

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-195976

(P2009-195976A)

(43) 公開日 平成21年9月3日(2009.9.3)

(51) Int.Cl.
B23K 26/00 (2006.01)

F I
B23K 26/00

テーマコード (参考)
4E068

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-43152 (P2008-43152)
(22) 出願日 平成20年2月25日 (2008.2.25)

(71) 出願人 000002130
住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(74) 代理人 100088155
弁理士 長谷川 芳樹
(74) 代理人 100092657
弁理士 寺崎 史朗
(74) 代理人 100113435
弁理士 黒木 義樹
(74) 代理人 100108257
弁理士 近藤 伊知良
(74) 代理人 100110582
弁理士 柴田 昌聰

最終頁に続く

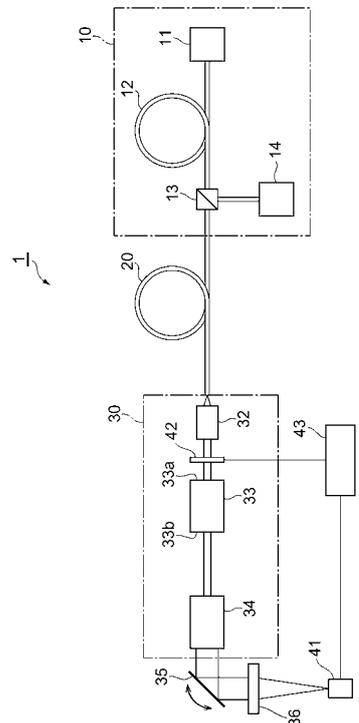
(54) 【発明の名称】 戻り光測定方法、戻り光測定装置及びレーザ加工方法

(57) 【要約】

【課題】 あらかじめアイソレータを逆方向に透過する戻り光を確認することができる戻り光測定方法、戻り光測定装置及びレーザ加工方法を提供する。

【解決手段】 レーザ加工装置 1 は、レーザ光源部 10、導光部 20、出射光学系 30、照射光学系 35 及び集光光学系 36 を備え、レーザ光を照射して加工対象物を加工する。また、戻り光測定装置として、光源 41、光検出部 42 及び制御部 43 を備えている。光源 41 は、出射光学系 30 のレンズ 38 による集光点を含み、光軸方向に垂直な面に配置されレンズ 38 に向けて参照光を出力する。光検出部 42 は、コリメータ 32 とアイソレータ 33 との間に配置され、光源 41 から出力され、レンズ 38 を経てアイソレータ 33 の第 2 端 33b に入力し、第 1 端 33a から出力された参照光を検出し、この検出した光のパワーが事前に設定された基準パワーに達しているか判定する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入射光に対し特定の光路の出射光を出射し、前記特定の光路に対し出射方向とは逆方向に進む戻り光を遮断するアイソレータを含む出射光学系と、

前記出射光学系からの出射光を入射し、ミラーを操作し、 f レンズを介し、前記出射光を照射する光学系であり、その照射する照射位置を制御する照射光学系とを有する装置において、

前記アイソレータを逆方向に通過する戻り光のパワーを測定する戻り光測定方法であり、

開口数の大きな光を出射する光源を用いて、前記 f レンズの照射側より前記 f レンズに向かって参照光を出射し、

前記照射位置を変更しながら、前記照射位置毎に、前記アイソレータに逆方向に通過後の戻り光のパワーを測定し、

測定された各パワーが事前に設定された基準のパワーに達しているかどうかを判定する戻り光測定方法。

【請求項 2】

測定された各パワーが前記基準パワーよりも高い場合は、戻り光調整手段の位置を調整し、前記戻り光のパワーが基準パワー以下となるように設定する

ことを特徴とする請求項 1 記載の戻り光測定方法。

【請求項 3】

測定された各パワーが前記基準パワーよりも高い各照射位置毎に、戻り光調整手段の位置を調整し、前記戻り光のパワーを基準パワーに設定し、

各照射位置毎に、調整された戻り光調整手段の位置を記録する

ことを特徴とする請求項 1 記載の戻り光測定方法。

【請求項 4】

前記戻り光調整手段は、前記アイソレータの位置、前記アイソレータの戻り光出射側に設けたコリメータの位置および前記アイソレータの前又は後に設けた透過領域を制限する光学部品の位置の少なくともいずれか一つを移動させることで、戻り光の前記出射光学系から出射される光量を調整する装置である

ことを特徴とする請求項 2 又は 3 のいずれか 1 項記載の戻り光測定方法。

【請求項 5】

前記光源は、前記参照光を前記 f レンズの光軸に対し所定の角度を有する状態で、出射することを特徴とする請求項 1 記載の戻り光測定方法。

【請求項 6】

請求項 1 または 2 の戻り光測定方法で、加工対象となる全照射位置範囲で、前記戻り光のパワーが基準パワー以下となる安全な状態であることを事前に確認又は前記安全な状態となるように事前に調整した後に、前記出射光学系を組み込んだレーザ加工装置で、加工対象物をレーザ加工することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 7】

請求項 3 の戻り光測定方法で記録された、各照射位置毎の調整された戻り光調整手段の位置の情報に基づいて、前記出射光学系を組み込んだレーザ加工装置で、各照射位置毎に戻り光調整手段の位置を調整しながら、加工対象物をレーザ加工することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 8】

入射光に対し特定の光路の出射光を出射し、前記特定の光路に対し出射方向とは逆方向に進む戻り光を遮断するアイソレータを含む出射光学系と、

前記出射光学系からの出射光を入射し、ミラーを操作し、前記出射光を照射する照射位置を制御しながら照射する照射光学系と、

前記照射光学系からの光を集光する f レンズとを有し、

前記 f レンズの照射側より前記 f レンズに向かって、開口数の大きな参照光を出射

10

20

30

40

50

する光源と、

前記アイソレータを逆方向に通過後の戻り光のパワーを検出する光検出部と、

前記照射位置を変更しながら、前記照射位置と対応する前記検出された戻り光のパワーを記録する制御部とを有する戻り光測定装置。

【請求項 9】

前記制御部は、測定された各パワーが事前に設定された基準パワーに達しているかどうかを判定する

ことを特徴とする請求項 8 記載の戻り光測定装置。

【請求項 10】

位置を制御することで、戻り光のパワーを調整する戻り光調整手段と、

10

前記制御部は、加工対象となる全照射位置範囲で、測定された各パワーが事前に設定された基準パワー以下となるように、戻り光調整手段の位置を調整する

ことを特徴とする請求項 8 記載の戻り光測定装置。

【請求項 11】

前記戻り光調整手段は、前記アイソレータの位置、前記アイソレータの戻り光出射側に設けたコリメータの位置および前記アイソレータの前又は後に設けた透過領域を制限する光学部品の位置の少なくともいずれか一つを移動させることで、戻り光の前記出射光学系から出射される光量を調整する装置である

