

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 10 月 5 日(05.10.2017)



(10) 国際公開番号

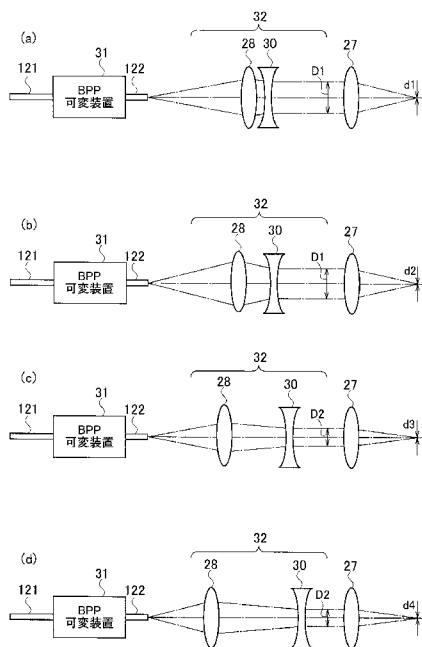
WO 2017/168857 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 26/046 (2014.01) B23K 26/06 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/086974
- (22) 国際出願日: 2016 年 12 月 13 日(13.12.2016)
- (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 2016-073906 2016 年 4 月 1 日(01.04.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社アマダホールディングス
(AMADA HOLDINGS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2591196
神奈川県伊勢原市石田 2 0 0 番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 伊藤 亮平(ITO Ryohei); 〒2591196 神奈
川県伊勢原市石田 2 0 0 番地 Kanagawa (JP). 石
黒 宏明(ISHIGURO Hiroaki); 〒2591196 神奈川県
伊勢原市石田 2 0 0 番地 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 三好 秀和, 外(MIYOSHI Hidekazu et al.);
〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目 2 番 8 号
虎ノ門琴平タワー Tokyo (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, 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, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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
ロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユー
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,

[続葉有]

(54) Title: LASER PROCESSING MACHINE

(54) 発明の名称: レーザ加工機



31 BPP variable device

(57) Abstract: This laser processing machine is provided with: a beam parameter product variable device (31) that varies a beam parameter product of a laser beam; and a beam diameter variable device (32) that varies the beam diameter of a laser beam emitted from the beam parameter product variable device (31). In the beam parameter product variable device (31), the beam parameter product is set to a pre-scribed value. The beam diameter variable device (32) has: a first lens (28) which is freely movable in the light-axis direction and has a positive focal distance, and which converts diffusion light of the laser beam emitted from an emission end of the laser beam into convergent light; and a second lens (30) which is freely movable in the light-axis direction and has a negative focal distance, and into which the convergent light is introduced. A third lens (27) has a positive focal distance, and condenses the laser beam emitted from the beam diameter variable device (32), and irradiates a plate material with the condensed beam.

(57) 要約: レーザ加工機は、レーザ光のビームパラメータ積を可変させるビームパラメータ積可変装置(31)と、ビームパラメータ積可変装置(31)より射出されたレーザ光のビーム径を可変させるビーム径可変装置(32)とを備える。ビームパラメータ積可変装置(31)はビームパラメータ積を所定の値に設定している。ビーム径可変装置(32)は、光軸方向に移動自在とされ、正の焦点距離を有して、レーザ光の射出端より射出されたレーザ光の拡散光を収束光に変換する第1のレンズ(28)と、光軸方向に移動自在とされ、負の焦点距離を有して、収束光が入射される第2のレンズ(30)とを有する。第3のレンズ(27)は、正の焦点距離を有し、ビーム径可変装置(32)より射出されたレーザ光を集光して板材に照射させる。

WO 2017/168857 A1



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称： レーザ加工機

技術分野

[0001] 本開示は、レーザ光によって金属の板材を切断加工するレーザ加工機に関する。

背景技術

[0002] レーザ発振器より射出されたレーザ光によって金属の板材を切断加工するレーザ加工機が普及している。レーザ加工機には、種々のレーザ発振器が用いられる。比較的板厚の薄い板材を高速に切断加工するためには、例えばファイバレーザ発振器がよく用いられる。ファイバレーザ発振器は、板材の高速切断加工に適しているという利点に加え、CO₂レーザ発振器と比較して小型及び低コストであるという利点を有する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：独国特許出願公開第10 2011 117 607 A1号明細書

特許文献2：特表2015-500571号公報

発明の概要

[0004] 比較的板厚の薄い板材のうち、板厚が例えば6 mm～30 mmの板材を厚板、板厚が例えば0.1 mm～6 mmの板材を薄板と称することとする。なお、当業界では板厚が例えば2 mm～12 mmの板材を中厚板と称する場合もある。同じレーザ加工機で加工条件のみを変更することによって厚板と薄板とを切断加工することは困難である。ここでの加工条件とは、例えば、レーザ光のパワー、レーザ光をパルス発振させるときのパルスのデューティ、焦点位置、アシストガスの種類またはガス圧である。

[0005] そこで、従来のレーザ加工機においては、厚板と薄板との双方を切断加工するために、レンズ等の光学系要素または加工ノズルのようなレーザ加工機の構成部品を交換しなければならない。構成部品の交換は煩雑であり、コス

トの上昇を招くことから、構成部品を交換することなく、厚板と薄板との双方を切断加工することができるレーザ加工機が望まれる。

[0006] 実施形態は、構成部品を交換することなく、所定の範囲の板厚の板材を切断加工することができるレーザ加工機を提供することを目的とする。

[0007] 実施形態の一態様によれば、レーザ発振器より射出されたレーザ光のビームパラメータ積を可変させるビームパラメータ積可変装置と、前記ビームパラメータ積可変装置より射出されたレーザ光のビーム径を可変させるビーム径可変装置とを備え、前記ビームパラメータ積可変装置は、レーザ光のビームパラメータ積を所定の値に設定しており、前記ビーム径可変装置は、光軸方向に移動自在とされ、正の焦点距離を有して、レーザ光の射出端より射出されたレーザ光の拡散光を収束光に変換する第1のレンズと、光軸方向に移動自在とされ、負の焦点距離を有して、前記収束光が入射される第2のレンズとを有し、前記第2のレンズは、前記第1のレンズの光軸方向の位置に対応して、前記収束光が集光する位置から前記第1のレンズ側に、前記第2のレンズの焦点距離と同じ距離だけずらした位置に配置されて、前記収束光を平行光に変換するように構成されており、正の焦点距離を有し、前記ビーム径可変装置より射出されたレーザ光を集光して板材に照射させる第3のレンズをさらに備えることを特徴とするレーザ加工機が提供される。

[0008] 上記のレーザ加工機において、前記第1のレンズを移動させるための第1の移動機構と、前記第2のレンズを移動させるための第2の移動機構と、前記第1の移動機構を駆動する第1の駆動部と、前記第2の移動機構を駆動する第2の駆動部と、前記第1及び第2のレンズを前記板材の加工条件に応じて移動させるよう、前記第1及び第2の駆動部を制御する制御部とをさらに備えることが好ましい。

[0009] 上記のレーザ加工機において、前記制御部は、レーザ光のビームパラメータ積を可変させるよう前記ビームパラメータ積可変装置を制御することが好ましい。

[0010] 前記制御部は、前記板材の板厚が薄いほど集光径を小さくするよう、前記

第3のレンズに入射されるレーザ光のビーム径を大きくし、前記板材の板厚が厚いほど集光径を大きくするよう、前記第3のレンズに入射されるレーザ光のビーム径を小さくするよう前記第1及び第2の駆動部を制御する。前記第1及び第2の駆動部が前記第1及び第2のレンズを移動させても、前記第3のレンズより射出されて前記板材に集光するレーザ光の焦点位置は一定である。

