

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7186071号
(P7186071)

(45)発行日 令和4年12月8日(2022.12.8)

(24)登録日 令和4年11月30日(2022.11.30)

(51)国際特許分類	F I	
H 0 1 S 3/10 (2006.01)	H 0 1 S 3/10	Z
B 2 3 K 26/064 (2014.01)	B 2 3 K 26/064	K
G 0 2 B 6/32 (2006.01)	G 0 2 B 6/32	
G 0 2 B 6/42 (2006.01)	G 0 2 B 6/42	
H 0 1 S 3/00 (2006.01)	H 0 1 S 3/00	B

請求項の数 6 (全18頁)

(21)出願番号	特願2018-218788(P2018-218788)	(73)特許権者	390014672 株式会社アマダ 神奈川県伊勢原市石田200番地
(22)出願日	平成30年11月22日(2018.11.22)	(74)代理人	100083806 弁理士 三好 秀和
(65)公開番号	特開2020-88110(P2020-88110A)	(74)代理人	100101247 弁理士 高橋 俊一
(43)公開日	令和2年6月4日(2020.6.4)	(74)代理人	100095500 弁理士 伊藤 正和
審査請求日	令和3年8月12日(2021.8.12)	(74)代理人	100098327 弁理士 高松 俊雄
		(72)発明者	伊藤 亮平 神奈川県伊勢原市石田200番地
		(72)発明者	石黒 宏明 神奈川県伊勢原市石田200番地

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザ発振器及びレーザ加工機

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザビームを発振するレーザ発振部と、
前記レーザ発振部より射出されたレーザビームを伝送するフィーディングファイバと、
前記フィーディングファイバより射出されたガウシアン型のビームプロファイルを有する発散光のレーザビームが入射されるカプラと、
前記カプラより射出されたレーザビームが入射されるプロセスファイバと、
を備え、
前記カプラは、
前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザビームを平行光に変換する
コリメートレンズと、
前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザビームが入射され、レーザビームの
入射面が平面、射出面が凹状の円錐面である凹アキシコン面となっている平凹アキシコン
レンズと、
前記平凹アキシコンレンズより射出されたレーザビームが入射され、レーザビームの入射
面が凸状の円錐面である凸アキシコン面、射出面が平面となっている平凸アキシコンレン
ズと、
前記平凸アキシコンレンズより射出されたレーザビームを集束させて、前記プロセスフ
ァイバのコアに入射させる集束レンズと、
を有し、

前記平凹アキシコンレンズの前記射出面と前記平凸アキシコンレンズの前記入射面とが向かい合い、前記平凹アキシコンレンズの前記射出面と前記平凸アキシコンレンズの前記入射面とは傾斜角度が互いに同じ円錐面であり、
 前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとのうちの少なくとも一方は光軸方向に移動自在であり、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔が調整可能に構成されており、
 前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔が所定の距離である前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとが離隔した状態で、前記平凹アキシコンレンズは、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザビームを発散光に変換し、前記平凸アキシコンレンズは、前記平凹アキシコンレンズより射出された発散光のレーザビームを平行光に変換し、前記集束レンズは、前記平凸アキシコンレンズより射出された平行光のレーザビームを集束させて、リング状のビームプロファイルを有するレーザビームを前記プロセスファイバの前記コアに結像した状態で入射させ、
 前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとを近接させた状態で、前記平凹アキシコンレンズ及び前記平凸アキシコンレンズは、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザビームをそのまま透過させ、前記集束レンズは、前記平凸アキシコンレンズより射出された平行光のレーザビームを集束させて、ガウシアン型のビームプロファイルを有するレーザビームを前記プロセスファイバの前記コアに結像した状態で入射させるレーザ発振器。

10

【請求項 2】

20

前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの少なくとも一方を移動自在とする移動機構と、
 前記移動機構を駆動する駆動部と、
 前記駆動部を制御して前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの少なくとも一方を光軸方向に移動させるよう制御する制御部と、
 を備え、
 前記制御部は、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔を連続的に変更して、前記プロセスファイバの前記コアに入射されるレーザビームのビームプロファイルを連続的に変更する

請求項 1 に記載のレーザ発振器。

30

【請求項 3】

レーザビームを発振するレーザ発振部と、
 前記レーザ発振部より射出されたレーザビームを伝送するフィーディングファイバと、
 前記フィーディングファイバより射出されたガウシアン型のビームプロファイルを有する発散光のレーザビームが入射されるカプラと、
 前記カプラより射出されたレーザビームが入射される、少なくともインナコア及びアウトコアを有するマルチクラッドファイバよりなるプロセスファイバと、
 を備え、
 前記カプラは、
 前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザビームが入射される、光軸方向に移動自在のコリメートレンズと、
 前記コリメートレンズより射出されたレーザビームが入射され、レーザビームの入射面が平面、射出面が凹状の円錐面である凹アキシコン面となっている平凹アキシコンレンズと、
 前記平凹アキシコンレンズより射出されたレーザビームが入射され、レーザビームの入射面が凸状の円錐面である凸アキシコン面、射出面が平面となっている平凸アキシコンレンズと、
 前記平凸アキシコンレンズより射出されたレーザビームを集束させて前記プロセスファイバに入射させる、光軸方向に移動自在の集束レンズと、
 を有し、

40

前記平凹アキシコンレンズの前記射出面と前記平凸アキシコンレンズの前記入射面とが向

50

かい合い、前記平凹アキシコンレンズの前記射出面と前記平凸アキシコンレンズの前記入射面とは傾斜角度が互いに同じ円錐面であり、

前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとのうちの少なくとも一方は光軸方向に移動自在であり、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔が調整可能に構成されており、

前記コリメートレンズが、前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザービームを平行光に変換する第1の位置に位置し、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔が所定の距離である前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとが離隔した状態で、前記平凹アキシコンレンズは、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザービームを発散光に変換し、前記平凸アキシコンレンズは、前記平凹アキシコンレンズより射出された発散光のレーザービームを平行光に変換し、

10

前記集束レンズは、第2の位置に位置して、前記平凸アキシコンレンズより射出された平行光のレーザービームを集束させて、リング状のビームプロファイルを有するレーザービームを前記プロセスファイバの前記インナコアに結像した状態で入射させ、

前記コリメートレンズが前記第1の位置よりも前記フィーディングファイバ側の第3の位置に位置し、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔が前記所定の距離である前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとが離隔した状態で、前記平凹アキシコンレンズは、前記コリメートレンズより射出された発散光のレーザービームを発散光のレーザービームとして射出し、前記平凸アキシコンレンズは、前記平凹アキシコンレンズより射出された発散光のレーザービームを発散光のレーザービームとして射出し、

