

(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
2014 年 5 月 1 日(01.05.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/065360 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 26/064 (2014.01) *G02B 6/255* (2006.01)
B23K 26/38 (2014.01) *H01S 3/067* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/078802
- (22) 国際出願日: 2013 年 10 月 24 日(24.10.2013)
- (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 2012-237300 2012 年 10 月 26 日(26.10.2012) JP
- (71) 出願人: コマツ産機株式会社(KOMATSU INDUSTRIES CORPORATION) [JP/JP]; 〒9200225 石川県金沢市大野町新町 1 番 1 号 Ishikawa (JP). 株式会社小松製作所(KOMATSU LTD.) [JP/JP]; 〒1078414 東京都港区赤坂二丁目 3 番 6 号 Tokyo (JP). 古河電気工業株式会社(FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 林 清一(HAYASHI, Seichi); 〒9231101 石川県能美市栗生町西 7 0 5 - 1 コマツ産機株式会社 ファブテクノセンタ内 Ishikawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市

北区中之島二丁目 2 番 7 号 中之島セントラルタワー Osaka (JP).

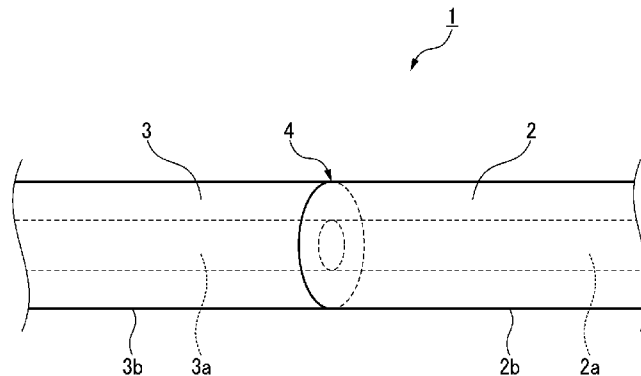
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: FIBER LASER PROCESSING MACHINE, FIBER CONNECTION METHOD, AND FIBER LASER OSCILLATOR

(54) 発明の名称: ファイバレーザ加工機、ファイバ接続方法及びファイバレーザ発振器



(57) Abstract: Provided are a fiber laser processing machine capable of improving beam quality, a fiber connection method, and a fiber laser oscillator. The fiber laser processing machine (10) comprises: a processing machine main body (20) having provided therein a laser processing head (40) that irradiates laser light; a fiber laser oscillator (21) having a fiber laser module (81) that generates laser light and a feeding fiber cable (2) that retrieves in one go the laser light generated by the fiber laser module (81); and a process fiber cable (3) that transmits the laser light retrieved by the feeding fiber cable (2) in the fiber laser oscillator (21), to the laser processing head (40) in the processing machine main body (20). The feeding fiber cable (2) and the process fiber cable (3) are joined by fusing, and the core diameter of the feeding fiber cable (2) and the process fiber cable (3) are the same.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/065360 A1



ビーム品質を向上可能なファイバレーザ加工機、ファイバ接続方法及びファイバレーザ発振器を提供する。ファイバレーザ加工機（１０）は、レーザ光を照射するレーザ加工ヘッド（４０）を設けた加工機本体（２０）と、レーザ光を生成するファイバレーザモジュール（８１）及び該ファイバレーザモジュール（８１）が生成したレーザ光をまとめて取り出すフィーディングファイバケーブル（２）を有するファイバレーザ発振器（２１）と、該ファイバレーザ発振器（２１）のフィーディングファイバケーブル（２）によって取り出されるレーザ光を加工機本体（２０）のレーザ加工ヘッド（４０）に伝送するプロセスファイバケーブル（３）と、を備える。フィーディングファイバケーブル（２）とプロセスファイバケーブル（３）とは融着により接合され、該フィーディングファイバケーブル（２）と該プロセスファイバケーブル（３）のコア径が等しい。

明 細 書

発明の名称：

ファイバレーザ加工機、ファイバ接続方法及びファイバレーザ発振器 技術分野

[0001] 本発明は、ファイバレーザ加工機、ファイバレーザ加工機に用いられるファイバ接続方法及びファイバレーザ発振器に関する。

背景技術

[0002] ファイバレーザ加工機は、被加工材に対してレーザ光を照射することにより被加工材の切断等の加工を行う装置である。従来のファイバレーザ加工機では、ファイバレーザ発振器が、レーザ光を生成する複数のファイバレーザモジュールと、複数のファイバレーザモジュールが生成したレーザ光をまとめて取り出すフィーディングファイバケーブルと、を備え、該フィーディングファイバケーブルがレーザ光を加工ヘッドに伝送するプロセスファイバケーブルにカップリングユニットを介して接続されている。

[0003] 特許文献1では、このカップリングユニットを用いる場合の欠点として、以下の4点が挙げられている。

(a) カップリングユニットにおいては、フィーディングファイバケーブルからプロセスファイバケーブルにレーザ光を伝送するためにコリメータレンズ、フォーカシングレンズを用いることから、レンズによるレーザ光の収差があり、出力が低減する。

(b) プロセスファイバケーブルのコア径がフィーディングファイバケーブルのコア径よりも大きい場合、レーザ光を伝送する際にレーザ光の輝度が低減する。

(c) カップリングユニットがファイバレーザ発振器の大きさに影響し、ファイバレーザ発振器を小型化することが難しい。

(d) コリメータレンズやフォーカシングレンズを介してレーザ光を伝送するため、その調整が難しい。

[0004] これを解決するために、特許文献1では、フィーディングファイバケーブルのレーザ光の出射端とプロセスファイバケーブルのレーザ光の入射端とを所定の隙間を空けて対向した状態でフィーディングファイバケーブル及びプロセスファイバケーブルをガラスからなる筒体内に固定することが提案されている。

[0005] また、他の解決案として、フィーディングファイバケーブルとプロセスファイバケーブルとを融着することも検討されている。なお、特許文献1では、いずれの方法においても、フィーディングファイバケーブルのコア径は $50\mu\text{m}$ 程度で、プロセスファイバケーブルのコア径はフィーディングファイバケーブルのコア径よりも太い $100\sim 200\mu\text{m}$ 程度であることが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2012-27241号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献1では、フィーディングファイバケーブルとプロセスファイバケーブルとを融着すると、融着時に熱が加わった部分でこれらのケーブルにおけるコアの形状にゆがみが生じ、ビーム品質が劣化し現実的に使用に耐えるものではないことが記載されている。

[0008] 本発明は、前述した課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、ビーム品質を向上可能なファイバレーザ加工機、ファイバ接続方法及びファイバレーザ発振器を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者は、先ず、ファイバレーザ加工機の切削速度を速めるに、切削速度と比例関係にある、下記(a)式で表されるパワー密度PD(線密度)を上げることについて検討した。

[0010] $PD = P / (d \times \pi)$ (a)

ただし、Pは出力、dはスポット径（焦点径）であり、パワー密度PDは単位面積あたりのパワーを示すものである。

[0011] パワー密度PDを上げるためには、出力Pを上げることが考えられるが出力を上げると消費電力が増加し、ランニングコストが増加してしまう。従って、本発明者は、スポット径dを小さくすることについて検討した。スポット径dは、下記（b）式で表される。なお、図13は、外部光学系を模式的に示した模式図である。

[0012]
$$d = (\alpha \times M \times \lambda \times f_L) / D$$
$$= (\beta \times M \times \lambda \times f_L) / f_C \quad (b)$$

ただし、 α 、 β は係数、Mはレーザ広がり角（ビームモード）、 λ はレーザの波長、 f_L は集光レンズの焦点距離、 f_C はコリメータの焦点距離である。

[0013] スポット径dを小さくするためには、集光レンズの焦点距離 f_L を小さくすること、若しくは、コリメータレンズの焦点距離 f_C を長くすることが考えられるが、集光レンズの焦点距離 f_L を小さくすることは機械的寸法の制限により難しく、コリメータレンズの焦点距離 f_C を長くすることはコリメータレンズのレンズ径の制限により難しい。そこで、本発明者は、スポット径dを小さくするため、ビームモードとも称されるレーザ広がり角Mを小さくすることについて検討した。これまで、特許文献1でも記載されているように、フィーディングファイバケーブルのコア径は50 μ m程度で、プロセスファイバケーブルのコア径はフィーディングファイバケーブルのコア径よりも太い100～200 μ m程度がケーブル同士の接続の関係上限界と考えられており、プロセスファイバケーブルのコア径を100 μ mより小さくすることについては、想定されていなかった。さらに、フィーディングファイバケーブルとプロセスファイバケーブルとの融着についても現実的な接続方法として認識されていなかった。

[0014] 本発明は、従来、現実的ではないと考えられていたフィーディングファイ

バケールとプロセスファイバケールとの融着によりビーム品質の向上を実現したものであり、以下の態様を提供するものである。

(1) レーザ光を照射するレーザ加工ヘッドを設けた加工機本体と、

レーザ光を生成するファイバレーザモジュール及び該ファイバレーザモジュールが生成したレーザ光をまとめて取り出すフィーディングファイバケールを有するファイバレーザ発振器と、

該ファイバレーザ発振器のフィーディングファイバケールによって取り出されるレーザ光を前記加工機本体のレーザ加工ヘッドに伝送するプロセスファイバケールと、を備えたファイバレーザ加工機であって、

前記フィーディングファイバケールと前記プロセスファイバケールとは融着により接合され、

前記フィーディングファイバケールと前記プロセスファイバケールのコア径が等しいことを特徴とするファイバレーザ加工機。

(2) 前記フィーディングファイバケールと前記プロセスファイバケールは、それぞれ一様のコア径を有することを特徴とする(1)に記載のファイバレーザ加工機。

(3) 前記ファイバレーザ発振器は、前記ファイバレーザモジュールと前記フィーディングファイバケールを収容する筐体を備え、

前記フィーディングファイバケールと前記プロセスファイバケールとの融着部は、前記筐体内に収容される引き出し可能な融着テーブル上に配置されることを特徴とする(1)又は(2)に記載のファイバレーザ加工機。

