて変化する。例えば、図5に示す例では、レーザ光LBの出力を不連続に増加させた場合を考える。このとき、第1受光信号及び第2受光信号ともに、信号強度は増加するが、その程度は異なる。図5に示す例では、レーザ光LBの出力変化の前後で、第1受光信号が増加する割合よりも第2受光信号が増加する割合が高くなる。これは、レーザ光LBの出力の増加によって、レーザ光LBのNAが増加したためである。

【0058】

図6に示すように、初期のレーザ光LBのNAが小さい値、例えば、0.1程度に設定される場合は、レーザ光LBの出力が500Wから4000W(=4kW)に増加した場合、第1受光信号の信号強度が2倍になるのに対して、第2受光信号の信号強度が1.5倍になる。一方、初期のレーザ光LBのNAが大きい値、例えば、0.18程度に設定される場合は、レーザ光LBの出力が500Wから4000W(=4kW)に増加した場合、第1受光信号の信号強度が3倍になるのに対して、第2受光信号の信号強度も3倍になる。

10

【0059】

このように、レーザ光LBの出力やNAの変化に応じて、第1受光信号及び第2受光信号の信号強度や互いの信号強度比は変化する。

【0060】

よって、第1受光信号及び第2受光信号の信号強度や互いの信号強度比とレーザ光LBのNAとの関係を予め実験的に求めておき、データテーブルとして、制御部60の内部または外部に設けられた記憶部(図示せず)に保存しておく。

20

【0061】

制御部60は、第1受光部51及び第2受光部52でそれぞれ入力される第1受光信号及び第2受光信号、また、これらの強度比と前述のデータテーブルとを照合して、レーザ光LBのNAを導出し、また、レーザ光LBのNAの変化を検出するように構成されている。

【0062】

また、レーザ加工装置100の動作中、具体的には、レーザ光LBが出力されている間は、第1受光部51及び第2受光部52と制御部60を動作させることにより、レーザ光LBのNA及びその変化をリアルタイムでモニターすることができる。

30

【0063】

なお、導出されたNAが所定の範囲を超えた場合、制御部60は、レーザ光LBのNAが所定の範囲に収まるように、光結合器20内の光学部品の位置を制御する。具体的には、第1位置調整部71及び/または第2位置調整部72を駆動制御して、反射ミラー22及び/または第1集光レンズ23の位置を調整する。例えば、第1位置調整部71を駆動して、反射ミラー22の表面の角度を調整することで、光ファイバ30に入射されるレーザ光LBのNAを変化させる。また、第2位置調整部72を駆動して、第1集光レンズ23の位置を調整することで、光ファイバ30に入射されるレーザ光LBのNAを変化させる。

【0064】

40

なお、前述の所定の範囲は、レーザ光LBの出力やレーザ加工に求められる加工精度、さらにレーザ光LBが照射されるワークWの材質や形状等に応じて、適宜変更される。

【0065】

[効果等]

以上説明したように、本実施形態に係るレーザ加工装置100は、レーザ光LBを発生させるレーザ発振器10と、入射端30aに入射されたレーザ光LBを伝送する光ファイバ30と、光ファイバ30で伝送されたレーザ光LBを受け取ってワークWに向けて照射するレーザヘッド40と、を少なくとも備えている。

【0066】

レーザヘッド40は、第2筐体(筐体)41と、第2筐体41の内部に配置された第1

50

シールドガラス（第1光学部品）45及び第2シールドガラス（第2光学部品）47と、第2筐体41の内部に配置された第1受光部51及び第2受光部52と、を少なくともも有している。

【0067】

第1シールドガラス45は、第2シールドガラス47よりも光ファイバ30の出射端30bに近い位置に配置される。

【0068】

第1シールドガラス45は、レーザ光LBの受光面のうち少なくとも一つの面に所定の反射率を有する第1コーティング膜46が設けられ、第2シールドガラス47は、レーザ光LBの受光面のうち少なくとも一つの面に第2コーティング膜48が設けられる。