20

前記集束レンズは、前記第2の位置よりも前記フィーディングファイバ側の第4の位置に位置して、前記平凸アキシコンレンズより射出された発散光のレーザービームを集束させて、リング状のビームプロファイルを有するレーザービームを前記プロセスファイバの前記アウトコアに結像した状態で入射させ、

前記コリメートレンズが前記第1の位置に位置し、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとを近接させた状態で、前記平凹アキシコンレンズ及び前記平凸アキシコンレンズは、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザービームをそのまま透過させ、

前記集束レンズは、前記第2の位置に位置して、前記平凸アキシコンレンズより射出された平行光のレーザービームを集束させて、ガウシアン型のビームプロファイルを有するレーザービームを前記プロセスファイバの前記インナコアに結像した状態で入射させる

30

レーザー発振器。

【請求項4】

レーザービームを発振するレーザー発振部と、

前記レーザー発振部より射出されたレーザービームを伝送するフィーディングファイバと、

前記フィーディングファイバより射出されたガウシアン型のビームプロファイルを有する発散光のレーザービームが入射されるカプラと、

前記カプラより射出されたレーザービームが入射されるプロセスファイバと、

を備え、

前記カプラは、

前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザービームを平行光に変換するコリメートレンズと、

40

前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザービームが入射され、レーザービームの入射面が平面、射出面が凹状の円錐面である凹アキシコン面となっている平凹アキシコンレンズと、

前記平凹アキシコンレンズより射出されたレーザービームが入射され、レーザービームの入射面が凸状の円錐面である凸アキシコン面、射出面が凸面となっている両凸アキシコンレンズと、

を有し、

前記平凹アキシコンレンズの前記射出面と前記両凸アキシコンレンズの前記入射面とが向

50

かい合い、前記平凹アキシコンレンズの前記射出面と前記両凸アキシコンレンズの前記入射面とは傾斜角度が互いに同じ円錐面であり、

前記両凸アキシコンレンズは、前記平凹アキシコンレンズより射出されたレーザービームを集束させて、前記プロセスファイバのコアに結像した状態で入射させる集束レンズの機能を含み、

前記平凹アキシコンレンズと前記両凸アキシコンレンズとの間隔が調整可能に構成されており、

前記平凹アキシコンレンズと前記両凸アキシコンレンズとの間隔が所定の距離である前記平凹アキシコンレンズと前記両凸アキシコンレンズとが離隔した状態で、前記平凹アキシコンレンズは、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザービームを発散光に変換し、前記両凸アキシコンレンズは、前記平凹アキシコンレンズより射出された発散光のレーザービームを集束させることにより、リング状のビームプロファイルを有するレーザービームを前記プロセスファイバの前記コアに結像した状態で入射させ、

前記平凹アキシコンレンズと前記両凸アキシコンレンズとを近接させた状態で、前記平凹アキシコンレンズの前記入射面と前記射出面及び前記両凸アキシコンレンズの前記入射面は、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザービームをそのまま透過させ、前記両凸アキシコンレンズは、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザービームを集束させることにより、ガウシアン型のビームプロファイルを有するレーザービームを前記プロセスファイバの前記コアに結像した状態で入射させる

レーザー発振器。

【請求項 5】

レーザービームを発振するレーザー発振部と、

前記レーザー発振部より射出されたレーザービームを伝送するフィーディングファイバと、

前記フィーディングファイバより射出されたガウシアン型のビームプロファイルを有する発散光のレーザービームが入射されるカプラと、

前記カプラより射出されたレーザービームが入射されるプロセスファイバと、

を備え、

前記カプラは、

前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザービームが入射され、レーザービームの入射面が凸面、射出面が凹状の円錐面である凹アキシコン面となっている凸凹アキシコンレンズと、

前記凸凹アキシコンレンズより射出されたレーザービームが入射され、レーザービームの入射面が凸状の円錐面である凸アキシコン面、射出面が平面となっている平凸アキシコンレンズと、

前記平凸アキシコンレンズより射出されたレーザービームを集束させて、前記プロセスファイバのコアに結像した状態で入射させる集束レンズと、

を有し、

前記凸凹アキシコンレンズの前記射出面と前記平凸アキシコンレンズの前記入射面とが向かい合い、前記凸凹アキシコンレンズの前記射出面と前記平凸アキシコンレンズの前記入射面とは傾斜角度が互いに同じ円錐面であり、

前記凸凹アキシコンレンズは、前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザービームを平行光に変換するコリメートレンズの機能を含み、

前記凸凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔が調整可能に構成されており、

前記凸凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔が所定の距離である前記凸凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとが離隔した状態で、前記凸凹アキシコンレンズは、前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザービームを発散光のレーザービームとして射出し、前記平凸アキシコンレンズは、前記凸凹アキシコンレンズより射出された発散光のレーザービームを平行光に変換し、前記集束レンズは、前記平凸アキシコンレンズより射出された平行光のレーザービームを集束させて、リング状のビーム

10

20

30

40

50

プロファイルを有するレーザービームを前記プロセスファイバの前記コアに結像した状態で入射させ、

前記凸凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとを近接させた状態で、前記凸凹アキシコンレンズ及び前記平凸アキシコンレンズは、前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザービームを平行光に変換し、前記集束レンズは、前記平凸アキシコンレンズより射出された平行光のレーザービームを集束させて、ガウシアン型のビームプロファイルを有するレーザービームを前記プロセスファイバの前記コアに結像した状態で入射させる

レーザー発振器。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のレーザー発振器と、

前記レーザー発振器より射出されて前記プロセスファイバによって伝送されたレーザービームによって板金を加工する加工機本体と、

を備えるレーザー加工機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザー発振器及びレーザー加工機に関する。

【背景技術】

【0002】

レーザー発振器より射出されたレーザービームによって板金を切断または溶接したり、板金に対してマーキングを施したりするよう加工するレーザー加工機が普及している。レーザー発振器としては、ファイバレーザー発振器がよく用いられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特表 2015 - 500571 号公報
国際公開第 2011 / 124671 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

レーザー加工機は、板金に照射されるレーザービームのビームプロファイルを板金の加工条件に応じて適切に設定する必要がある。特許文献 1 及び 2 には、複数のビームプロファイルのうちからいずれかのビームプロファイルを選択して板金を加工することができるレーザー加工機が記載されている。

【0005】

特許文献 1 に記載のレーザー加工機は、プロセスファイバに入射されるレーザービームの入射角度を変化させることによってビームプロファイルを変化させる。特許文献 1 に記載の構成によれば、プロセスファイバを伝搬するレーザービームのミキシングが不十分で、光強度分布が不均一となる。光強度分布が不均一のレーザービームによって板金を溶接すると、良好な溶接品質を得ることができない。

【0006】

特許文献 2 に記載のレーザー加工機は、中心に設けた断面円形のコアと、それよりも外側に設けた断面リング状のコアとを有する光ファイバとを用い、レーザービームを中心のコアと外側のコアとに選択的に入射させることによって、ビームプロファイルを変化させる。特許文献 2 に記載の構成によれば、2 つのビームプロファイルを択一的に選択できるものの、ビームプロファイルを連続的に変化させることはできない。