ことを特徴とする請求項 10 又は 11 のいずれか 1 項記載の戻り光測定装置。

【請求項 12】

20

前記光源は、前記参照光を前記 f レンズの光軸に対し所定の角度を有する状態に設定可能であり、前記 f レンズの光軸に対し垂直な方向に移動可能である

ことを特徴とする請求項 8 に記載の戻り光測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、戻り光測定方法、戻り光測定装置及びレーザ加工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

レーザ加工等に用いられる光源装置は、光源部から出力された光を導光部により光学モジュール（出射光学系）へ導き、この光学モジュールから光を出射して該光を対象物へ照射する。光源部としては、一般にレーザ光源が用いられ、また、増幅用光ファイバを含むレーザ光源が用いられる場合がある。このような光源装置において、レーザ光が照射された対象物で生じた反射光が光学モジュール及び導光部を経て光源部に戻って来ると、光源部が損傷を被る危険性がある。これを防止する為には、光源部への戻り光の入射を阻止する光アイソレータが使用されることが望ましい。

30

【0003】

通常、光アイソレータは横モード単一ビームに対して用いられるのが一般的である。このときのアイソレーションは、特許文献 1 及び 2 に記載されているとおり、順方向に入射された光が光アイソレータを通過した後に通る光路と同じ光路を通過して逆方向から光が入射された場合を想定して定義される。この場合、特許文献 1 及び 2 に記載されているとおり、逆方向に入射された光は、光アイソレータ内部で終端されるのではなく、光アイソレータ入射端から、出射位置及び出射角度にずれを生じて出射されるので、順方向の入射ビームを発する光源には結合されないだけである。

40

【0004】

また、特許文献 1 に開示されているように、光アイソレータに含まれる複屈折素子が平板型である場合、光アイソレータ入射端から出射される逆方向ビームは出射位置のみが変わるだけであるが、出射位置のズレにも複屈折率などによる制約があり、仮にモードフィールド径の大きいビームなど用いるとアイソレーションが劣化する危険性がある。

【特許文献 1】特開平 05 - 224151 号公報

50

【特許文献2】特公昭61-058809号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

両端が光ファイバで結合されていないレーザ加工装置の出射光学ヘッドなどの場合、入射ビームのパワーまたはエネルギーも高く、再度、光ファイバに集光するのは危険であり、且つ、挿入損失も嫌うことから、入射側にはデリバリー用の光ファイバがあっても、出射側は空間光学系のまま加工対象物に到達する場合は殆どである。対象物が平面状の単純な構造の場合、反射光があったとしても、その反射光は、図2(a)に示されるように順方向のビーム光路と一致した光路を辿る。アイソレータ33を逆方向に透過した光の角度分離が \pm である場合、アイソレータ33を透過する反射光は、図2(a)のような光路を辿るため、デリバリー用光ファイバに再入射する危険性は無い。しかし、対象物の形状が、ワイヤ類などのように不規則な場合や、平板上であっても表面の粗さがある場合、更には滑らかな平板上であっても加工に伴い孔や溝ができた場合、反射光はランダムな光路を辿ることが予想される。

10

【0006】

こうなると、図2(b)、(c)に示されるように、実線矢印で示される反射光がアイソレータ33の出射端に入射する際の位置や角度が順方向ビームと異なるので、アイソレータ33の入射端から出射される際に、偶然にも、アイソレータ33の入射端の側に光学的接続されるデリバリー用光ファイバに結合してしまう危険性がある。なお、図中で、破線は順方向ビームの光路を示す。特に、アイソレータ33を逆方向に透過した光の角度分離が \pm である場合、 \pm だけ角度のずれた反射光が存在した場合(図2(c))が最悪である。また、必ずしもこれと光路が一致しなくとも、ビームは或る程度のモード広がりを有するので、その一部がデリバリー用光ファイバに結合してしまう危険性がある。このように、デリバリー用光ファイバに反射光を結合させないためには、あらかじめ反射光がデリバリー用光ファイバに結合するかどうかを確認することが必要である。

20

【0007】

本発明は、上記を鑑みてなされたものであり、あらかじめアイソレータを逆方向に透過する戻り光を確認することにより戻り光を制御することができる戻り光測定方法、戻り光測定装置及びレーザ加工方法を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

本目的を達成するため、本発明に係る戻り光測定方法は、入射光に対し特定の光路の出射光を出射し、特定の光路に対し出射方向とは逆方向に進む戻り光を遮断するアイソレータを含む出射光学系と、出射光学系からの出射光を入射し、ミラーを操作し、f レンズを介し、出射光を照射する光学系であり、その照射する照射位置を制御する照射光学系とを有する装置において、アイソレータを逆方向に通過する戻り光のパワーを測定する戻り光測定方法であり、開口数の大きな光を出射する光源を用いて、f レンズの照射側よりf レンズに向かって参照光を出射し、照射位置を変更しながら、照射位置毎に、アイソレータに逆方向に通過後の戻り光のパワーを測定し、測定された各パワーが事前に設定された基準のパワーに達しているかどうかを判定することを特徴とする。

40

【0009】

このように、開口数の大きな光を出射する光源を用いて、f レンズの照射側よりf レンズに向かって参照光を出力することにより、出射光学系から出力され、f レンズにより集光された光による戻り光を再現することができる。また、光源から出力された参照光のうち、逆方向に通過した戻り光のパワーを測定し得られる結果を事前に設定した基準のパワーに達しているかを判定することにより、アイソレータに逆方向に通過する戻り光を適切に評価することができる。

【0010】

また、本発明に係る戻り光測定方法は、測定された各パワーが基準パワーよりも高い場

50

合は、戻り光調整手段の位置を調整し、戻り光のパワーが基準パワー以下となるように設定する態様とすることができる。

【0011】

上記の態様とすることで、戻り光調整手段の位置の調整により戻り光をあらかじめ設定された基準パワー以下に設定することができるため、高い強度の戻り光がレーザ光の光源へ入射することを防ぐことができる。