(4) 前記加工機本体は、前記レーザ加工ヘッドを収容し前記加工機本体の外形を形成するキャビンを備え、

前記キャビンは、側面に前記ファイバレーザ発振器を収容する発振器収容部を有し、該発振器収容部に前記ファイバレーザ発振器が前記筐体の状態で収容されることを特徴とする(3)に記載のファイバレーザ加工機。

(5) レーザ光を生成するファイバレーザモジュール及び該ファイバレーザモジュールが生成したレーザ光をまとめて取り出すフィーディングファイ

バケーブルを有するファイバレーザ発振器と、前記フィーディングファイバケーブルによって取り出されるレーザ光をレーザ加工ヘッドに伝送するプロセスファイバケーブルとを備えたファイバレーザ加工機に用いられ、前記フィーディングファイバケーブルと前記プロセスファイバケーブルとを接続するファイバ接続方法であって、

前記ファイバレーザ発振器の筐体内に設けられた引き出し可能な融着テーブル上で、融着することを特徴とするファイバ接続方法。

(6) レーザ光を生成するファイバレーザモジュールと、

該ファイバレーザモジュールが生成したレーザ光をまとめて取り出すフィーディングファイバケーブルと、

前記ファイバレーザモジュールと前記フィーディングファイバケーブルを収容する筐体と、を備え、

レーザ加工ヘッドにレーザ光を伝送するプロセスファイバケーブルに接続されるファイバレーザ発振器であって、

前記フィーディングファイバケーブルと前記プロセスファイバケーブルとは融着により接合され、

前記フィーディングファイバケーブルと前記プロセスファイバケーブルとの融着部は、前記筐体内に、引き出し可能に収容される融着テーブル上に配置されることを特徴とするファイバレーザ発振器。

発明の効果

[0015] 上記(1)に記載の態様によれば、融着によりフィーディングファイバケーブルとプロセスファイバケーブルとを接続することで、フィーディングファイバケーブルのコア径と等しいコア径のプロセスファイバケーブルを用いることができ、コア径の違いによる輝度の低下を抑制することができ、ビーム品質を向上させることができる。また、融着によりプロセスファイバケーブルのコア径を従来よりも小さくすることが可能となり、ビームモードとも称されるレーザの広がり角(BPP: Beam Parameter Product)を小さくすることができ、切削速度を上げることができる。

- [0016] 上記（２）に記載の態様によれば、フィーディングファイバケーブルとプロセスファイバケーブルに特別な加工を施すことなく、コア径の違いによる輝度の低下を抑制することができ、ビーム品質を向上させることができる。
- [0017] 上記（３）に記載の態様によれば、フィーディングファイバケーブルとプロセスファイバケーブルとの融着処理が容易となる。通常、工場等のクリーンルームで行われる融着処理を、ファイバレーザ加工機の組立場所、又は、ファイバレーザ加工機の設置場所等で行うことが可能となる。これにより、プロセスファイバケーブルの交換時等、ファイバレーザ発振器の筐体内から融着テーブルを引き出すことで容易に融着処理を行うことができる。
- [0018] 上記（４）に記載の態様によれば、ファイバレーザ加工機本体から離れてファイバレーザ発振器が設置されている場合に比べて、まとまりがよく、加工機本体のキャビンに収容できるためファイバレーザ加工機全体を小型化することができる。また、フィーディングファイバケーブルとプロセスファイバケーブルとを融着した状態で、ファイバレーザ発振器とファイバレーザ加工機本体とを一緒に運搬することができる。
- [0019] 上記（５）及び（６）に記載の態様によれば、フィーディングファイバケーブルとプロセスファイバケーブルとの融着処理が容易となる。通常、工場等のクリーンルームで行われる融着処理を、ファイバレーザ加工機の組立場所、又は、ファイバレーザ加工機の設置場所等で行うことが可能となる。これにより、プロセスファイバケーブルの交換時等、ファイバレーザ発振器の筐体内から融着テーブルを引き出すことで容易に融着処理を行うことができる。

図面の簡単な説明

- [0020] [図1]本発明の一実施形態のファイバ接続構造を示す断面図である。
- [図2]本発明の一実施形態に係るレーザ加工機の概略平面図である。
- [図3]図２に示すレーザ加工機の概略側面図である。
- [図4]加工ヘッド駆動機構の斜視図である。
- [図5]加工ヘッドの斜視図である。

[図6]図2に示すレーザ加工機の背面図である。

[図7]図2に示すレーザ加工機の右側面側の斜視図である。

[図8]図2に示すレーザ加工機の左側面側の斜視図である。

[図9]レーザ発振器の扉を開いた状態を示す斜視図である。

[図10]融着ボックスの内部を示す図である。

[図11]それぞれのファイバレーザ加工機における板厚に対する上限切断速度をまとめたグラフである。

[図12]それぞれのファイバレーザ加工機の上限切断速度を示すグラフであり、(a)は板厚1mmのときのグラフであり、(b)は板厚2mmのときのグラフである。

[図13]外部光学系を模式的に示した模式図である。

発明を実施するための形態

[0021] 先ず、本発明のファイバ接続構造の一実施形態について説明する。

本実施形態のファイバ接続構造1は、例えば後述するファイバレーザ加工機10に適用されるものであり、図1に示すように、同一のコア径を有するフィーディングファイバケーブル2とプロセスファイバケーブル3とが融着により接続されている。図1中、2aはフィーディングファイバケーブル2のコア、2bはフィーディングファイバケーブル2のクラッドを示し、3aはプロセスファイバケーブル3のコア、3bはプロセスファイバケーブル3のクラッドを示し、4は融着部を示している。なお本明細書においては、2本のファイバケーブルの各々のコア径の差が±10%以下であれば、当該2本のファイバケーブルは同一のコア径を有しているものとする。たとえば、フィーディングファイバケーブル2のコア径が50μmである場合、プロセスファイバケーブル3のコア径が50±5μmの範囲にあれば、フィーディングファイバケーブル2とプロセスファイバケーブル3とは同一のコア径を有しており、各々のコア径が等しいものとする。

[0022] このようにコア径の等しいフィーディングファイバケーブル2とプロセスファイバケーブル3とを融着することで、両ケーブル2, 3のコア径の違い

による輝度の低下が抑制され、ビーム品質が向上する。また、カップリングユニットを排除したことで、コリメータレンズ、フォーカシングレンズによるレーザ光の収差がなく、出力低下、カップリングユニットによる装置の大型化、レンズ調整の煩雑さを回避することができる。

[0023] フィーディングファイバケーブル2とプロセスファイバケーブル3は融着部4が同一のコア径を有していればよいが、それぞれ一様のコア径を有することが好ましい。これにより、フィーディングファイバケーブル2とプロセスファイバケーブルに特別な加工を施すことなく、コア径の違いによる輝度の低下を抑制することができ、ビーム品質を向上させることができる。なお本明細書においては、ファイバケーブルのコア径の分布が $\pm 10\%$ 以下の範囲にあれば、当該ファイバケーブルは一様のコア径を有しているものとする。たとえば、フィーディングファイバケーブル2（またはプロセスファイバケーブル3）が、その全長にわたって $50 \pm 5 \mu\text{m}$ のコア径を有している場合、フィーディングファイバケーブル2（またはプロセスファイバケーブル3）は一様のコア径を有しているものとする。

[0024] 融着処理は、フィーディングファイバケーブル2とプロセスファイバケーブル3との端面を対向させて配置し、両端面を突き当てた状態で加熱することで行われる。この融着処理は、光ファイバ融着接続機を用いて行うことができるが、調心性能に優れたコア直視型光ファイバ融着接続機を用いて行うことが好ましい。光ファイバ融着接続機を用いて融着処理を行うことで、従来よりもコア径の小さいプロセスファイバケーブル3を用いることが可能となり、コア径の小さいケーブル2，3同士を接続することにより、レーザの広がり角Mを小さくすることができ、切削速度を上げることができる。

[0025] フィーディングファイバケーブル2とプロセスファイバケーブル3のコア径は、約 $100 \mu\text{m}$ 以下が好ましく、約 $50 \mu\text{m}$ 以下がさらに好ましい。クラッド径については特に限定されず、フィーディングファイバケーブル2とプロセスファイバケーブル3とで異なるクラッド径としてもよく、同一径であってもよい。

[0026] 続いて、本発明のファイバ接続構造 1 が適用されるファイバレーザ加工機とファイバレーザ発振器について図 2～図 10 を参照しながら説明する。

[0027] 図 2 及び図 3 に示すように、ファイバレーザ加工機 10（以下、レーザ加工機と呼ぶ。）は、加工機本体 20 と、加工機本体 20 に接続されるファイバレーザ発振器 21（以下、レーザ発振器と呼ぶ。）及び制御装置 22 と、加工機本体 20 に接続して配設されるパレットチェンジャ 23 と、空気中の窒素ガスを分離するために使用されるブースターコンプレッサ 24 やエアコンプレッサ 25、又は、酸素ガスポンプ 26などを備えるアシストガス供給部 27 と、レーザ発振器 21 及びレーザ加工ヘッド 40（以下、加工ヘッドと呼ぶ。）を冷却する冷却水を供給するチラーユニット 28、及び加工時に発生する塵埃などを排除する集塵機 29などを主に備える。

[0028] なお、本実施形態において、前方とは、加工機本体 20 とパレットチェンジャ 23 の並び方向（図 2 の X 方向）において加工機本体 20 寄りの方向を表わし、後方とは、該並び方向において、パレットチェンジャ 23 寄りの方向を表わす。また、左方及び右方は、該並び方向に直交する方向（図 2 の Y 方向）において、後方から前方を見たときの方向で表わされる。

