

(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
2016年4月21日(21.04.2016)



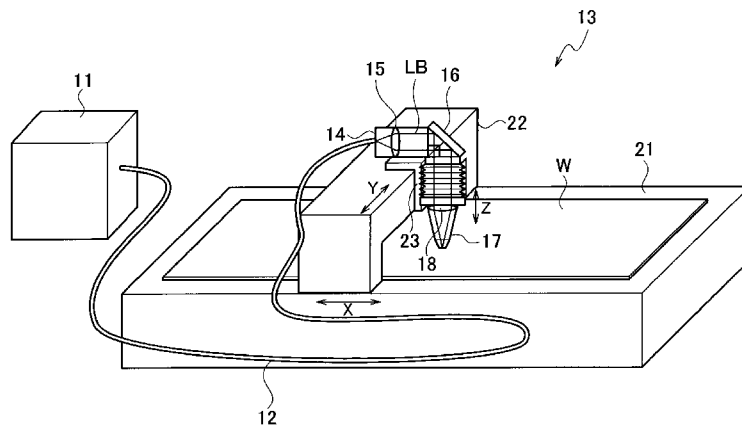
(10) 国際公開番号
WO 2016/059937 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 26/38 (2014.01) B23K 26/142 (2014.01)
B23K 26/064 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/076458
- (22) 国際出願日: 2015年9月17日(17.09.2015)
- (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 2014-211022 2014年10月15日(15.10.2014) 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200番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 石黒 宏明 (ISHIGURO, Hiroaki); 〒
2591196 神奈川県伊勢原市石田200番地
Kanagawa (JP). 杉山 明彦 (SUGIYAMA, Akihiko);
〒2591196 神奈川県伊勢原市石田200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, 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, KN, KP, KR, 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
ラシア (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: SHEET METAL PROCESSING METHOD USING DIRECT DIODE LASER, AND DIRECT DIODE LASER PROCESSING DEVICE FOR CARRYING OUT SAID METHOD

(54) 発明の名称: ダイレクトダイオードレーザー光による板金の加工方法及びこれを実行するダイレクトダイオードレーザー加工装置



(57) Abstract: When processing sheet-metal using a multi-wavelength laser, this sheet metal processing method and direct diode laser processing device result in minimal dross adhesion and allow adherent dross to be easily peeled off. In this sheet metal processing method and direct diode laser processing device, when cutting sheet metal that is 2mm thick or thicker, a laser from a DDL module is irradiated onto the sheet metal, condensed using a condenser lens which has a focal distance $f \geq 150\text{mm}$ and is arranged, with respect to the top surface of the sheet metal, at a focal position Pf with $-2.0\text{mm} < \text{Pf} \leq$ approximately 0.0mm , and, when cutting sheet metal less than 2mm thick, irradiates a laser from the DDL module onto the sheet metal, condensed using a condenser lens which has a focal distance $f \leq 120\text{mm}$ and is arranged, with respect to the top surface of the sheet-metal, at a focal position Pf with $0.0\text{mm} < \text{Pf} \leq 2.0\text{mm}$.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/059937 A1



厚さ2mm以上の板金を切断する場合には、焦点距離 $f \geq 150\text{mm}$ を有し、焦点位置 Pf を板金の上面を基準として $-2.0\text{mm} < Pf \leq \text{約} 0.0\text{mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、DDLモジュールからのレーザー光を板金に照射し、厚さ2mmより薄い板金を切断する場合には、焦点距離 f として $f \leq 120\text{mm}$ を有し、焦点位置 Pf を板金の上面を基準として $0.0\text{mm} < Pf \leq 2.0\text{mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、DDLモジュールからのレーザー光を板金に照射することで、多波長のレーザー光を用いて板金加工を行う際に、ドロスの付着状態が少なく、また付着したドロスも剥がし易い、板金の加工方法及びダイレクトダイオードレーザー加工装置。

明 細 書

発明の名称：

ダイレクトダイオードレーザ光による板金の加工方法及びこれを実行する
ダイレクトダイオードレーザ加工装置

技術分野

[0001] 本発明は、ダイレクトダイオードレーザ光による板金の加工方法及びこれを実行するダイレクトダイオードレーザ加工装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、板金加工用のレーザ加工装置として、炭酸ガス（CO₂）レーザ発振器やYAGレーザ発振器、ファイバレーザ発振器をレーザ光源として用いたものが知られている。ファイバレーザ発振器は、YAGレーザ発振器よりも光品質に優れ、発振効率が極めて高い等の利点を有する。このため、ファイバレーザ発振器を用いたファイバレーザ加工装置は、産業用、特に板金加工用（切断又は溶接等）に利用されている。

[0003] 更に近年では、ダイレクトダイオードレーザ（DDL：Direct Diode Laser）モジュールをレーザ光源として用いるレーザ加工機が開発されている。DDLモジュールは、複数のレーザダイオード（LD：Laser Diode）で生成された多波長（multiple-wavelength）のレーザ光を重畳し、伝送ファイバを用いて加工ヘッドまで伝送する。そして、伝送ファイバの端面から射出されたレーザ光は、コリメータレンズ及び集光レンズ等により被加工材（ワーク）上に集光されて照射される。

[0004] ところで、レーザ加工において、ドロスの発生を抑制するために、レーザ光の焦点を、ワークの切断位置より上方に位置せしめ、切断幅がワーク板厚の略2分の1になるように、焦点ディフォーカスする切断方法が知られている（特許文献1）。

[0005] しかしながら、特許文献1では、ドロス発生抑制はまだ十分でなかった。

[0006] また、今までのレーザ加工機では、多波長のレーザ光を用いて加工を行う

場合については、具体的に検討されていなかった。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開平11-170077

発明の概要

[0008] 本発明は上記課題に鑑みて成されたものであり、その目的は、多波長のレーザ光を用いて板金加工を行う際に、ドロスの付着状態が少なく、また付着したドロスも剥がし易い、板金の加工方法及びこれを実行するダイレクトダイオードレーザ加工装置を提供することである。

[0009] 本発明の側面によれば、DDLモジュールから多波長のレーザ光を発振することと、発振された多波長のレーザ光を伝送することと、厚さ2mm以上の板金を切断する場合には、伝送された多波長のレーザ光を、焦点距離 $f \geq 150\text{mm}$ を有し、焦点位置 Pf を板金の上面を基準として $-2.0\text{mm} < Pf \leq 約0.0\text{mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、DDLモジュールからのレーザ光を板金に照射することによって板金を切断して加工することからなる、板金の加工方法が提供される。

[0010] 好ましくは、加工点に供給されるアシストガスのガス圧は1.5MPa(メガパスカル)以上である。

[0011] 好ましくは、前記DDLモジュールからのレーザ光は、少なくとも2つ以上の多波長 (multiple-wavelength) レーザ光で構成され、何れのレーザ光の波長も1000nm未満である。

[0012] 好ましくは、前記DDLモジュールからのレーザ光の波長 (Wavelength) は800nm以上990nm以下の多波長 (multiple-wavelength) で構成される。

[0013] 好ましくは、前記DDLモジュールから出射されるレーザ光のBPP (ビームパラメータ積 (Beam parameter product)) は、7mm*mrاد以上20mm*mrاد以下である。