【0012】

さらに、本発明に係る戻り光測定方法は、測定された各パワーが基準パワーより高い各照射位置毎に、戻り光調整手段の位置を調整し、戻り光のパワーを基準パワーに設定し、各照射位置毎に、調整された戻り光調整手段の位置を記録することを特徴とする。

10

【0013】

これにより、実際のレーザ加工の際、各照射位置毎に、この調整された戻り光調整手段の位置となるように、制御することができるため。レーザ加工時の照射位置を変更した場合であっても戻り光が増加しないように制御することができる。

【0014】

また、戻り光調整手段は、アイソレータの位置、アイソレータの戻り光出射側に設けたコリメータの位置およびアイソレータの前又は後に設けた透過領域を制限する光学部品の位置の少なくともいずれか一つを移動させることで、戻り光の出射光学系から出射される光量を調整する装置である態様とすることが好ましい。

【0015】

アイソレータの戻り光出射側に設けた透過領域を制限する光学部品の位置もしくはコリメータの位置を変更することによれば、アイソレータで除去できずに戻り光としてコリメータの方向へ出射された戻り光を減少させることができる。また、アイソレータの位置もしくはアイソレータの戻り光入射側に設けた透過領域を制限する光学部品の位置を変更することによれば、戻り光がアイソレータに入射することを阻止することができる。また、これらを組み合わせることによって、アイソレータに入射する戻り光及びアイソレータを通過した戻り光を低減することができるため、より戻り光の低減効果を高めることができる。

20

【0016】

また、本発明による戻り光測定方法において、光源は、前記参照光を前記 f レンズの光軸に対し所定の角度を有する状態で、出射する態様とすることもできる。

30

【0017】

本発明に係るレーザ加工方法は、上記の戻り光測定方法で、加工対象となる全照射位置範囲で、前記戻り光のパワーが基準パワー以下となる安全な状態であることを事前に確認又は前記安全な状態となるように事前に調整した後に、出射光学系を組み込んだレーザ加工装置で、加工対象物をレーザ加工することを特徴とする。

【0018】

また、本発明に係るレーザ加工方法は、上記の戻り光測定方法で記録された、各照射位置毎の調整された戻り光調整手段の位置の情報に基づいて、出射光学系を組み込んだレーザ加工装置で、各照射位置毎に戻り光調整手段の位置を調整しながら、加工対象物をレーザ加工する態様としてもよい。

40

【0019】

本発明に係る戻り光測定装置は、入射光に対し特定の光路の出射光を出射し、特定の光路に対し出射方向とは逆方向に進む戻り光を遮断するアイソレータを含む出射光学系と、出射光学系からの出射光を入射し、ミラーを操作し、出射光を照射する照射位置を制御しながら照射する照射光学系と、照射光学系からの光を集光する f レンズとを有し、 f レンズの照射側より f レンズに向かって、開口数の大きな参照光を出射する光源と、アイソレータを逆方向に通過後の戻り光のパワーを検出する光検出部と、照射位置を変更しながら、照射位置と対応する検出された戻り光のパワーを記録する制御部とを有することを特徴とする。

50

【0020】

開口数の大きな光を出射する光源を用いて、 f レンズの照射側より f レンズに向かって参照光を出力することにより、出射光学系から出力され、 f レンズにより集光された光による戻り光を再現することができる。

【0021】

本発明に係る戻り光測定装置は、制御部は、測定された各パワーが事前に設定された基準パワーに達しているかどうかを判定することが好ましい。

【0022】

上記のように、制御部において、光源から出力された参照光のうち、アイソレータに逆方向に通過した戻り光のパワーを測定し得られる結果を事前に設定した基準のパワーに達しているかを判定することにより、アイソレータに逆方向に通過する戻り光を適切に評価することができる。

10

【0023】

また、本発明に係る戻り光測定装置は、位置を制御することで、戻り光のパワーを調整する戻り光調整手段と、制御部は、加工対象となる全照射位置範囲で、測定された各パワーが事前に設定された基準パワー以下となるように、戻り光調整手段の位置を調整する態様をとることができる。

【0024】

これにより、実際のレーザ加工の際、各照射位置毎に、この調整された戻り光調整手段の位置となるように、制御することができるため。レーザ加工時の照射位置を変更した場合であっても戻り光が増加しないように制御することができる。

20

【0025】

また、戻り光調整手段は、アイソレータの位置、アイソレータの戻り光出射側に設けたコリメータの位置およびアイソレータの前又は後に設けた透過領域を制限する光学部品の位置の少なくともいずれか一つを移動させることで、戻り光の前記出射光学系から出射される光量を調整する装置である態様とすることができる。

【0026】

アイソレータの戻り光出射側に設けた透過領域を制限する光学部品の位置もしくはコリメータの位置を変更することによれば、アイソレータで除去できずに戻り光としてコリメータの方向へ出射された戻り光を減少させることができる。また、アイソレータの位置もしくはアイソレータの戻り光入射側に設けた透過領域を制限する光学部品の位置を変更することによれば、戻り光がアイソレータに入射することを阻止することができる。また、これらを組み合わせることにより、より戻り光を低減することができる。

30

【0027】

さらに、光源は、前記参照光を前記 f レンズの光軸に対し所定の角度を有する状態に設定可能であり、前記 f レンズの光軸に対し垂直な方向に移動可能である態様とすることができる。

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、あらかじめアイソレータを逆方向に透過する戻り光を確認することができる戻り光測定方法、戻り光測定装置及びレーザ加工方法が提供される。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下、添付図面を参照して、本発明を実施するための最良の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一または同様の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0030】

(第1実施形態)

図1は、本実施形態に係るレーザ加工装置1の構成を示す図である。図1に示すレーザ加工装置1は、レーザ光源部10、導光部20、出射光学系30、照射光学系(ガルバノ

50

ミラー) 35及び集光光学系(f レンズ) 36を備え、レーザ光を照射して加工対象物を加工するものである。またレーザ加工装置1は、戻り光測定装置として、光源41、光検出部42及び制御部43を備えている。集光光学系36は、複数のレンズが組み合わされた光学系であり、用途によりレンズの形状、特性も様々であるためブラックボックスとしている。本発明で用いているf レンズは、照射光学系からのレーザ光を加工サンプルに対してほぼ垂直に照射する特性をもつ。