10

【0069】

第1受光部51は、第1コーティング膜46で反射されたレーザ光LBを受光して第1受光信号を出力し、第2受光部52は、第2コーティング膜48の周縁部分48bで反射されたレーザ光LBを受光して第2受光信号を出力する。

【0070】

レーザ加工装置100は、第1受光信号及び第2受光信号が入力される制御部60をさらに備えている。制御部60は、第1受光信号と第2受光信号との強度比に基づいて、光ファイバ30に入射されるレーザ光LBのNAの変化を検出するように構成されている。

【0071】

レーザ加工装置100をこのように構成することで、レーザ光LBのビームプロファイルの中央部分48aと周縁部分48b（図4参照）にそれぞれ対応する反射光を検出し、それぞれの強度に対応した第1受光信号及び第2受光信号を得ることができる。このことにより、レーザ光LBのNA及びその変化をリアルタイムでモニターすることができる。また、レーザ光LBが入射すると、第1受光部51及び第2受光部52からは、直ちに第1受光信号及び第2受光信号が出力される。このことにより、レーザ光LBのNA及びその変化を短時間に検出することができる。

20

【0072】

特許文献1に開示された従来の方法では、前述したように、熱電対を用いて、間接的に集光レンズの屈折率分布を求めているため、焦点距離の変化を検出する時間が長かった。このため、焦点位置の補正に時間を要し、レーザ加工を適切に行えないおそれがあった。

30

【0073】

特に、レーザ発振器10の状態変化やレーザ光LBの出力変化に伴って、レーザ光LBのNAが変化する場合、特許文献1に開示された従来の方法では、短時間にその変化を検出することが難しかった。

【0074】

一方、本実施形態によれば、第1受光部51及び第2受光部52でそれぞれ発生した電気信号である第1受光信号及び第2受光信号に基づいて、レーザ光LBのNA及びその変化を短時間に検出している。このことにより、レーザ加工装置100の内部の各部品の位置を調整等して、レーザ光のNA、ひいては、ワークWに照射されるレーザ光LBのスポット径を適切な値に維持することが可能となる。

40

【0075】

また、第2コーティング膜48の周縁部分48bの反射率は、第1コーティング膜46の反射率よりも高く設定されている。

【0076】

このようにすることで、第2受光部52に入射される反射光の光量を増加させて、第2受光信号の強度を高めることができる。このことにより、レーザ光LBのNA及びその変化を精度良く検出することができる。

【0077】

レーザ加工装置100は、レーザ発振器10から出射されたレーザ光LBを、光ファイ

50

バ 3 0 の入射端 3 0 a に入射させるための光結合器 2 0 をさらに備えている。

【 0 0 7 8 】

光結合器 2 0 を設けることで、レーザ光 L B を光ファイバ 3 0 に確実に入射させ、レーザヘッド 4 0 に向けて伝送させることができる。

【 0 0 7 9 】

制御部 6 0 は、レーザ光 L B の N A が所定の範囲を超えた場合は、当該 N A が所定の範囲に収まるように光結合器 2 0 を制御する。具体的には、光結合器 2 0 の内部に設けられた反射ミラー 2 2 に接続された第 1 位置調整部 7 1 及び / または第 1 集光レンズ 2 3 に接続された第 2 位置調整部 7 2 を駆動制御して、反射ミラー 2 2 及び / または第 1 集光レンズ 2 3 の位置を調整する。このことにより、光ファイバ 3 0 に入射されるレーザ光 L B の N A を変化させ、所望の範囲内に収まるようにする。

10

【 0 0 8 0 】

制御部 6 0 をこのように構成することで、レーザ発振器 1 0 の状態変化やレーザ光 L B の出力の急激な変化に起因して、レーザ光 L B の N A が変化した場合も、それを即座に検出して、所望の範囲内に収めることができる。このことにより、ワーク W に照射されるレーザ光 L B のビーム品質、ひいてはワーク W の加工精度を維持できる。