【0007】

本発明は、プロセスファイバより射出されるレーザービームの光強度分布の均一性を向上させることができ、ビームプロファイルを連続的に変化させることができるレーザー発振器

10

20

30

40

50

及びレーザ加工機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】

本発明の第1実施形態は、レーザビームを発振するレーザ発振部と、前記レーザ発振部より射出されたレーザビームを伝送するフィーディングファイバと、前記フィーディングファイバより射出されたガウシアン型のビームプロファイルを有する発散光のレーザビームが入射されるカプラと、前記カプラより射出されたレーザビームが入射されるプロセスファイバとを備えるレーザ発振器を提供する。

第1実施形態において、前記カプラは、前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザビームを平行光に変換するコリメートレンズと、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザビームが入射され、レーザビームの入射面が平面、射出面が凹状の円錐面である凹アキシコン面となっている平凹アキシコンレンズと、前記平凹アキシコンレンズより射出されたレーザビームが入射され、レーザビームの入射面が凸状の円錐面である凸アキシコン面、射出面が平面となっている平凸アキシコンレンズと、前記平凸アキシコンレンズより射出されたレーザビームを集束させて、前記プロセスファイバのコアに入射させる集束レンズとを有する。

第1実施形態において、前記平凹アキシコンレンズの前記射出面と前記平凸アキシコンレンズの前記入射面とが向かい合い、前記平凹アキシコンレンズの前記射出面と前記平凸アキシコンレンズの前記入射面とは傾斜角度が互いに同じ円錐面であり、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとのうちの少なくとも一方は光軸方向に移動自在であり、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔が調整可能に構成されている。

第1実施形態において、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔が所定の距離である前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとが離隔した状態で、前記平凹アキシコンレンズは、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザビームを発散光に変換し、前記平凸アキシコンレンズは、前記平凹アキシコンレンズより射出された発散光のレーザビームを平行光に変換し、前記集束レンズは、前記平凸アキシコンレンズより射出された平行光のレーザビームを集束させて、リング状のビームプロファイルを有するレーザビームを前記プロセスファイバの前記コアに結像した状態で入射させる。

第1実施形態において、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとを近接させた状態で、前記平凹アキシコンレンズ及び前記平凸アキシコンレンズは、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザビームをそのまま透過させ、前記集束レンズは、前記平凸アキシコンレンズより射出された平行光のレーザビームを集束させて、ガウシアン型のビームプロファイルを有するレーザビームを前記プロセスファイバの前記コアに結像した状態で入射させる。

本発明の第2実施形態は、レーザビームを発振するレーザ発振部と、前記レーザ発振部より射出されたレーザビームを伝送するフィーディングファイバと、前記フィーディングファイバより射出されたガウシアン型のビームプロファイルを有する発散光のレーザビームが入射されるカプラと、前記カプラより射出されたレーザビームが入射される、少なくともインナコア及びアウトコアを有するマルチクラッドファイバよりなるプロセスファイバとを備えるレーザ発振器を提供する。

第2実施形態において、前記カプラは、前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザビームが入射される、光軸方向に移動自在のコリメートレンズと、前記コリメートレンズより射出されたレーザビームが入射され、レーザビームの入射面が平面、射出面が凹状の円錐面である凹アキシコン面となっている平凹アキシコンレンズと、前記平凹アキシコンレンズより射出されたレーザビームが入射され、レーザビームの入射面が凸状の円錐面である凸アキシコン面、射出面が平面となっている平凸アキシコンレンズと、前記平凸アキシコンレンズより射出されたレーザビームを集束させて前記プロセスファイバに入射させる、光軸方向に移動自在の集束レンズとを有する。

10

20

30

40

50

第2実施形態において、前記平凹アキシコンレンズの前記射出面と前記平凸アキシコンレンズの前記入射面とが向かい合い、前記平凹アキシコンレンズの前記射出面と前記平凸アキシコンレンズの前記入射面とは傾斜角度が互いに同じ円錐面であり、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとのうちの少なくとも一方は光軸方向に移動自在であり、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔が調整可能に構成されている。

第2実施形態において、前記コリメートレンズが、前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザービームを平行光に変換する第1の位置に位置し、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔が所定の距離である前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとが離隔した状態で、前記平凹アキシコンレンズは、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザービームを発散光に変換し、前記平凸アキシコンレンズは、前記平凹アキシコンレンズより射出された発散光のレーザービームを平行光に変換する。

10

第2実施形態において、前記集束レンズは、第2の位置に位置して、前記平凸アキシコンレンズより射出された平行光のレーザービームを集束させて、リング状のビームプロファイルを有するレーザービームを前記プロセスファイバの前記インナコアに結像した状態で入射させる。

第2実施形態において、前記コリメートレンズが前記第1の位置よりも前記フィーディングファイバ側の第3の位置に位置し、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔が前記所定の距離である前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとが離隔した状態で、前記平凹アキシコンレンズは、前記コリメートレンズより射出された発散光のレーザービームを発散光のレーザービームとして射出し、前記平凸アキシコンレンズは、前記平凹アキシコンレンズより射出された発散光のレーザービームを発散光のレーザービームとして射出する。

20

第2実施形態において、前記集束レンズは、前記第2の位置よりも前記フィーディングファイバ側の第4の位置に位置して、前記平凸アキシコンレンズより射出された発散光のレーザービームを集束させて、リング状のビームプロファイルを有するレーザービームを前記プロセスファイバの前記アウトコアに結像した状態で入射させる。

第2実施形態において、前記コリメートレンズが前記第1の位置に位置し、前記平凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとを近接させた状態で、前記平凹アキシコンレンズ及び前記平凸アキシコンレンズは、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザービームをそのまま透過させる。

30

第2実施形態において、前記集束レンズは、前記第2の位置に位置して、前記平凸アキシコンレンズより射出された平行光のレーザービームを集束させて、ガウシアン型のビームプロファイルを有するレーザービームを前記プロセスファイバの前記インナコアに結像した状態で入射させる。

本発明の第3実施形態は、レーザービームを発振するレーザー発振部と、前記レーザー発振部より射出されたレーザービームを伝送するフィーディングファイバと、前記フィーディングファイバより射出されたガウシアン型のビームプロファイルを有する発散光のレーザービームが入射されるカプラと、前記カプラより射出されたレーザービームが入射されるプロセスファイバとを備えるレーザー発振器を提供する。

40

第3実施形態において、前記カプラは、前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザービームを平行光に変換するコリメートレンズと、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザービームが入射され、レーザービームの入射面が平面、射出面が凹状の円錐面である凹アキシコン面となっている平凹アキシコンレンズと、前記平凹アキシコンレンズより射出されたレーザービームが入射され、レーザービームの入射面が凸状の円錐面である凸アキシコン面、射出面が凸面となっている両凸アキシコンレンズとを有する。