【0031】

レーザ光源部10は、種光源11、増幅用光ファイバ12、光カプラ13及び励起光源14を含む。増幅用光ファイバ12は、Yb元素がコア領域に添加された石英系光ファイバであり、励起光源14から出力された励起光が光カプラ13を経て供給され、また、種光源11から出力された種光が一端に入力される。この増幅用光ファイバ12は、励起光の供給によりYb元素が励起されて、種光を光増幅して他端から出力する。レーザ光源部10は、増幅用光ファイバ12で光増幅されて光カプラ13を経た光を出力する。

10

【0032】

導光部20は、レーザ光源部10と出射光学系30との間に設けられ、レーザ光源部10から出力された光を一端に入力して導光し、その光を出射光学系30へ向けて出力する。導光部20としてデリバリー用光ファイバが用いられる。なお、導光部20と出射光学系30との間に光コネクタを備える態様とすることもできる。

【0033】

出射光学系30は、コリメータ32、アイソレータ33及びビームエキスパンダ34を含む。コリメータ32は、導光部20から出力された光を入力してコリメートし、コリメート光をアイソレータ33へ出力する。

20

【0034】

アイソレータ33は、偏波無依存型のものであり、第1端33aで偏波の分離、第2端33bで偏波の合成の役割を果たす複屈折素子を有し、コリメータ32から出力されたコリメート光を第1端33aに入力して、そのコリメート光を第2端33bからビームエキスパンダ34へ出力する。

【0035】

ビームエキスパンダ34は、アイソレータ33の第2端33bから出力された光を入力し、その光のビーム径を拡大して照射光学系35へ出力する。

30

【0036】

照射光学系35は、ビームエキスパンダ34から出力された光を集光光学系36へ反射させる。照射光学系35は反射方位が可変であり、照射光学系35により反射された光の照射位置が、加工対象物上を走査するように反射方位を変更することができる照射光学系として機能する。照射光学系35は、ガルバノミラーであることが好適である。本実施形態の照射光学系35は、ビームエキスパンダ34から出力された光の主光線の反射点を中心として回転することで、照射光学系35において反射する主光線の出力方向を変えることができる。本実施形態の照射光学系35は、互いに直交する2本の回転軸を備えている。なお、照射光学系35は、ビームエキスパンダ34から出力された主光線の反射点が集光光学系36の前焦点位置となるように配置される。

40

【0037】

集光光学系36は、照射光学系35により出力された光を入力し加工対象物へ向けてレーザ光を集光するf レンズである。集光光学系36の前焦点位置は、照射光学系35における主光線の反射点となるように配置されている。

【0038】

本実施形態では、集光光学系36によって集光される光の集光位置に、戻り光検出装置として用いる参照光の光源41が設けられているが、レーザ加工を行う場合にはこの光源41の位置に加工対象物を配置して、当該加工対象物の表面を加工する。

【0039】

本実施形態に係るレーザ加工装置1は、戻り光測定装置として、参照光を出力する光源

50

4 1 と、光源 4 1 から出力された光を検出する光検出部 4 2 と、光源 4 1 の位置及び光検出部 4 2 の検出する光の強度等を制御する制御部 4 3 と、を備える。

【 0 0 4 0 】

光源 4 1 は、参照光を集光光学系 3 6 の方向へ出力する。この光源 4 1 は、集光光学系 3 6 の後焦点を含み、集光光学系 3 6 の光軸に対して垂直な平面上であり、レーザ光源部 1 0 から出力されたレーザ光が、導光部 2 0、出射光学系 3 0、照射光学系 3 5 及び集光光学系 3 6 を経て照射することが可能な範囲に設けられる。また、図 1 には図示していないが、光源 4 1 を移動するための移動機構及び光源 4 1 から出力する参照光の出力方向を変更する出力方向変更機構を備えていてもよい。なお、光源 4 1 は、レーザ光源部 1 0 からレーザ光を出力して加工対象物をレーザ加工する場合には用いられず、レーザ加工時に加工対象物が配置される場所に設けられる装置であるため、レーザ光源部 1 0 からレーザ光を出力する際には図 1 に示す配置から取り除かれる。光源 4 1 から出力される参照光の強度は、レーザ光源部 1 0 を損傷することがない程度にしておくことが好ましく、100 mW 以下であることが好ましい。また、参照光の波長は、1000 ~ 1100 nm の範囲であることが好ましく、波長 1060 nm のマルチモード光に限られず、ASE (Amplified Spontaneous Emission) 光源等の非コヒーレント光源を用いることも好ましい。

10

【 0 0 4 1 】

光検出部 4 2 は、出射光学系 3 0 のコリメータ 3 2 とアイソレータ 3 3 との間に設けられる。光検出部 4 2 は、パワーメータ等の測定器や、フォトダイオード等の受光機能を有したものであることが好適である。なお、光検出部 4 2 は、レーザ光源部 1 0 からレーザ光を出力して加工対象物をレーザ加工する場合には用いられないことから、レーザ光源部 1 0 からレーザ光を出力する際には図 1 に示す配置から取り除かれる。

20

【 0 0 4 2 】

制御部 4 3 は、光源 4 1 及び光検出部 4 2 と接続されており、光源 4 1 の位置及び参照光の出力方向と、光検出部 4 2 の検出する光強度等を記録する。また、光源 4 1 を移動するための移動機構及び光源 4 1 から出力する参照光の出力方向を変更する出力方向変更機構を備えている場合は、それらの移動についても制御部 4 3 により制御される構造とすることができる。光源 4 1 及び光検出部 4 2 等と制御部 4 3 との接続は、シリアル通信、GPIB (General Purpose Interface Bus) 通信等により実施することができる。

