

(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
2021年5月20日(20.05.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/095253 A1

(51) 国際特許分類:

B23K 26/38 (2014.01) B23K 26/082 (2014.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2019/044935

(22) 国際出願日:

2019年11月15日(15.11.2019)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).

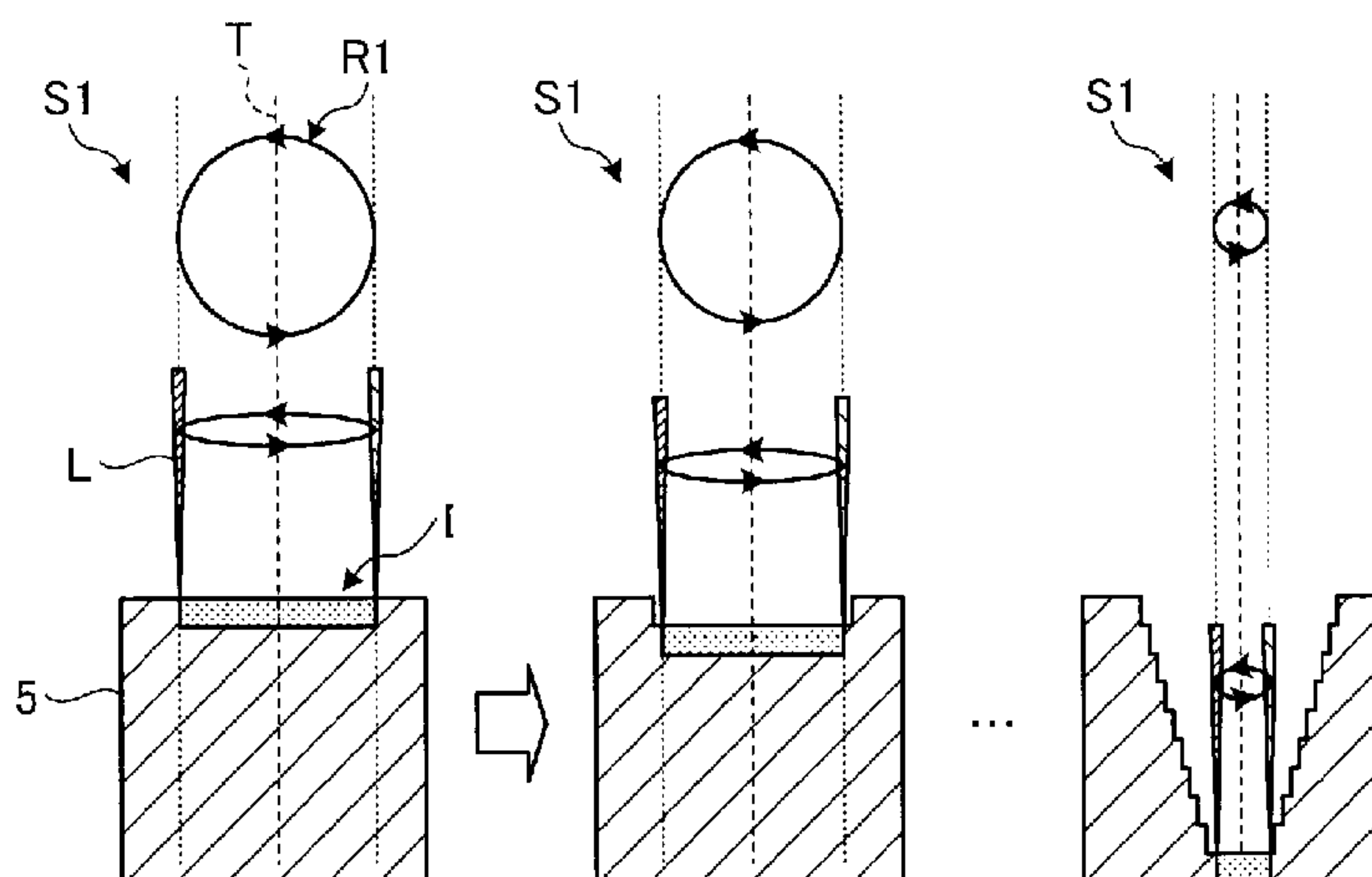
(72) 発明者: 呉屋 真之(GOYA, Saneyuki); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 成田 竜一(NARITA, Ryuichi); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁

目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 井上 明子(INOUE, Akiko); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 森 宏樹(MORI, Hiroki); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 尾▲崎▼了太(OZAKI, Ryota); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 清水 正彦(SHIMIZU, Masahiko); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が

(54) Title: LASER CUTTING METHOD AND LASER CUTTING DEVICE

(54) 発明の名称: レーザ切断方法及びレーザ切断装置



(57) Abstract: In this laser cutting method and laser cutting device with which a base material is cut by irradiating, with laser, a surface of a base material formed of a composite material, an irradiation step for swinging the laser in a tolerance direction crossing the length direction of a cutting line while moving the laser relative to the base material along the length direction of the cutting line for cutting the base material is repeatedly performed on the cutting line, thereby cutting the base material, and in the irradiation step, a swing width in the width direction of the laser is decreased as the depth in the depth direction from the surface of the base material toward the rear surface increases.