[0011] 上記のレーザ加工機において、前記第3のレンズは光軸方向に移動自在とされ、レーザ光の焦点位置を変化させるように構成されていることが好ましい。

[0012] 上記のレーザ加工機において、前記第1のレンズを移動させるための第1の移動機構と、前記第2のレンズを移動させるための第2の移動機構と、前記第3のレンズを移動させるための第3の移動機構と、前記第1の移動機構を駆動する第1の駆動部と、前記第2の移動機構を駆動する第2の駆動部と、前記第3の移動機構を駆動する第3の駆動部と、前記第1のレンズ、前記第2のレンズ、及び、前記第3のレンズを前記板材の加工条件に応じて移動させるよう、前記第1の駆動部、前記第2の駆動部、及び、前記第3の駆動部を制御する制御部とをさらに備えることが好ましい。

[0013] 上記のレーザ加工機において、前記制御部は、レーザ光のビームパラメータ積を可変させるよう前記ビームパラメータ積可変装置を制御することが好ましい。

[0014] 実施形態のレーザ加工機によれば、構成部品を交換することなく、所定の範囲の板厚の板材を切断加工することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図1は、一実施形態のレーザ加工機の全体的な構成例を示す斜視図である。

[図2]図2は、図1中のレーザ発振器11をファイバレーザ発振器11Fで構成した場合の概略的な構成を示す図である。

[図3]図3は、図1中のレーザ発振器11をダイレクトダイオードレーザ発振

器 1 1 D で構成した場合の概略的な構成を示す図である。

[図4]図 4 は、図 1 中のビームパラメータ積可変装置 3 1 の構成例を示す図である。

[図5]図 5 は、図 1 中の凸レンズ 2 8 と凹レンズ 3 0 と集光レンズ 2 7 を移動自在にする概略的な構成例を示す図である。

[図6]図 6 は、凸レンズ 2 8 と凹レンズ 3 0 と集光レンズ 2 7 の移動のさせ方を説明するための図である。

[図7]図 7 は、レーザ光の集光径及び発散角を説明するための図である。

[図8]図 8 は、ビームパラメータ積可変装置 3 1 の作用を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、一実施形態のレーザ加工機について、添付図面を参照して説明する。図 1 において、レーザ加工機 1 0 0 は、レーザ光を生成して射出するレーザ発振器 1 1 と、レーザ発振器 1 1 より射出されたレーザ光のビームパラメータ積 (Beam Parameter Products) を可変させるビームパラメータ積可変装置 3 1 と、レーザ加工ユニット 1 5 とを備える。以下、ビームパラメータ積を B P P、ビームパラメータ積可変装置 3 1 を B P P 積可変装置 3 1 と称することとする。

[0017] レーザ発振器 1 1 と B P P 積可変装置 3 1 とはフィーディングファイバ 1 2 1 で接続されており、フィーディングファイバ 1 2 1 はレーザ発振器 1 1 より射出されたレーザ光を B P P 積可変装置 3 1 へと伝送する。

[0018] B P P 積可変装置 3 1 とレーザ加工ユニット 1 5 とはプロセスファイバ 1 2 2 で接続されており、プロセスファイバ 1 2 2 は B P P 積可変装置 3 1 より射出されたレーザ光をレーザ加工ユニット 1 5 へと伝送する。プロセスファイバ 1 2 2 は、レーザ加工ユニット 1 5 に配置された X 軸及び Y 軸のケーブルダクト (図示せず) に沿って装着されている。

[0019] レーザ加工機 1 0 0 は、レーザ発振器 1 1 より射出されたレーザ光によって、金属の板材 W 1 を切断加工する。

- [0020] レーザ発振器 11 としては、レーザダイオードより発せられる励起光を増幅して所定の波長のレーザ光を射出するレーザ発振器、またはレーザダイオードより発せられるレーザ光を直接利用するレーザ発振器が好適である。レーザ発振器 11 は、例えば、固体レーザ発振器、ファイバレーザ発振器、ディスクレーザ発振器、ダイレクトダイオードレーザ発振器（DDL 発振器）である。
- [0021] レーザ加工ユニット 15 は、板材 W1 を載せる加工テーブル 21 と、加工テーブル 21 上で X 軸方向に移動自在である門型の X 軸キャリッジ 22 と、X 軸キャリッジ 22 上で X 軸に垂直な Y 軸方向に移動自在である Y 軸キャリッジ 23 とを有する。また、レーザ加工ユニット 15 は、Y 軸キャリッジ 23 に固定されたコリメータユニット 29 を有する。
- [0022] コリメータユニット 29 は、プロセスファイバ 122 の射出端より射出したレーザ光が入射される凸レンズ 28 と、凸レンズ 28 より射出したレーザ光が入射される凹レンズ 30 とを有する。また、コリメータユニット 29 は、凹レンズ 30 より射出したレーザ光を X 軸及び Y 軸に垂直な Z 軸方向下方に向けて反射させるベンドミラー 25 と、ベンドミラー 25 で反射したレーザ光を集光させる集光レンズ 27 と、加工ヘッド 26 とを有する。
- [0023] 凸レンズ 28 は正の焦点距離を有するレンズ、凹レンズ 30 は負の焦点距離を有するレンズ、集光レンズ 27 は正の焦点距離を有するレンズである。集光レンズ 27 は凸レンズである。凸レンズ 28 と凹レンズ 30 とは、入射されたレーザ光の個々のビームを平行光化するコリメートレンズの機能を有する。
- [0024] 後述するように、凸レンズ 28 と凹レンズ 30 と集光レンズ 27 とは光軸方向に移動自在に構成されている。凸レンズ 28 及び凹レンズ 30 は、ビーム径を可変させるビーム径可変装置 32（図 5 または図 6 参照）を構成する。
- [0025] 凸レンズ 28 及び凹レンズ 30、ベンドミラー 25、集光レンズ 27、加工ヘッド 26 は、予め光軸が調整された状態でコリメータユニット 29 内に

配置されている。

[0026] コリメータユニット 29 は、Y 軸方向に移動自在の Y 軸キャリッジ 23 に固定され、Y 軸キャリッジ 23 は、X 軸方向に移動自在の X 軸キャリッジ 22 に設けられている。よって、レーザ加工ユニット 15 は、加工ヘッド 26 から射出されるレーザ光を板材 W1 に照射する位置を、X 軸方向及び Y 軸方向に移動させることができる。

[0027] 以上の構成によって、レーザ加工機 100 は、レーザ発振器 11 より射出されたレーザ光を、BPP 積可変装置 31 を介してレーザ加工ユニット 15 へと伝送させ、集光レンズ 27 によって集光されたレーザ光を板材 W1 に照射して板材 W1 を切断加工することができる。図 1 においては、BPP 積可変装置 31 をレーザ発振器 11 の外部に設けているが、BPP 積可変装置 31 をレーザ発振器 11 の筐体の内部に設けてもよい。

[0028] なお、板材 W1 を切断加工するとき、板材 W1 には溶融物を除去するためのアシストガスが噴射される。図 1 では、アシストガスを噴射する構成については図示を省略している。

[0029] 図 2 は、レーザ発振器 11 をファイバレーザ発振器 11F で構成した場合の概略的な構成を示している。図 2 において、複数のレーザダイオード 110 はそれぞれ波長 λ のレーザ光を射出する。励起コンバイナ 111 は、複数のレーザダイオード 110 より射出されたレーザ光を空間ビーム結合させる。

[0030] 励起コンバイナ 111 より射出されたレーザ光は、2つのファイバブラッググレーティング (FBG) 112 及び 114 間の Yb ドープファイバ 113 に入射される。Yb ドープファイバ 113 とは、コアに希土類の Yb (イッテルビウム) 元素が添加されたファイバである。

[0031] Yb ドープファイバ 113 に入射されたレーザ光は、FBG 112 及び 114 間で往復を繰り返し、FBG 114 からは、波長 λ とは異なる概ね 1060 nm ~ 1080 nm の波長 λ' (1 μ m 帯) のレーザ光が射出される。FBG 114 から射出されたレーザ光は、フィーディングファイバ 115 及

びビームカップラ 116 を介してフィーディングファイバ 121 に入射される。ビームカップラ 116 は、レンズ 1161 及び 1162 を有する。

[0032] 図 3 は、レーザ発振器 11 を DDL 発振器 11D で構成した場合の概略的な構成を示している。図 3 において、複数のレーザダイオード 117 はそれぞれ互いに異なる波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のレーザ光を射出する。波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ ($1 \mu\text{m}$ 帯より短い波長帯) は、例えば $910 \text{ nm} \sim 950 \text{ nm}$ である。