[0014] 好ましくは、レーザ光のBPP (ビームパラメータ積 (Beam parameter product)) が、10.3mm*mrادである

- [0015] 好ましくは、前記ビームウエスト (Beam waist diameter) は、 $150\ \mu\text{m}$ 以上 $370\ \mu\text{m}$ 以下の径である。
- [0016] 好ましくは、前記ビームウエスト (Beam waist diameter) は、 $300\ \mu\text{m}$ 以上 $364\ \mu\text{m}$ 以下である。
- [0017] 好ましくは、焦点レンズの入射直径は $20\ \text{mm}$ で、集光直径 d は、 $300\ \mu\text{m}$ \sim $364\ \mu\text{m}$ である。
- [0018] 好ましくは、レーザ光のレーリー長は、 $1.5\ \text{mm}$ 以上 $6\ \text{mm}$ 以下である。
- [0019] 好ましくは、レーザ光のレーリー長は、 $2.2\ \text{mm}$ 以上 $3.4\ \text{mm}$ 以下である。
- [0020] 前記板金はアルミ板金であるのが好ましい。
- [0021] また、前記板金は厚さが $100\ \mu\text{m}$ 以下であるのが好ましい。
- [0022] 本発明の他の側面によれば、DDLモジュールから多波長のレーザ光を発振することと、発振された多波長のレーザ光を伝送することと、厚さ $2\ \text{mm}$ より薄い板金を切断する場合には、伝送された多波長のレーザ光を、焦点距離 $f \leq 120\ \text{mm}$ を有し、焦点位置 P_f を板金の上面を基準として $0.0\ \text{mm} < P_f \leq 2.0\ \text{mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、DDLモジュールからのレーザ光を板金に照射することによって板金を切断して加工することからなる、板金の加工方法が提供される。
- [0023] 好ましくは、加工点に供給されるアシストガスのガス圧は $0.8\ \text{MPa}$ 乃至 $1.5\ \text{MPa}$ である。
- [0024] 好ましくは、前記DDLモジュールからのレーザ光は、少なくとも2つ以上の多波長 (multiple-wavelength) レーザ光で構成され、何れのレーザ光の波長も $1000\ \text{nm}$ 未満である。
- [0025] 好ましくは、前記DDLモジュールからのレーザ光の波長 (Wavelength) は $800\ \text{nm}$ 以上 $990\ \text{nm}$ 以下の多波長 (multiple-wavelength) で構成される。
- [0026] 好ましくは、前記DDLモジュールから出射されるレーザ光のBPP (ビームパラメータ積 (Beam parameter product)) は、 $7\ \text{mm} \cdot \text{mrad}$ 以上 $20\ \text{mm} \cdot \text{mrad}$ 以下である。
- [0027] 好ましくは、レーザ光のBPP (ビームパラメータ積 (Beam parameter produ

ct)) が、 $10.3\text{mm}\cdot\text{mrad}$ である

[0028] 好ましくは、前記ビームウエスト (Beam waist diameter) は、 $150\ \mu\text{m}$ 以上
 $370\ \mu\text{m}$ 以下の径である。

[0029] 好ましくは、前記ビームウエスト (Beam waist diameter) は、 $300\ \mu\text{m}$ 以上
 $364\ \mu\text{m}$ 以下である。

[0030] 好ましくは、焦点レンズの入射径は、 $300\ \mu\text{m}$ 以上 $364\ \mu\text{m}$ 以下の径である

[0031] 好ましくは、レーザ光のレーリー長は、 1.5mm 以上 6mm 以下である。

[0032] 好ましくは、レーザ光のレーリー長は、 2.2mm 以上 3.4mm 以下である。

[0033] 前記板金はアルミ板金であるのが好ましい。

[0034] 本発明の更に他の側面によれば、DDLモジュールから多波長のレーザ光
を発振することと、発振された多波長のレーザ光を伝送することと、厚さ $2\ \text{mm}$
以上の板金切断する場合には、伝送された多波長のレーザ光を、焦点距
離 $f \geq 150\ \text{mm}$ を有し、焦点位置 Pf を板金の上面を基準として $-2.0\ \text{mm} < Pf \leq$
 $\text{約}0.0\ \text{mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、DDL
モジュールからのレーザ光を板金に照射することによって板金を切断して加
工することと、厚さ $2\ \text{mm}$ より薄い板金を切断する場合には、伝送された多
波長のレーザ光を、焦点距離 $f \leq 120\ \text{mm}$ を有し、焦点位置 Pf を板金の
上面を基準として $0.0\ \text{mm} < Pf \leq 2.0\ \text{mm}$ に配置した集光レンズを用
いて集光して、DDLモジュールからのレーザ光を板金に照射することによ
って板金を切断して加工することと、からなる板金の加工方法が提供される
。

[0035] この側面においては、厚さ $2\ \text{mm}$ 以上の板金切断する場合には、前記第1
の側面の後に記載した条件が充足されるのが好ましく、厚さ $2\ \text{mm}$ より薄い
板金を切断する場合には、前記第2の側面の後に記載した条件が充足される
のが好ましい。

[0036] 本発明の更に他の側面によれば、多波長のレーザ光を発振するDDLモジ
ュールと、前記DDLモジュールにより発振された多波長のレーザ光を伝送
する伝送ファイバと、厚さ $2\ \text{mm}$ 以上の板金を切断する場合には、前記伝送

ファイバにより伝送された多波長のレーザ光を、焦点距離 $f \geq 150 \text{ mm}$ を有し、焦点位置 P_f を板金の上面を基準として $-2.0 \text{ mm} < P_f \leq \text{約} 0.0 \text{ mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、DDL モジュールからのレーザ光を板金に照射することによって板金を切断して加工するレーザ加工機と、からなるダイレクトダイオードレーザ加工装置が提供される。

[0037] 本発明の更に他の側面によれば、多波長のレーザ光を発振するDDL モジュールと、前記DDL モジュールにより発振された多波長のレーザ光を伝送する伝送ファイバと、厚さ 2 mm より薄い板金を切断する場合には、前記伝送ファイバにより伝送された多波長のレーザ光を、焦点距離 $f \leq 120 \text{ mm}$ を有し、焦点位置 P_f を板金の上面を基準として $0.0 \text{ mm} < P_f \leq 2.0 \text{ mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、DDL モジュールからのレーザ光を板金に照射することによって板金を切断して加工するレーザ加工機と、からなるダイレクトダイオードレーザ加工装置が提供される。

[0038] 本発明の更に他の側面によれば、多波長のレーザ光を発振するDDL モジュールと、前記DDL モジュールにより発振された多波長のレーザ光を伝送する伝送ファイバと、厚さ 2 mm 以上の板金を切断する場合には、前記伝送ファイバにより伝送された多波長のレーザ光を、焦点距離 $f \geq 150 \text{ mm}$ を有し、焦点位置 P_f を板金の上面を基準として $-2.0 \text{ mm} < P_f \leq \text{約} 0.0 \text{ mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、DDL モジュールからのレーザ光を板金に照射することによって板金を切断して加工し、厚さ 2 mm より薄い板金を切断する場合には、伝送された多波長のレーザ光を、焦点距離 $f \leq 120 \text{ mm}$ を有し、焦点位置 P_f を板金の上面を基準として $0.0 \text{ mm} < P_f \leq 2.0 \text{ mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、DDL モジュールからのレーザ光を板金に照射することによって板金を切断して加工するレーザ加工機と、からなるダイレクトダイオードレーザ加工装置が提供される。

[0039] 本発明によれば、多波長のレーザ光を用いて加工を行う際に、ドロスの付着状態が少なく、また付着したドロスも剥がし易い。

図面の簡単な説明

- [0040] [図1]本発明の実施形態に係るレーザ加工機の一例を示す斜視図である。
- [図2]図2 (a) は、本発明の実施形態に係るレーザ発振器の一例を示す側面図である。図2 (b) は、前記レーザ発振器の正面図である。
- [図3]本発明の実施形態に係るLDモジュールの一例を示す概略図である。
- [図4]アルミ切断面における軽ドロスを示す写真図である。
- [図5]アルミ切断面における通常ドロスを示す写真図である。
- [図6]アルミ切断面における重ドロスを示す写真図である。
- [図7]本発明の実施例1の試験結果を示す表である。
- [図8]本発明の実施例2の試験結果を示す表である。
- [図9]本発明の実施例3の試験結果を示す表である。
- [図10]本発明の比較例1の試験結果を示す表である。