第3実施形態において、前記平凹アキシコンレンズの前記射出面と前記両凸アキシコンレンズの前記入射面とが向かい合い、前記平凹アキシコンレンズの前記射出面と前記両凸アキシコンレンズの前記入射面とは傾斜角度が互いに同じ円錐面であり、前記両凸アキシコ

50

ンレンズは、前記平凹アキシコンレンズより射出されたレーザービームを集束させて、前記プロセスファイバのコアに結像した状態で入射させる集束レンズの機能を含み、前記平凹アキシコンレンズと前記両凸アキシコンレンズとの間隔が調整可能に構成されている。

第3実施形態において、前記平凹アキシコンレンズと前記両凸アキシコンレンズとの間隔が所定の距離である前記平凹アキシコンレンズと前記両凸アキシコンレンズとが離隔した状態で、前記平凹アキシコンレンズは、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザービームを発散光に変換し、前記両凸アキシコンレンズは、前記平凹アキシコンレンズより射出された発散光のレーザービームを集束させることにより、リング状のビームプロファイルを有するレーザービームを前記プロセスファイバの前記コアに結像した状態で入射させる。

10

第3実施形態において、前記平凹アキシコンレンズと前記両凸アキシコンレンズとを近接させた状態で、前記平凹アキシコンレンズの前記入射面と前記射出面及び前記両凸アキシコンレンズの前記入射面は、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザービームをそのまま透過させ、前記両凸アキシコンレンズは、前記コリメートレンズより射出された平行光のレーザービームを集束させることにより、ガウシアン型のビームプロファイルを有するレーザービームを前記プロセスファイバの前記コアに結像した状態で入射させる。

本発明の第4実施形態は、レーザービームを発振するレーザー発振部と、前記レーザー発振部より射出されたレーザービームを伝送するフィーディングファイバと、前記フィーディングファイバより射出されたガウシアン型のビームプロファイルを有する発散光のレーザービームが入射されるカブラと、前記カブラより射出されたレーザービームが入射されるプロセスファイバとを備えるレーザー発振器を提供する。

20

第4実施形態において、前記カブラは、前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザービームが入射され、レーザービームの入射面が凸面、射出面が凹状の円錐面である凹アキシコン面となっている凸凹アキシコンレンズと、前記凸凹アキシコンレンズより射出されたレーザービームが入射され、レーザービームの入射面が凸状の円錐面である凸アキシコン面、射出面が平面となっている平凸アキシコンレンズと、前記平凸アキシコンレンズより射出されたレーザービームを集束させて、前記プロセスファイバのコアに結像した状態で入射させる集束レンズとを有する。

第4実施形態において、前記凸凹アキシコンレンズの前記射出面と前記平凸アキシコンレンズの前記入射面とが向かい合い、前記凸凹アキシコンレンズの前記射出面と前記平凸アキシコンレンズの前記入射面とは傾斜角度が互いに同じ円錐面であり、前記凸凹アキシコンレンズは、前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザービームを平行光に変換するコリメートレンズの機能を含み、前記凸凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔が調整可能に構成されている。

30

第4実施形態において、前記凸凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとの間隔が所定の距離である前記凸凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとが離隔した状態で、前記凸凹アキシコンレンズは、前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザービームを発散光のレーザービームとして射出し、前記平凸アキシコンレンズは、前記凸凹アキシコンレンズより射出された発散光のレーザービームを平行光に変換し、前記集束レンズは、前記平凸アキシコンレンズより射出された平行光のレーザービームを集束させて、リング状のビームプロファイルを有するレーザービームを前記プロセスファイバの前記コアに結像した状態で入射させる。

40

第4実施形態において、前記凸凹アキシコンレンズと前記平凸アキシコンレンズとを近接させた状態で、前記凸凹アキシコンレンズ及び前記平凸アキシコンレンズは、前記フィーディングファイバより射出された発散光のレーザービームを平行光に変換し、前記集束レンズは、前記平凸アキシコンレンズより射出された平行光のレーザービームを集束させて、ガウシアン型のビームプロファイルを有するレーザービームを前記プロセスファイバの前記コアに結像した状態で入射させる。

【0009】

本発明は、上記のレーザー発振器と、前記レーザー発振器より射出されて前記プロセスファ

50

イバによって伝送されたレーザービームによって板金を加工する加工機本体とを備えるレーザー加工機を提供する。

【発明の効果】

【0010】

本発明のレーザー発振器及びレーザー加工機によれば、プロセスファイバより射出されるレーザービームの光強度分布の均一性を向上させることができ、ビームプロファイルを連続的に変化させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】各実施形態で共通するレーザー発振器及びレーザー加工機の全体的な構成を示す斜視図である。

10

【図2】各実施形態のレーザー発振器の概略的な構成を示す図である。

【図3】第1実施形態のレーザー発振器を示す図である。

【図4】第1実施形態のレーザー発振器の第1の使用状態を示す図である。

【図5】第1実施形態のレーザー発振器の第2の使用状態を示す図である。

【図6】第2実施形態のレーザー発振器を示す図である。

【図7】第3実施形態のレーザー発振器を示す図である。

【図8】第4実施形態のレーザー発振器を示す図である。

【図9】第5実施形態のレーザー発振器を示す図である。

【図10】第6実施形態のレーザー発振器を示す図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0012】

まず、図1及び図2を用いて、各実施形態で共通するレーザー発振器及びレーザー加工機の全体的な構成を説明する。図1に示すように、レーザー加工機100は、加工機本体の一例である溶接ロボット10と、レーザー発振器20とを備える。レーザー発振器20より射出されたレーザービームはプロセスファイバ27によって溶接ロボット10へと伝送され、プロセスファイバ28によって加工ヘッド11へと伝送される。溶接ロボット10はルール30上を移動して、図示していない板金を溶接するように構成されている。

【0013】

なお、レーザー加工機100は溶接ロボット10以外の加工機本体を備えるレーザー溶接機であってもよい。また、レーザー加工機100はレーザー溶接機に限定されることはなく、レーザー切断機であってもよい。レーザー加工機100は、レーザービームによって板金を加工する任意のレーザー加工機でよい。

30

【0014】

レーザー発振器20は概略的に図2に示すように構成される。図2において、レーザー発振部21はレーザービームを発振する。レーザー発振器20がファイバレーザー発振器である場合を例とする。レーザー発振部21は、複数のレーザーダイオード、励起光コンバイナ、高反射ファイバブラッググレーティング、イッテルビウム(Yb)がドープされたYbドープファイバ、低反射ファイバブラッググレーティング等を備えて、波長1 μ m帯のレーザービームを発振する。波長1 μ m帯は波長1000nm~1100nmの範囲の帯域である。典型的には、レーザー発振器20は1060nm~1080nmのレーザービームを発振する。