[0029] 加工機本体 20 の一部をなし、加工機本体 20 の外形を形成するキャビン 30 内には、パレット 31 を所定の方向であるキャビン 30 の長手方向（X 方向）に駆動するパレット駆動機構 32 と、パレット 31 に搭載されたワーク W を加工するためのレーザ光を照射する加工ヘッド 40 と、加工ヘッド 40 を駆動する加工ヘッド駆動機構 49 と、加工時に切断された切り屑等を回収するための回収コンベア 60 と、が収容されている。

[0030] 図 4 に示すように、加工ヘッド 40 は、加工機本体 20 に設けられ、加工ヘッド駆動機構 49 によって、X 方向、キャビン 30 の幅方向（Y 方向）及びキャビン 30 の上下方向（Z 方向）に移動可能である。具体的に、左右に設けられた一对の支持台 41 には、梁状の X 方向可動台 42 が跨って配置され、この X 方向可動台 42 は、X 軸モータ 43 により X 方向に駆動される。また、X 方向可動台 42 には、Y 軸モータ 44 により駆動されて Y 方向に移

動可能なY方向可動台45が配設されている。Y方向可動台45は、X方向可動台42内に配置された不図示のラックに、Y軸モータ44の回転軸に固定された不図示のピニオンが噛合するラックピニオン機構によりY方向に駆動される。また、Y方向可動台45には、Z軸モータ46により駆動されるラックピニオン機構を用いて加工ヘッド40がZ方向に移動可能に配設されている。

[0031] なお、図2の実線及び図3の点線で示す加工ヘッド40は、X方向で最も前方に位置した状態（パレット31の加工時設置位置）を表わし、図2及び図3の一点鎖線で示す加工ヘッド40は、X方向で最も後方に位置した状態を表わしている。

[0032] 加工ヘッド40には、レーザ発振器21から延びるプロセスファイバケーブル（先端のみ図示）3が、X方向用ケーブルベア（登録商標）48x、及びY方向用ケーブルベア（登録商標）48yを介して配索することで接続されている。また、加工ヘッド40内には、プロセスファイバケーブル3の出射端から出射されたレーザ光を平行光線化するためのコリメータレンズ51と、平行光線化されたレーザ光を集光するための集光レンズ52と、が配置されており、集光レンズ52は、加工ヘッド40に対してZ方向に位置調整自在に設けられている。

[0033] また、図5に示すように、加工ヘッド40の周囲には、チラーユニット28から供給される冷却管56が接続されており、プロセスファイバケーブル3の出射端と、集光レンズ52の周囲を冷却する。さらに、加工ヘッド40の周囲には、加工ヘッド40内に、アシストガス供給部27から窒素ガス、或いは酸素ガスのアシストガスを供給するガス供給管57や、加工ヘッド40のレーザノズル53近傍に向けて、窒素ガス、或いは酸素ガスのアシストガスを吹き付けるサイドノズル54に接続されるガス供給管58が設けられている。

[0034] これらの冷却管56やガス供給管57、58は、Z方向用ケーブルベア（登録商標）48zを通過した後、プロセスファイバケーブル3とともに、X

方向用ケーブルベア（登録商標）48x、及びY方向用ケーブルベア（登録商標）48yに配索されて、チラーユニット28及びアシストガス供給部27に接続される。

[0035] 加工ヘッド40は、レーザ発振器21を作動させると、レーザ光がプロセスファイバケーブル3を介してコリメータレンズ51で平行光線化され、更に平行光線化されたレーザ光が集光レンズ52に入射して集光し、レーザノズル53からワークWの加工部に照射されてワークWを加工する。加工に際して、アシストガス供給部27から供給されるアシストガスは、レーザノズル53やサイドノズル54からワークWの加工部に向けて噴出して、加工時に生じた溶融した金属を吹き飛ばす。

[0036] 図2及び図3に示すように、パレット駆動機構32は、X方向に沿ってパレット31の右側面と対向する位置に配設され、駆動モータ33によって回転駆動される無端チェーン34と、パレット31の下面側に設けられた複数のローラ36が転動案内され、パレット31を支持するレール35と、を有する。そして、駆動モータ33により無端チェーン34が回転駆動すると、無端チェーン34に設けられたピン（図示せず）が、パレット31の係合部（図示せず）に係合し、レール35上のパレット31をX方向に移動させる。

[0037] 図6～図8に示すように、キャビン30には、正面30Fに開閉扉であるガルウイング38が設けられ、正面30Fに対して反対側となる背面30Bに横長スリット状に形成された搬入出口37が、パレットチェンジャ23に対応して設けられている。これにより、大ロット製品の加工時には、ワークWを載置するパレット31を搬入出口37を介して搬入出し、小ロット製品の加工時には、ガルウイング38からワークWを搬入出し、ロットの大きさに対応した搬入出作業を行うことができる。

[0038] また、キャビン30の正面30Fには、ガルウイング38の側方に第1操作盤75が配置され、左側面30Lには、第2操作盤70が背面30B寄りに配置されている。さらに、キャビン30の正面30Fで、ガルウイング3

8の下方には、作業者が足で操作可能なフットスイッチ76が配置されている。

[0039] キャビン30の右側面30Rには、レーザ発振器21を収納する凹状の発振器収納部30aが略中央部に配置されている。この発振器収納部30aに配置されるレーザ発振器21は、図9に示すように、箱型の筐体80内に、レーザ光を生成する複数（本実施形態では、4つ）のファイバレーザモジュール81が縦に積み重ねて收容され、その上方に、各ファイバレーザモジュール81からの出力ケーブル82が接続されるコンバイナ83が收容されている。さらに、コンバイナ83の上方には、コンバイナ83とフィーディングファイバケーブル2で接続される融着ボックス84が收容されている。

[0040] 融着ボックス84には、図10に示すように、フィーディングファイバケーブル2が導入される側と反対側に、加工ヘッド40に繋がるプロセスファイバケーブル3が導入され、融着ボックス84内にフィーディングファイバケーブル2とプロセスファイバケーブル3の融着部4が配置されている。コンバイナ83及び融着ボックス84は、それぞれ筐体80から引き出し可能なコンバイナテーブル85及び融着テーブル86上に配置されている。

[0041] 図2及び図3、図6に戻って、パレットチェンジャ23は、搬入出口37が設けられたキャビン30の背面30Bに対向して配置されている。パレットチェンジャ23は、図2に示す駆動機構61によって上下駆動される可動フレーム62を有し、可動フレーム62の左右側方に設けられた角張った略Cの字状レール63上に2台のパレット31を上下に2段配置することができる。

[0042] 上側のパレット31は、角張った略Cの字状レール63の上側レール面63a上に載置され、また、下側のパレット31は、角張った略Cの字状レール63の下側レール面63b上に載置される。角張った略Cの字状レール63上に2段配置されたパレット31は、駆動機構61で可動フレーム62を上下駆動することで、角張った略Cの字状レール63上のパレット31を上下に移動して、キャビン30内に配設されたレール35と同じ高さとなるよ

うに高さ調節が可能であり、該レール 35 と同じ高さに位置するパレット 31 を、搬入出口 37 を介してパレットチェンジャ 23 とキャビン 30 内との間で搬入出することができる。

[0043] また、可動フレーム 62 の下方には、ワーク W をパレット 31 の基準に突き当てるため、ワーク W をパレット 31 上で移動させるためのフリーベアリング 64 を最上部に備えるワークリフタ 66 が昇降可能に設けられている（図 6 参照）。なお、図 2 及び図 3 において、符号 65 は、ワークリフタ 66 を上下駆動する駆動機構 67 を作動させるためのフートスイッチである。

[0044] 図 2 に示すように、パレットチェンジャ 23 を囲う作業エリア WA の各角部には、投光器 71、反射板 72、及び受光器 73 からなるセンサが配置されており、投光器 71 から照射した光を、3つの反射板 72 で反射して受光器 73 で受光することにより、作業エリア WA 内への作業者等の出入りを監視している。また、キャビン 30 の背面 30B には、エリアセンサ 74 が配設されて、作業エリア WA 内の作業者等の有無を検出する。投光器 71、反射板 72、及び受光器 73 からなるセンサ、またはエリアセンサ 74 が作動したときは、作業エリア WA 内に作業者等がいると判断してパレットチェンジャ 23 の搬入出作業を禁止し、これにより作業者等の安全が確保される。

[0045] 本実施形態のファイバ接続構造 1 は、上記したレーザ加工機 10 に限らず種々のファイバレーザ加工機に適用することができるが、特に上記したレーザ加工機 10 に適用することで、フィーディングファイバケーブル 2 とプロセスファイバケーブル 3 との融着部 4 を、レーザ発振器 21 の筐体 80 内から引き出し可能な融着テーブル 86 上に配置することができる。これにより、フィーディングファイバケーブル 2 とプロセスファイバケーブル 3 との融着処理が容易となり、通常、工場等のクリーンルームで行われる融着処理を、レーザ加工機 10 の組立場所、又は、レーザ加工機 10 の設置場所等で行うことが可能となる。即ち、プロセスファイバケーブル 3 の交換時等、筐体 80 内から融着テーブル 86 を引き出し、引き出した部分を簡易クリーンブースで覆って簡易的なクリーンルームを形成することで容易に融着処理を行

うことができる。なお、融着テーブル 86 と融着ボックス 84 は一体に形成されていてもよく、別体で形成されていてもよい。

[0046] また、コンバイナテーブル 85 は必ずしも筐体 80 から引き出し可能である必要はないが、融着テーブル 86 と同様に引き出し可能とすることで、ファイバレーザモジュール 81 の交換、増設等の作業を容易に行うことが可能となる。

[0047] また、レーザ加工機 10 では、レーザ発振器 21 をキャビン 30 の右側面 30R に形成された発振器収納部 30a に收容することができるので、加工機本体 20 から離れてレーザ発振器が設置されている場合に比べて、まとまりがよく、加工機本体 20 のキャビン 30 に收容できるためレーザ加工機 10 全体を小型化することができる。また、フィーディングファイバケーブル 2 とプロセスファイバケーブル 3 とを融着した状態で、レーザ発振器 21 とファイバレーザ加工機本体 20 とを一緒に運搬することができる。