[0033] オプティカルボックス 118 は、複数のレーザダイオード 117 より射出された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のレーザ光を空間ビーム結合させる。オプティカルボックス 118 は、コリメートレンズ 1181 と、グレーティング 1182 と、集光レンズ 1183 とを有する。

[0034] コリメートレンズ 1181 は、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のレーザ光を平行光化する。グレーティング 1182 は、平行光化されたレーザ光の方向を 90 度曲げ、集光レンズ 1183 に入射させる。集光レンズ 1183 は、入射されたレーザ光を集光してフィーディングファイバ 121 に入射される。

[0035] 図 4 を用いて、BPP 積可変装置 31 の構成例を説明する。BPP 積可変装置 31 は、フィーディングファイバ 121 の射出端とプロセスファイバ 122 の入射端との間に配置された集光レンズ 311 と、フィーディングファイバ 121 の端部の位置を移動させる移動機構 312 とを有する。

[0036] 図 4 に示すように、プロセスファイバ 122 は、コア 1221 の周囲をクラッド 1222 が覆う構成である。コア 1221 の屈折率はクラッド 1222 の屈折率よりも高い。フィーディングファイバ 121 も同様の構成である。

[0037] 移動機構 312 によって集光レンズ 311 に対するフィーディングファイバ 121 の端部の位置を変化させると、集光レンズ 311 に入射するレーザ光の入射位置が変化し、集光レンズ 311 がプロセスファイバ 122 のコア 1221 に入射するレーザ光の入射角度を変化させる。

[0038] フィーディングファイバ 121 が実線で示す位置にあるときレーザ光は実線で示すように進行し、フィーディングファイバ 121 が一点鎖線で示す位

置にあるときレーザ光は一点鎖線で示すように進行する。その結果、プロセスファイバ122より射出されるレーザ光のBPPは変化する。

[0039] BPP積可変装置31は図4に示す構成に限定されることはなく、BPPを変化させることができる構成であれば任意の構成でよい。フィーディングファイバ121の位置を固定させて、レンズを移動させることによってプロセスファイバ122に入射するレーザ光の入射角度を変化させる構成であってもよい。プロセスファイバ122の入射端にさらにレンズを備えていてもよい。

[0040] 図5を用いて、凸レンズ28と凹レンズ30と集光レンズ27を移動自在する概略的な構成例を説明する。図5において、ビーム径可変装置32を構成する凸レンズ28及び凹レンズ30は、それぞれ、凸レンズ28及び凹レンズ30を光軸方向（図1のX軸方向）に移動自在とするための移動機構281及び301に取り付けられている。集光レンズ27は、集光レンズ27を光軸方向（図1のZ軸方向）に移動自在とするための移動機構271に取り付けられている。

[0041] 移動機構281、301及び271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）を用いて、凸レンズ28と凹レンズ30と集光レンズ27とのそれぞれを移動自在にする機構であればよい。

[0042] 凸レンズ28と凹レンズ30と集光レンズ27は、それぞれ、駆動部282、302及び272が移動機構281、301及び271を駆動することによって、矢印で示すように光軸方向に移動する。駆動部282、302及び272は、例えばモータである。

[0043] 制御部50は、駆動部282、302及び272を制御する。制御部50は、マイクロプロセッサで構成することができる。制御部50は、レーザ加工機100の全体を制御するNC装置であってもよい。

[0044] オペレータは、操作部51を操作して、板材W1の材料の種別、板材W1の板厚、レーザ光の集光径、焦点位置等の各種の加工条件を設定することが

できる。板材W 1 の材料は、例えば、鉄、ステンレス、アルミニウム、銅、真鍮である。板材W 1 の板厚は、例えば、0. 1 mm ~ 3 0 mm を所定の範囲として、所定の範囲内のいずれかの板厚である。

[0045] 制御部5 0 は、操作部5 1 によって入力された板材W 1 の加工条件に応じて凸レンズ2 8 及び凹レンズ3 0 の位置を調整するよう、駆動部2 8 2 及び3 0 2 による移動機構2 8 1 及び3 0 1 の駆動を制御する。

[0046] 操作部5 1 によってレーザ光の集光径が入力された場合には、制御部5 0 は、入力された集光径に応じて凸レンズ2 8 及び凹レンズ3 0 の位置を調整するよう駆動部2 8 2 及び3 0 2 を制御する。

[0047] レーザ光の集光径が入力されなくても、板材W 1 の材料の種別及び板厚が入力されれば、最適な集光径はほぼ決まる。操作部5 1 によって板材W 1 の材料の種別及び板厚が入力された場合には、制御部5 0 は、入力された材料の種別及び板厚に対応する集光径に応じて、凸レンズ2 8 及び凹レンズ3 0 の位置を調整するよう駆動部2 8 2 及び3 0 2 を制御することができる。

[0048] 制御部5 0 は、加工条件に基づいて必要な集光径を計算によって求めてもよいし、予め保持されたそれぞれの加工条件に対応する集光径を読み出してもよい。

[0049] 操作部5 1 によって焦点位置が入力された場合には、制御部5 0 は、入力された焦点位置に応じて集光レンズ2 7 の位置を調整するよう、駆動部2 7 2 による移動機構2 7 1 の駆動を制御する。

[0050] 図5 において、プロセスファイバ1 2 2 の射出端1 2 2 e から、一点鎖線で示すようにレーザ光が発散光として射出する。

[0051] 凸レンズ2 8 は、射出端1 2 2 e から凸レンズ2 8 までの距離が凸レンズ2 8 の焦点距離以下となるように配置されている。よって、凸レンズ2 8 は、レーザ光の拡散光を収束光に変換する。制御部5 0 は、凸レンズ2 8 を、射出端1 2 2 e から凸レンズ2 8 までの距離が凸レンズ2 8 の焦点距離以下となる範囲で光軸方向に移動させることができる。

[0052] 凹レンズ3 0 が後述する最適な位置に配置されていると、凹レンズ3 0 は

収束光を平行光に変換する。ここでの平行光とは、レーザ光の光束が平行光であるということである。凹レンズ30から射出した平行光はベンドミラー25で反射して光路が曲げられ、集光レンズ27に入射する。集光レンズ27は、焦点位置が板材W1の表面またはその近傍となるよう平行光を集光して、レーザ光を板材W1に照射させる。

[0053] 制御部50は、BPPを変化させるよう、BPP積可変装置31を制御することがある。

[0054] 図6(a)～(c)を用いて、ビーム径可変装置32による作用を説明する。図6(a)～(c)は、図5におけるベンドミラー25を省略して、光軸が一直線となるように凸レンズ28と凹レンズ30と集光レンズ27とを配置した状態を概念的に示している。

[0055] 図6(a)～(c)において、仮に凹レンズ30が存在せず、凸レンズ28からの収束光が集光する位置を点Pf28とする。凹レンズ30を、点Pf28より凸レンズ28側に、凹レンズ30の焦点距離と同じ距離Lだけずらした位置に配置すると、凹レンズ30は収束光を平行光に変換する。

[0056] 図6(a)及び(b)に示すように、凹レンズ30から射出する平行光のビーム径Dは、凸レンズ28から射出する収束光の収束角に応じて変化する。

[0057] 図7は、板材W1の表面またはその近傍に集光するレーザ光のビームウェイト周辺を拡大して概念的に示している。図7の左側が板材W1の上方側、右側が板材W1の下方側である。

[0058] 集光径dは式(1)で表される。レイリー長Zrは式(2)で表される。式(1)及び(2)において、fは集光レンズ27の焦点距離である。なお、BPPは、ビームウェイトの半径d/2とビームの発散角の半値半幅θとの積で表される。