40

【0015】

レーザー発振部21より射出されたレーザービームはフィーディングファイバ22によってカブラ23へと伝送される。一点鎖線はレーザービームを示す。カブラ23は、コリメートレンズ24と、ミラー25と、集束レンズ26とを備える。ここでは、ミラー25を備えることによりカブラ23がL字状に形成されているが、カブラ23はミラー25を備えなくてもよい。カブラ23がミラー25を備えない場合、コリメートレンズ24と集束レンズ26とは一直線上に配置される。

【0016】

後述するように、各実施形態のレーザー発振器20において、カブラ23はコリメートレ

50

レンズ 2 4 及び集束レンズ 2 6 以外の第 3 のレンズを備えるが、図 2 においては図示を省略している。

【 0 0 1 7 】

フィーディングファイバ 2 2 の射出端より射出された発散光のレーザビームは、コリメートレンズ 2 4 に入射される。典型的には、コリメートレンズ 2 4 は発散光を平行光（コリメート光）に変換する。コリメートレンズ 2 4 が発散光を平行光に変換しないことがあってもよい。コリメートレンズ 2 4 より射出されたレーザビームはミラー 2 5 で反射して進行方向が 9 0 度曲げられ、集束レンズ 2 6 に入射される。集束レンズ 2 6 は入射したレーザビームを集束して収束光に変換する。集束レンズ 2 6 より射出された収束光のレーザビームは、プロセスファイバ 2 7 に入射されて伝送される。

10

【 0 0 1 8 】

各実施形態のレーザ発振器 2 0 はカプラ 2 3 の内部構造に特徴を有する。以下、各実施形態のレーザ発振器 2 0 におけるカプラ 2 3 の内部構造を順に説明する。各実施形態のレーザ発振器 2 0 を備えるレーザ加工機 1 0 0 が各実施形態のレーザ加工機 1 0 0 である。

【 0 0 1 9 】

< 第 1 実施形態 >

図 3 に示すように、カプラ 2 3 は、コリメートレンズ 2 4 及び集束レンズ 2 6 以外に、第 3 のレンズとして、平凹アキシコンレンズ 4 1 と平凸アキシコンレンズ 4 2 とを備える。また、カプラ 2 3 は、平凹アキシコンレンズ 4 1 及び平凸アキシコンレンズ 4 2 をそれぞれ光軸方向に移動させるための移動機構 4 1 1 及び 4 2 1、移動機構 4 1 1 及び 4 2 1 をそれぞれ駆動する駆動部 4 1 2 及び 4 2 2 を備える。

20

【 0 0 2 0 】

平凹アキシコンレンズ 4 1 は、レーザビームの入射面 4 1 a が平面、射出面 4 1 b が凹状の円錐面である凹アキシコン面となっている。平凸アキシコンレンズ 4 2 は、レーザビームの入射面 4 2 a が凸状の円錐面である凸アキシコン面、射出面 4 2 b が平面となっている。射出面 4 1 b と入射面 4 2 a とは同じ傾斜角度の円錐面である。

【 0 0 2 1 】

移動機構 4 1 1 及び 4 2 1 は、例えば、ギア、ベルト、ラック・ピニオン、ウォームギア、ボールねじ等のいずれか（またはこれらの任意の組み合わせ）でよく、駆動部 4 1 2 及び 4 2 2 は例えばモータである。制御部 5 0 は、駆動部 4 1 2 を制御して平凹アキシコンレンズ 4 1 を光軸方向に移動させ、駆動部 4 2 2 を制御して平凸アキシコンレンズ 4 2 を光軸方向に移動させる。制御部 5 0 は、レーザ加工機 1 0 0 の全体の動作を制御する N C 装置であってもよい。平凹アキシコンレンズ 4 1 のみが移動自在とされていてもよく、平凸アキシコンレンズ 4 2 のみが移動自在とされていてもよい。平凹アキシコンレンズ 4 1 と平凸アキシコンレンズ 4 2 との間隔が調整可能に構成されていればよい。

30

【 0 0 2 2 】

フィーディングファイバ 2 2 は、中心部のコア 2 2 1、その外周部設けられたクラッド 2 2 2、さらにその外周に設けられた被覆 2 2 3 を有する。プロセスファイバ 2 7 も同様に、中心部のコア 2 7 1、その外周部設けられたクラッド 2 7 2、さらにその外周に設けられた被覆 2 7 3 を有する。

40

【 0 0 2 3 】

フィーディングファイバ 2 2 のコア 2 2 1 より射出された発散光のレーザビームはコリメートレンズ 2 4 に入射する。平凹アキシコンレンズ 4 1 の射出面 4 1 b は、入射したレーザビームを光軸と直交する方向に放射状に分散させるよう作用する。平凸アキシコンレンズ 4 2 の入射面 4 2 a は、入射したレーザビームを中心方向に曲げるよう作用する。

【 0 0 2 4 】

コリメートレンズ 2 4 より射出されたレーザビームは、平凹アキシコンレンズ 4 1 及び平凸アキシコンレンズ 4 2 双方の作用を受けて集束レンズ 2 6 に入射する。平凹アキシコンレンズ 4 1 は平行光を発散光に変換することがあり、平凸アキシコンレンズ 4 2 は発散光を平行光に変換することがある。集束レンズ 2 6 より射出された収束光のレーザビーム

50

は、プロセスファイバ 27 のコア 271 に結像した状態で入射する。

【0025】

図4及び図5は、それぞれ、図3に示す第1実施形態のレーザ発振器20の第1及び第2の使用状態を示している。図4に示すように、平凹アキシコンレンズ41または平凸アキシコンレンズ42を光軸方向に移動させて射出面41bと入射面42aとを近接させると、射出面41b及び入射面42aの各作用が消失する。コリメートレンズ24より射出された平行光は、平凹アキシコンレンズ41及び平凸アキシコンレンズ42をそのまま透過する。集束レンズ26は平行光を収束光に変換し、収束光はプロセスファイバ27のコア271に入射する。

【0026】

フィーディングファイバ22より射出されたレーザビームは、光軸と直交する面で見たととき、周辺部から中央部に向かって強度が急峻に大きくなるガウシアン型のビームプロファイルを有する。図4においては、プロセスファイバ27に入射されるレーザビームは、ガウシアン型のビームプロファイルとなる。図4において、プロセスファイバ27に入射されるレーザビームの最大入射角度は 0 である。

【0027】

図5は、射出面41bと入射面42aとの間隔を距離Z1とするよう、平凹アキシコンレンズ41または平凸アキシコンレンズ42を光軸方向に移動させた状態を示している。この場合、平凹アキシコンレンズ41は平行光を発散光に変換し、平凸アキシコンレンズ42は発散光を平行光に変換する。平凸アキシコンレンズ42より射出されるレーザビームは、射出面41bがレーザビームを光軸と直交する方向に放射状に分散させることによりリング状となる。従って、プロセスファイバ27に入射されるレーザビームは、リング型のビームプロファイルとなる。