[続葉有]

関 3 丁 目 8 番 1 号 虎 の 門 三 井 ビ ル
ディング 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, JO, JP, 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 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約 : 複合材からなる母材の表面にレーザを照射して母材を切断するレーザ切断方法及びレーザ切断装置において、母材を切断する切断ラインの長さ方向に沿って、レーザを母材に対して相対的に移動させながら、レーザを切断ラインの長さ方向に交差する公差方向に揺動させて照射する照射ステップを、切断ラインに対して繰り返し実行することにより、母材を切断しており、照射ステップでは、レーザの幅方向における揺動幅を、母材の表面から裏面に向かう深さ方向における深さが深くなるにつれて小さくする。

明 細 書

発明の名称： レーザ切断方法及びレーザ切断装置

技術分野

[0001] 本開示は、レーザ切断方法及びレーザ切断装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、レーザ切断方法として、強化繊維を母材に含む複合材の裁断エリアに、強化繊維を裁断可能な一次レーザビームを照射して一次裁断加工を施す一次照射ステップと、一次レーザビームが照射された部位に母材を切断加工な二次レーザビームを照射して二次裁断加工を施す二次照射ステップとを行う複合材のレーザ切断方法が知られている（例えば、特許文献1 参照）。このレーザ切断方法では、2 mm厚となる薄板のワークを対象としている。一次照射ステップでは、一次レーザビームを巡回させながら、裁断エリアの長手方向に沿って移動させている。二次照射ステップでは、二次レーザビームを裁断エリアの長手方向に沿って移動させている。このようなレーザ切断方法は、複合材中の強化繊維と樹脂とに対して適正な切断を行うための方法となっており、2 mm厚となる薄板のワークでは、上記の2つのステップで複合材を切断することが可能となっている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2015-157312号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、特許文献1のレーザ切断方法では、レーザ加工の対象が薄板であるため、上記の2つのステップで複合材中の強化繊維と樹脂とを適正に切断が可能であったが、レーザ加工の対象が厚板である場合、厚板となる複合材に対して同様の一次照射ステップ及び二次照射ステップで加工を行おうとすると、照射時間が長くなり切断深さが深くなる位置ほどレーザ照射による

入熱が幅方向に広がり切断面の形状や品質が悪化する。また、一次照射ステップによる強化繊維の裁断と、二次照射ステップによる母材の裁断とを分けて実行するため、複合材の切断加工の加工時間が長くなってしまう。

[0005] そこで、本開示は、複合材の切断加工の効率化を図ることができるレーザー切断方法及びレーザー切断装置を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示のレーザー切断方法は、複合材からなる母材の表面にレーザーを照射して前記母材を切断するレーザー切断方法において、前記母材を切断する切断ラインの長さ方向に沿って、前記レーザーを前記母材に対して相対的に移動させながら、前記レーザーを前記切断ラインの前記長さ方向に交差する交差方向に揺動させて照射する照射ステップを、前記切断ラインに対して繰り返し実行することにより、前記母材を切断しており、前記照射ステップでは、前記レーザーの前記交差方向における揺動幅を、前記母材の表面から裏面に向かう深さ方向における深さが深くなるにつれて小さくする。

[0007] また、本開示のレーザー切断装置は、複合材からなる母材の表面にレーザーを照射して前記母材を切断するレーザー切断装置において、前記母材へ向かって、前記レーザーを照射するレーザー照射部と、前記母材上において前記レーザーを走査させるレーザスキャナと、前記母材を切断する切断ラインの長さ方向に沿って、前記レーザーを前記母材に対して相対的に移動させる移動部と、前記レーザー照射部、前記レーザスキャナ及び前記移動部の動作を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記切断ラインの長さ方向に沿って、前記レーザーを前記母材に対して相対的に移動させながら、前記レーザーを前記切断ラインの前記長さ方向に交差する交差方向に揺動させて照射する照射ステップを、前記切断ラインに対して繰り返し実行することで、前記母材を切断しており、前記照射ステップにおいて、前記レーザーの前記交差方向における揺動幅を、前記母材の表面から裏面に向かう深さ方向における深さが深くなるにつれて小さくする。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、複合材の切断加工の効率化を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図 1 は、実施形態 1 に係るレーザ切断装置を模式的に示す図である。

[図2]図 2 は、揺動するレーザを上面から見た図である。

[図3]図 3 は、揺動するレーザの軌跡を例示した図である。

[図4]図 4 は、実施形態 1 に係るレーザ切断方法に関する説明図である。

[図5]図 5 は、実施形態 2 に係るレーザ切断方法に関する説明図である。

[図6]図 6 は、実施形態 2 の変形例に係るレーザ切断方法に関する説明図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下に、本開示に係る実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。さらに、以下に記載した構成要素は適宜組み合わせることが可能であり、また、実施形態が複数ある場合には、各実施形態を組み合わせることも可能である。

[0011] [実施形態 1]

図 1 は、実施形態 1 に係るレーザ切断装置を模式的に示す図である。図 1 に示すように、実施形態 1 に係るレーザ切断装置 10 は、母材となる複合材 5 にレーザ L を照射して、複合材 5 を切断することが可能な装置となっている。

[0012] (複合材)

複合材 5 としては、強化繊維及び樹脂を含むものとなっており、例えば、CFRP（炭素繊維強化熱硬化性プラスチック）、GFRP（ガラス繊維強化プラスチック）、CFRPT（炭素繊維強化熱可塑性プラスチック）GMT（ガラス長繊維強化プラスチック）、Cu-mesh（銅メッシュ）等の繊維強化プラスチックである。

[0013] (レーザ切断装置)

図 1 に示すように、レーザ切断装置 10 は、支持台 6 と、レーザ照射装置（レーザ照射部） 11 と、走査光学系（レーザスキャナ） 12 と、集光光学系 13 と、移動部 14 と、制御部 15 と、ガスノズルとを含んで構成される。