[0059] [数1]

$$d = \frac{4 \cdot BPP \cdot f}{D} \quad \dots(1)$$

[0060] [数2]

$$Z_r = \frac{4 \cdot BPP \cdot f^2}{D^2} \quad \dots (2)$$

[0061] BPPは、凸レンズ28及び凹レンズ30、または、集光レンズ27を移動させても変化しない。BPP積可変装置31によってBPPを変化させないとする、式(1)及び(2)より、集光径d及びレイリー長 Z_r はビーム径Dに応じて決まり、ビーム径Dが変化すると集光径d及びレイリー長 Z_r は変化する。

[0062] ビーム径Dが大きくなると集光径d及びレイリー長 Z_r が小さくなり、パワー密度が高くなって薄板に適したビームプロファイルとなる。ビーム径Dが小さくなると集光径d及びレイリー長 Z_r が大きくなり、パワー密度が低くなって厚板に適したビームプロファイルとなる。

[0063] 制御部50は、式(1)に基づいて、目標とする集光径dとなるビーム径Dを算出し、凸レンズ28及び凹レンズ30の位置が算出したビーム径Dを実現する位置となるよう、駆動部282及び302を制御して、凸レンズ28及び凹レンズ30を移動させる。

[0064] 詳細には、制御部50は、凸レンズ28から射出されるレーザ光の収束角が目標とするビーム径Dが得られる収束角となるように凸レンズ28を移動させる。これに加えて、制御部50は、凸レンズ28の光軸方向の位置に対応して、収束光を平行光に変換するよう、凹レンズ30を点Pf28より凸レンズ28側に距離Lだけずらした位置に移動させる。

[0065] 制御部50は、目標とするビーム径D及び集光径dとするための凸レンズ28及び凹レンズ30の位置を算出して、凸レンズ28及び凹レンズ30を移動させる。

[0066] 図6(a)及び(b)より分かるように、集光レンズ27は平行光を集光するため、凹レンズ30の位置が変化してもレーザ光の焦点位置は変化しない。

[0067] 以上のように、制御部50は、板材W1の板厚が薄いほど集光径を小さく

するよう、集光レンズ27入射されるレーザ光のビーム径を大きくし、板材W1の板厚が厚いほど集光径を大きくするよう、集光レンズ27入射されるレーザ光のビーム径を小さくするよう駆動部282及び302を制御する。駆動部282及び302が凸レンズ28及び凹レンズ30を移動させても、集光レンズ27より射出されて板材W1に集光するレーザ光の焦点位置は一定であり変化しない。

[0068] なお、ビーム径D内の光強度分布は、プロセスファイバ122のコアとクラッドに伝達されるレーザ光の反射合成によって形成される。図6(a)及び(b)のようにビーム径Dが変化しても、ビーム径D内の光強度分布はほとんど変化せず、変化したとしても極めてわずかである。

[0069] 制御部50が集光レンズ27を移動させると、図6(c)に示すように、焦点位置を変化させることができる。板材W1の表面を焦点位置とするのではなく、板材W1の表面または裏面からわずかにずらした位置を焦点位置として切断加工する場合がある。

[0070] 操作部51によって焦点位置が入力された場合には、制御部50は、入力された焦点位置となるよう、駆動部272を制御して、集光レンズ27を移動させる。集光レンズ27を移動させて焦点位置を変更しても、集光径dは変化しない。

[0071] 次に、図8(a)～(d)を用いて、BPP積可変装置31の作用を説明する。式(1)及び(2)より、集光径d及びレイリー長 Z_r はBPPによって変化する。図8(a)及び図8(b)に示すビーム径D1は、集光レンズ27で許容可能な最大径であるとする。制御部50が図8(a)におけるBPPを図8(b)におけるBPPよりも小さくなるようにBPP積可変装置31を制御したとする。

[0072] BPP積可変装置31によってBPPを変化させると、ビームの発散角が大きくなるため、ビーム径Dをビーム径D1で共通とするためには、凸レンズ28及び凹レンズ30の位置を異ならせる必要がある。図8(a)と図8(b)とで凸レンズ28及び凹レンズ30の位置が異なっているのは、BPP

Pを変化させながら、ビーム径Dをビーム径D₁で共通としているためである。

[0073] BPP積可変装置31によって図8(a)におけるBPPを図8(b)におけるBPPよりも小さくすることにより、図8(a)における集光径dを図8(b)における集光径dよりも小さくすることができる。図8(a)における集光径dをd₁、図8(b)における集光径dをd₂とすると、 $d_1 < d_2$ となる。

[0074] 図8(c)及び図8(d)に示すビーム径D₂は、集光レンズ27で許容可能な最小径であるとする。最小径は、熱レンズの影響や集光レンズ27のコーティングの耐光強度で決まる。制御部50が図8(d)におけるBPPを図8(c)におけるBPPよりも大きくなるようにBPP積可変装置31を制御したとする。

[0075] 同様に、図8(c)と図8(d)とで凸レンズ28及び凹レンズ30の位置が異なっているのは、BPPを変化させながら、ビーム径Dをビーム径D₂で共通としているためである。

[0076] BPP積可変装置31によって図8(d)におけるBPPを図8(c)におけるBPPよりも大きくすることにより、図8(d)における集光径dを図8(c)における集光径dよりも大きくすることができる。図8(c)における集光径dをd₃、図8(d)における集光径dをd₄とすると、 $d_3 < d_4$ となる。

[0077] 制御部50は、BPPが所定の値となるようにBPP積可変装置31を制御し、かつ、所望のビーム径Dとなるように凸レンズ28及び凹レンズ30の位置を決定するよう駆動部282及び302を制御すればよい。

[0078] 本実施形態のレーザ加工機100においては、BPP積可変装置31及びビーム径可変装置32を備えるから、BPP積可変装置31のみで集光径dを異ならせることができ、ビーム径可変装置32のみで集光径dを異ならせることができる。また、BPP積可変装置31とビーム径可変装置32との双方で集光径dを異ならせることもできる。

[0079] 図8(a)～(d)に示すように、ビーム径Dが最大値のビーム径D₁から最小値のビーム径D₂までの範囲で変化するとする。BPP積可変装置31によってBPPの値がBPP₁からBPP₂までの範囲で変化するとする。図8(a)及び図8(c)ではBPPの値はBPP₁、図8(b)及び図8(d)ではBPPの値はBPP₂である。

[0080] この場合、BPPの値がBPP₁で固定であれば、集光径dはd₁からd₃までの範囲で変化し、BPPの値がBPP₂で固定であれば、集光径dはd₂からd₄までの範囲で変化する。本実施形態のレーザ加工機100においては、BPPを可変させることによって、集光径dをd₁からd₄までの範囲で変化させることができる。

[0081] BPPとビーム径Dとの少なくとも一方を変化させることによって、集光径dを変化させることができる。BPPとビーム径Dとの双方を変化させれば、集光径dを広範囲に変化させることができる。

[0082] 本実施形態のレーザ加工機100によれば、BPP積可変装置31とビーム径可変装置32とを備えて集光径dを広範囲に調整できるから、適切に切断加工することができる板厚の範囲を広げることができる。

[0083] BPP積可変装置31によるBPPの可変範囲を1.5～5mm・mrad(即ち、1～3.33倍)とし、ビーム径可変装置32によるビーム径Dの可変範囲を1～3倍とすると、式(1)より集光径dを1～10倍に可変させることができる。BPPの可変範囲をさらに大きくすれば、集光径dをさらに広範囲に可変させることができる。

[0084] 本実施形態のレーザ加工機100によれば、ビーム形状としてガウシアン形状とリング形状とのうちのいずれかを適宜に選択することができる。

[0085] 本実施形態のレーザ加工機100によれば、板材W1の板厚及び材質に応じてビームウェイトを調整し、もってBPPを調整して、板材W1に照射されるレーザ光のパワー密度の分布を適切に制御することができる。本実施形態のレーザ加工機100によれば、ビームウェイト及びパワー密度の分布を適切に制御して板材W1の融解時間及び切断速度を適切に調整すること

によって、板材W1の切断面粗さを良好にすることができる。

[0086] 本実施形態のレーザ加工機100によれば、集光径dと焦点位置とを互いに独立して調整することができる。焦点位置を変更させる必要がない場合には、集光レンズ27の位置を固定として、凸レンズ28及び凹レンズ30のみを移動自在に構成してもよい。