発明を実施するための形態

- [0041] 図面を参照して、本発明の実施形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。
- [0042] 図1は、本発明の実施形態に係るDDLレーザ加工機の全体構成を示す。同図に示すように、前記実施形態に係るDDLレーザ加工機は、多波長のレーザ光LBを発振するレーザ発振器11と、レーザ発振器11により発振されたレーザ光LBを伝送する伝送ファイバ（プロセスファイバ）12と、伝送ファイバ12により伝送されたレーザ光LBを高エネルギー密度に集光させて被加工材（ワーク）Wに照射するレーザ加工機（レーザ加工機本体部）13とを備える。
- [0043] レーザ加工機13は、伝送ファイバ12から射出されたレーザ光LBをワークへ照射する加工ヘッド17を有する。この加工ヘッド17は、前記ファイバ12からのレーザ光を、コリメータレンズ15で略平行光に変換するコリメータユニット14と、略平行光に変換されたレーザ光LBを、X軸及びY軸方向に垂直なZ軸方向下方に向けて反射するベンドミラー16と、ベンドミラー16により下方へ反射されたレーザ光LBを集光する集光レンズ1

8と、先端にノズルとを有する。コリメータレンズ15及び集光レンズ18としては、例えば石英製の平凸レンズ等の一般的なレンズが使用可能である。

[0044] なお、図1では図示を省略するが、コリメータユニット14内には、コリメータレンズ15を光軸に平行な方向（X軸方向）に駆動するレンズ駆動部が設置されている。また、レーザ加工機は、レンズ駆動部を制御する制御部を更に備える。

[0045] レーザ加工機13は更に、被加工材（ワーク）Wが載置される加工テーブル21と、加工テーブル21上においてX軸方向に移動する門型のX軸キャリッジ22と、X軸キャリッジ22上においてX軸方向に垂直なY軸方向に移動するY軸キャリッジ23とを備える。コリメータユニット14内のコリメータレンズ15、ベンドミラー16、及び加工ヘッド17内の集光レンズ18は、予め光軸の調整が成された状態でY軸キャリッジ23に固定され、Y軸キャリッジ23と共にY軸方向に移動する。なおY軸キャリッジ23に対して上下方向へ移動可能なZ軸キャリッジを設け、当該Z軸キャリッジに集光レンズ18を設けることも出来る。

[0046] 本発明の実施形態に係るレーザ加工機は、集光レンズ18により集光されて所定集光直径のレーザ光LBを被加工材Wに照射し、また同軸にアシストガスを噴射して溶融物を除去しながら、X軸キャリッジ22及びY軸キャリッジ23を移動させる。これにより、レーザ加工機は被加工材Wを切断加工することができる。被加工材Wとしては、ステンレス鋼、軟鋼、アルミニウム等の種々の材料が挙げられる。被加工材Wの板厚は、例えば0.1mm～100mm程度である。

[0047] 図2及び図3は、レーザ発振器11の詳細を示す。レーザ発振器11は、図2(a)及び図2(b)に示すように、筐体60と、筐体60内に收容され、伝送ファイバ12に接続されているLDモジュール10と、筐体60内に收容され、LDモジュール10に電力を供給する電源部61と、筐体60内に收容され、LDモジュール10の出力等を制御する制御モジュール62

等が設けられている。また、筐体60の外側には、筐体60内の温度及び湿度を調整する空調機器63が設置されている。

[0048] LDモジュール10は、図3に示すように、多波長 (multiple-wavelength) $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ のレーザ光を重畳して出力する。LDモジュール10は、複数のレーザダイオード (以下、「LD」という。) $3_1, 3_2, 3_3, \dots, 3_n$ (n は4以上の整数) と、LD $3_1, 3_2, 3_3, \dots, 3_n$ にファイバ $4_1, 4_2, 4_3, \dots, 4_n$ を介して接続され、多波長 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ のレーザ光に対してスペクトルビーム結合 (spectral beam combining) を行うスペクトルビーム結合部50を備える。

[0049] 複数のLD $3_1, 3_2, 3_3, \dots, 3_n$ としては、各種の半導体レーザが採用可能であり、その種類と数の組み合わせは特に限定されず、板金加工の目的に合わせて適宜選択可能である。LD $3_1, 3_2, 3_3, \dots, 3_n$ の波長 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ は、例えば1000nm未満で選択したり、800nm~990nmの範囲で選択したり、910nm~950nmの範囲で選択したりすることができるが、この実施形態では、910nm~950nmに設定されている。

[0050] 多波長 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ のレーザ光は、例えば、波長帯域毎に群 (ブロック) 管理されて制御される。そして、波長帯域毎に個別に出力を可変調節することができる。また、ワークへの所望の吸収率となるように、全波長帯域の出力を調整することができる。

[0051] 切断加工に際しては、LD $3_1, 3_2, 3_3, \dots, 3_n$ を同時に動作させると共に、酸素、窒素等の適宜のアシストガスを焦点位置近傍へ吹き付ける。これにより、当該各LDからの各波長のレーザ光が、相互に協働すると共に、酸素等のアシストガスとも協働してワークを高速で溶融する。また当該溶融ワーク材料がアシストガスにより吹き飛ばされてワークが高速で切断される。

[0052] スペクトルビーム結合部50は、ファイバ $4_1, 4_2, 4_3, \dots, 4_n$ の射出端側を束ねて固定しファイバアレイ4とする固定部51と、ファイバ $4_1, 4$

2, 4₃, . . . 4_nからのレーザ光を平行光にするコリメータレンズ52と、多波長 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ のレーザ光を回折する回折格子 (diffraction grating) 53と、回折格子53からのレーザ光を集光して伝送ファイバ12へ入射させる集光レンズ54とを備える。なお、回折格子53と、集光レンズ54との間には、LDユニット3₁, 3₂, 3₃, . . . 3_n後端部に設けた反射面と共に共振器を構成する部分反射カプラ55が設けてある。この部分反射カプラ55は、コリメータレンズ52と集光レンズ54との間に配置されるのが好ましい。

[0053] 再び図1を参照するに、このようなレーザ加工機13による切断加工等の加工においては、多波長 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ のレーザ光の波長毎のビームウエストは、例えば100 μm ~400 μm 程度であって、これら複数の径で以って多焦点をなす。ビームウエストは、集光レンズ18の入射径が2mm~20mm程度であって、焦点距離が50mm~300mmである光学要素により形成される。被加工材Wの板厚は例えば0.5mm~30mm程度である。レーザ発振器11の波長毎又は波長帯域毎の制御の出力可変調節において入射角が0°より大きく50°より小さい範囲においては短波長側の波長帯域の出力を、長波長側の出力より大きくすることができる。被加工材Wの切断速度は、例えば60m/min~250m/minの範囲で選択できる。

[0054] (板金切断加工方法)

以下、前記レーザ加工機を用いて、板厚1mm乃至50mmの板金を加工する本発明の実施形態の板金加工方法を説明する。

[0055] 1. 第1の加工方法

この加工方法は、厚さ2mm以上の板金を切断する方法であって、焦点距離 $f \geq 150\text{mm}$ を有し、焦点位置Pfを、板金の上面を基準として $-2.0\text{mm} < Pf \leq \text{約} 0.0\text{mm}$ に配置した集光レンズを用いて、DDLモジュールからの平行レーザ光を前記板金に対して照射するものである。

[0056] 前記方法によれば、高速(例えば3m/分~6m/分の速度)で厚さ2m

m以上の板金を切断することができ、且つ、その切断面には、容易に除去可能なドロスを発生するのみである。

[0057] ここに前記板金はアルミ板金であるのが好ましい。

[0058] また、前記DDLモジュールからのレーザ光は、2以上の多波長レーザ光を含み、各レーザ光の波長は何れも1000nm未満であるのが好ましい。

[0059] 前記レーザ光の波長は800nm以上990nm以下の波長を有するのが更に好ましい。

[0060] 前記DDLモジュールから出射されるレーザ光のあるいはレーザ光のBPP（ビームパラメータ積）は、7mm*mrاد以上20mm*mrاد以下であるのが好ましい。