[0014] 支持台 6 は、複合材 5 を所定位置に支持する。なお、支持台 6 は、複合材 5 を水平面内において移動させる移動ステージとしてもよい。レーザ照射装置 11 から照射されるレーザ L は、支持台 6 に配置された複合材 5 の表面に対して、ほぼ垂直に照射される。

[0015] レーザ照射装置 11 は、レーザ L を出力する装置である。レーザ照射装置 11 は、出力するレーザ L として、パルス波（Continuous Wave）または連続波（CW）であってもよい。実施形態 1 では、エネルギーを連続して供給可能な連続波となるレーザ L を照射するレーザ照射装置 11 を用いることが好ましい。また、レーザ照射装置 11 は、シングルモードまたはマルチモードでレーザ L を照射してもよい。実施形態 1 では、集光性の高いシングルモードでレーザ L を照射するレーザ照射装置 11 を用いることが好ましい。

[0016] 走査光学系 12 は、レーザ照射装置 11 から照射されたレーザ L を、複合材 5 上において走査させる光学系である。走査光学系 12 は、複合材 5 の表面内においてレーザを操作可能なスキャナを含み、スキャナとしては、例えば、ガルバノミラーが用いられる。なお、実施形態で使用するスキャナとしては、ガルバノミラー以外に、プリズムローテータまたはチップチルト鏡等も使用可能である。

[0017] 集光光学系 13 は、走査光学系 12 から出射されたレーザ L を焦点において集光し、集光したレーザ L を複合材 5 に照射する光学系である。集光光学系 13 は、集光レンズ等の光学部材を含んで構成されている。

[0018] 移動部 14 は、レーザ L を複合材 5 に対して移動させる移動機構である。移動部 14 は、例えば、走査光学系 12 及び集光光学系 13 を一体に移動させている。移動部 14 は、複合材 5 を切断する切断ライン I に沿ってレーザ L を移動させている。

[0019] ガスノズルは、レーザ照射装置 11 から照射されたレーザ L の照射位置に、アシストガス G を供給する。アシストガス G としては、窒素やアルゴンなどの希ガス、または空気が適用される。

[0020] 制御部 15 は、レーザ照射装置 11、走査光学系 12、集光光学系 13 及び移動部 14 を含む各部に接続され、各部を制御することで、レーザ切断装置 10 の動作を制御している。制御部 15 は、例えば、レーザ照射装置 11 を制御することで、レーザ照射装置 11 から照射されるレーザ L の照射条件を調整する。また、制御部 15 は、走査光学系 12 を制御することで、複合材 5 の表面上におけるレーザ L の走査動作を制御している。さらに、制御部 15 は、集光光学系 13 を制御することで、レーザ L の焦点位置を調整している。また、制御部 15 は、移動部 14 を制御することで、複合材 5 に対するレーザ L の移動を制御している。

[0021] 上記のように構成されるレーザ切断装置 10 は、レーザ照射装置 11 からレーザ L を照射させ、照射されたレーザ L を、走査光学系 12 に案内する。レーザ切断装置 10 は、走査光学系 12 に入射したレーザ L を走査させることで、複合材 5 の表面上におけるレーザ L の照射位置を可変させる。レーザ切断装置 10 は、走査光学系 12 から出射したレーザ L を、集光光学系 13 に入射させ、集光したレーザ L を複合材 5 に照射する。レーザ切断装置 10 は、移動部 14 を制御して、レーザ L を切断ライン I に沿って移動させる。

[0022] (レーザ切断方法)

次に、図 2 から図 4 を参照して、上記のレーザ切断装置 10 を用いて、複合材 5 を切断するレーザ切断方法について説明する。図 2 は、揺動するレーザを上面から見た図である。図 3 は、揺動するレーザの軌跡を例示した図である。図 4 は、実施形態 1 に係るレーザ切断方法に関する説明図である。ここで、複合材 5 は、例えば、表面と裏面とが対向する厚さ方向における厚みが、2 mm より厚い板厚となっており、板厚が厚い（～100mm）ほど、実施形態による切断の効果は大となる。板厚は、特に 4 mm 以上で好適であり、さらに好適には、10 mm 以上である。

[0023] 実施形態1のレーザ切断方法では、レーザLを揺動させながら、複合材5の切断を行っている。レーザLは、少なくとも切断ライン1の長さ方向に交差する幅方向（交差方向）に揺動している。つまり、レーザLは、切断ライン1の長さ方向及び幅方向に沿って揺動する走査であってもよいし、切断ライン1の幅方向に沿って揺動する走査であってもよい。レーザLを揺動して走査させることにより、複合材5の表面に対して、レーザLは所定の軌跡Rを描く。

[0024] 図3に示すように、切断ライン1の長さ方向及び幅方向に揺動する走査としては、例えば、複合材5の表面上において、円形状に周回する周回軌跡R1を描く走査、楕円形状に周回する周回軌跡R2を描く走査、矩形形状に周回する周回軌跡R3を描く走査、三角形形状に周回する周回軌跡R4を描く走査がある。また、切断ライン1の幅方向に沿って揺動する走査としては、例えば、複合材5の表面上において、直線状に揺動する軌跡R5を描く走査がある。それ以外に扇形形状や多角形状、上記を組み合わせた形状が適用可能である。図3に示す各軌跡R1～R5の幅方向における揺動幅は、切断ライン1の幅方向における長さ、と、ほぼ同じ長さとなっている。そして、レーザ切断装置10は、図3に示す軌跡R1～R5を描くレーザLを切断ライン1に沿って移動させることで、複合材5を切断している。なお、レーザLは、上記の周回軌跡R1～R4における走査速度が、切断ライン1の長さ方向における走査速度に比して速くなっている。