実施例

[0048] 以下、本発明の実施例について説明する。

本発明のファイバ接続構造の効果を実証するため、本発明のファイバ接続構造を採用した出力 1 kW のファイバレーザ加工機（実施例 1）、本発明の出力 2 kW のファイバレーザ加工機（実施例 2）、従来の出力 2 kW のファイバレーザ加工機（比較例 1）、従来の出力 4 kW のファイバレーザ加工機（比較例 2）、出力 2 kW の炭酸ガスレーザ加工機（比較例 3）を用いて、ドロスが発生しない範囲（いわゆる、ドロスフリー切断）の切断速度（以下、上限切断速度と呼ぶ。）について測定した。測定には、SUS304 製の 3 種類の板厚（ $t = 1\text{ mm}$ 、 2 mm 、 3 mm ）の薄板を用いて、直線状に切断を行った。

[0049] 図 11 は、それぞれのファイバレーザ加工機における板厚に対する上限切断速度をまとめたグラフであり、図 12（a）は板厚 1 mm のときのそれぞれのファイバレーザ加工機の上限切断速度を示すグラフであり、図 12（b）は板厚 2 mm のときのそれぞれのファイバレーザ加工機の上限切断速度を

示すグラフである。

[0050] 図 1 1 から、板厚 3 mm ではそれほど上限切断速度に差はなかったが、板厚が薄くなるにつれて上限切断速度に大きな差が生じた。板厚 $t = 2 \text{ mm}$ の場合、図 1 2 (b) から明らかなように、実施例 1 のファイバレーザ加工機は、2 倍の出力を有する、比較例 1 のファイバレーザ加工機及び比較例 3 の炭酸ガスレーザ加工機とほぼ同程度の上限切断速度を示した。また、実施例 2 のファイバレーザ加工機は、同じ出力を有する比較例 1 のファイバレーザ加工機及び比較例 3 の炭酸ガスレーザ加工機の 3 倍以上の上限切断速度を示し、さらに 2 倍の出力を有する比較例 2 のファイバレーザ加工機とほぼ同程度の上限切断速度を示した。

[0051] 板厚 $t = 1 \text{ mm}$ の場合、図 1 2 (a) から明らかなように、実施例 1 のファイバレーザ加工機は、2 倍の出力を有する、比較例 1 のファイバレーザ加工機と同程度の上限切断速度を示し、比較例 3 の炭酸ガスレーザ加工機の約 3 倍の上限切断速度を示した。また、実施例 2 のファイバレーザ加工機は、同じ出力を有する、比較例 1 のファイバレーザ加工機の 2 倍以上、比較例 3 の炭酸ガスレーザ加工機の 6 倍以上の上限切断速度を示し、さらに 2 倍の出力を有する比較例 2 のファイバレーザ加工機よりも高い上限切断速度を示した。

[0052] このように本実施形態のファイバ接続構造を採用したファイバレーザ加工機によれば、特に 2 mm 以下の薄板材の切断に際し、同じ出力を有するレーザ加工機及び炭酸ガスレーザ加工機に比べて顕著に高い上限切断速度を示し、2 倍の出力を有するレーザ加工機とほぼ同程度の上限切断速度を示した。これは、同じ出力を有するレーザ加工機に対しては上限切断速度の違いから同じ切断作業を短時間で行うことができることを意味し、2 倍の出力を有するレーザ加工機に対しては同じ切断作業を少ない消費電力で行うことができることを意味している。

[0053] 以上説明したように、本発明によれば、融着によりフィーディングファイバケーブル 2 とプロセスファイバケーブル 3 とを接続することで、フィーデ

ィングファイバケーブル2のコア径と等しいコア径のプロセスファイバケーブル3を用いることができ、コア径の違いによる輝度の低下を抑制することができ、ビーム品質を向上させることができる。また、融着によりプロセスファイバケーブル3のコア径を従来よりも小さくすることが可能となり、ビームモードとも称されるレーザの広がり角を小さくすることができ、切削速度を上げることができる。

[0054] 尚、本発明は、前述した実施形態に限定されるものではなく、適宜、変形、改良、等が可能である。

[0055] 例えば、レーザ発振器21の筐体80内の構成については、上記実施形態に限定されるものではなく、複数のファイバレーザモジュール81が横に並べて配置されていてもよい。また、少なくとも1つのファイバレーザモジュール81が収容されていればよく、その数は適宜変更することができ、後に増設できるようにモジュール設置空間が確保されていてもよい。

符号の説明

- [0056]
- | | |
|-----|-----------------|
| 1 | ファイバ接続構造 |
| 2 | フィーディングファイバケーブル |
| 3 | プロセスファイバケーブル |
| 4 | 融着部 |
| 10 | ファイバレーザ加工機 |
| 20 | 加工機本体 |
| 21 | ファイバレーザ発振器 |
| 30 | キャビン |
| 30a | 発振器収容部 |
| 40 | レーザ加工ヘッド |
| 80 | 筐体 |
| 81 | ファイバレーザモジュール |
| 86 | 融着テーブル |

請求の範囲

- [請求項1] レーザ光を照射するレーザ加工ヘッドを設けた加工機本体と、
レーザ光を生成するファイバレーザモジュール及び該ファイバレーザモジュールが生成したレーザ光をまとめて取り出すフィーディングファイバケーブルを有するファイバレーザ発振器と、
該ファイバレーザ発振器のフィーディングファイバケーブルによって取り出されるレーザ光を前記加工機本体のレーザ加工ヘッドに伝送するプロセスファイバケーブルと、を備えたファイバレーザ加工機であって、
前記フィーディングファイバケーブルと前記プロセスファイバケーブルとは融着により接合され、
前記フィーディングファイバケーブルと前記プロセスファイバケーブルのコア径が等しいことを特徴とするファイバレーザ加工機。
- [請求項2] 前記フィーディングファイバケーブルと前記プロセスファイバケーブルは、それぞれ一様のコア径を有することを特徴とする請求項1に記載のファイバレーザ加工機。
- [請求項3] 前記ファイバレーザ発振器は、前記ファイバレーザモジュールと前記フィーディングファイバケーブルを収容する筐体を備え、
前記フィーディングファイバケーブルと前記プロセスファイバケーブルとの融着部は、前記筐体内に収容される引き出し可能な融着テーブル上に配置されることを特徴とする請求項1又は2に記載のファイバレーザ加工機。
- [請求項4] 前記加工機本体は、前記レーザ加工ヘッドを収容し前記加工機本体の外形を形成するキャビンを備え、
前記キャビンは、側面に前記ファイバレーザ発振器を収容する発振器収容部を有し、該発振器収容部に前記ファイバレーザ発振器が前記筐体の状態で収容されることを特徴とする請求項3に記載のファイバレーザ加工機。

[請求項5] レーザ光を生成するファイバレーザモジュール及び該ファイバレーザモジュールが生成したレーザ光をまとめて取り出すフィーディングファイバケーブルを有するファイバレーザ発振器と、前記フィーディングファイバケーブルによって取り出されるレーザ光をレーザ加工ヘッドに伝送するプロセスファイバケーブルとを備えたファイバレーザ加工機に用いられ、前記フィーディングファイバケーブルと前記プロセスファイバケーブルとを接続するファイバ接続方法であって、

前記ファイバレーザ発振器の筐体内に設けられた引き出し可能な融着テーブル上で、融着することを特徴とするファイバ接続方法。

[請求項6] レーザ光を生成するファイバレーザモジュールと、

該ファイバレーザモジュールが生成したレーザ光をまとめて取り出すフィーディングファイバケーブルと、

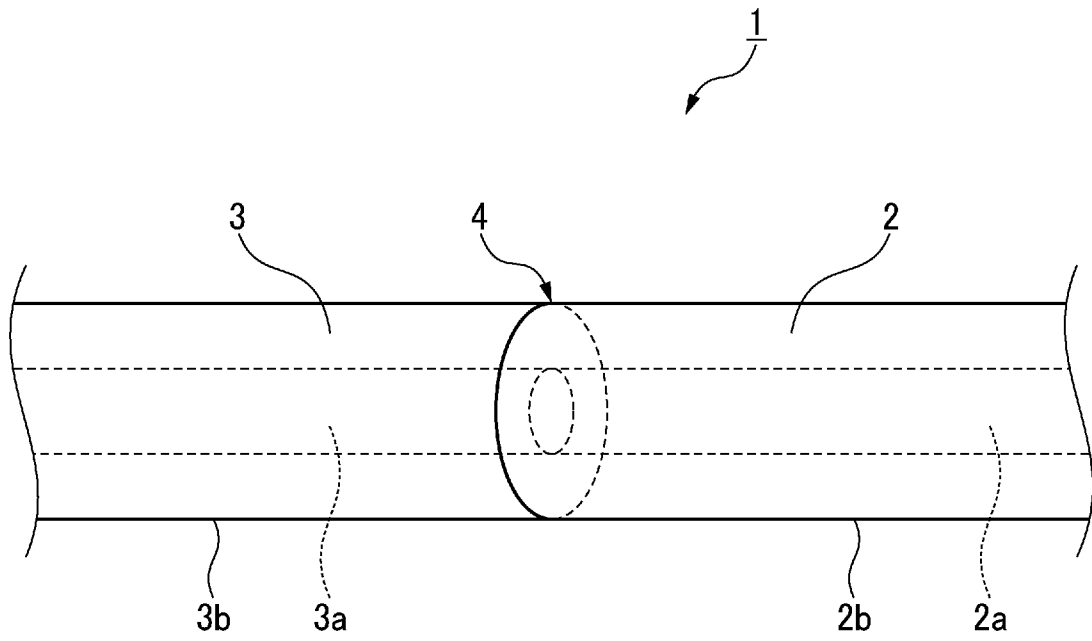
前記ファイバレーザモジュールと前記フィーディングファイバケーブルを収容する筐体と、を備え、