30

【 0 0 4 3 】

以上により、本実施形態に係るレーザ加工装置 1 が構成される。

【 0 0 4 4 】

次に、本実施形態に係るレーザ加工装置 1 における戻り光の測定方法について説明する。

【 0 0 4 5 】

まず、レーザ加工装置 1 において、レーザ光を加工対象物に照射した際の戻り光について説明する。図 3 は、本実施形態に係るレーザ加工装置 1 を用いて加工対象物 5 0 にレーザ光を照射した際の戻り光の出射の一例を示す図である。図 3 (a) に示すように、集光光学系 3 6 の光軸方向に垂直であり表面が平坦な加工対象物 5 0 を、集光光学系 3 6 により集光されたレーザ光 L が照射した場合、反射光 L ' は、入射時のレーザ光 L の光路を辿って、集光光学系 3 6 に入射する。集光光学系 3 6 に入射した反射光 L ' は、レーザ光 L の光路を辿って、照射光学系 3 5、ビームエキスパンダ 3 4 を経由して、アイソレータ 3 3 に到達するので、図 2 (a) に示すような光路によりアイソレータ 3 3 を透過し、アイソレータ 3 3 の第 1 端 3 3 a から角度 \pm の広がりをもって出射される。したがって、コリメータ 3 2 に対して入射することもなく、コリメータ 3 2 から導光部 2 0 へも光が入射されず、レーザ光源部 1 0 へダメージを与えることがない。

40

【 0 0 4 6 】

一方、図 3 (b) に示すように、レーザ光を照射する加工対象物 5 0 の表面が複雑な形状をしている場合や、集光光学系 3 6 の光軸方向に対して垂直ではない場合において、集光光学系 3 6 により集光されたレーザ光 L は反射面でレーザ光 L の入力方向とは異なる方

50

向へ反射する。すなわち、反射光 L' はレーザ光 L と角度 だけ異なる光路を進み集光光学系 36 に入射した後、照射光学系 35 に到達する。照射光学系 35 は、レーザ光の照射位置を走査するという機能を有するためある程度反射面が大きくなっているため、レーザ光の入力方向とは異なる方向へ反射される光についても反射してしまう。したがって、集光光学系 36 から出射される反射光 L' は、レーザ光 L の入力時とは異なる光路を進み、照射光学系 35、ビームエキスパンダ 34 を経由して、アイソレータ 33 に到達する。このように、図 2 (b) 又は図 2 (c) に示すような光路を辿ってアイソレータ 33 に到達するおそれがあり、レーザ光源部 10 へダメージを与える危険がある。

【0047】

このように、一般的に、アイソレータは、特定光路を伝播する光に対して、順方向の光は透過し、逆方向の光は遮断するという機能を有する。しかし、上記の特定光路から外れた逆方向の光、例えば図 2 (b) 又は図 2 (c) に示すように出射端面に斜めから入射する逆方向の光は透過されてしまうという問題がある。

【0048】

したがって、本実施形態のレーザ加工装置 1 における戻り光測定装置は、図 3 (b) のように、加工対象物 50 の表面が複雑な形状をしている場合に入射方向とは異なる方向へレーザ光が反射することを想定して、参照光の光源 41 から参照光を出射して戻り光を測定する必要がある。

【0049】

図 4 は、本実施形態に係るレーザ加工装置 1 を用いて加工可能領域 52 の端部にレーザ光を集光した際の戻り光を説明する図である。加工可能領域 52 は、レーザ光源部 10 から出力された光によって加工対象物を加工することができる領域を示す。この加工可能領域 52 は、集光光学系 36 の特性及び照射光学系 35 の回転による主光線の反射方向によって決定される。本実施形態の照射光学系 35 のように主光線の反射線を中心として 2 本の回転軸により回転することにより反射方向を変更する場合、照射光学系 35 により反射された後集光光学系 36 により集光したときの集光点により作られる加工可能領域 52 は四角形となる。加工可能領域幅 L_w は、加工可能領域 52 の幅を示す。加工可能領域幅 L_w は、四角形を構成する各辺のうちの最大長により規定する。なお、照射光学系 35 の構造が上記と異なり加工可能領域 52 が円形となる場合は、加工可能領域幅 L_w は円形の最大直径により規定する。さらに、図 4 において L_L は集光光学系 36 の直径、 L_F は集光光学系 36 の焦点距離を示す。

【0050】

ここで、図 4 を参照して戻り光としてレーザ光源部 10 に到達する可能性のある光について考える。レーザ光源部 10 に到達する可能性のある戻り光は、レーザ光源部 10 から出力されたレーザ光を加工対象物の表面に集光した際に加工対象物の表面で反射することにより発生する戻り光である。すなわち、戻り光は集光光学系 36 により集光した際の集光点に位置する加工対象物の表面で反射し、集光光学系 36 へ入射する。この戻り光を模して光源 41 を用いて参照光を集光光学系 36 に対して照射する場合、光源 41 を加工可能領域 52 上に配置することにより、戻り光を再現することができる。

【0051】

一方、集光光学系 36 へ入射する戻り光は、図 3 (b) で示したように、集光光学系 36 の光軸方向に平行であるとは限らず、ある程度の角度を有している可能性が考えられる。図 4 のように加工可能領域 52 の端部に設けられた光源の位置で、レーザ光が反射した場合、集光光学系 36 に到達する戻り光の入射角は、レーザ光の反射位置とは集光光学系 36 の光軸方向に対して反対側の集光光学系 36 の端部へ到達する場合に最大となる。したがってこの戻り光を参照光により再現する場合、光源 41 の出射方向を集光光学系 36 の光軸と平行に配置したときに、光源 41 から出力する参照光の広がり角（開口数）をとすると、この広がり角 は、図 4 において $M_{AX} / 2$ により示される角度、すなわち上記で示した入射角が最大となる方向を照射できるような角度である必要がある。したがって、光源 41 は、加工可能領域幅 L_w 、集光光学系 36 の直径 L_L 及び集光光学系 36

10

20

30

40

50

の焦点距離 L_F を用いて示す下記 (1) を満たす広がり角 θ をもって参照光を出射することが好ましい。

【0052】

$$L_F \times \sin \theta \geq L_L + L_W \quad \dots (1)$$

【0053】

例えば、集光光学系 36 の直径 L_L が 120 mm、集光光学系 36 の焦点距離 L_F が 160 mm、加工可能領域 52 が正方形であり、一辺の長さ 63 mm の正方形の加工可能領域の幅 L_W が 89 mm である場合、上記 (1) 式より、光源 41 から出射する参照光の広がり角 θ は、 64.26° 以上であることが好ましい。上記 (1) 式を満たす広がり角 θ を有する光源 41 を、移動機構を用いて、加工可能領域 52 内を移動させることにより、レーザ光源部 10 から出力されたレーザ光が加工可能領域 52 を照射する際に発生する可能性のある戻り光を再現することができる。なお、光源 41 から出力する参照光の広がり角 θ が上記 (1) 式より小さい場合は、出力方向変更機構を用いて、光源 41 による参照光の出力方向を変更することにより、上記 (1) 式に示す広がり角 θ を満たすことにより同様の効果を得ることが可能である。