[0025] また、実施形態1のレーザ切断方法では、レーザLの照射条件、すなわち、複合材5を切断する切断条件を、下記のとおりとしている。レーザ照射装置11から照射されるレーザLのレーザ出力は、0.2kWよりも大きく、500kW以下となる高出力レーザとしている。また、レーザLの波長は、例えば、1 μ m帯となる波長、グリーンの可視光となる波長、ブルーの可視光となる波長、紫外光となる波長が適用可能である。レーザLの幅方向における揺動の周波数は、10Hz～10,000Hzの範囲としている。切断ライン1の長さ方向における移動速度、つまり、切断速度は、1～1000

m/minの範囲が適する。また、レーザLは、上記の周回軌跡R1～R4における走査速度が、切断ラインIの長さ方向における走査速度に比して速いことが望ましい。好適には、レーザLの周回軌跡R1～R4における走査速度は、1 m/minより速く、より好適には、100 m/min以上である。

[0026] 図4を参照して、複合材5を切断するレーザ切断方法について説明する。なお、図4では、レーザLの走査が、図3の円形状に周回する周回軌跡R1を描く走査である場合について説明する。複合材5は、図4の上下方向が、厚さ方向となっている。切断ラインIは、幅方向が、図4の左右方向となっており、長さ方向が、図4の奥行き方向となっている。また、切断ラインIは、複合材5に対して予め設定されており、予め設定された切断ラインIの長さ方向に沿って、レーザLを移動させている。

[0027] レーザ切断方法では、切断ラインIに対して、レーザLを照射する照射ステップS1を、切断ラインIに対して繰り返し実行することにより、複合材5を切断している。照射ステップS1では、レーザLが、切断ラインIの幅方向及び長さ方向に揺動して周回軌跡R1を描く走査を行いながら、切断ラインIの長さ方向に沿って移動している。切断ラインIの長さ方向における移動により、1層分の複合材5の除去を行っている。

[0028] また、繰り返し行われる照射ステップS1では、レーザLの幅方向における揺動幅を、複合材5の表面から裏面に向かう深さ方向における深さが深くなるにつれて小さくしている。つまり、次回の照射ステップS1におけるレーザLの幅方向における揺動幅は、今回の照射ステップS1におけるレーザLの幅方向における揺動幅よりも小さくなっている。このとき、照射ステップS1は、レーザLの揺動幅の幅方向における中心Tと、切断ラインIの幅方向の中心とを合わせた状態で、繰り返し実行される。なお、次回の照射ステップS1においてレーザLを照射することにより除去される1層分の複合材5の除去量と、今回の照射ステップS1においてレーザLを照射することにより除去される1層分の複合材5の除去量とは、同じ除去量としてもよい。

[0029] また、照射ステップS 1では、今回の照射ステップS 1におけるレーザLの焦点Oを、前回の照射ステップS 1において形成された形成面に合わせて、レーザLを照射している。つまり、今回の照射ステップS 1におけるレーザLの焦点Oの位置は、前回の照射ステップS 1におけるレーザLの焦点Oの位置に比べて、深さ方向において深い位置となっている。なお、複数回行われる照射ステップS 1のレーザLの照射条件は、同じ照射条件となっている。

[0030] 照射ステップS 1を繰り返し実行することで、複合材5が除去されることにより形成される切断溝は、図4に示す形状となる。つまり、切断ラインIの長さ方向に直交する面で切った断面において、切断溝は、複合材5の表面から裏面に向かって先細りとなるテーパ形状となっている。

[0031] 以上のように、実施形態1によれば、切断ラインIに対して、レーザLを幅方向に揺動させて照射する照射ステップS 1を繰り返し実行することができる。このため、照射ステップS 1を、異なるレーザLを用いた複数の照射ステップに分ける必要がないため、複合材5の切断加工を効率よく実行することができる。また、1層分の複合材5の除去を、ワンパスのレーザLで行うことができるため、照射ステップS 1における切断加工の効率化も図ることができる。さらに、単一のレーザ照射装置11を用いて、レーザ切断方法を実行することができるため、レーザ切断装置10の装置構成を簡易なものとすることができる。

[0032] また、実施形態1によれば、複合材5上において周回軌跡R 1～R 4を描くように、レーザLを複合材5に照射することができる。このため、切断ラインIにおける1層分の複合材5を、複合材5の取り残しの発生を抑制しつつ、除去することができる。

[0033] また、実施形態1によれば、周回軌跡R 1～R 4の形状について、様々な形状とすることができるため、レーザ切断の様態に応じた周回軌跡R 1～R 4の形状を選定することにより、複合材5の切断を好適に行うことができる。

[0034] また、実施形態 1 によれば、レーザ L の揺動幅の幅方向における中心 T と、切断ライン I の幅方向の中心とを合わせた状態で、照射ステップ S 1 を繰り返し実行することができる。このため、レーザ L の揺動幅の中心 T を変更することなく、照射ステップ S 1 を繰り返し実行して、複合材 5 の切断を行うことができる。

[0035] また、実施形態 1 によれば、レーザ出力が 0.2 kW よりも大きく、500 kW 以下となる高出力レーザを用いることができるため、複合材 5 に含まれる強化繊維及び樹脂を、適切に切断することができる。