レーザ加工ヘッドにレーザ光を伝送するプロセスファイバケーブルに接続されるファイバレーザ発振器であって、

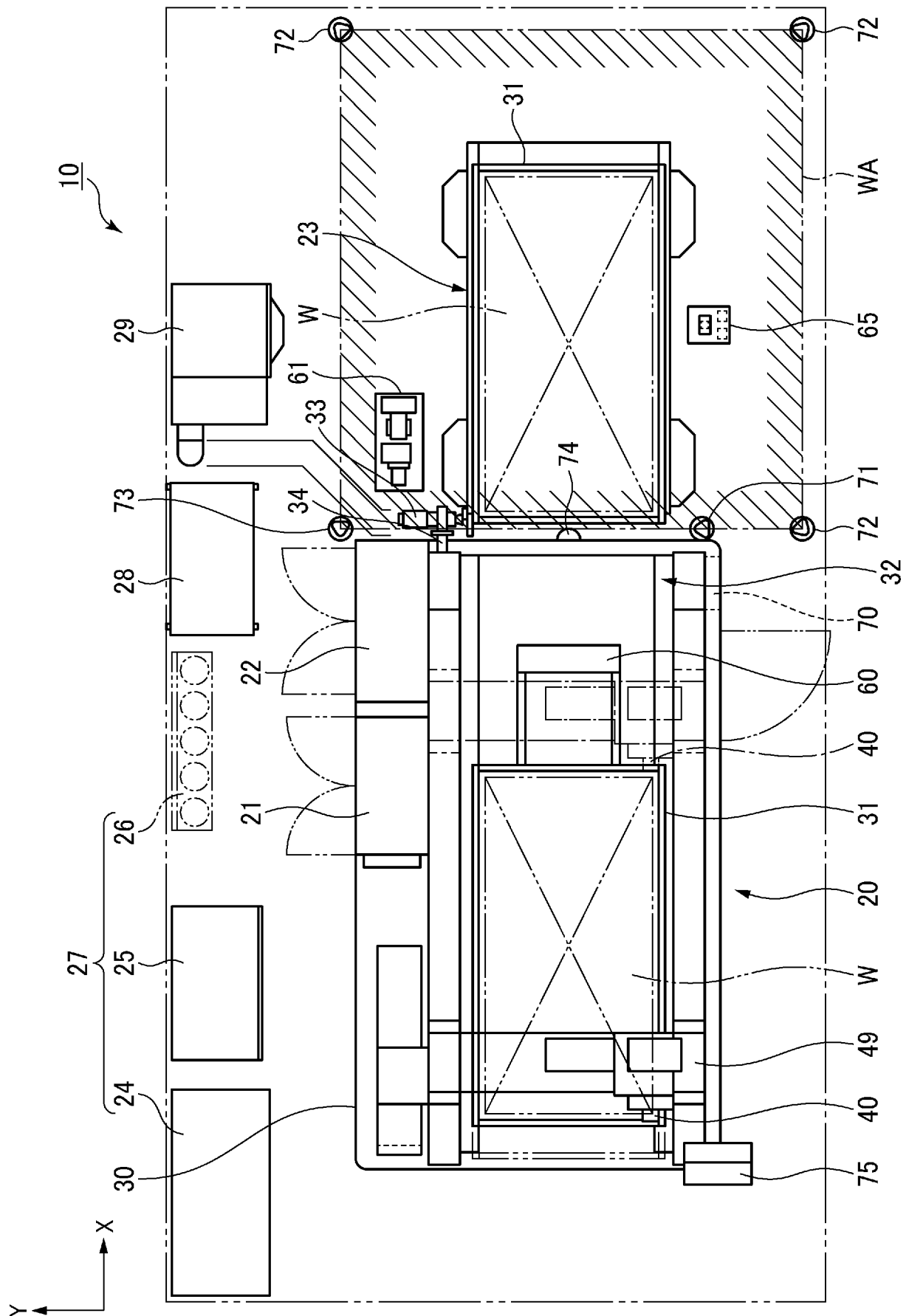
前記フィーディングファイバケーブルと前記プロセスファイバケーブルとは融着により接合され、

前記フィーディングファイバケーブルと前記プロセスファイバケーブルとの融着部は、前記筐体内に、引き出し可能に収容される融着テーブル上に配置されることを特徴とするファイバレーザ発振器。

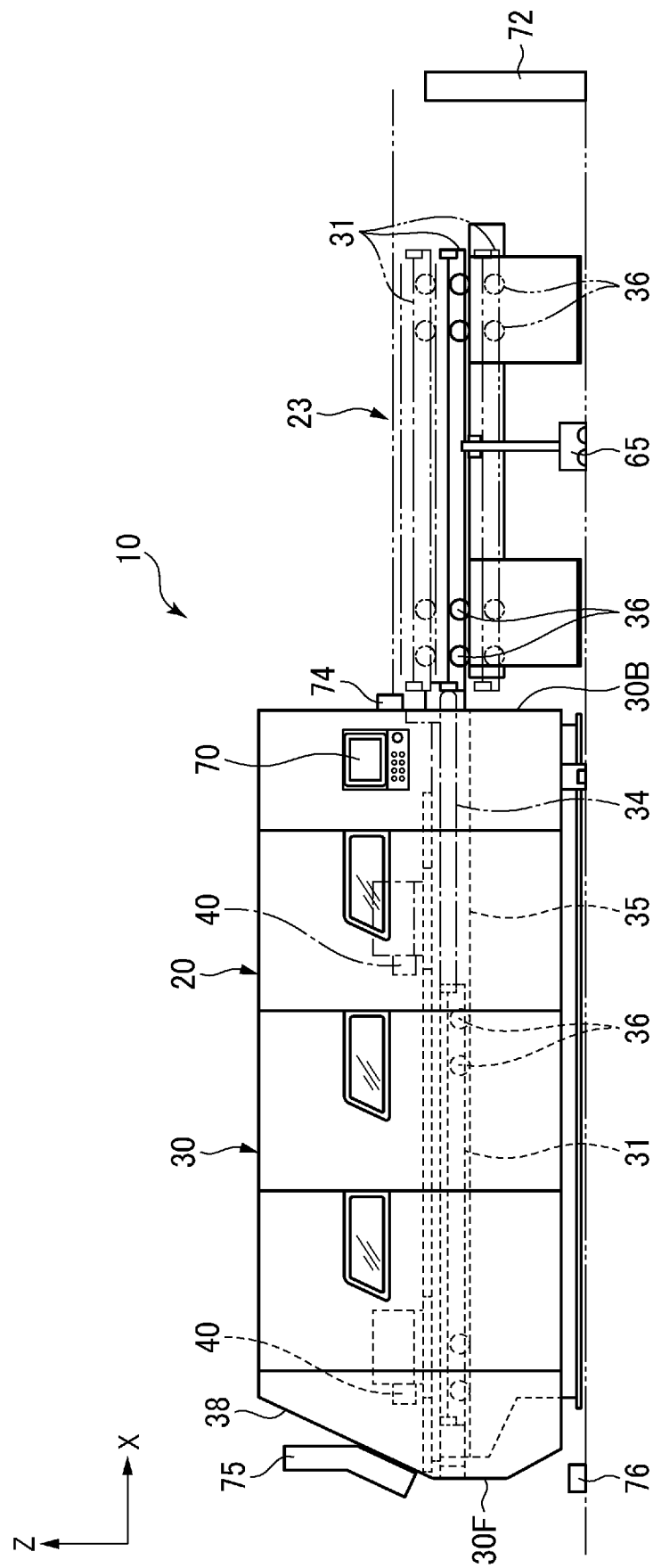
[図1]



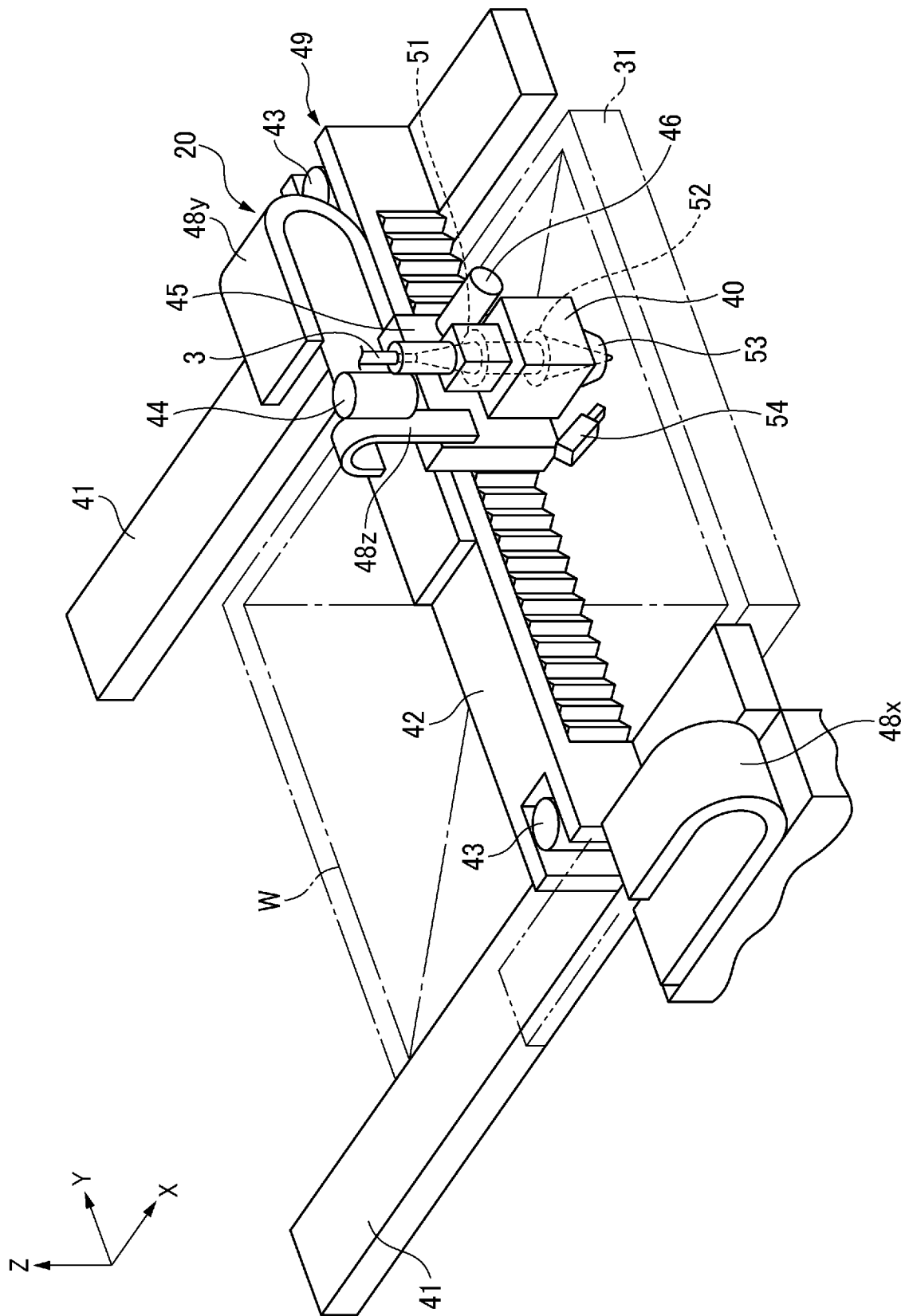
[図2]