【 0 0 8 1 】

制御部 6 0 は、レーザ光 L B が所望の集光位置に集光されるように、レーザヘッド 4 0 を制御する。具体的には、レーザヘッド 4 0 の内部に設けられたコリメーションレンズ 4 2 及び / または第 2 集光レンズ 4 3 に接続された第 3 位置調整部 7 3 を駆動制御して、コリメーションレンズ 4 2 及び / または第 2 集光レンズ 4 3 の位置を調整する。このことにより、レーザ光 L B が所望の集光位置に集光されるようにする。

20

【 0 0 8 2 】

制御部 6 0 をこのように構成することで、ワーク W に照射されるレーザ光 L B のスポット径を適切な値に確実に維持でき、ワーク W に対して所望の加工精度でレーザ加工を行うことができる。

【 0 0 8 3 】

光ファイバ 3 0 は、軸心に第 1 コア 3 1 と、第 1 コア 3 1 の外周面に接して、第 1 コア 3 1 と同軸に設けられた第 1 クラッド 3 2 と、を有している。また、光ファイバ 3 0 は、第 1 クラッド 3 2 の外周面に接して、第 1 コア 3 1 と同軸に設けられた第 2 コア 3 3 と、を少なくとも有している。

30

【 0 0 8 4 】

光ファイバ 3 0 をこのように構成してもよい。後で述べるように、光ファイバ 3 0 の入射端面 3 0 a 1 へのレーザ光 L B のスポット径または照射位置を変えることで、所望のビームプロファイルを有するレーザ光 L B をワーク W に向けて照射することが可能となる。

【 0 0 8 5 】

なお、本開示のレーザ加工装置 1 0 0 に用いられる光ファイバ 3 0 の種類は、特に図 2 に示した例に限定されない。例えば、第 1 コア 3 1 及び第 1 クラッド 3 2 のみを有するシングルコア構造であってもよい。

【 0 0 8 6 】

また、図 3 に示す例では、第 1 シールドガラス 4 5 の表面の一部に第 1 コーティング膜 4 6 を設けたが、特にこれに限定されない。例えば、第 1 シールドガラス 4 5 の表面のうち、光ファイバ 3 0 の出射端 3 0 b から遠い側の面に第 1 コーティング膜 4 6 を設けてもよいし、第 1 シールドガラス 4 5 の全面に第 1 コーティング膜 4 6 を設けてもよい。

40

【 0 0 8 7 】

同様に、第 2 シールドガラス 4 7 の表面のうち、光ファイバ 3 0 の出射端 3 0 b から遠い側の面に第 2 コーティング膜 4 8 を設けてもよいし、第 2 シールドガラス 4 7 の全面に第 2 コーティング膜 4 8 を設けてもよい。ただし、この場合は、中央部分 4 8 a と周縁部分 4 8 b のいずれもがレーザ光 L B の光路中に配置される必要がある。

【 0 0 8 8 】

50

また、第1シールドガラス45及び第2シールドガラス47のいずれか一方または両方を省略してもよい。一方を省略する場合は、例えば、コリメーションレンズ42の表面のうち、光ファイバ30の出射端30bに近い側の面に第2コーティング膜48が設けられる。なお、コリメーションレンズ42の全面に第2コーティング膜48を設けてもよい。

【0089】

また、第1シールドガラス45及び第2シールドガラス47の両方を省略する場合は、コリメーションレンズ42の表面のうち、光ファイバ30の出射端30bに近い側の面に第1コーティング膜46を設けてもよい。その場合は、第2集光レンズ43の表面のうち、光ファイバ30の出射端30bから遠い側の面に第2コーティング膜48を設けてもよい。ただし、いずれの場合も、中央部分48aと周縁部分48bのいずれもがレーザー光LBの光路中に配置される必要がある。

10

【0090】

つまり、前述の第1光学部品は、第1シールドガラス45に限定されず、第2光学部品は、第1シールドガラス45に限定されない。

【0091】

本開示のレーザー加工装置100において、第1光学部品は、レーザー光LBの受光面のうち少なくとも一つの面に第1コーティング膜46が設けられ、第2光学部品は、レーザー光LBの受光面のうち少なくとも一つの面に第2コーティング膜48が設けられていればよい。

【0092】

20

(実施形態2)