[0036] また、実施形態 1 によれば、2 mm よりも厚い厚板となる複合材 5 を適切に切断することができる。

[0037] なお、実施形態 1 では、複数回行われる照射ステップ S 1 のレーザ L の照射条件を同じ条件としたが、照射ステップ S 1 毎に照射条件を変更してもよい。つまり、照射条件である、レーザ L のレーザ出力、レーザ L の波長、レーザ L の幅方向における揺動の周波数、切断ライン I の長さ方向における切断速度を、照射ステップ S 1 毎に変更してもよい。

[0038] [実施形態 2]

次に、図 5 を参照して、実施形態 2 に係るレーザ切断装置及びレーザ切断方法について説明する。なお、実施形態 2 では、重複した記載を避けるべく、実施形態 1 と異なる部分について説明し、実施形態 1 と同様の構成である部分については、同じ符号を付して説明する。図 5 は、実施形態 2 に係るレーザ切断方法に関する説明図である。

[0039] 実施形態 2 のレーザ切断方法では、レーザ L の揺動幅の幅方向における一方（図 5 の左側）の端部と、切断ライン I の幅方向における一方の端部とを合わせた状態で、照射ステップ S 1 1 を繰り返し実行している。つまり、今回の照射ステップ S 1 1 では、レーザ L の揺動幅の一方の端部側が基準となるように、レーザ L の揺動幅の中心 T を、前回の照射ステップ S 1 1 と比べて、レーザ L の揺動幅の一方の端部側に移動させている。

[0040] 照射ステップ S 1 1 を繰り返し実行することで、複合材 5 が除去されるこ

とにより形成される切断溝は、図5に示す形状となる。つまり、切断ラインⅠの長さ方向に直交する面で切った断面において、切断溝は、レーザLの揺動幅の一方の端部における切断面が、複合材5の厚さ方向に沿った垂直面とすることができる一方で、レーザLの揺動幅の他方の端部における切断面が、厚さ方向に対して傾斜する傾斜面となる。

[0041] 以上のように、実施形態2によれば、レーザLの揺動幅における一方の端部と、切断ラインⅠの幅方向における一方の端部とを合わせた状態で、照射ステップS11を繰り返し実行することができる。このため、切断された複合材5の端面を垂直面とすることができることから、精度のよい切断加工を行うことが可能となる。なお、切断後の垂直面となる複合材5を製品とし、切断後の傾斜面となる複合材5を残部とすることができる。

[0042] なお、実施形態2では、レーザLの照射方向を、特に限定しなかったが、図6に示すようにしてもよい。図6は、実施形態2の変形例に係るレーザ切断方法に関する説明図である。変形例のレーザ切断方法において、照射ステップS21では、複合材5に対して、レーザLを相対的に傾斜させている。具体的に、実施形態2のレーザ切断方法では、切断ラインⅠの長さ方向に直交する図6の断面において、複合材5の厚さ方向に対して、レーザLを傾斜させている。

[0043] 図6に示すように、レーザLは、切断ラインⅠの一方（図6の左側）の端部において、焦点Oに集光される前のレーザLの外側が、複合材5の厚さ方向に倣うように傾けられる。このため、切断溝は、レーザLの揺動幅の一方の端部における切断面が、複合材5の厚さ方向に沿った精度のよい垂直面とすることができる。

[0044] 以上のように、実施形態2の変形例によれば、切断ラインⅠに対して、レーザLの照射方向を傾斜させることで、切断ラインⅠの一方側の端部において、先端後の切断面を、複合材5の厚さ方向に沿った精度のよい垂直面とすることができる。

[0045] 各実施形態に記載のレーザ切断方法及びレーザ切断装置10は、例えば、

以下のように把握される。

- [0046] 第1の態様に係るレーザ切断方法は、複合材5からなる母材の表面にレーザLを照射して前記母材（複合材5）を切断するレーザ切断方法において、前記母材を切断する切断ライン1の長さ方向に沿って、前記レーザLを前記母材に対して相対的に移動させながら、前記レーザLを前記切断ライン1の前記長さ方向に交差する交差方向（幅方向）に揺動させて照射する照射ステップS1、S11、S21を、前記切断ライン1に対して繰り返し実行することにより、前記母材を切断しており、前記照射ステップS1、S11、S21では、前記レーザLの前記幅方向における揺動幅を、前記母材の表面から裏面に向かう深さ方向における深さが深くなるにつれて小さくする。
- [0047] この構成によれば、切断ライン1に対して、レーザLを幅方向に揺動させて照射する照射ステップS1を繰り返し実行することができる。このため、照射ステップS1を、異なるレーザLを用いた複数の照射ステップに分ける必要がないため、母材（複合材5）の切断加工を効率よく実行することができる。また、1層分の複合材5の除去を、ワンパスのレーザLで行うことができるため、照射ステップS1における切断加工の効率化も図ることができる。さらに、単一のレーザ照射装置11を用いて、レーザ切断方法を実行することができるため、レーザ切断装置10の装置構成を簡易なものとすることができる。
- [0048] 第2の態様に係るレーザ切断方法において、前記照射ステップS1、S11、S21では、前記レーザLを前記切断ライン1の前記交差方向（幅方向）及び前記長さ方向に揺動させることで、前記母材上において前記レーザLが周回する周回軌跡R1～R4を描くように、前記レーザLを前記母材に照射する。
- [0049] この構成によれば、母材（複合材5）上において周回軌跡R1～R4を描くように、レーザLを複合材5に照射することができる。このため、切断ライン1における1層分の複合材5を、複合材5の取り残しの発生を抑制しつつ、除去することができる。