[0061] 例えば前記BPPは10.3mm*mrادである。

[0062] 前記レーザ光のビームウエスト（直径）は、150μm以上370μm以下であるのが好ましい。

[0063] さらに好ましくは前記ビームウエストは300μm以上364μm以下である。

[0064] 前記レーザ光のレーリー長は1.5mm以上6mm以下であるのが好ましく更に好ましくは2.2mm以上3.4mm以下である。

[0065] 2. 第2の加工方法

この板金加工方法の第2の実施形態は、厚さ2mmより薄い板金を加工する方法であって、焦点距離fとして120mm以下を有し、焦点位置Pfを、板金の上面を基準として0.0mmから2.0mmに設定した集光レンズを用いて前記DDLモジュールからの平行レーザ光を前記板金に照射するものである。

[0066] 前記方法により、例えば1mmの厚さの板金（アルミニウム）を通常ドロスを発生することなく高速（例えば14m/分の速度）で切断することができる。

前記加工に際して加工点に供給されるアシストガスのガス圧は0.8MPa乃至1.5MPaであるのが好ましく、0.8MPaから1.2MPaであるのが更に好ましい。

[0067] DDLモジュールからのレーザ光の波長、BPP、レーザ長、ビームウエスト等の光学的パラメータは上記第1の加工方法と同様である。

実施例

[0068] 以下、前記実施形態の実施例を説明する。

[0069] なお、以下の実施例において特に断り書きがない限りレーザ発振器の出力は2kWであり、ワーク（被加工材）としてのアルミ板へのレーザ光の入射角は70°である。多波長レーザ光としては、波長910nm～950nmのレーザ光を使用した。

[0070] 1. 加工評価の指標

この実施例においては加工評価の指標は、図7に示すようなドロスが発生せず、切断面が均一で溶け落ちて凹んだり波打ったりしない状態を良好な切断品位であると定める。

[0071] なお、「ドロス」とは、熱切断の場合において材料の切断時にレーザ光により熔融した物質が材料下部に熔融物となって付着するものをいう。

[0072] レーザ切断の結果、切断面は、図4乃至図6のような状態になるものである。

[0073] 図4は、アルミ切断においてドロスが発生するが、当該ドロスは、手で容易に剥ぎ取れる状態でありドロス状態が軽微である場合を示す（以下、軽ドロスと云い、記号○で示す。）。

[0074] 図5は、アルミ切断においてドロスが発生し、このドロスは手でも剥ぎ取れるが工具を使うことにより容易に剥ぎ取る場合を示す（以下、通常ドロスと云い記号○△で示す。）。図6は、アルミ切断においてドロスが発生し、かつこのドロスは工具を使わなければ剥ぎ取れない状態を示す（以下、重ドロスと云い、記号△で示す。）。この場合は同図から分かるようにドロスの高さも図4、図5の場合と比べて大きいことが理解される。

[0075] 従って、以下の指標を採用する。

1) ドロスなし：◎

2) 軽ドロス（容易に手で剥がせる程度のドロス）：○

- 3) 通常ドロス（ヤスリ等の工具で容易に落とすことが可能なドロス）：○
△
4) 重ドロス（削り取らなければ成らないほど溶着したドロス）：△
5) 加工不能：×

[0076] 2. 実施例 1

図 7 は、実施例 1 の試験結果を示す。

[0077] この実施例では、ワーク（アルミ）の厚さは 1.0 mm であり、コリメータレンズの焦点距離は 100 mm であり、集光レンズの焦点距離は 120 mm であった。

[0078] アシストガスは窒素（N₂）であり、その圧力は 0.8 MPa であり、ノズルは直径 2 mm であり、GP（ノズル先端と材料との距離であるノズルギャップ）は 0.5 mm であった。

[0079] 図 7 から分かるように、実施例 1 ではワーク上面よりも 0.5 mm～2.0 mm 上方位置に焦点を設定した場合に軽ドロスの切断が実現できた。

[0080] さらに焦点位置を、ワーク上面よりも 0.5 mm～1.5 mm に設定した場合に、軽ドロスの状態で、速度 14 m/分でワークを切断することができた。

[0081] より詳細には、軽ドロス切断を実現する為の焦点位置の上限は、集光レンズの焦点距離（120 mm）を基準として、1.7%（2/120）であり、好ましくは 0.8%（1/120）であり、下限は 0.0% である。

[0082] すでに述べたように、図 7 の表において、○印は、容易に手で剥がせる程度の軽ドロスを意味し、○△印は、通常ドロス（ヤスリ等の工具で容易に落とすことができるもの）を意味し、△印は、削り取らなければならないほどの重ドロスを意味し、×印は、加工不能を意味する。

[0083] 従って、実施例 1 によれば、厚さ 1 mm のアルミ板は、焦点距離 120 mm の集光レンズを用い、その焦点をワーク上面から 0.5 mm～2.0 mm 上方位置に設定することにより、14 m/分の加工速度で軽ドロスの切断をすることが判る。

[0084] 3. 実施例2

図8は、実施例2の試験結果を示す。

[0085] この実施例では、ワークとしてのアルミ板の厚さは、2 mmであり、コリメータレンズの焦点距離は100 mmであり、集光レンズの焦点距離は150 mmであった。

[0086] アシストガスとしての窒素の圧力は1.2 MPaであり、ノズル径は2 mmであった。

[0087] 図8から理解されるように、実施例2においては、ワーク上面に対して+0.5 mm～-3.0 mmの位置に焦点を設定する場合に軽ドロスの切断を実現できた。

[0088] なかなく焦点位置をワーク上面に対して0 mm～+0.5 mmに設定することにより、6 m/秒の速度でアルミワークを切断することができた。

[0089] より詳細には、軽ドロス切断を実現する為の焦点位置の上限は、集光レンズの焦点距離(150 mm)を基準として、0.3% (0.5/150)であり、下限は、-2.0% (-3/150)であり、好ましくは-1.3% (-2.0/150)であり、より好ましくは-0.7% (-1/150)、更に好ましくは0%である。

[0090] 従って、実施例2によれば、厚さ2 mmのアルミ板は、焦点距離150 mmの集光レンズを用い、その焦点をワーク上面から0.5 mm～2.0 mm上方位置に設定することにより、14 m/分の加工速度で軽ドロスの切断をすることができることが判る。なお、0.5 mmは、焦点距離150 mmの0.3%であり、上記焦点位置は、焦点距離150 mmの0.3%と表現できる。

[0091] 4. 実施例3

図9は、実施例3の試験結果を示す。

[0092] この実施例は、板厚3 mmのアルミワークを、前記と同様のコリメータ及び、焦点距離150 mmの集光レンズを使用して加工したものである。

[0093] アシストガス(窒素)の圧力は1.5 MPaであり、そのガスノズル径は2 m

mであった。

[0094] 図9から分かるように、実施例3では、集光レンズの焦点位置をワーク上面に対して0.0mm~-1.5mmに設定することにより軽ドロスの切断を実現できた。なかんずく前記焦点位置を、ワーク上面に対して-0.5mm~-1.0mmに設定することにより3m/分の速度で軽ドロスの切断を実現することができた。

[0095] より詳細には、軽ドロス切断を実現する為の焦点位置の上限は、集光レンズの焦点距離(150mm)を基準として、0.0%(0.0/150)であり、より好ましくは-0.3%(0.5/150)であり、下限は、-1.0%(-1.5/150)であり、好ましくは-0.7%(-1/150)である。

[0096] 5. 比較例1

図10は、比較例1の試験結果をしめす。

[0097] この例では、板厚2mmのアルミ材を、前記と同様のコリメータ及び、焦点距離120mmの集光レンズを用いて切断した例である。

[0098] 図10から理解されるように、比較例1では、焦点位置をワーク上面に対して-0.5mm~-0.2mmに設定することにより軽ドロスの切断をすることができたが、実施例2(図8)と比較して切断速度は5m/分と減少した。