図7は、本実施形態に係る光ファイバの入射端面へのレーザー光の入射位置と光ファイバから出射されるレーザー光のNAとの関係を示す。図7の(a)図は、光ファイバ30の断面構造を模式的に示しており、図2と同様の図である。図7の(b)図は、光ファイバ30から出射されるレーザー光LBのNAを示している。図7の(b)図の横軸は、光ファイバ30の直径方向に対応している。なお、図7及び以降に示す各図面において、実施形態1と同様の箇所については、同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0093】

図3に示す構造の光ファイバ30の入射端面30a1において、レーザー光LBが入射される位置によって、光ファイバ30から出射されるレーザー光LBの拡がり角、つまり、光ファイバ30から出射されるレーザー光LBのNAが変化する。図7に示すように、レーザー光LBが第1コア31や第2コア33のみに入射される場合、光ファイバ30から出射されるレーザー光LBのNAは小さい値となる。一方、レーザー光LBが第1コア31や第2コア33だけでなく、第1クラッド32にも入射されると、光ファイバ30から出射されるレーザー光LBのNAは大きくなる。つまりレーザー光LBの拡がり角は大きくなる。

30

【0094】

ワークWの材質や加工形態によっては、光ファイバ30から出射されるレーザー光LBのNAが小さく、レーザー光LBが細く絞られた状態よりも、レーザー光LBのNAが大きく、レーザー光LBがある程度拡がった状態の方が適切な場合がある。例えば、薄板を切断する場合等である。

40

【0095】

また、第1コア31のみにレーザー光LBを伝送する場合、ワークWに照射するレーザー光LBの出力が所望の値に達しない場合がある。このような場合は、入射端面30a1におけるレーザー光LBのスポット径を拡げて、第2コア33にもレーザー光LBを入射させ、ワークWに照射するレーザー光LBの出力を増加させる。その際、第1クラッド32にもレーザー光LBは入射され、レーザー光LBのNAが大きくなる。

【0096】

本開示のレーザー加工装置100によれば、レーザー光LBのNA及びその変化をリアルタイムにモニターすることができる。また、第1位置調整部71及び/または第2位置調整部72を駆動して、光結合器20の内部の反射ミラー22や第1集光レンズ23の位置を

50

調整することができる。

【0097】

これらのことにより、例えば、レーザ光LBのNAをモニターしつつ、第1位置調整部71により反射ミラー22の位置を調整し、光ファイバ30に入射されるレーザ光LBの光軸の角度を変化させることができる。このことにより、レーザ光LBのNAを大きくして、所望のスポット形状のレーザ光LBをワークWに照射することができる。また、レーザ光LBのNAをモニターしつつ、第2位置調整部72により第1集光レンズ23の位置を調整し、入射端面30a1におけるレーザ光LBのスポット径を拡げることができる。このことにより、ワークWに照射されるレーザ光LBの出力を増加させることができる。

【0098】

つまり、本実施形態の制御部60は、レーザ光LBの光ファイバ30の入射端面30a1への入射位置及びスポット径の少なくとも1つを変化させて、レーザ光LBのNAが所望の値となるように光結合器20、具体的には第1位置調整部71及び第2位置調整部72の少なくとも1つを駆動制御する。

【0099】

(実施形態3)

図8は、本実施形態に係る第2コーティング膜の成膜装置の概略構成図を示し、図9は、成膜時の光学部品とヤトイとの配置関係を示す。図10は、第2コーティング膜の膜厚分布を示し、図11は、レーザ光の波長と第2コーティング膜の反射率との関係を示す。

【0100】

第2コーティング膜48は、例えば、図8に示す成膜装置200を用いて、光学部品280の表面に成膜される。本実施形態では、第2コーティング膜48として酸化タンタルを例にとって説明する。

【0101】

成膜装置200は、真空チャンバー210とヒーター220と電子銃230とるつぼ240とシャッター260と基板ドーム270とを有している。

【0102】

真空チャンバー210の内部を真空ポンプ(図示せず)で真空状態にした後、電子銃230からるつぼ240に配置された蒸着源250、この場合は酸化タンタルのセラミック成形体に電子ビームを照射して、蒸着源250を蒸発させる。