- [0050] 第3の態様に係るレーザ切断方法において、前記レーザLは、前記周回軌跡R1～R4における走査速度が、前記切断ラインIの長さ方向における走査速度に比して速い。
- [0051] この構成によれば、周回軌跡R1～R4におけるレーザLの走査速度を速くできるため、母材（複合材5）への入熱を抑制することができる。
- [0052] 第4の態様に係るレーザ切断方法において、前記周回軌跡R1～R4は、円形状、楕円形状、扇形状、矩形形状、三角形形状、多角形状のうち、いずれかの形状、またはいずれかの形状を組み合わせた形状である。
- [0053] この構成によれば、周回軌跡R1～R4の形状について、様々な形状とすることができるため、レーザ切断の様態に応じた周回軌跡R1～R4の形状を選定することにより、複合材5の切断を好適に行うことができる。
- [0054] 第5の態様に係るレーザ切断方法において、前記照射ステップS1は、前記レーザLの前記揺動幅の幅方向における中心Tと、前記切断ラインIの前記幅方向の中心とを合わせた状態で、繰り返し実行される。
- [0055] この構成によれば、レーザLの揺動幅の幅方向における中心Tと、切断ラインIの幅方向の中心とを合わせた状態で、照射ステップS1を繰り返し実行することができる。このため、レーザLの揺動幅の中心Tを変更することなく、照射ステップS1を繰り返し実行して、複合材5の切断を行うことができる。
- [0056] 第6の態様に係るレーザ切断方法において、前記照射ステップS11、S21は、前記レーザLの前記揺動幅の幅方向における一方の端部と、前記切断ラインIの前記幅方向における一方の端部とを合わせた状態で、繰り返し実行される。
- [0057] この構成によれば、レーザLの揺動幅における一方の端部と、切断ラインIの幅方向における一方の端部とを合わせた状態で、照射ステップS11を繰り返し実行することができる。このため、切断された複合材5の端面を垂直面とすることができることから、精度のよい切断加工を行うことが可能となる。

- [0058] 第7の態様に係るレーザ切断方法において、前記レーザは、レーザ出力が0.2kWよりも大きく、500kW以下となる高出力レーザである。
- [0059] この構成によれば、レーザ出力が0.2kWよりも大きく、500kW以下となる高出力レーザを用いることができるため、複合材5に含まれる強化繊維及び樹脂を、適切に切断することができる。
- [0060] 第8の態様に係るレーザ切断方法において、前記母材の厚さは、2mmよりも厚い。
- [0061] この構成によれば、2mmより厚い板、特に4mm以上、さらに10mm以上の厚板となる母材（複合材5）を適切に切断することができる。
- [0062] 第9の態様に係るレーザ切断装置10は、複合材からなる母材の表面にレーザLを照射して前記母材（複合材5）を切断するレーザ切断装置10において、前記母材へ向かって、前記レーザLを照射するレーザ照射部（レーザ照射装置11）と、前記母材上において前記レーザLを走査させるレーザスキャナ（走査光学系12）と、前記母材を切断する切断ライン1の長さ方向に沿って、前記レーザLを前記母材に対して相対的に移動させる移動部14と、前記レーザ照射部、前記レーザスキャナ及び前記移動部14の動作を制御する制御部15と、を備え、前記制御部15は、前記切断ライン1の長さ方向に沿って、前記レーザLを前記母材に対して相対的に移動させながら、前記レーザLを前記切断ライン1の前記長さ方向に交差する交差方向（幅方向）に揺動させて照射する照射ステップS1、S11、S21を、前記切断ライン1に対して繰り返し実行することで、前記母材を切断しており、前記照射ステップS1、S11、S21において、前記レーザLの前記幅方向における揺動幅を、前記母材の表面から裏面に向かう深さ方向における深さが深くなるにつれて小さくする。
- [0063] この構成によれば、切断ライン1に対して、レーザLを幅方向に揺動させて照射する照射ステップS1を繰り返し実行することができる。このため、照射ステップS1を、異なるレーザLを用いた複数の照射ステップに分ける必要がないため、母材（複合材5）の切断加工を効率よく実行することがで

きる。また、1層分の複合材5の除去を、ワンパスのレーザーLで行うことができるため、照射ステップS1における切断加工の効率化も図ることができる。さらに、単一のレーザー照射装置11を用いて、レーザー切断方法を実行することができるため、レーザー切断装置10の装置構成を簡易なものとすることができる。

[0064] 第10の態様に係るレーザー切断装置10において、前記レーザー照射部（レーザー照射装置11）から照射される前記レーザーLの照射位置へ向けて、アシストガスを供給するガスノズルを、さらに備える。なお、ガスノズルはレーザーと同軸であってもよいし別軸であってもよい。

[0065] この構成によれば、レーザーLの照射位置へ向けて、アシストガスを供給することができるため、レーザー照射による母材（複合材5）への入熱を抑制することができる。