【0028】

図5において、プロセスファイバ27に入射されるレーザビームの最大入射角度は 1 であり、最小入射角度は 1 である。即ち、図5に示すように射出面41bと入射面42aとの間に0を超える距離を設けると、集束レンズ26より射出されるレーザビームの中心にはビームが存在しなくなる。

【0029】

制御部50が射出面41bと入射面42aとの間の距離を変更するよう駆動部412または422を制御すると、プロセスファイバ27に入射されるレーザビームの最大入射角度 及び最小入射角度 を変更することができる。これに伴って、プロセスファイバ27より射出されるレーザビームのビームプロファイル及びビームパラメータ積 (BPP: Beam Parameter Product) が変化する。

【0030】

第1実施形態のレーザ発振器20によれば、射出面41bと入射面42aとの間の距離を連続的に変更できるから、ビームプロファイル及びBPPを連続的に変化させることができる。

【0031】

上記のように、特許文献1に記載の構成においては、レーザビームが所定の入射角度でプロセスファイバ27に入射する。これに対して第1実施形態のレーザ発振器20においては、射出面41bと入射面42aとの間に距離を設けた状態で、集束レンズ26より射出されるレーザビームは放射状に分散する。第1実施形態のレーザ発振器20においては、放射状に分散するレーザビームが結像してプロセスファイバ27に入射する。従って、プロセスファイバ27を伝搬するレーザビームが十分にミキシングされて、プロセスファイバ27より射出されるレーザビームの光強度分布がほぼ均一となる。

【0032】

<第2実施形態>

図6に示す第2実施形態において、図3～図5に示す第1実施形態と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

第2実施形態においては、コリメートレンズ24が移動機構241及び駆動部242によって移動自在に構成され、集束レンズ26が移動機構261及び駆動部262によって移動自在に構成されている。移動機構241及び261は移動機構411及び421と同様の構成であり、駆動部242及び262は駆動部412及び422と同様に例えばモータである。制御部50は、駆動部242を制御してコリメートレンズ24を光軸方向に移動させ、駆動部262を制御して集束レンズ26を光軸方向に移動させる。

【 0 0 3 4 】

第2実施形態においては、プロセスファイバ27の代わりに、マルチクラッド（ダブルクラッド）のプロセスファイバ27Mが用いられている。プロセスファイバ27Mは、中心部のインナコア2701、その外周に設けられたインナクラッド2702、その外周に設けられたアウトコア2703、その外周に設けられたアウトクラッド2704、さらにその外周に設けられた被覆2705を有する。

10

【 0 0 3 5 】

図6において、制御部50による制御によって、コリメートレンズ24及び集束レンズ26は図5の位置と比較して、それぞれ距離Z2及びZ3だけフィーディングファイバ22側に移動されている。

【 0 0 3 6 】

すると、コリメートレンズ24より射出されるレーザービームは発散光となり、平凸アキシコンレンズ42より射出されるレーザービームも発散光となる。これにより、集束レンズ26より射出されるレーザービームは、プロセスファイバ27Mのアウトコア2703にリング状に結像した状態で入射する。

20

【 0 0 3 7 】

第2実施形態のレーザー発振器20によれば、コリメートレンズ24及び集束レンズ26を光軸方向に移動自在に構成しているため、第1実施形態とは異なるビームプロファイル及びBPPを得ることができる。即ち、第2実施形態のレーザー発振器20によれば、第1実施形態で選択できるビームプロファイル及びBPPに加えて、第1実施形態とは異なるビームプロファイル及びBPPを選択することが可能となる。

【 0 0 3 8 】

図6において、プロセスファイバ27Mはコア及びクラッドが3層以上のマルチクラッドファイバであってもよい。制御部50が距離Z1～Z3を調整することにより、3層以上のコアのうちの任意のコアにレーザービームを入射させることができる。なお、コリメートレンズ24及び集束レンズ26をプロセスファイバ27M側に移動させてもよい。

30

【 0 0 3 9 】

< 第3実施形態 >

図7に示す第3実施形態において、第1実施形態と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。第3実施形態においては、平凸アキシコンレンズ42の代わりに両凸アキシコンレンズ426が用いられ、単独のレンズとしての集束レンズ26が省略されている。

【 0 0 4 0 】

両凸アキシコンレンズ426は、レーザービームの入射面426aが平凸アキシコンレンズ42の入射面42aと同じ凸状の円錐面である凸アキシコン面、射出面426bが凸面となっている。射出面426bは、集束レンズ26によるレーザービームの集束作用と同様の集束作用を奏する。第3実施形態のレーザー発振器20によれば、両凸アキシコンレンズ426が集束レンズ26の機能を含むことにより、平凸アキシコンレンズ42（両凸アキシコンレンズ426）とは別体の集束レンズ26を省略した構成とすることができる。

40

【 0 0 4 1 】

第3実施形態のレーザー発振器20は、両凸アキシコンレンズ426が平凸アキシコンレンズ42の機能と集束レンズ26の機能とを兼用している。第3実施形態のレーザー発振器20は、実質的に、平凸アキシコンレンズ42と集束レンズ26とを備える構成である。

50

【 0 0 4 2 】

図 7 においては図示を省略しているが、平凹アキシコンレンズ 4 1 及び両凸アキシコンレンズ 4 2 6 は光軸方向に移動自在とされており、両者の間隔は調整可能である。

【 0 0 4 3 】

< 第 4 実施形態 >

図 8 に示す第 4 実施形態において、第 1 実施形態と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。第 4 実施形態においては、平凹アキシコンレンズ 4 1 の代わりに凸凹アキシコンレンズ 4 1 4 が用いられ、単独のレンズとしてのコリメートレンズ 2 4 が省略されている。

【 0 0 4 4 】

凸凹アキシコンレンズ 4 1 4 は、レーザビームの入射面 4 1 4 a が凸面、射出面 4 1 4 b が平凹アキシコンレンズ 4 1 の射出面 4 1 b と同じ凹状の円錐面である凹アキシコン面となっている。入射面 4 1 4 a は、コリメートレンズ 2 4 によるレーザビームの集束作用と同様の集束作用を奏する。第 4 実施形態のレーザ発振器 2 0 によれば、凸凹アキシコンレンズ 4 1 4 がコリメートレンズ 2 4 の機能を含むことにより、平凹アキシコンレンズ 4 1 (凸凹アキシコンレンズ 4 1 4) とは別体のコリメートレンズ 2 4 を省略した構成とすることができる。