【0103】

蒸着源250の上方には、基板ドーム270が配置されている。基板ドーム270は、真空チャンバー210の内面に取り付けられており、図示しないモーター等により回転可能となっている。また、基板ドーム270には、図9に示すヤトイ300が複数設けられており、複数のヤトイ300のそれぞれに第2シールドガラス47等の光学部品280が保持されている。ヤトイ300は、いわゆる基板ホルダであり、中央が開口し、開口の周縁部で光学部品280を保持している。また、基板ドーム270の周囲に配設されたヒーター220により、基板ドーム270及びこれに保持された光学部品280が加熱され、所定の温度となる。

【0104】

ヤトイ300に光学部品280が配置され、基板ドーム270が回転した状態で、蒸着源250に電子ビームが照射され、蒸着源250の構成材料が蒸発流となる。この時点で基板ドーム270及び光学部品280は加熱されている。蒸発流が安定してから、それまで閉じていたシャッター260を開くことで、蒸発流が基板ドーム270に向かって流れ、ヤトイ300の開口を通じて光学部品280に蒸発流が付着し、第2コーティング膜48の成膜が開始する。所定の時間、シャッター260を開くことで、光学部品280の表面に所望の膜厚の第2コーティング膜48が成膜される。なお、基板ドーム270の近くに取り付けられた水晶式膜厚計290により、第2コーティング膜48の膜厚がモニターされており、所望の膜厚になると、シャッター260が閉じられて、成膜が終了する。

【0105】

10

20

30

40

50

通常、このようにして成膜された第2コーティング膜48は、周縁で急激に膜厚が減少する。一方、本実施形態に示す成膜装置200では、ヤトイ300の開口の内周部分にメッシュ部310が設けられている。メッシュ部310は、ヤトイ300を厚さ方向に貫通する複数の開口(図示せず)を含んでおり、開口の内周縁から外側に向かうにつれて開口の寸法が小さくなるように設定されている。

【0106】

このメッシュ部310を設けたヤトイ300に光学部品280を保持し、第2コーティング膜48を成膜すると、その膜厚分布は、図10に示すように中央部分48aから周縁部分48bにかけてなだらかに減少する分布となる。

【0107】

例えば、レーザ光LBの波長が950nm~1000nm程度に設定されている場合、第2コーティング膜48の膜厚を所定値にすることで、図11に示すように、反射率をほぼゼロにすることができる。このときの膜厚を目標膜厚とすると、目標膜厚から膜厚を5%~15%減少させることで、第2コーティング膜48の反射率を1%~5%程度にすることができる。

【0108】

つまり、第2コーティング膜48の膜厚分布を図10に示すような分布にすることで、周縁部分48bの反射率を中央部分48aよりも高めることができる。

【0109】

なお、本実施形態はあくまで一例を示しているにすぎず、第2コーティング膜48の構造や材質によっては、周縁部分48bの膜厚を中央部分48aの膜厚よりも厚くすることで、反射率が高められることもありうる。

【0110】

ただし、単層膜や積層膜に限らず、誘電体膜は、その膜厚を変化させることで、光に対する反射率の波長依存性が変化することが一般に知られている。よって、第2コーティング膜48の中央部分48aの膜厚を周縁部分48bの膜厚と異ならせることで、周縁部分48bの反射率を中央部分48aよりも高めることが可能である。

【0111】

(その他の実施形態)

なお、本願明細書では、レーザ発振器10が、DDL光源である場合を例にとって説明したが、特にこれに限定されない。例えば、レーザ発振器10は、固体レーザ光源であっても気体レーザ光源であってもよいし、ファイバレーザ光源であってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0112】

本開示のレーザ加工装置は、レーザ光の開口数及びその変化を短時間にかつリアルタイムで検出することができ、ワークの加工精度を維持するのに有用である。

【符号の説明】

【0113】

- 10 レーザ発振器
- 20 光結合器
- 21 第1筐体
- 22 反射ミラー
- 23 第1集光レンズ
- 30 光ファイバ
- 30a 入射端
- 30a1 入射端面
- 30b 出射端
- 31 第1コア
- 32 第1クラッド
- 33 第2コア