符号の説明

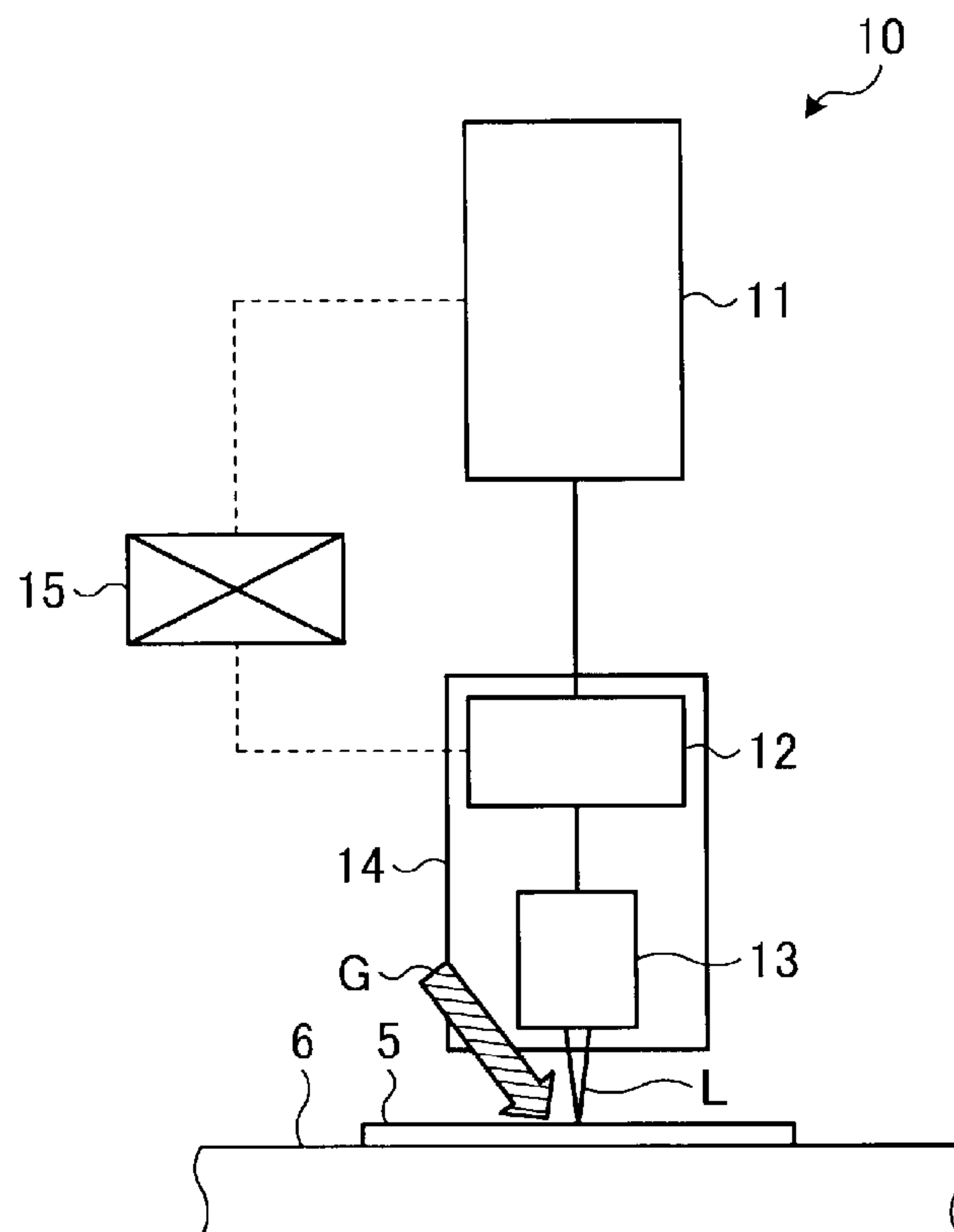
- [0066] 5 複合材
6 支持台
10 レーザ切断装置
11 レーザ照射装置
12 走査光学系
13 集光光学系
14 移動部
15 制御部
L レーザ
I 切断ライン
R1～R5 軌跡
O 焦点