10

【0054】

なお、加工対象物の厚み L_S が 1 mm 以上で、集光光学系 36 からの焦点距離 L_F よりも厚み L_S だけ手前でレーザ加工を照射する場合は、厚み L_S による影響を無視することができないため、光源 41 から出射される参照光の広がり角 θ は下記 (2) を満たすことが好ましい。

20

【0055】

$$(L_F - L_S) \times \sin \theta \geq L_L + L_W \quad \dots (2)$$

【0056】

光検出部 42 では、上記の光源 41 から出力された後、集光光学系 36、照射光学系 35、ビームエキスパンダ 34 及びアイソレータ 33 を経た参照光を検出する。光検出部 42 に到達する参照光には、導光部 20 に入射し導光部 20 を伝播してレーザ光源部 10 を損傷する可能性のある光のほか、レーザ光源部 10 を損傷する可能性がない光も含まれる。すなわち、光源 41 から集光光学系 36 の光軸方向に平行に出射され、レーザ光源部 10 からレーザ光を出射したときにレーザ光が辿る光路を逆行して進み、図 2 (a) のように順方向のビーム光路と一致した光路からアイソレータ 33 に入射し、アイソレータ 33 から出力されるデリバリーファイバへ入射する危険性が低い光も、光検出部 42 では検出される。

30

【0057】

制御部 43 は、光検出部 42 で測定した参照光の強度及びその参照光を出力した光源 41 の配置を元に、光源 41 が配置されている場所を集光位置としてレーザを照射することにより、その戻り光がレーザ光源部 10 を破損させる可能性があるかを判定する。例えばあらかじめ導光部 20 へ入射してレーザ光源部 10 を破損する可能性の高い光のパワーを基準パワーとして設定しておき、光検出部 42 が検出した参照光の強度から、基準パワーを減算した値が正であれば、光検出部 42 が検出した光の中に導光部 20 へ入射してレーザ光源部 10 を破損する可能性の高い光が含まれていると判定することができる。具体的には、光検出部 42 が検出する参照光の強度が約 50 dB 以上であれば導光部 20 へ入射し、導光部 20 を経た光が、レーザ光源部 10 を損傷させるおそれがある。この判定は、人間が行ってもよいし、制御部 43 にあらかじめ基準パワーを記憶させておいて自動判定させるといった態様でもよい。

40

【0058】

制御部 43 では上記の情報を収集し、加工可能領域 52 のうち、戻り光によるレーザ光源部 10 を損傷する危険性がある領域を決定する。このようにして決定されたレーザ光源部 10 を損傷する危険性がある領域、すなわち基準パワーより高い戻り光が検出された領域以外の領域において、レーザ光を照射して加工対象物のレーザ加工を行うことにより、レーザ光照射時に発生する戻り光によってレーザ光源部 10 を損傷する危険性を低減する

50

ことができる。

【0059】

上記のように、本実施形態によれば、あらかじめ加工対象物をレーザ加工することによる戻り光が発生するかを、光源41から参照光を照射し光検出部42により検出することによって測定しておくことで、実際にレーザ光源部10からレーザ光を照射してレーザ加工を行うときにレーザ光の戻り光が発生してレーザ光源部10を破損することを防ぐことができる。

【0060】

(第2実施形態)

図5は、本実施形態に係るレーザ加工装置2の構成を示す図である。図5に示すレーザ加工装置2は、レーザ光源部10、導光部20、出射光学系30、照射光学系35及び集光光学系36を備え、レーザ光を照射して加工対象物を加工するものである。またレーザ加工装置2は、戻り光測定装置として、光源41、光検出部42及び制御部43を備えている。

10

【0061】

第1実施形態に係るレーザ加工装置1と比較して、本実施形態に係るレーザ加工装置2は、出射光学系30に含まれるコリメータ32及びアイソレータ33の位置を制御部43によって変更することができる点で相違する。

【0062】

本実施形態に係るレーザ加工装置2において、光源41が参照光を出力し、光検出部42が参照光のうち集光光学系36、照射光学系35、ビームエキスパンダ34、及びアイソレータ33を経て到達した光を検出し、その光強度及び光源41の位置から、その光源41が配置されている場所を集光位置としてレーザを照射することにより、その戻り光がレーザ光源部10を破損させる可能性があるかを判定する方法については、第1実施形態に係るレーザ加工装置1と同様である。しかしながら、本実施形態におけるレーザ加工装置2では、制御部43において、戻り光によるレーザ光源部10の破損の危険性を判定するほか、レーザ光源部10の破損の危険性を下げするために、コリメータ32の位置及びアイソレータ33の位置をレーザ光源部10から出力されるレーザ光の進行方向に対して平行な方向へ移動させる機能を有する。アイソレータ33の位置を変更することにより、アイソレータ33の第1端33aから出力される参照光の方向を、変更前と異なる方向へ出力させることができる。また、コリメータ32の位置を変更することによっても、アイソレータ33の第1端33aから出力される参照光のうちコリメータ32に入力した光の集光位置を変更することができる。したがって、導光部20へ入射する光を減らすことができるため、レーザ光源部10の損傷リスクを低減させることが可能となる。

20

30

【0063】

制御部43の機能をさらに詳細に説明する。まず、光源41と照射光学系35の位置を変更及び光検出部42で検出する光のパワーを記録する。この結果を、あらかじめ設定した基準パワーと比較して、基準パワーより高いか低いかを判定する。この判定は、人間が行ってもよいし、制御部43にあらかじめ基準パワーを記憶させておいて自動判定させるという態様でもよい。検出光のパワーが基準パワーよりも高い場合には、出射光学系30に含まれるコリメータ32の位置及びアイソレータ33の位置を変更した後、再度光源41と照射光学系35の位置を同じ条件として測定を行う。位置変更後に光検出部42で検出する光のパワーが基準パワーよりも低くなっていれば、その設定を保存する。基準パワーよりも光検出部42で検出する光のパワーが高い場合は、再度コリメータ32の位置及びアイソレータ33の位置を変更し、上記の手順を繰り返す。このようにして、制御部43は、照射位置毎に参照光が基準パワー以下となるコリメータ32の位置及びアイソレータ33の位置を求め、保存する。レーザ光源部10からレーザ光を照射してレーザ加工を行う際には、上記で得られた結果に基づいて出射光学系30の位置を変更してレーザ加工を行う。