10

【 0 0 4 5 】

第 4 実施形態のレーザ発振器 2 0 は、凸凹アキシコンレンズ 4 1 4 がコリメートレンズ 2 4 の機能と平凹アキシコンレンズ 4 1 の機能とを兼用している。第 4 実施形態のレーザ発振器 2 0 は、実質的に、コリメートレンズ 2 4 の機能と平凹アキシコンレンズ 4 1 とを備える構成である。

20

【 0 0 4 6 】

図 8 においては図示を省略しているが、凸凹アキシコンレンズ 4 1 4 及び平凸アキシコンレンズ 4 2 は光軸方向に移動自在とされており、両者の間隔は調整可能である。

【 0 0 4 7 】

< 第 5 実施形態 >

図 9 に示す第 5 実施形態において、第 2 実施形態と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。第 5 実施形態においては、コリメートレンズ 2 4 と集束レンズ 2 6 との間に、第 3 のレンズとして平凸アキシコンレンズ 4 3 が配置されている。平凸アキシコンレンズ 4 3 は、レーザビームの入射面 4 3 a が平面、射出面 4 3 b が凸状の円錐面である凸アキシコン面となっている。カブラ 2 3 には、コア及びクラッドが 2 層のプロセスファイバ 2 7 M が接続されている。プロセスファイバ 2 7 M は 3 層以上のマルチクラッドファイバであってもよい。

30

【 0 0 4 8 】

平凹アキシコンレンズ 4 1 は光軸方向に移動自在とされている。加えて、コリメートレンズ 2 4 及び集束レンズ 2 6 が光軸方向に移動自在とされている。

【 0 0 4 9 】

平凸アキシコンレンズ 4 3 の射出面 4 3 b はレーザビームを収束光に変換しているが、集束レンズ 2 6 とプロセスファイバ 2 7 M との間で放射状に分散させている。図 9 において、平凸アキシコンレンズ 4 3 の代わりに、入射面 4 2 a が凸アキシコン面、射出面 4 2 b が平面となっている平凸アキシコンレンズ 4 2 を用いてもよい。この場合、集束レンズ 2 6 は同様に収束光を放射状に分散させる。

40

【 0 0 5 0 】

第 5 実施形態のレーザ発振器 2 0 によれば、リング型のビームプロファイルのうちからプロファイルを選択することができる。

【 0 0 5 1 】

< 第 6 実施形態 >

図 10 に示す第 6 実施形態において、第 2 実施形態と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。第 6 実施形態においては、コリメートレンズ 2 4 と集束レンズ 2 6 と

50

の間に、第3のレンズとして平凹アキシコンレンズ41が配置されている。カブラ23には、2層のプロセスファイバ27Mが接続されている。プロセスファイバ27Mは3層以上のマルチクラッドファイバであってもよい。

【0052】

平凹アキシコンレンズ41は光軸方向に移動自在とされている。加えて、コリメートレンズ24及び集束レンズ26が光軸方向に移動自在とされていてもよい。図10において、平凹アキシコンレンズ41の代わりに、入射面が凹アキシコン面、射出面が平面となっている平凹アキシコンレンズを用いてもよい。

【0053】

第5実施形態と同様に、第6実施形態のレーザ発振器20によれば、リング型のビームプロファイルのうちからプロファイルを選択することができる。

10

【0054】

本発明は以上説明した本実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能である。

【符号の説明】

【0055】

10 溶接ロボット（加工機本体）

11 加工ヘッド

20 レーザ発振器

21 レーザ発振部

22 フィーディングファイバ

23 カブラ

24 コリメートレンズ

25 ミラー

26 集束レンズ

27, 27M, 28 プロセスファイバ

41 平凹アキシコンレンズ

42, 43 平凸アキシコンレンズ

50 制御部

100 レーザ加工機

241, 261, 411, 421 移動機構

242, 262, 412, 422 駆動部

414 凸凹アキシコンレンズ

426 両凸アキシコンレンズ

20

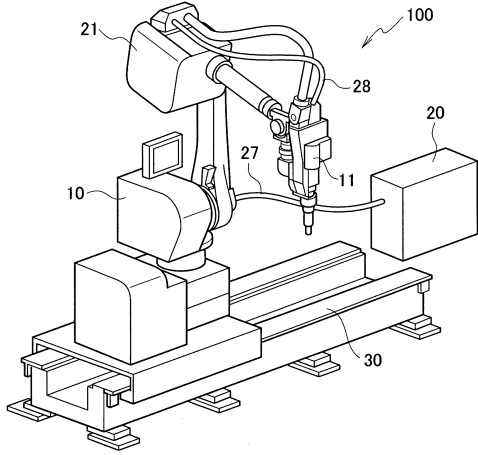
30

40

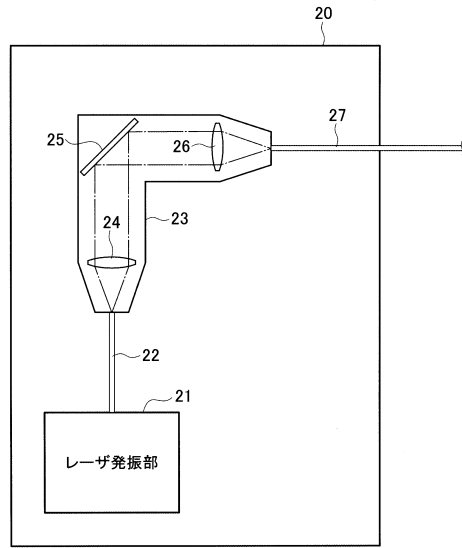
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