10

20

30

40

50

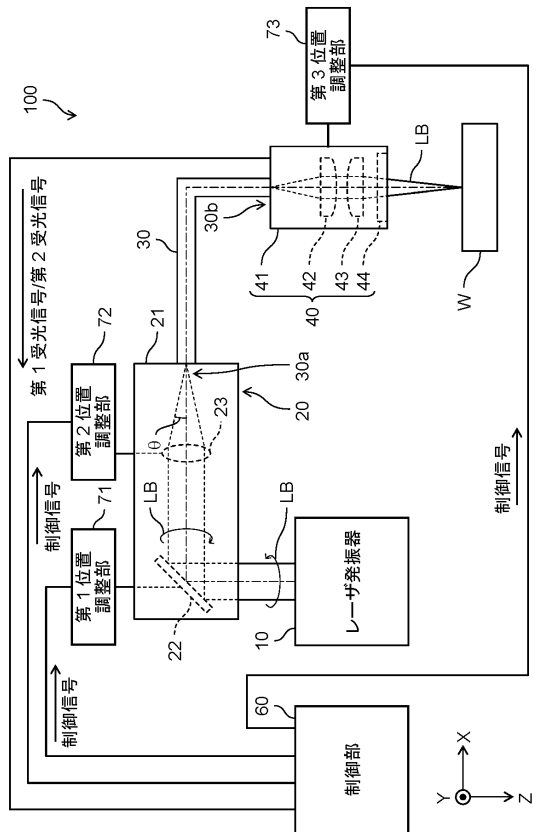
- 3 4 第2クラッド
- 4 0 レーザヘッド
- 4 1 第2筐体(筐体)
- 4 2 コリメーションレンズ
- 4 3 第2集光レンズ
- 4 4 保護ガラス
- 4 5 第1シールドガラス(第1光学部品)
- 4 6 第1コーティング膜
- 4 7 第2シールドガラス(第2光学部品)
- 4 8 第2コーティング膜
- 4 8 a 中央部分
- 4 8 b 周縁部分
- 5 1 第1受光部
- 5 2 第2受光部
- 6 0 制御部
- 7 1 ~ 7 3 第1 ~ 第3位置調整部
- 1 0 0 レーザ加工装置
- 2 0 0 成膜装置
- 2 1 0 真空チャンバー
- 2 7 0 基板ドーム
- 3 0 0 ヤトイ
- 3 1 0 メッシュ部
- L B レーザ光
- W ワーク