[0087] 制御部50は、板材W1の板厚に応じて連続的に集光径dを調整してもよいし、例えば、板厚を6mm～30mmの厚板と、0.1mm～6mmの板材を薄板とに分けて、集光径dを2段階で調整してもよい。さらに、板厚を12mm～30mmの厚板と、2mm～12mmの中厚板と、0.1mm～2mmの板材を薄板とに分けて、集光径dを3段階で調整してもよい。制御部50は、板材W1の板厚を4つ以上のグループに分けて、集光径dを4段階以上で調整してもよい。

[0088] 本実施形態のレーザ加工機100は、集光径dを調整することができるため、レンズ等の構成部品を交換することなく、所定の範囲の板厚の板材W1をそれぞれの板厚に合わせて適切に切断加工することができる。

[0089] 本実施形態のレーザ加工機100によれば、正の焦点距離を有する第1のレンズ（凸レンズ28）と、負の焦点距離を有する第2のレンズ（凹レンズ30）と、正の焦点距離を有する第3のレンズ（集光レンズ27）との3枚のレンズを用いればよい。よって、特許文献1に記載の構成よりも構成を簡略化でき、構成部品を交換することなく所定の範囲の板厚の板材を切断加工することができるレーザ加工機を低コストで実現することができる。

[0090] 本実施形態のレーザ加工機100によれば、少なくとも第1及び第2のレンズのみを移動自在に構成することによって、板厚に合わせた適切な切断加工を実現することができる。

[0091] 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。

産業上の利用可能性

[0092] 本発明は、レーザ光によって複数の板厚の板材を切断加工する際に利用で

きる。

請求の範囲

[請求項1]

レーザ発振器より射出されたレーザ光のビームパラメータ積を可変させるビームパラメータ積可変装置と、

前記ビームパラメータ積可変装置より射出されたレーザ光のビーム径を可変させるビーム径可変装置と、

を備え、

前記ビームパラメータ積可変装置は、レーザ光のビームパラメータ積を所定の値に設定しており、

前記ビーム径可変装置は、

光軸方向に移動自在とされ、正の焦点距離を有して、レーザ光の射出端より射出されたレーザ光の拡散光を収束光に変換する第1のレンズと、

光軸方向に移動自在とされ、負の焦点距離を有して、前記収束光が入射される第2のレンズと、

を有し、

前記第2のレンズは、前記第1のレンズの光軸方向の位置に対応して、前記収束光が集光する位置から前記第1のレンズ側に、前記第2のレンズの焦点距離と同じ距離だけずらした位置に配置されて、前記収束光を平行光に変換するように構成されており、

正の焦点距離を有し、前記ビーム径可変装置より射出されたレーザ光を集光して板材に照射させる第3のレンズをさらに備える

ことを特徴とするレーザ加工機。

[請求項2]

前記第1のレンズを移動させるための第1の移動機構と、

前記第2のレンズを移動させるための第2の移動機構と、

前記第1の移動機構を駆動する第1の駆動部と、

前記第2の移動機構を駆動する第2の駆動部と、

前記第1及び第2のレンズを前記板材の加工条件に応じて移動させるよう、前記第1及び第2の駆動部を制御する制御部と、

をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ加工機。

[請求項3] 前記制御部は、レーザ光のビームパラメータ積を可変させるよう前記ビームパラメータ積可変装置を制御することを特徴とする請求項 2 に記載のレーザ加工機。

[請求項4] 前記制御部は、前記板材の板厚が薄いほど集光径を小さくするよう、前記第 3 のレンズに入射されるレーザ光のビーム径を大きくし、前記板材の板厚が厚いほど集光径を大きくするよう、前記第 3 のレンズに入射されるレーザ光のビーム径を小さくするよう前記第 1 及び第 2 の駆動部を制御し、

前記第 1 及び第 2 の駆動部が前記第 1 及び第 2 のレンズを移動させても、前記第 3 のレンズより射出されて前記板材に集光するレーザ光の焦点位置は一定である

ことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載のレーザ加工機。

[請求項5] 前記第 3 のレンズは光軸方向に移動自在とされ、レーザ光の焦点位置を変化させるように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ加工機。

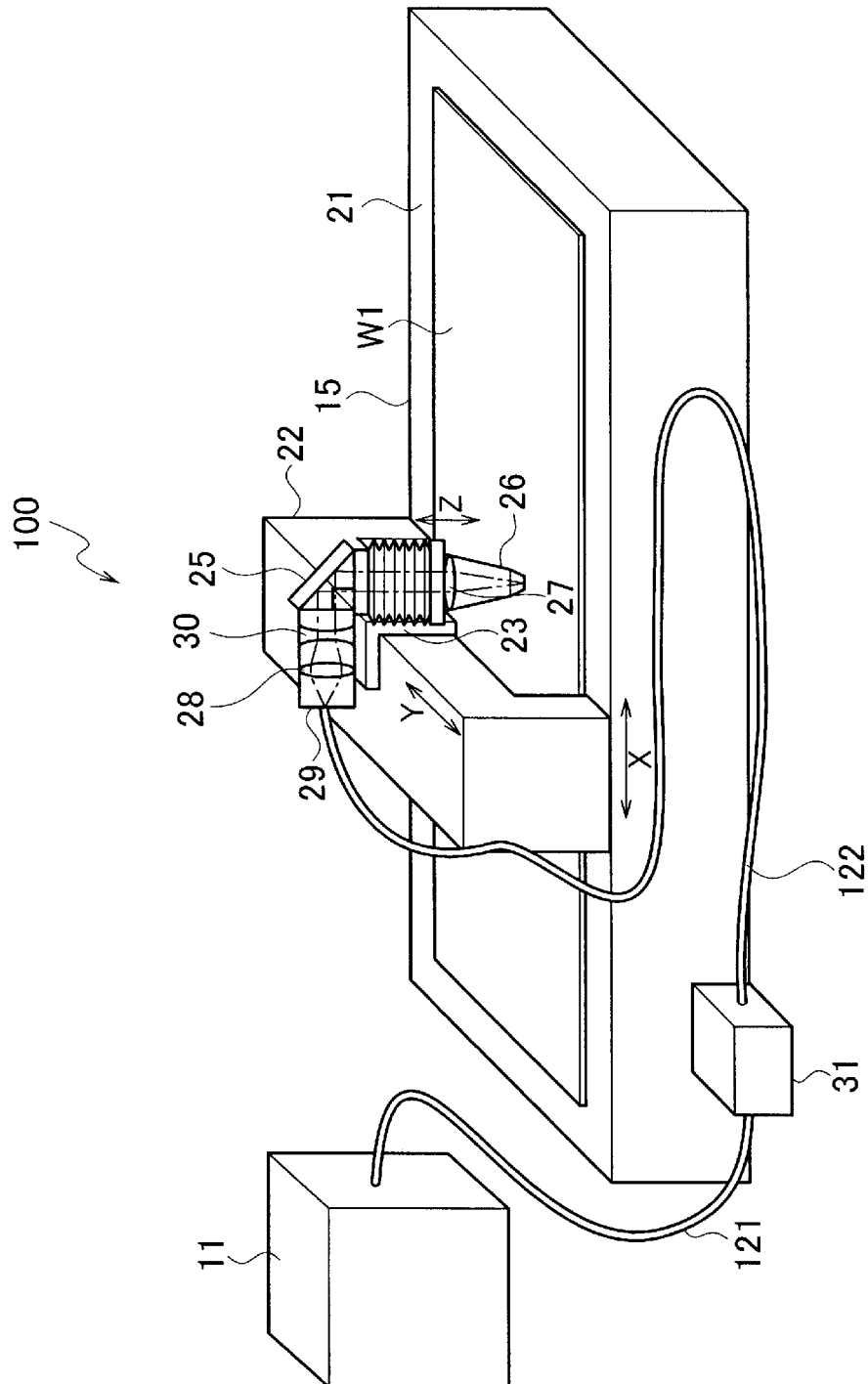
[請求項6] 前記第 1 のレンズを移動させるための第 1 の移動機構と、
前記第 2 のレンズを移動させるための第 2 の移動機構と、
前記第 3 のレンズを移動させるための第 3 の移動機構と、
前記第 1 の移動機構を駆動する第 1 の駆動部と、
前記第 2 の移動機構を駆動する第 2 の駆動部と、
前記第 3 の移動機構を駆動する第 3 の駆動部と、
前記第 1 のレンズ、前記第 2 のレンズ、及び、前記第 3 のレンズを前記板材の加工条件に応じて移動させるよう、前記第 1 の駆動部、前記第 2 の駆動部、及び、前記第 3 の駆動部を制御する制御部と、