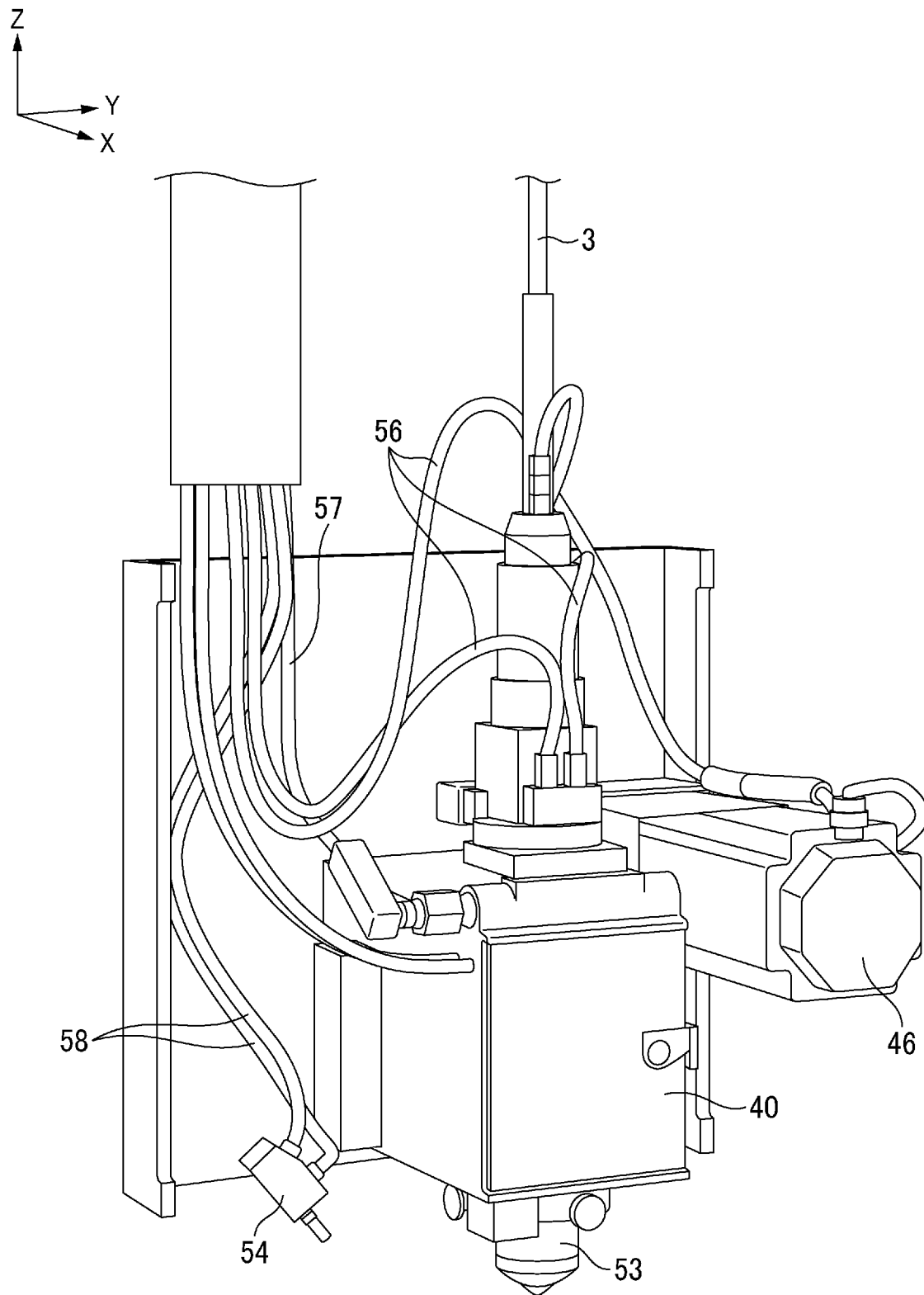
[図3]



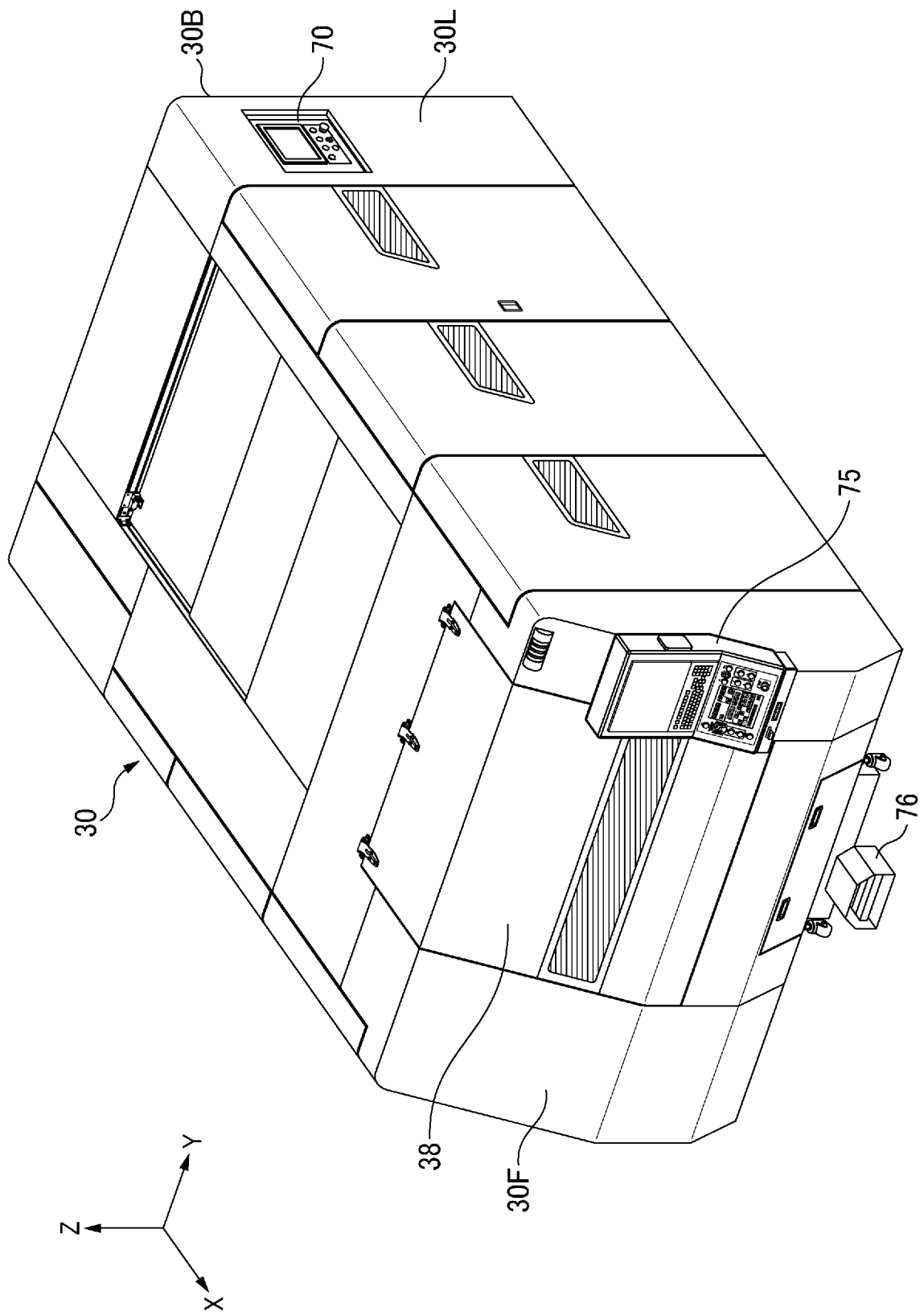
[図4]