10

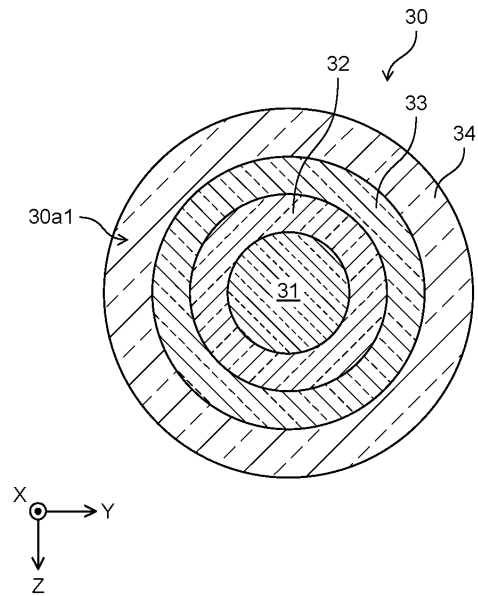
20

【図面】

【図1】



【図2】

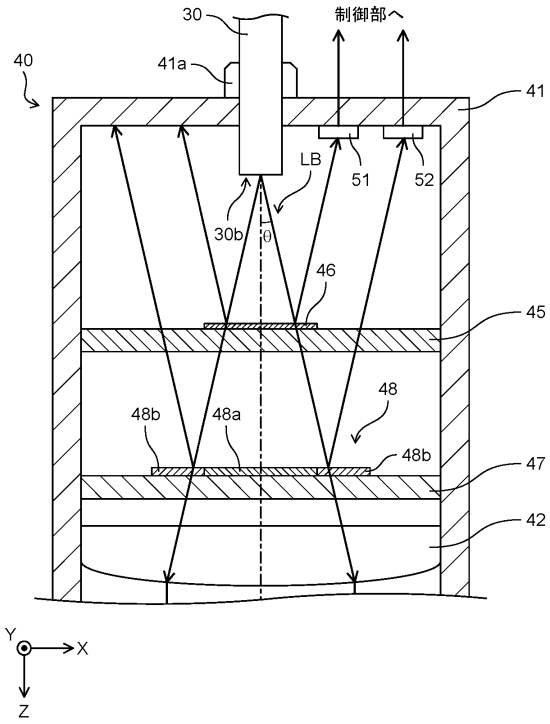


30

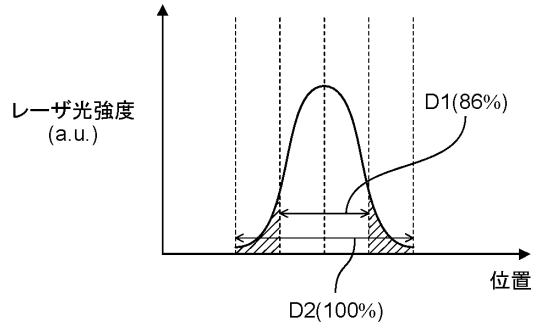
40

50

【図 3】



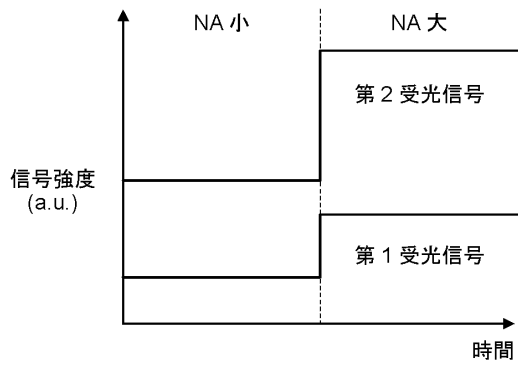
【図 4】



10

20

【図 5】



【図 6】

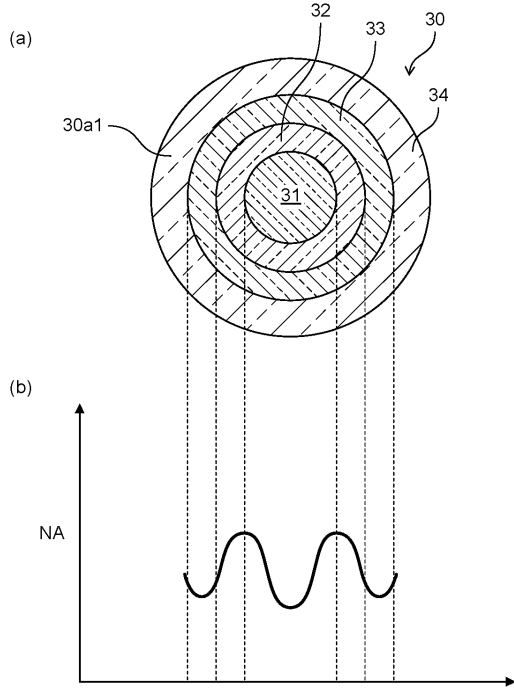
	信号強度(相対値)	
	第 1 受光信号	第 2 受光信号
レーザー出力 (W)	1	2
	2	3
小	1	3
	2	6
大	1	3
	2	6
NA		