をさらに備えることを特徴とする請求項 5 に記載のレーザ加工機。

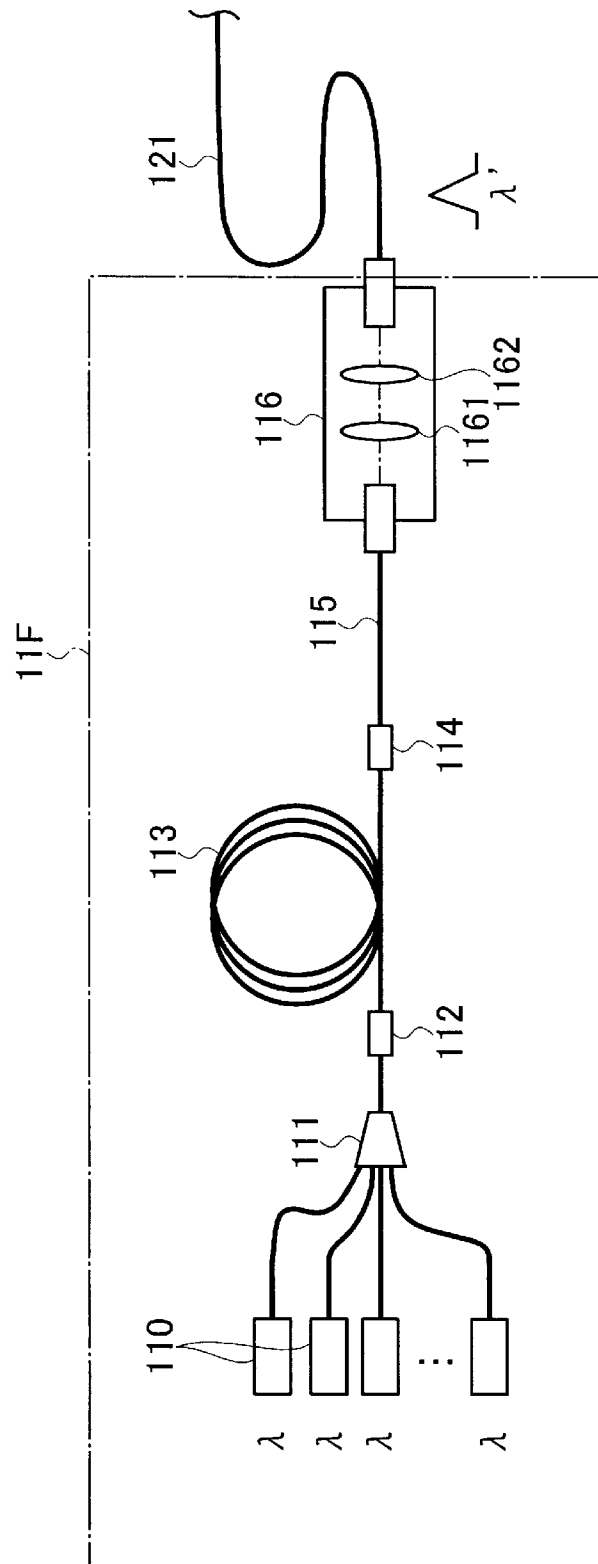
[請求項7] 前記制御部は、レーザ光のビームパラメータ積を可変させるよう前記ビームパラメータ積可変装置を制御することを特徴とする請求項 6

に記載のレーザ加工機。

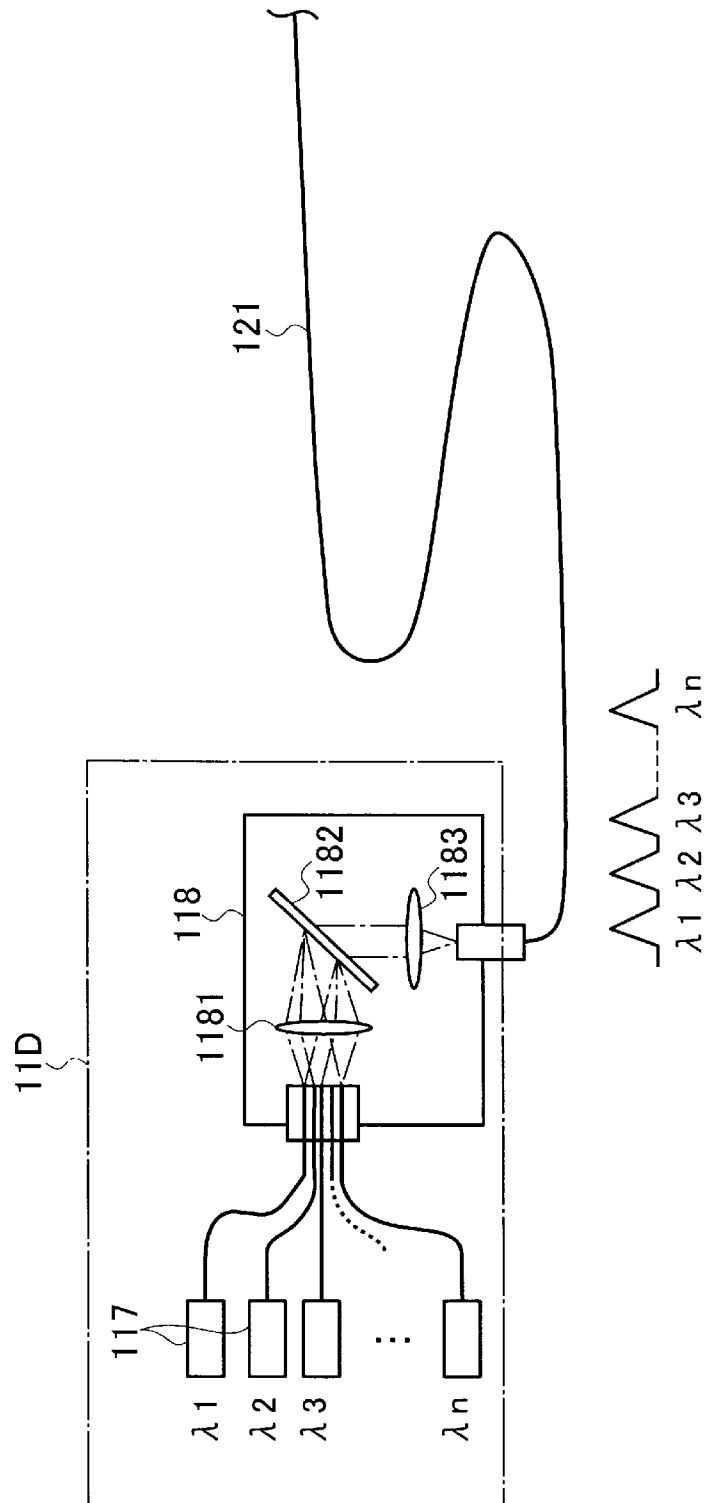
[図1]