[0099] このことから、板厚2mmのワークの切断に対しては焦点距離120mmの集光レンズよりも焦点距離150mmの集光レンズのほうが望ましいことが理解される。

[0100] 6. 比較例2

板厚2mmのアルミ材を、ファイバレーザを用い且つ、焦点距離150mmの集光レンズを用い切断したところ、焦点位置の選択に拘わらず重ドロスが発生することが分かった。

[0101] 従ってドロス付着に関してファイバレーザよりもDDLレーザのほうが優れていることが理解される。

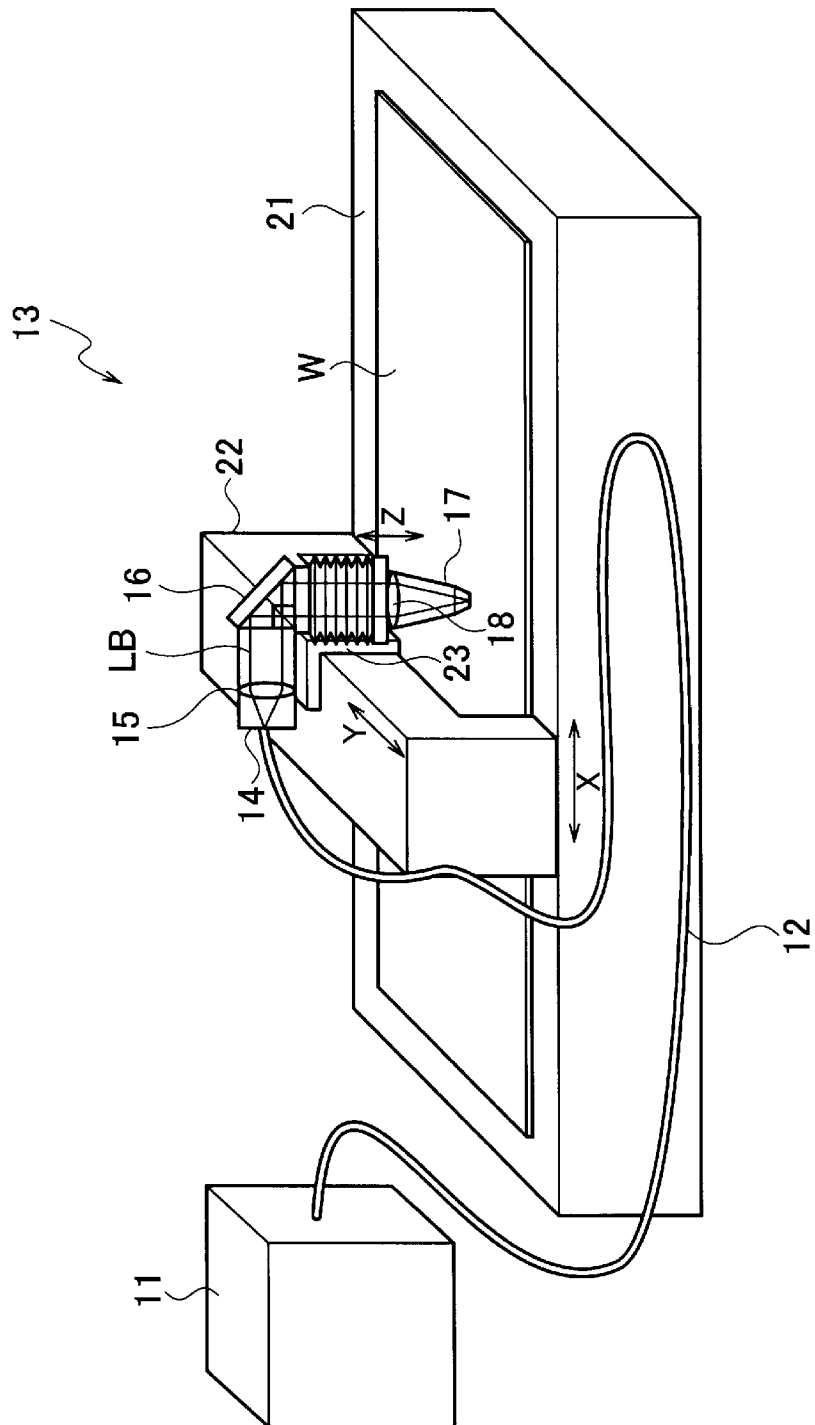
請求の範囲

- [請求項1] DDLモジュールから多波長のレーザ光を発振することと、
発振された多波長のレーザ光を伝送することと、
厚さ2mm以上の板金を切断する場合には、伝送された多波長のレーザ光を、焦点距離 $f \geq 150\text{mm}$ を有し、焦点位置 Pf を板金の上面を基準として $-2.0\text{mm} < Pf \leq 約0, 0\text{mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、DDLモジュールからのレーザ光を板金に照射することによって板金を切断して加工することからなる、
板金の加工方法。
- [請求項2] 加工点に供給されるアシストガスのガス圧は1.5MPa(メガパスカル)以上である請求項1の板金の加工方法。
- [請求項3] 前記DDLモジュールからのレーザ光は、少なくとも2つ以上の多波長 (multiple-wavelength) レーザ光で構成され、何れのレーザ光の波長も1000nm未満である請求項1又は2の板金の加工方法。
- [請求項4] 前記DDLモジュールからのレーザ光の波長 (Wavelength) は800nm以上990nm以下の多波長 (multiple-wavelength) で構成される請求項3の板金の加工方法。
- [請求項5] 前記DDLモジュールから出射されるレーザ光のBPP (ビームパラメータ積 (Beam parameter product)) は、7mm*mrاد以上20mm*mrاد以下である請求項1の板金の加工方法。
- [請求項6] 前記レーザ光のレーリー長は、1.5mm以上6mm以下である請求項1の板金の加工方法。
- [請求項7] 厚さ2mmより薄い板金を切断する場合には、伝送された多波長のレーザ光を、焦点距離 $f \leq 120\text{mm}$ を有し、焦点位置 Pf を板金の上面を基準として $0.0\text{mm} < Pf \leq 2.0\text{mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、DDLモジュールからのレーザ光を板金に照射することによって板金を切断して加工することから更になる、
請求項1の板金の加工方法。