40

【0064】

50

このように、本実施形態によれば、光源 4 1 から参照光を出力することにより測定した戻り光の測定結果に基づいて、出射光学系 3 0 に含まれるコリメータ 3 2 及びアイソレータ 3 3 の位置を変更することによって、戻り光が導光部 2 0 へ入力するのを防ぐことができるため、レーザ光源部 1 0 の損傷を回避することが可能となる。

【 0 0 6 5 】

(第 3 実施形態)

図 6 は、本実施形態に係るレーザ加工装置 3 の構成を示す図である。図 6 に示すレーザ加工装置 3 は、レーザ光源部 1 0、導光部 2 0、出射光学系 3 0、照射光学系 3 5 及び集光光学系 3 6 を備え、レーザ光を照射して加工対象物を加工するものである。またレーザ加工装置 3 は、戻り光測定装置として、光源 4 1、光検出部 4 2 及び制御部 4 3 を備えている。

10

【 0 0 6 6 】

出射光学系 3 0 は、第 1 実施形態及び第 2 実施形態と同様に、コリメータ 3 2、アイソレータ 3 3、ビームエキスパンダ 3 4、照射光学系 3 5 及び集光光学系 3 6 を含む。第 3 実施形態においては、出射光学系 3 0 は、さらに第 1 光学部品 3 7 及び第 2 光学部品 3 8 を含む。また、制御部 4 3 は第 1 光学部品 3 7 及び第 2 光学部品 3 8 の調整を行う機能を有する。

【 0 0 6 7 】

第 1 光学部品 3 7 は、光検出部 4 2 とアイソレータ 3 3 との間に設けられる。また、第 2 光学部品 3 8 は、アイソレータ 3 3 とビームエキスパンダ 3 4 との間に設けられる。第 1 光学部品 3 7 及び第 2 光学部品 3 8 のそれぞれは、レーザ光源部 1 0 から出力され出射光学系 3 0 に入力するレーザ光の光軸を中心とした窓を有する。第 1 光学部品 3 7 及び第 2 光学部品 3 8 の窓のサイズは、コリメータ 3 2 によってコリメートされたレーザ光のモードフィールド径の 2 倍程度であるが、窓のサイズは可変である。また、第 1 光学部品 3 7 及び第 2 光学部品 3 8 の位置も光軸に対して平行に移動することが可能である。第 1 光学部品 3 7 及び第 2 光学部品 3 8 の窓のサイズの変更及び位置の変更は制御部 4 3 によって行われる。

20

【 0 0 6 8 】

本実施形態に係る出射光学系 3 0 において、第 1 光学部品 3 7 及び第 2 光学部品 3 8 は、順方向のビーム、すなわちレーザ光源部 1 0 から出力されて導光部 2 0 を経て出射光学系 3 0 に入力されるレーザ光のみを通過させる。進行方向が順方向のレーザ光の光軸とは異なる角度を有し、かつ逆方向に進む戻り光を遮断することを目的として設けられている。つまり、戻り光のうち、第 1 光学部品 3 7 及び第 2 光学部品 3 8 のいずれかの窓を通過することができない戻り光は、遮断されてしまうため、導光部 2 0 まで到達することができず、レーザ光源部 1 0 を損傷させることもない。

30

【 0 0 6 9 】

上記構成を含むレーザ加工装置 3 において、光源 4 1 が参照光を出力し、光検出部 4 2 が参照光のうち集光光学系 3 6、照射光学系 3 5、ビームエキスパンダ 3 4、及びアイソレータ 3 3 を経て到達した光を検出し、その光強度及び光源 4 1 の位置から、その光源 4 1 が配置されている場所を集光位置としてレーザを照射することにより、その戻り光がレーザ本体を破損させる可能性があるかを判定する方法については、第 1 実施形態に係るレーザ加工装置 1 及び第 2 実施形態に係るレーザ加工装置 2 と同様である。しかしながら、本実施形態におけるレーザ加工装置 3 では、制御部 4 3 において、戻り光によるレーザ光源部 1 0 の破損の危険性を判定するほか、レーザ光源部 1 0 の破損の危険性を下げるために、第 1 光学部品 3 7 及び第 2 光学部品 3 8 の位置を移動させる機能と、第 1 光学部品 3 7 及び第 2 光学部品 3 8 の窓のサイズを変更させる機能と、を有する。このように第 1 光学部品 3 7 及び第 2 光学部品 3 8 を調整することにより、導光部 2 0 へ到達する戻り光を減らすことができ、導光部 2 0 へ入力する戻り光を減らすことができるため、レーザ光源部 1 0 の損傷リスクを低減させることが可能となる。

40

【 0 0 7 0 】

50

このように、第3実施形態によれば、光源41から参照光を出力することにより測定した戻り光の測定結果に基づいて、出射光学系30に含まれる第1光学部品37及び第2光学部品38の位置及び窓のサイズを変更することによって、戻り光が導光部20へ入力するのを防ぐことができるため、レーザ光源部10の損傷を回避することが可能となる。

【0071】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、第3実施形態のレーザ加工装置3において、制御部43は第1光学部品37及び第2光学部品38の位置及び窓サイズを変更する機能を有しているが、第2実施形態のレーザ加工装置2と同様に、さらにコリメータ32及びアイソレータ33の位置を変更する機能を有していてもよい。

10

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】第1実施形態に係るレーザ加工装置1の構成を示す図である。