30

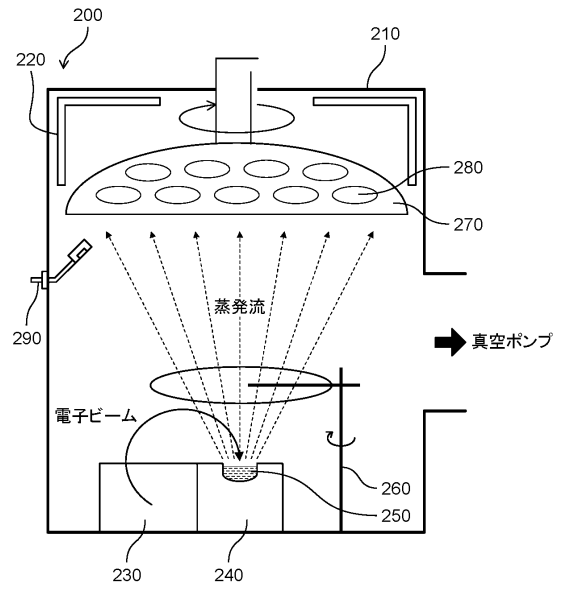
40

50

【 図 7 】



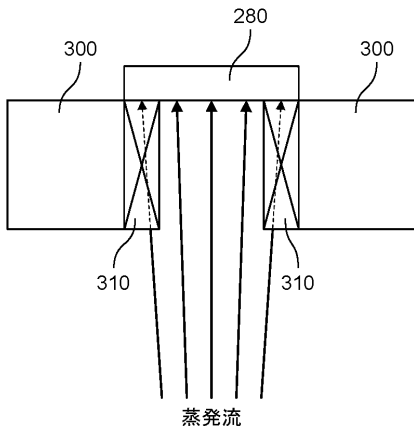
【 図 8 】



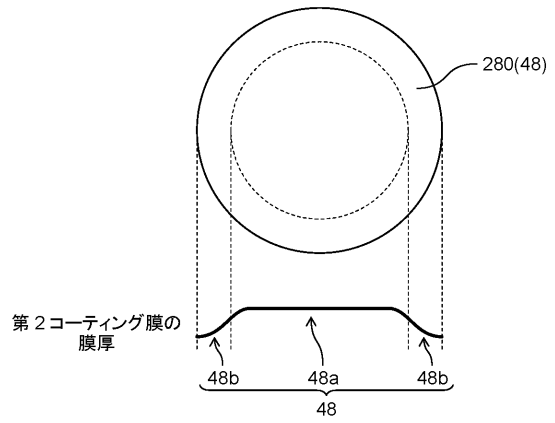
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】

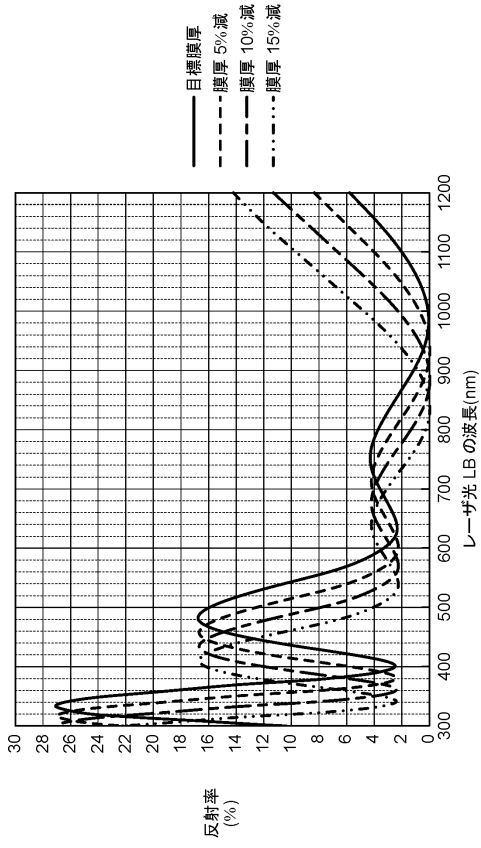


30

40

50

【図 11】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 黒石 孝志

- (56)参考文献 特開2012-91217(JP,A)
特開2012-155159(JP,A)
特開2011-79013(JP,A)
特開2000-42771(JP,A)
特開平5-136510(JP,A)
特開平5-133798(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B23K 26/00 - 26/70