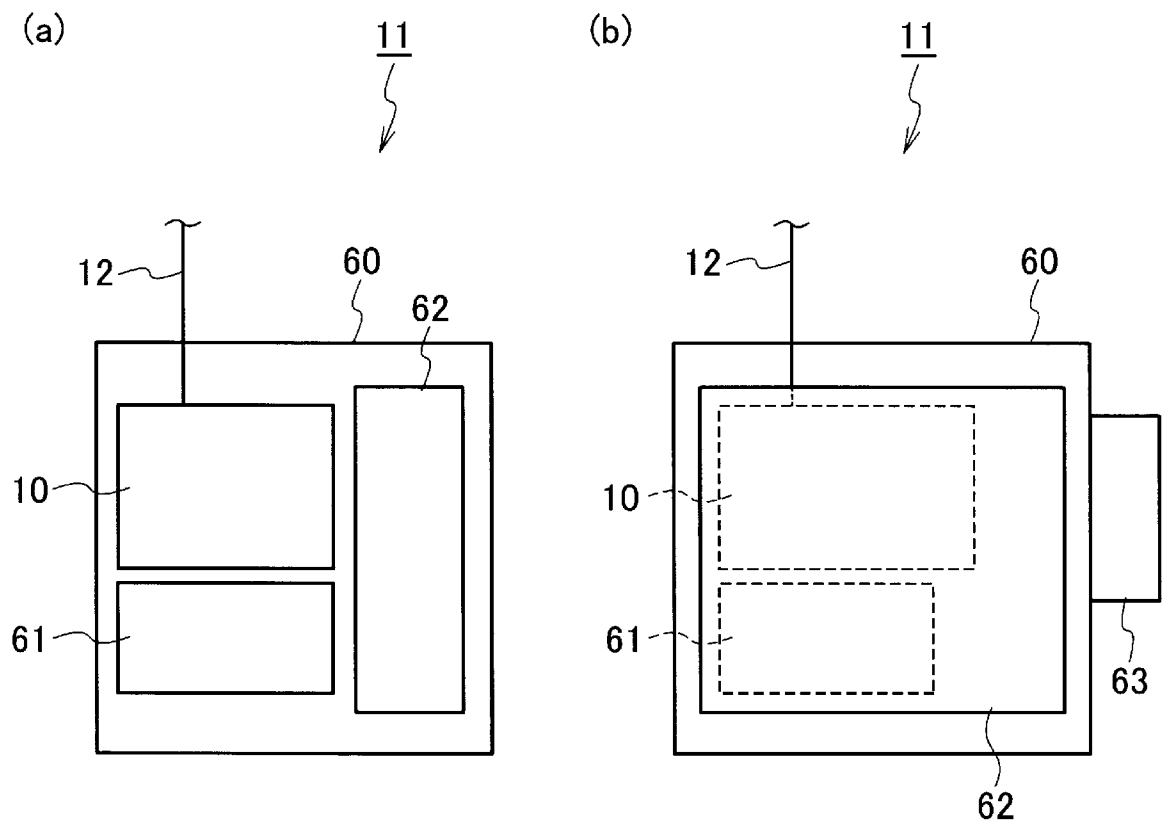
- [請求項8] D D L モジュールから多波長のレーザ光を発振することと、
発振された多波長のレーザ光を伝送することと、
厚さ 2 mm より薄い板金を切断する場合には、伝送された多波長のレーザ光を、焦点距離 $f \leq 120 \text{ mm}$ を有し、焦点位置 Pf を板金の上面を基準として $0.0 \text{ mm} < Pf \leq 2.0 \text{ mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、D D L モジュールからのレーザ光を板金に照射することによって板金を切断して加工することからなる、
板金の加工方法。
- [請求項9] 加工点に供給されるアシストガスのガス圧は 0.8 MPa 乃至 1.5 MPa である請求項 8 の板金の加工方法。
- [請求項10] 前記板金はアルミ板金である請求項 1 乃至 9 の何れかの板金の加工方法。
- [請求項11] 多波長のレーザ光を発振する D D L モジュールと、
前記 D D L モジュールにより発振された多波長のレーザ光を伝送する伝送ファイバと、
厚さ 2 mm 以上の板金を切断する場合には、前記伝送ファイバにより伝送された多波長のレーザ光を、焦点距離 $f \geq 150 \text{ mm}$ を有し、焦点位置 Pf を板金の上面を基準として $-2.0 \text{ mm} < Pf \leq \text{約} 0.0 \text{ mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、D D L モジュールからのレーザ光を板金に照射することによって板金を切断して加工するレーザ加工機と、
からなるダイレクトダイオードレーザ加工装置。
- [請求項12] 加工点に供給されるアシストガスのガス圧は 1.5 MPa (メガパスカル) 以上である請求項 11 のダイレクトダイオードレーザ加工装置。
- [請求項13] 前記 D D L モジュールからのレーザ光は、少なくとも 2 つ以上の多波長 (multiple-wavelength) レーザ光で構成され、何れのレーザ光の波長も 1000 nm 未満である請求項 11 又は 12 のダイレクトダイオードレーザ加工装置。

- [請求項14] 前記DDLモジュールからのレーザ光の波長 (Wavelength) は800nm以上990nm以下の多波長 (multiple-wavelength) で構成される請求項13のダイレクトダイオードレーザ加工装置。
- [請求項15] 前記DDLモジュールから出射されるレーザ光のBPP (ビームパラメータ積 (Beam parameter product)) は、7mm*mrاد以上20mm*mrاد以下である請求項11のダイレクトダイオードレーザ加工装置。
- [請求項16] 前記レーザ光のレーリー長は、1.5mm以上6mm以下である請求項11のダイレクトダイオードレーザ加工装置。
- [請求項17] 前記レーザ加工機は、厚さ2mmより薄い板金を切断する場合には、伝送された多波長のレーザ光を、焦点距離 $f \leq 120\text{mm}$ を有し、焦点位置 P_f を板金の上面を基準として $0.0\text{mm} < P_f \leq 2.0\text{mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、DDLモジュールからのレーザ光を板金に照射することによって板金を切断して加工する、請求項11のダイレクトダイオードレーザ加工装置。
- [請求項18] 多波長のレーザ光を発振するDDLモジュールと、前記DDLモジュールにより発振された多波長のレーザ光を伝送する伝送ファイバと、厚さ2mmより薄い板金を切断する場合には、前記伝送ファイバにより伝送された多波長のレーザ光を、焦点距離 $f \leq 120\text{mm}$ を有し、焦点位置 P_f を板金の上面を基準として $0.0\text{mm} < P_f \leq 2.0\text{mm}$ に配置した集光レンズを用いて集光して、DDLモジュールからのレーザ光を板金に照射することによって板金を切断して加工するレーザ加工機と、からなるダイレクトダイオードレーザ加工装置。
- [請求項19] 加工点に供給されるアシストガスのガス圧は0.8MPa乃至1.5MPaである請求項18のダイレクトダイオードレーザ加工装置。
- [請求項20] 前記板金はアルミ板金である請求項11乃至19の何れかのダイレクトダイオードレーザ加工装置。

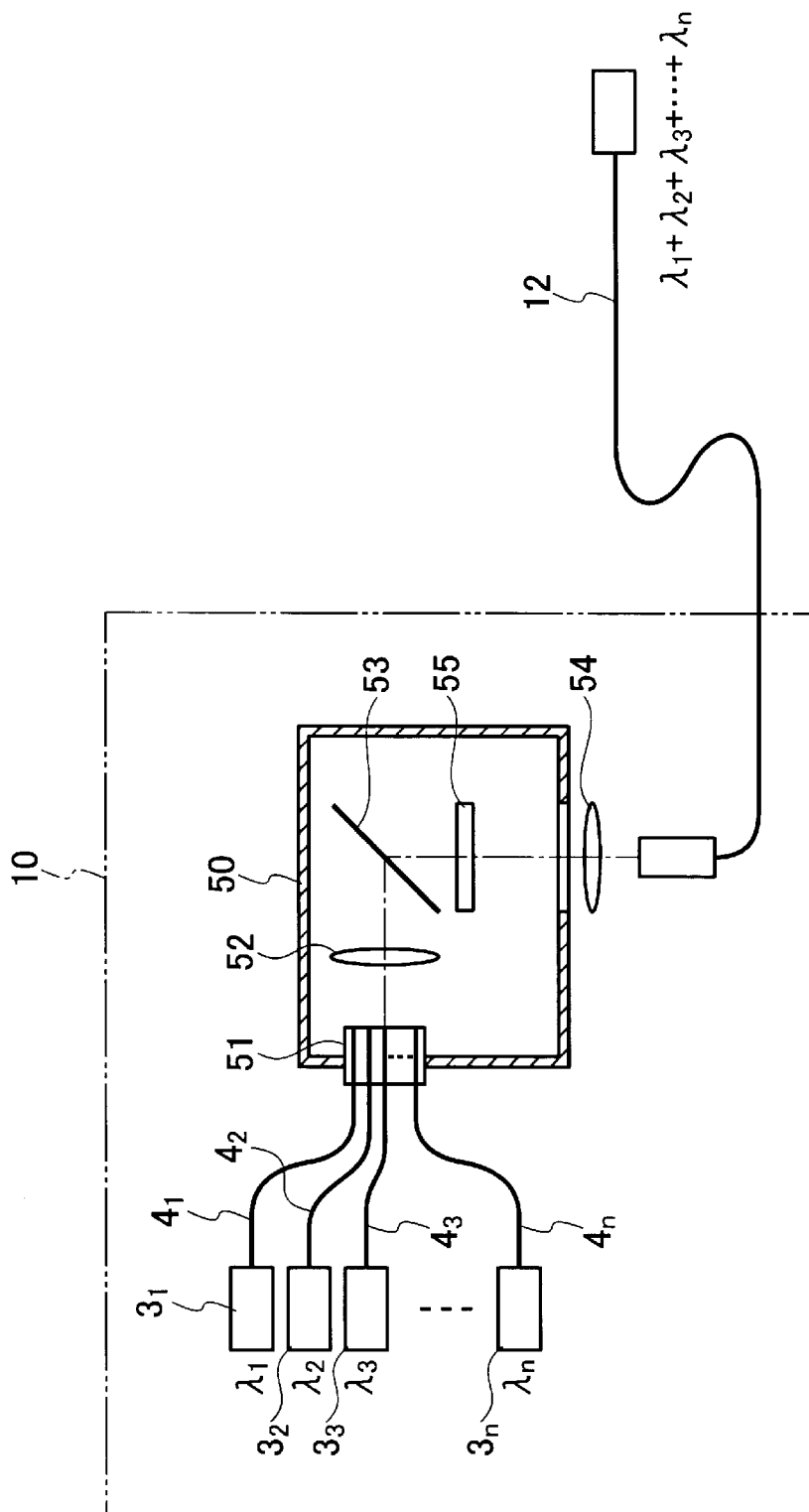
[図1]