【図2】アイソレータ33において逆方向に入射する光の出射方向を説明する図である。

【図3】第1実施形態に係るレーザ加工装置1を用いて加工対象物50にレーザ光を照射した際の戻り光の一例を示す図である。

【図4】第1実施形態に係るレーザ加工装置1を用いて加工可能領域52の端部にレーザ光を集光した際の戻り光を説明する図である。

【図5】第2実施形態に係るレーザ加工装置2の構成を示す図である。

【図6】第3実施形態に係るレーザ加工装置3の構成を示す図である。

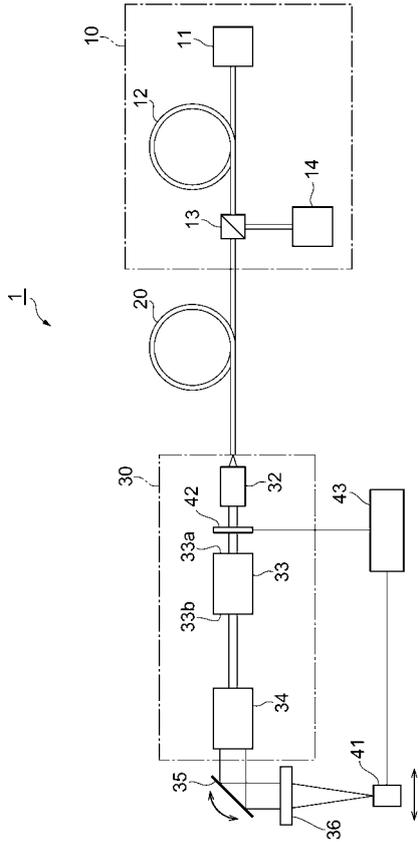
20

【符号の説明】

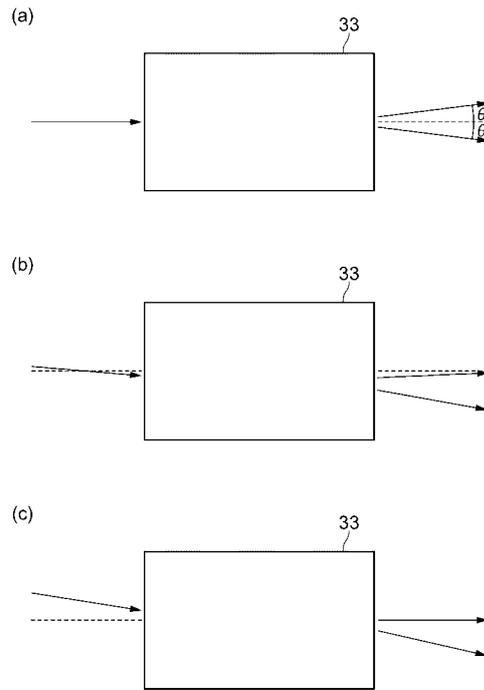
【0073】

1、2、3...レーザ加工装置、10...光源部、11...種光源、12...増幅用光ファイバ、13...光カプラ、14...励起光源、20...導光部、30...出射光学系、32...コリメータ、33...アイソレータ、34...ビームエキスパンダ、35...照射光学系(ガルバノミラー)、36...集光光学系(f レンズ)、37...第1光学部品、38...第2光学部品、41...光源、42...光検出部、43...制御部。

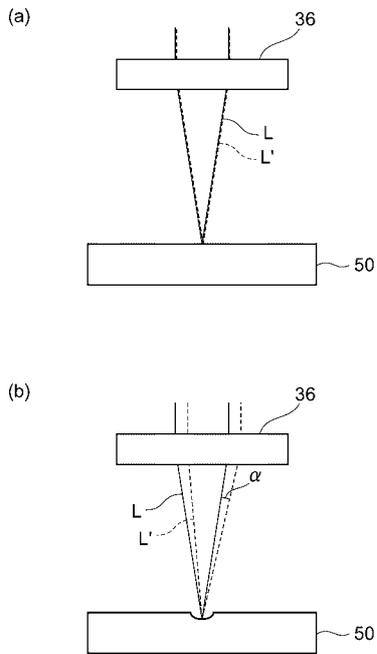
【 図 1 】



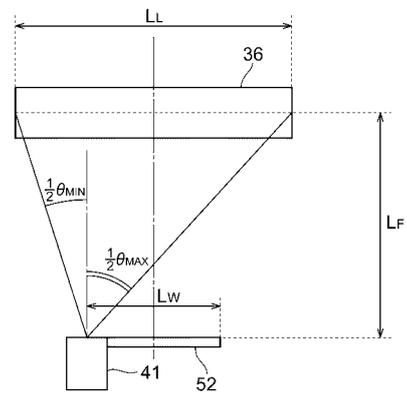
【 図 2 】



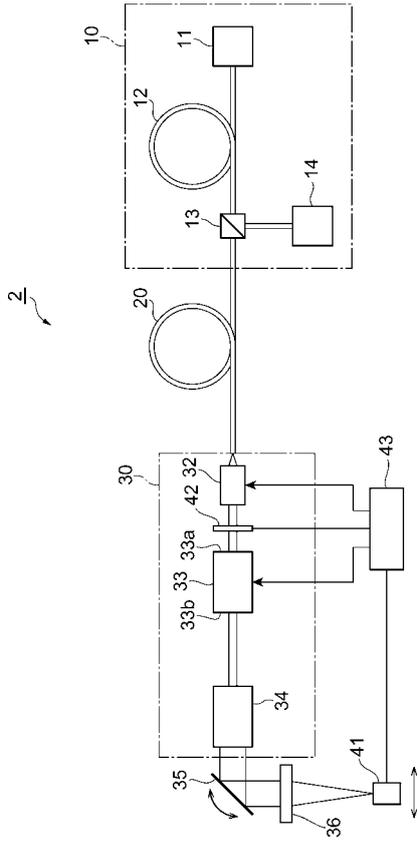
【 図 3 】



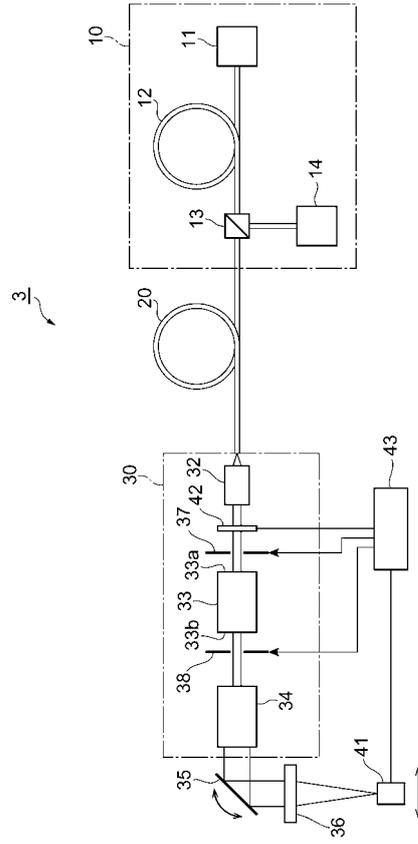
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 玉置 忍
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
- (72)発明者 角井 素貴
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
- (72)発明者 仲前 一男
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
- Fターム(参考) 4E068 CB08 CC01 CE03