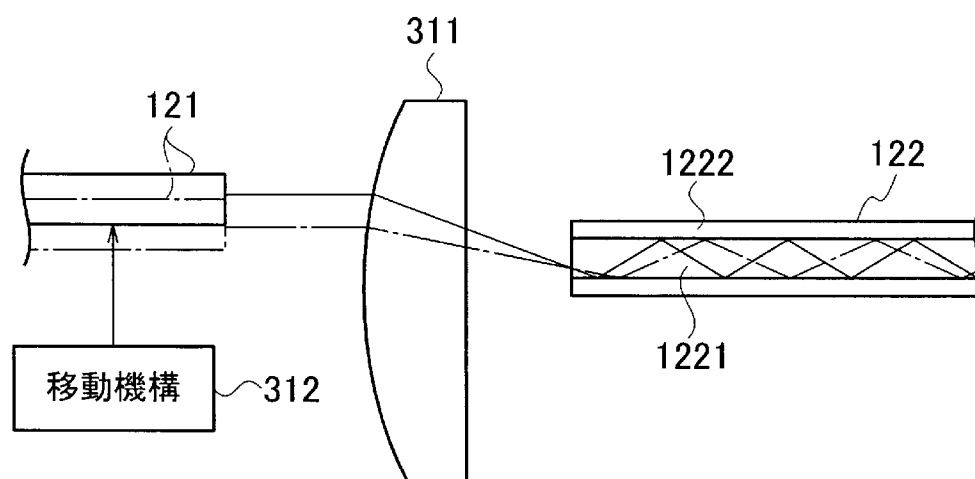
[図2]



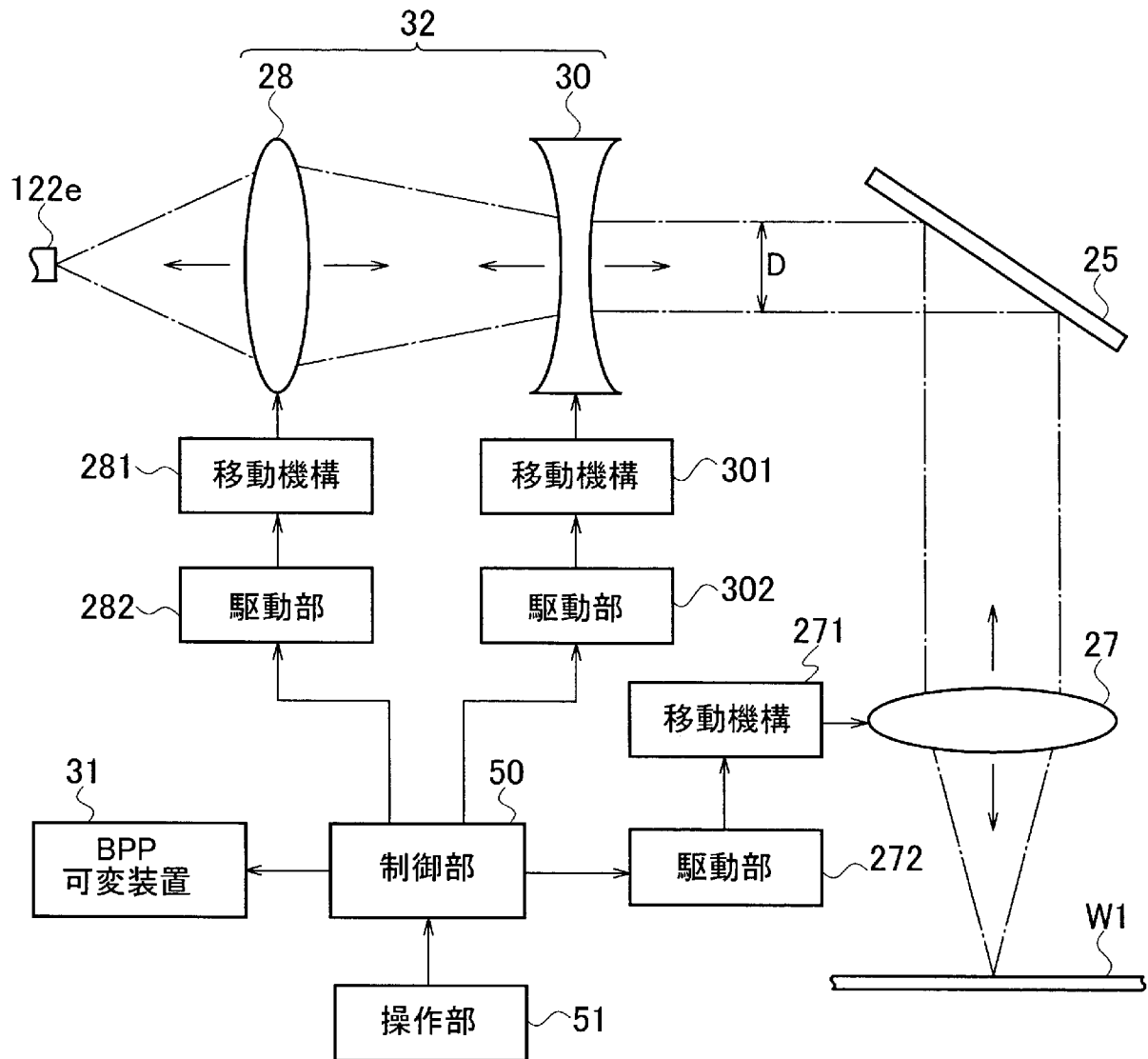
[図3]



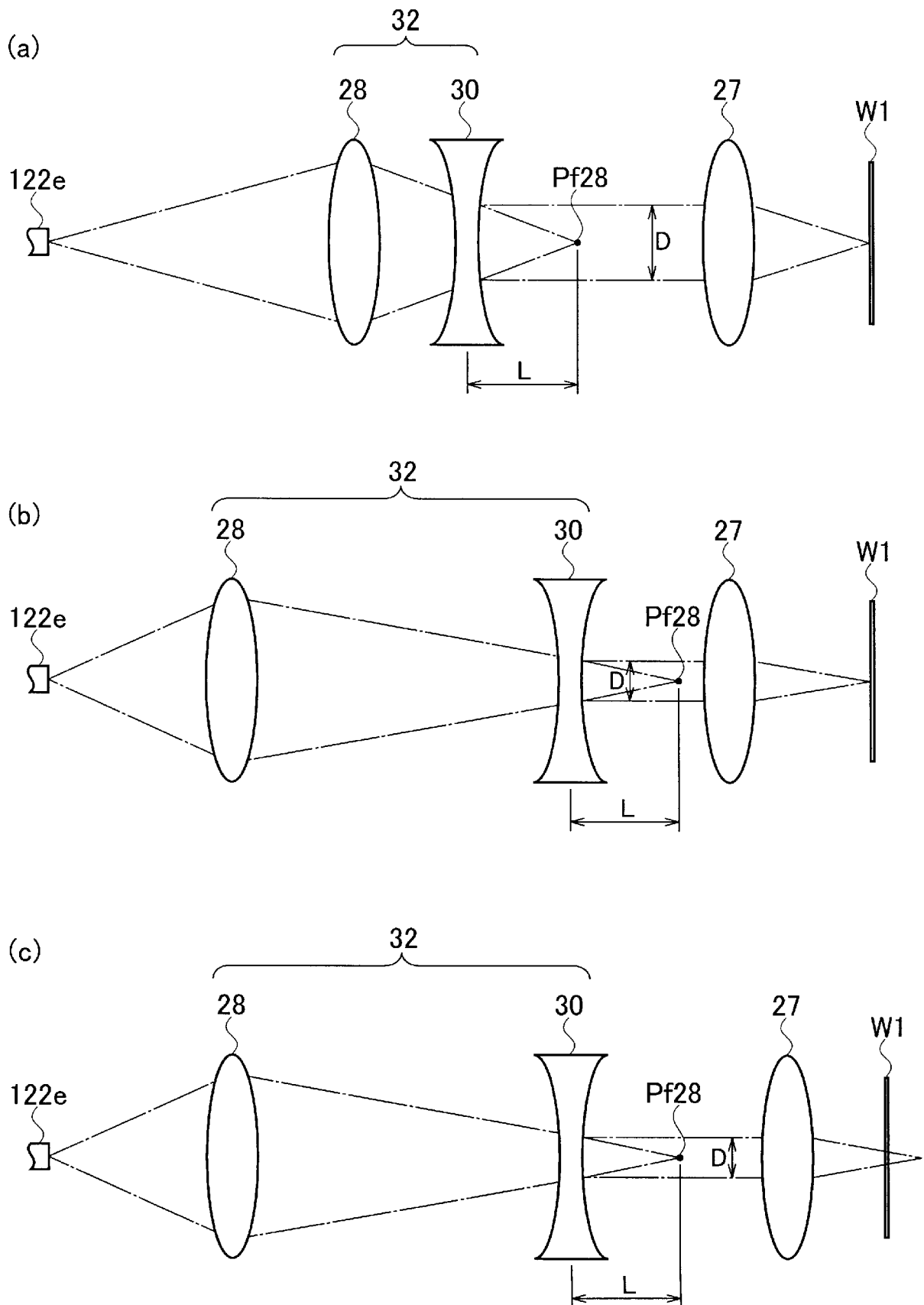
[図4]