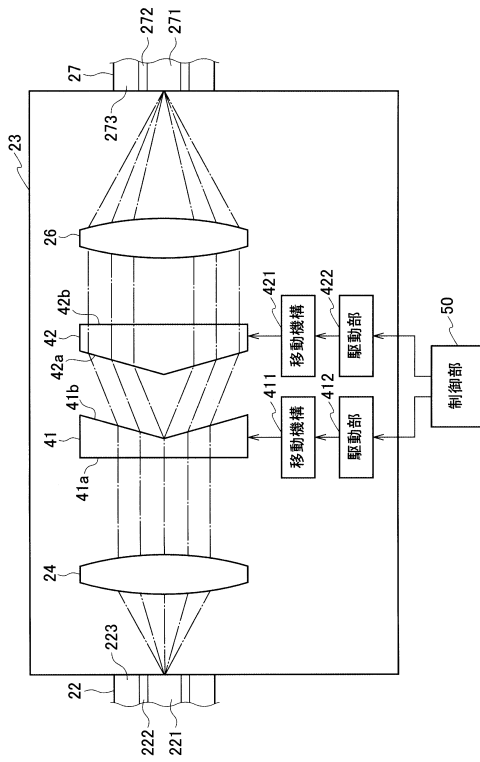
20

30

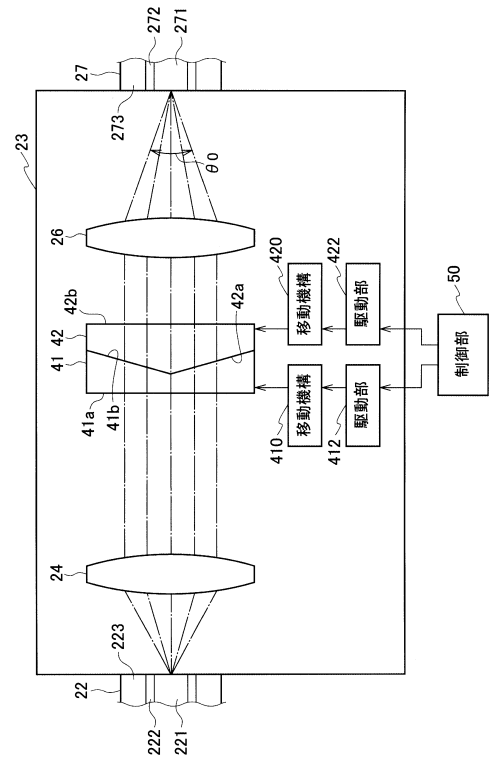
40

50

【図 3】



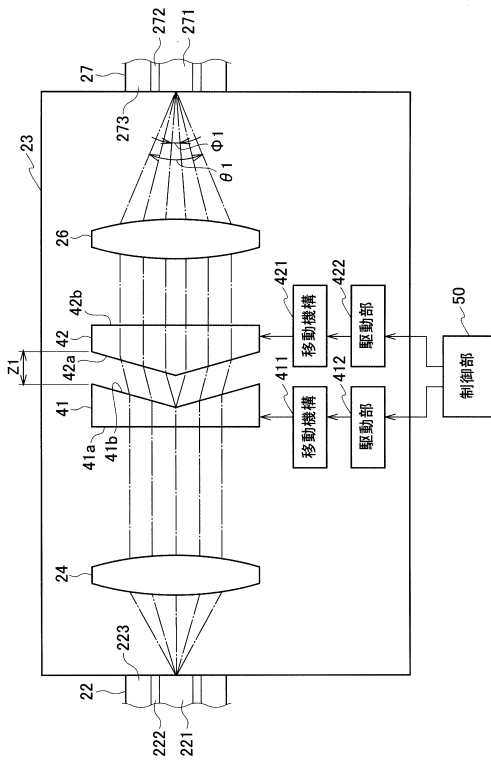
【図 4】



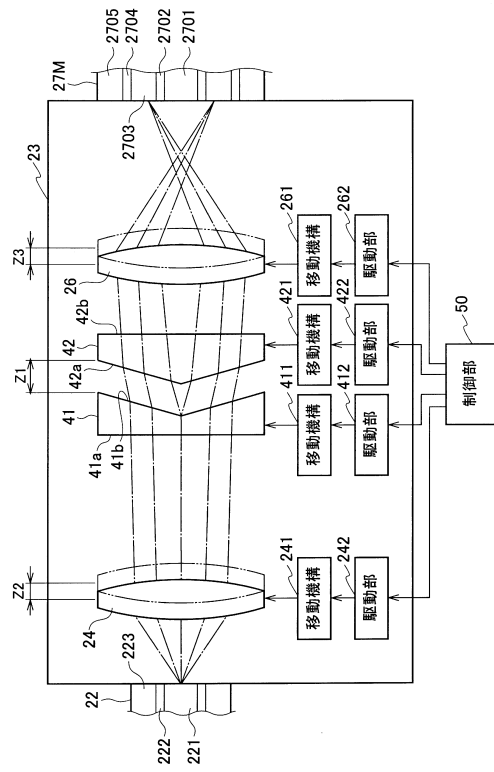
10

20

【図 5】



【図 6】

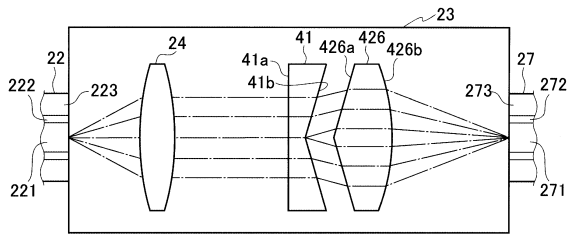


30

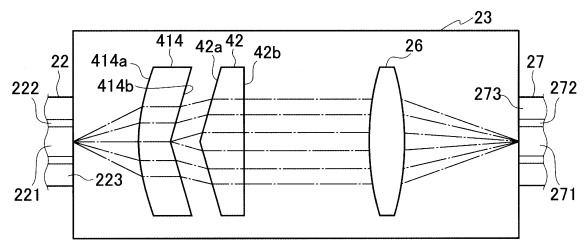
40

50

【図 7】

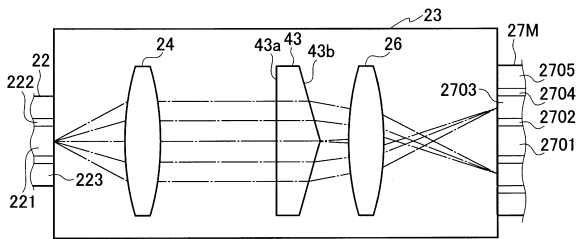


【図 8】

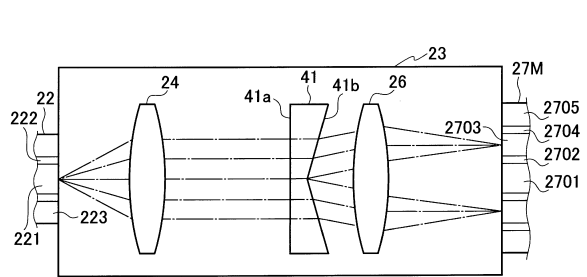


10

【図 9】



【図 10】



20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 大和田 有軌

- (56)参考文献 特開2009-178720(JP,A)
特開平07-227686(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0155648(US,A1)
国際公開第2018/011618(WO,A1)
国際公開第2007/111146(WO,A1)
特表2017-506769(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0223792(US,A1)
国際公開第2018/008073(WO,A1)
特開2017-104876(JP,A)
特開2016-078047(JP,A)
特表2015-500571(JP,A)
特開2012-024782(JP,A)
特開2010-036189(JP,A)
特開2009-259860(JP,A)
特開2009-056481(JP,A)
特開2005-028428(JP,A)
特開平08-267264(JP,A)
特開平08-075947(JP,A)
特開平07-199004(JP,A)
特開昭63-115689(JP,A)
国際公開第2018/140543(WO,A1)
国際公開第2017/176862(WO,A1)
特開2019-203946(JP,A)
特開2019-167888(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01S 3/00 - 5/50
B23K 26/00 - 26/70
G02B 6/26 - 6/27
G02B 6/30 - 6/34
G02B 6/42 - 6/43
G02B 27/09