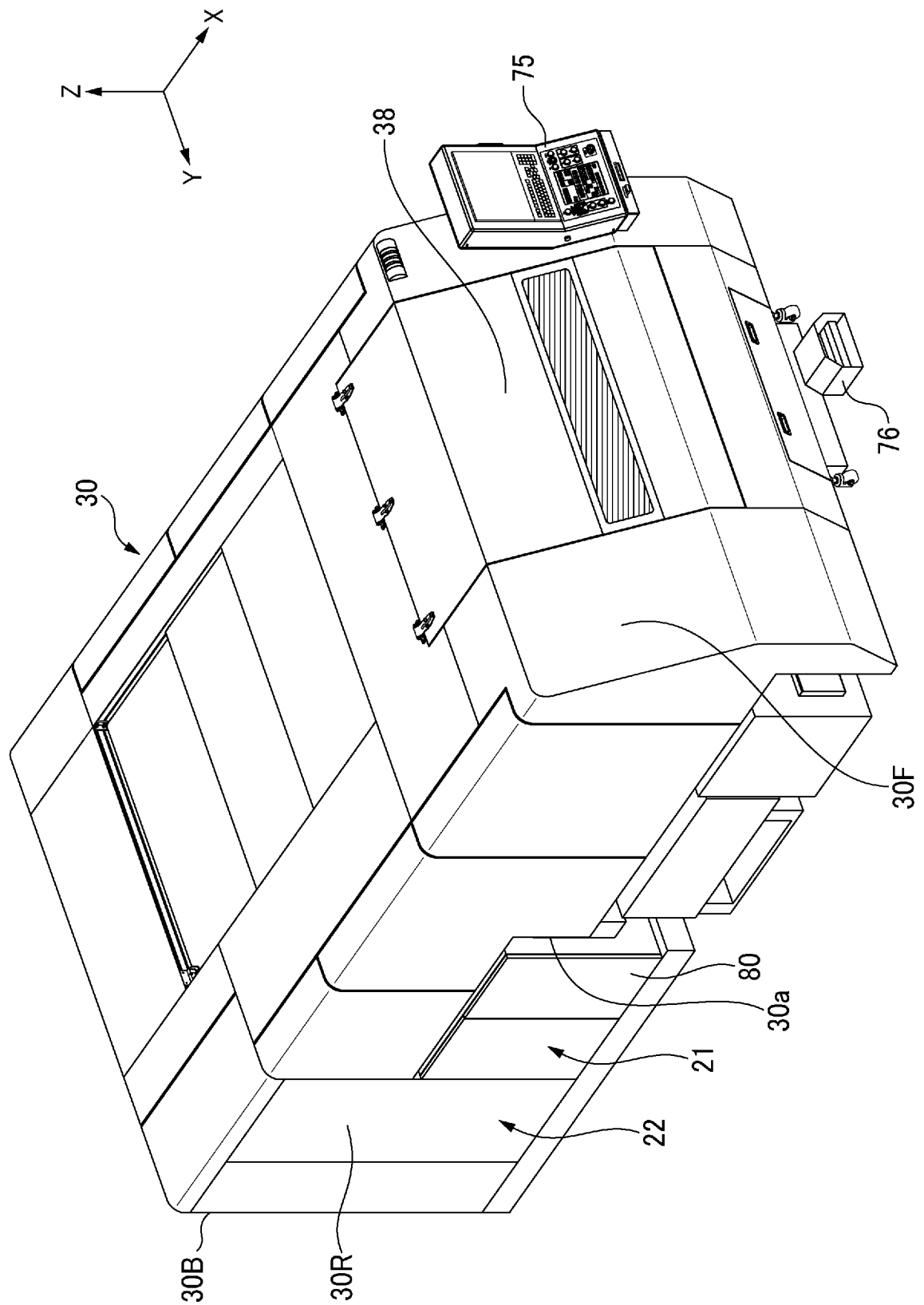
[図5]



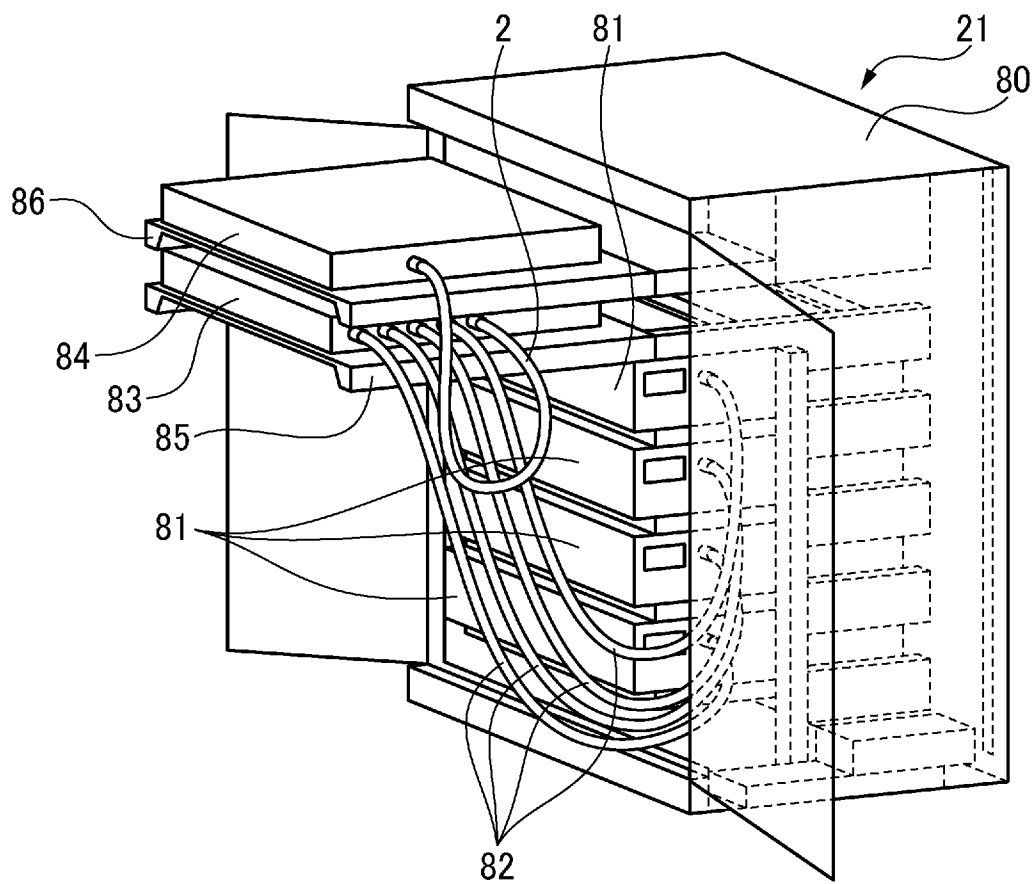
[図7]



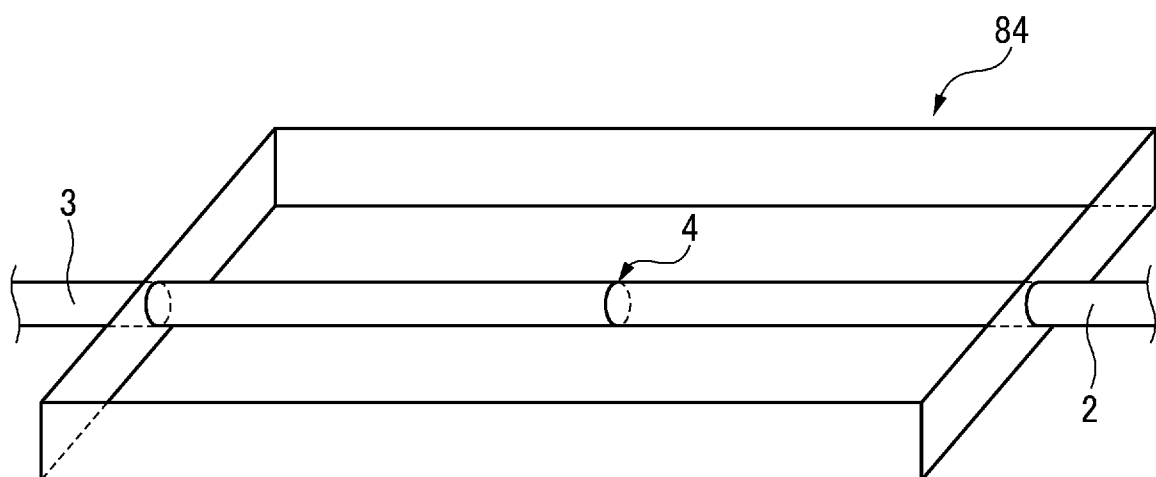
[図8]



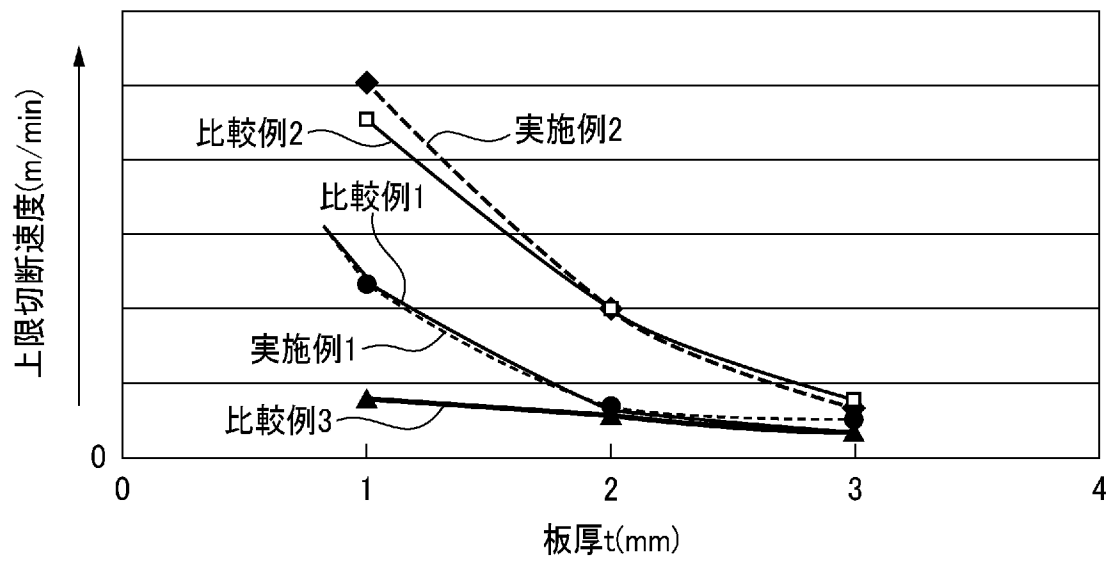
[図9]