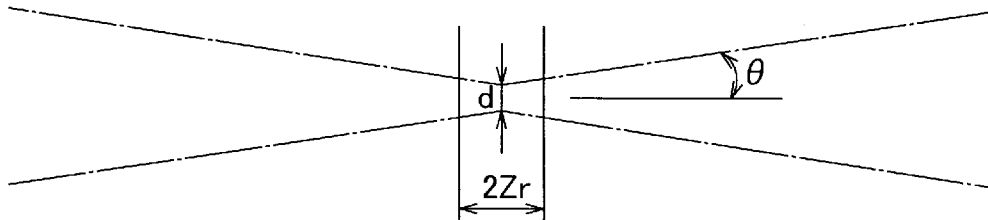
[図5]



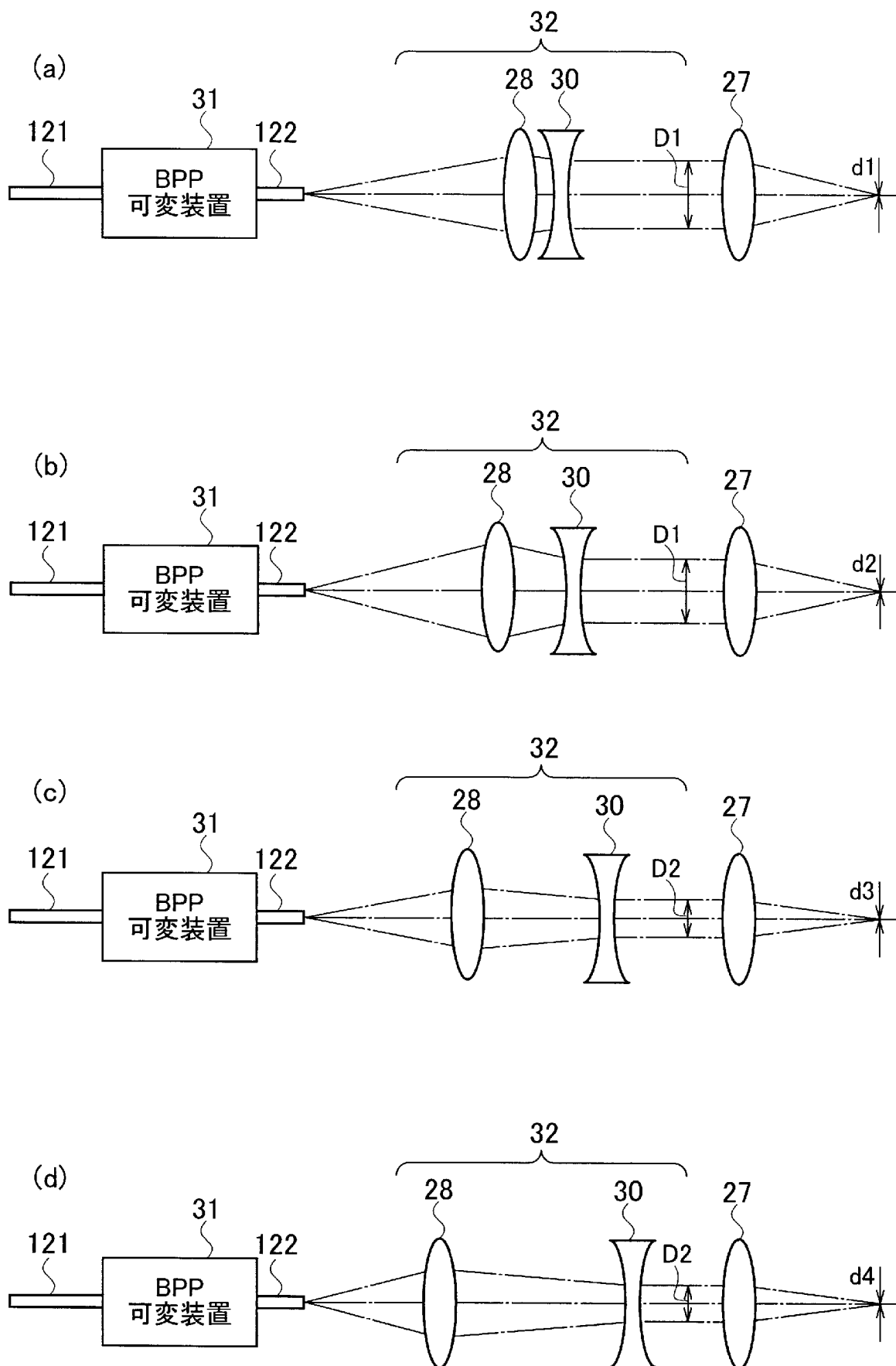
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/086974

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K26/046(2014.01)i, B23K26/06(2014.01)i

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)

B23K26/046, B23K26/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-500571 A (JDS Uniphase Corp.), 05 January 2015 (05.01.2015), paragraphs [0027] to [0029], [0035], [0049]; fig. 2, 4, 12 & US 2013/0148925 A1 paragraphs [0055] to [0057], [0063], [0077]; fig. 2, 4, 12 & WO 2013/086227 A1 & KR 10-2014-0102206 A	1-7
A	DE 102011117607 A1 (HIGHYAG LASERTECHNOLOGIE GMBH), 02 May 2013 (02.05.2013), paragraphs [0052] to [0053]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 February 2017 (17.02.17)

Date of mailing of the international search report
28 February 2017 (28.02.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/086974

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 152841/1981 (Laid-open No. 57385/1983) (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.), 18 April 1983 (18.04.1983), page 4, line 18 to page 7, line 6; fig. 1, 3 (Family: none)	1-7
A	JP 2006-218487 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 24 August 2006 (24.08.2006), paragraphs [0017] to [0018], [0024] to [0041]; fig. 1 to 2 & US 2007/0193984 A1 paragraphs [0022] to [0023], [0031] to [0033]; fig. 1 to 2 & KR 10-2006-0090587 A & CN 1817547 A	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B23K26/046(2014.01)i, B23K26/06(2014.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B23K26/046, B23K26/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2015-500571 A（ジェイディーエス ユニフェイズ コーポレーション）2015.01.05, 段落[0027]-[0029], [0035], [0049], 図2, 4, 12 & US 2013/0148925 A1, 段落[0055]-[0057], [0063], [0077], 図2, 4, 12 & WO 2013/086227 A1 & KR 10-2014-0102206 A	1-7
A	DE 102011117607 A1 (HIGHYAG LASERTECHNOLOGIE GMBH) 2013.05.02, 段落[0052]-[0053], 図1-3（ファミリーなし）	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.02.2017

国際調査報告の発送日

28.02.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

本庄 亮太郎

3 P

6101

電話番号 03-3581-1101 内線 3363

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	日本国実用新案登録出願 56-152841 号(日本国実用新案登録出願公開 58-57385 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (東京芝浦電気株式会社) 1983.04.18, 第 4 ページ 第 18 行-第 7 ページ第 6 行, 図 1, 3 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2006-218487 A (日産自動車株式会社) 2006.08.24, 段落 [0017]-[0018], [0024]-[0041], 図 1-2 & US 2007/0193984 A1, 段落 [0022]-[0023], [0031]-[0033], 図 1-2 & KR 10-2006-0090587 A & CN 1817547 A	1-7