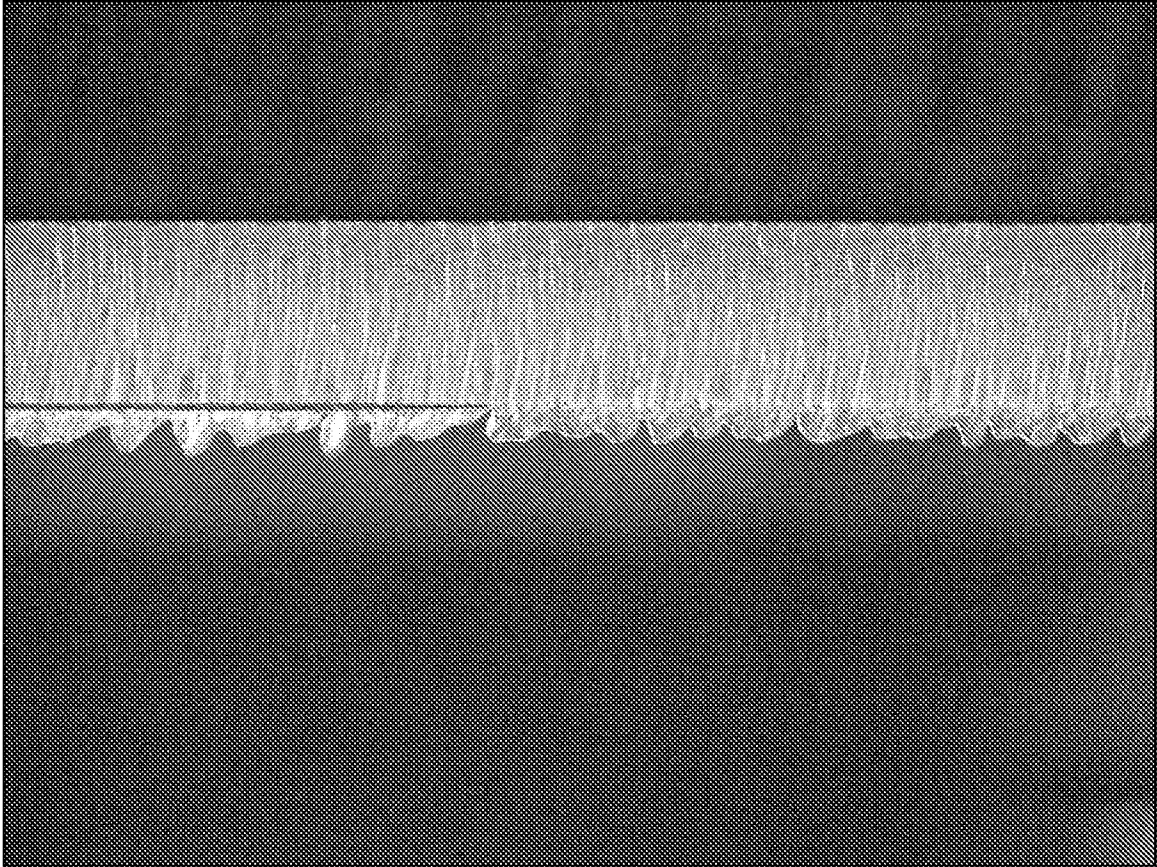
[図2]



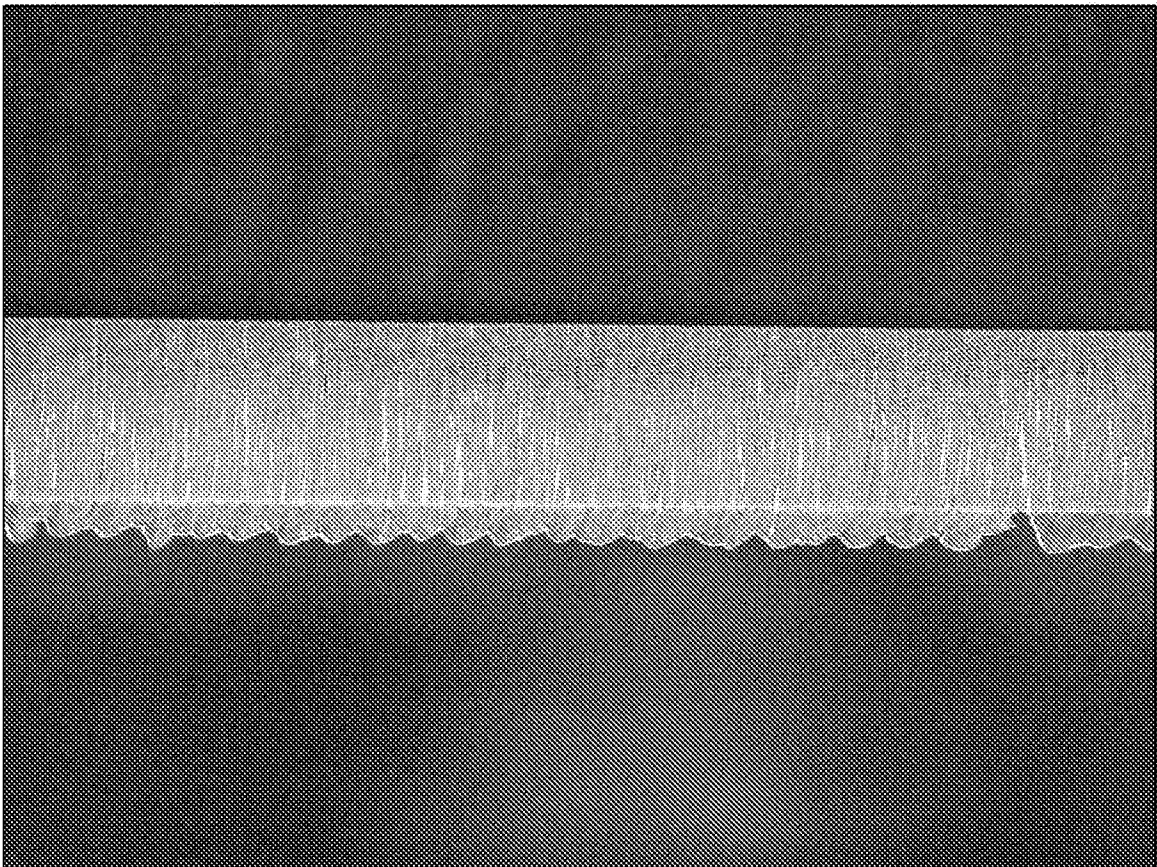
[図3]