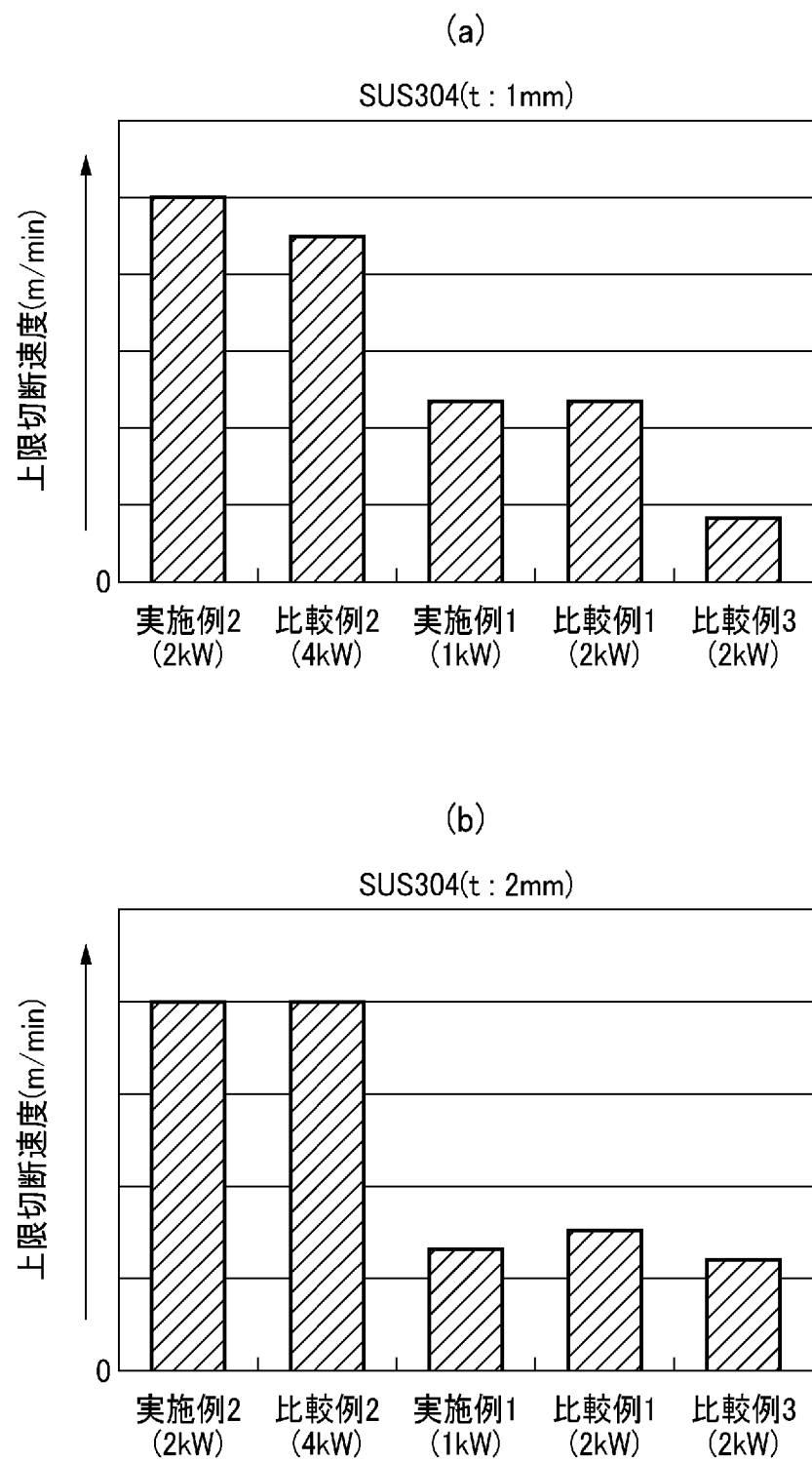
[図10]



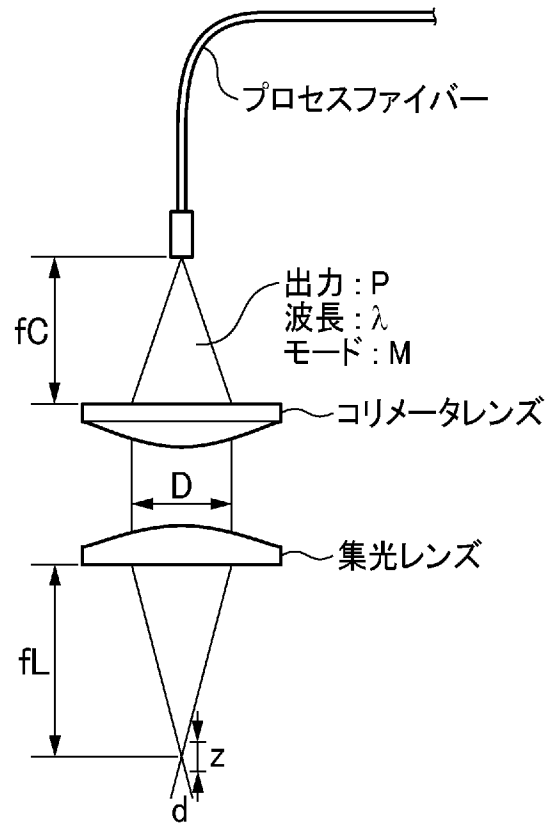
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/078802

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K26/064(2014.01)i, B23K26/38(2014.01)i, G02B6/255(2006.01)i, H01S3/067(2006.01)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)

B23K26/08, B23K26/38, G02B6/255, H01S3/067

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	WO 2012/108503 A1 (Sumitomo Electric Industries, Ltd., Okayama University), 16 August 2012 (16.08.2012), paragraphs [0022] to [0034], [0078] to [0079]; fig. 2, 19 & JP 2012-196711 A & US 2012/0255935 A1	1 1-6
Y	JP 2010-167433 A (Omron Corp.), 05 August 2010 (05.08.2010), paragraphs [0021], [0045] to [0072], [0112] to [0115]; fig. 1 to 2, 9 (Family: none)	1-6

☒ 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
13 December, 2013 (13.12.13)

Date of mailing of the international search report
24 December, 2013 (24.12.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/078802

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2012/053045 A1 (Nippon Steel Corp.), 26 April 2012 (26.04.2012), paragraphs [0021] to [0025]; fig. 1 to 3 & US 2013/0215914 A1 & EP 2631999 A1 & CN103155308 A	1-6
Y	JP 2009-115962 A (Hataken Co., Ltd., Energia Communications, Inc., The Chugoku Electric Power Co., Inc.), 28 May 2009 (28.05.2009), claims; paragraphs [0024] to [0028]; fig. 1 to 7 (Family: none)	3-6
Y	JP 2006-227041 A (Osaki Electric Co., Ltd.), 31 August 2006 (31.08.2006), claims; paragraphs [0019] to [0035]; fig. 4 to 12 (Family: none)	3-6
Y	JP 8-206870 A (Amada Co., Ltd., Amada Wasino Co., Ltd.), 13 August 1996 (13.08.1996), paragraphs [0002] to [0004]; fig. 7 to 8 (Family: none)	4
Y	JP 2006-192454 A (Amada Co., Ltd.), 27 July 2006 (27.07.2006), claims; paragraphs [0019] to [0042]; fig. 1 to 6 (Family: none)	4
Y	JP 10-156568 A (Hitachi Telecom Technologies, Ltd.), 16 June 1998 (16.06.1998), claim 1; paragraphs [0021] to [0029]; fig. 1 to 2 (Family: none)	4
Y	JP 6-190581 A (Amada Co., Ltd.), 12 July 1994 (12.07.1994), claim 1; paragraphs [0012] to [0027]; fig. 1 to 2 (Family: none)	4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B23K26/064(2014.01)i, B23K26/38(2014.01)i, G02B6/255(2006.01)i, H01S3/067(2006.01)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（I P C））

Int.Cl. B23K26/08, B23K26/38, G02B6/255, H01S3/067

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
X Y	WO 2012/108503 A1（住友電気工業株式会社, 国立大学法人岡山大学） 2012.08.16, 段落[0022]-[0034], [0078]-[0079], 図 2, 19 & JP 2012-196711 A & US 2012/0255935 A1	1 1 - 6
Y	JP 2010-167433 A（オムロン株式会社）2010.08.05, 段落【0021】， 【0045】 - 【0072】，【0112】 - 【0115】，図 1-2, 9（ファミリーなし）	1 - 6
Y	WO 2012/053045 A1（新日本製鐵株式会社）2012.04.26, 段落 [0021]-[0025], 図 1-3 & US 2013/0215914 A1 & EP 2631999 A1 & CN	1 - 6

☒ 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

1 3 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 4 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

田合 弘幸

3 P

9 6 2 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 6 4

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
	103155308 A	
Y	JP 2009-115962 A (株式会社ハタ研削, 株式会社エネルギア・コミュニケーションズ, 中国電力株式会社) 2009. 05. 28, 特許請求の範囲, 段落【0024】 - 【0028】, 図 1-7 (ファミリーなし)	3 - 6
Y	JP 2006-227041 A (大崎電気工業株式会社) 2006. 08. 31, 特許請求の範囲, 段落【0019】 - 【0035】, 図 4-12 (ファミリーなし)	3 - 6
Y	JP 8-206870 A (株式会社アマダ, 株式会社アマダワシノ) 1996. 08. 13, 段落【0002】 - 【0004】, 図 7-8 (ファミリーなし)	4
Y	JP 2006-192454 A (株式会社アマダ) 2006. 07. 27, 特許請求の範囲, 段落【0019】 - 【0042】, 図 1-6 (ファミリーなし)	4
Y	JP 10-156568 A (株式会社日立テレコムテクノロジー) 1998. 06. 16, 請求項 1, 段落【0021】 - 【0029】, 図 1-2 (ファミリーなし)	4
Y	JP 6-190581 A (株式会社アマダ) 1994. 07. 12, 請求項 1, 段落【0012】 - 【0027】, 図 1-2 (ファミリーなし)	4