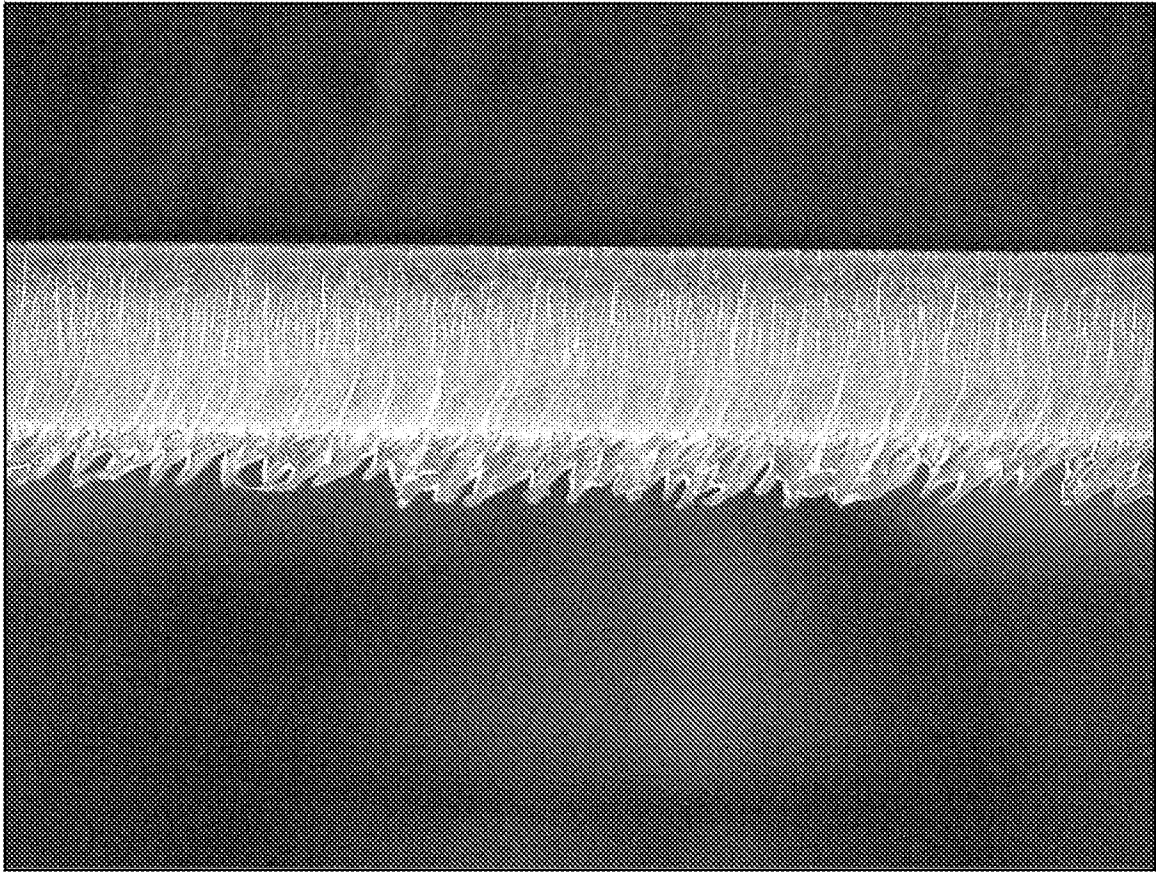
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/076458

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23K26/38(2014.01)i, B23K26/064(2014.01)i, B23K26/142(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)
B23K26/38, B23K26/064, B23K26/142

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
Y	US 2014/0096376 A1 (Riva GIUSEPPE), 10 April 2014 (10.04.2014), paragraph [0031] & WO 2012/159759 A1 & EP 2714324 A & IT PV20110011 A & CN 103732347 A & KR 10-2014-0044335 A	1-20
Y	JP 2001-53443 A (Hitachi, Ltd.), 23 February 2001 (23.02.2001), paragraphs [0030] to [0031] & US 2003/0052104 A1 paragraph [0072]; fig. 7	1-20
Y	JP 2013-193106 A (Nitto Denko Corp.), 30 September 2013 (30.09.2013), paragraph [0025] & WO 2013/141178 A1	1-4, 9-10, 12-14, 19-20

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 17 November 2015 (17.11.15)	Date of mailing of the international search report 01 December 2015 (01.12.15)
------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

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/JP2015/076458

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-191712 A (TOWA Corp.), 26 September 2013 (26.09.2013), paragraph [0033] (Family: none)	1-4, 9-10, 12-14, 19-20
Y	JP 2004-114090 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 15 April 2004 (15.04.2004), paragraph [0004] (Family: none)	3-4, 10-20
Y	JP 2012-43849 A (Amada Co., Ltd.), 01 March 2012 (01.03.2012), paragraph [0007]; fig. 7 (Family: none)	5, 15
Y	JP 2013-75331 A (Amada Co., Ltd.), 25 April 2013 (25.04.2013), paragraphs [0046] to [0047] & US 2014/0339207 A1 paragraph [0041] & WO 2013/039161 A1 & EP 2762263 A1	6, 10, 16
Y	JP 2014-506191 A (Commissariat a l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives), 13 March 2014 (13.03.2014), paragraph [0037] & US 2013/0256280 A1 paragraphs [0063] to [0064] & WO 2012/080291 A1 & EP 2651595 A & FR 2969021 A	6, 10, 16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. B23K26/38(2014.01)i, B23K26/064(2014.01)i, B23K26/142(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. B23K26/38, B23K26/064, B23K26/142										
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 <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="border:none;">日本国実用新案公報</td> <td style="border:none;">1922-1996年</td> </tr> <tr> <td style="border:none;">日本国公開実用新案公報</td> <td style="border:none;">1971-2015年</td> </tr> <tr> <td style="border:none;">日本国実用新案登録公報</td> <td style="border:none;">1996-2015年</td> </tr> <tr> <td style="border:none;">日本国登録実用新案公報</td> <td style="border:none;">1994-2015年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2015年	日本国実用新案登録公報	1996-2015年	日本国登録実用新案公報	1994-2015年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2015年									
日本国実用新案登録公報	1996-2015年									
日本国登録実用新案公報	1994-2015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								
Y	US 2014/0096376 A1 (Riva GIUSEPPE) 2014.04.10, 段落【0031】 & WO 2012/159759 A1 & EP 2714324 A & IT PV20110011 A & CN 103732347 A & KR 10-2014-0044335 A	1-20								
Y	JP 2001-53443 A (株式会社日立製作所) 2001.02.23, 段落 【0030】-【0031】 & US 2003/0052104 A1 (段落【0072】、【FIG.7】参照)	1-20								
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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、一般的な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 17.11.2015	国際調査報告の発送日 01.12.2015									
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) 青木 正博 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	3 P 3935								

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
Y	JP 2013-193106 A (日東電工株式会社) 2013. 09. 30, 段落 【0025】 & WO 2013/141178 A1	1-4, 9-10, 12-14, 19-20
Y	JP 2013-191712 A (TOWA株式会社) 2013. 09. 26, 段落 【0033】 (ファミリーなし)	1-4, 9-10, 12-14, 19-20
Y	JP 2004-114090 A (三菱重工業株式会社) 2004. 04. 15, 段落 【0004】 (ファミリーなし)	3-4, 10-20
Y	JP 2012-43849 A (株式会社アマダ) 2012. 03. 01, 段落【0007】, 【図7】 (ファミリーなし)	5, 15
Y	JP 2013-75331 A (株式会社アマダ) 2013. 04. 25, 段落【0046】 - 【0047】 & US 2014/0339207 A1 (段落【0041】) & WO 2013/039161 A1 & EP 2762263 A1	6, 10, 16
Y	JP 2014-506191 A (コミッサリア ア レネルジー アトミック エ オ ゼネルジ ザルタナテイヴ) 2014. 03. 13, 段落【0037】 & US 2013/0256280 A1(段落【0063】 - 【0064】) & WO 2012/080291 A1 & EP 2651595 A & FR 2969021 A	6, 10, 16