請求の範囲

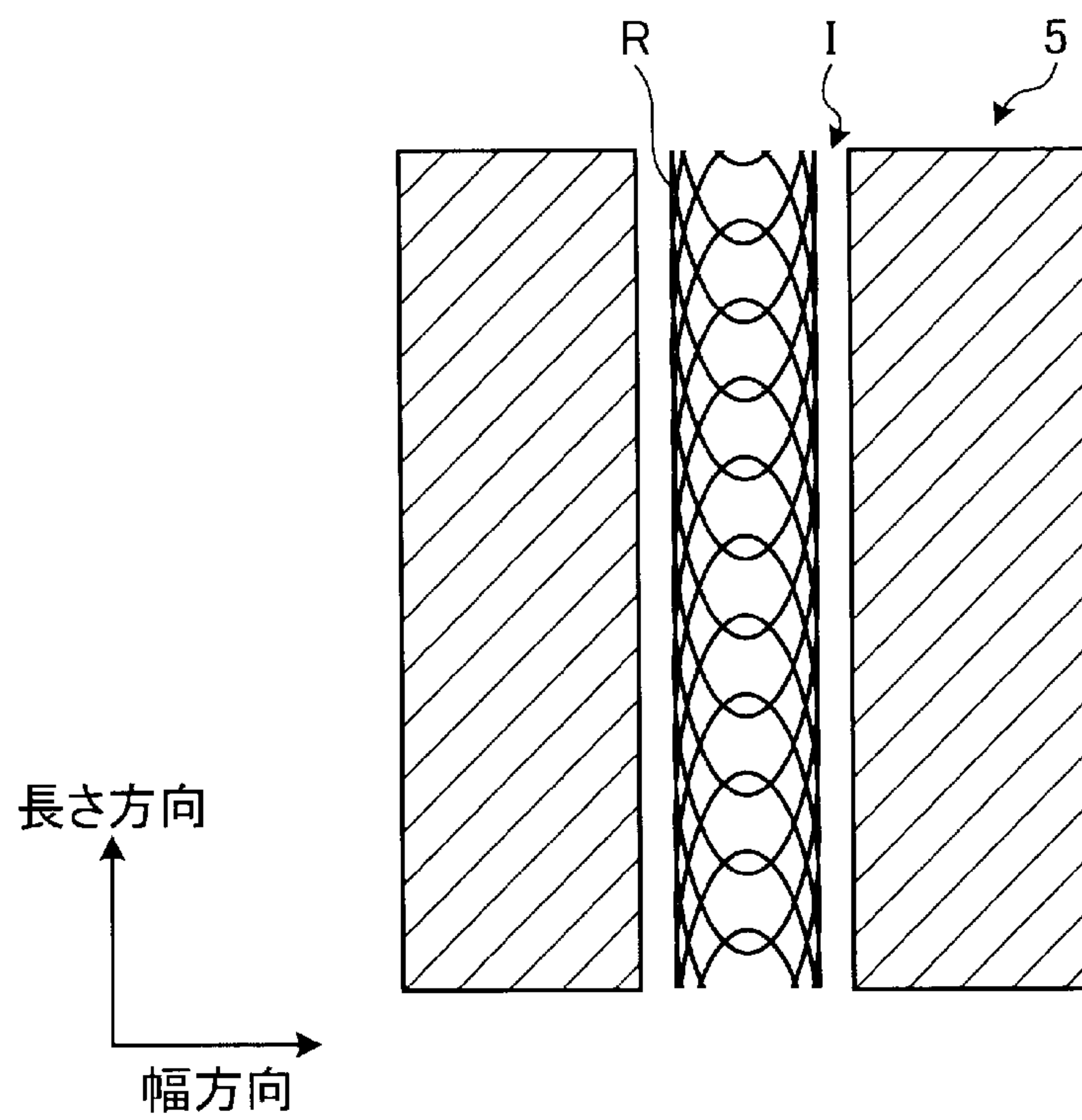
- [請求項1] 複合材からなる母材の表面にレーザを照射して前記母材を切断するレーザ切断方法において、
- 前記母材を切断する切断ラインの長さ方向に沿って、前記レーザを前記母材に対して相対的に移動させながら、前記レーザを前記切断ラインの前記長さ方向に交差する交差方向に揺動させて照射する照射ステップを、前記切断ラインに対して繰り返し実行することにより、前記母材を切断しており、
- 前記照射ステップでは、前記レーザの前記交差方向における揺動幅を、前記母材の表面から裏面に向かう深さ方向における深さが深くなるにつれて小さくするレーザ切断方法。
- [請求項2] 前記照射ステップでは、前記レーザを前記切断ラインの前記交差方向及び前記長さ方向に揺動させることで、前記母材上において前記レーザが周回する周回軌跡を描くように、前記レーザを前記母材に照射する請求項1に記載のレーザ切断方法。
- [請求項3] 前記レーザは、前記周回軌跡における走査速度が、前記切断ラインの長さ方向における走査速度に比して速い請求項2に記載のレーザ切断方法。
- [請求項4] 前記周回軌跡は、円形状、楕円形状、扇形状、矩形形状、三角形形状、多角形状のうち、いずれかの形状、またはいずれかの形状を組み合わせた形状である請求項2に記載のレーザ切断方法。
- [請求項5] 前記照射ステップは、前記レーザの前記揺動幅の幅方向における中心と、前記切断ラインの前記幅方向の中心とを合わせた状態で、繰り返し実行される請求項1に記載のレーザ切断方法。
- [請求項6] 前記照射ステップは、前記レーザの前記揺動幅の幅方向における一方の端部と、前記切断ラインの前記幅方向における一方の端部とを合わせた状態で、繰り返し実行される請求項1に記載のレーザ切断方法。
- 。

- [請求項7] 前記レーザは、レーザ出力が0.2 kWよりも大きく、500 kW以下となる高出力レーザである請求項1に記載のレーザ切断方法。
- [請求項8] 前記母材の厚さは、2 mmよりも厚い請求項1に記載のレーザ切断方法。
- [請求項9] 複合材からなる母材の表面にレーザを照射して前記母材を切断するレーザ切断装置において、
前記母材へ向かって、前記レーザを照射するレーザ照射部と、
前記母材上において前記レーザを走査させるレーザスキャナと、
前記母材を切断する切断ラインの長さ方向に沿って、前記レーザを前記母材に対して相対的に移動させる移動部と、
前記レーザ照射部、前記レーザスキャナ及び前記移動部の動作を制御する制御部と、を備え、
前記制御部は、
前記切断ラインの長さ方向に沿って、前記レーザを前記母材に対して相対的に移動させながら、前記レーザを前記切断ラインの前記長さ方向に交差する交差方向に揺動させて照射する照射ステップを、前記切断ラインに対して繰り返し実行することで、前記母材を切断しており、
前記照射ステップにおいて、前記レーザの前記交差方向における揺動幅を、前記母材の表面から裏面に向かう深さ方向における深さが深くなるにつれて小さくするレーザ切断装置。
- [請求項10] 前記レーザ照射部から照射される前記レーザの照射位置へ向けて、アシストガスを供給するガスノズルを、さらに備える請求項9に記載のレーザ切断装置。

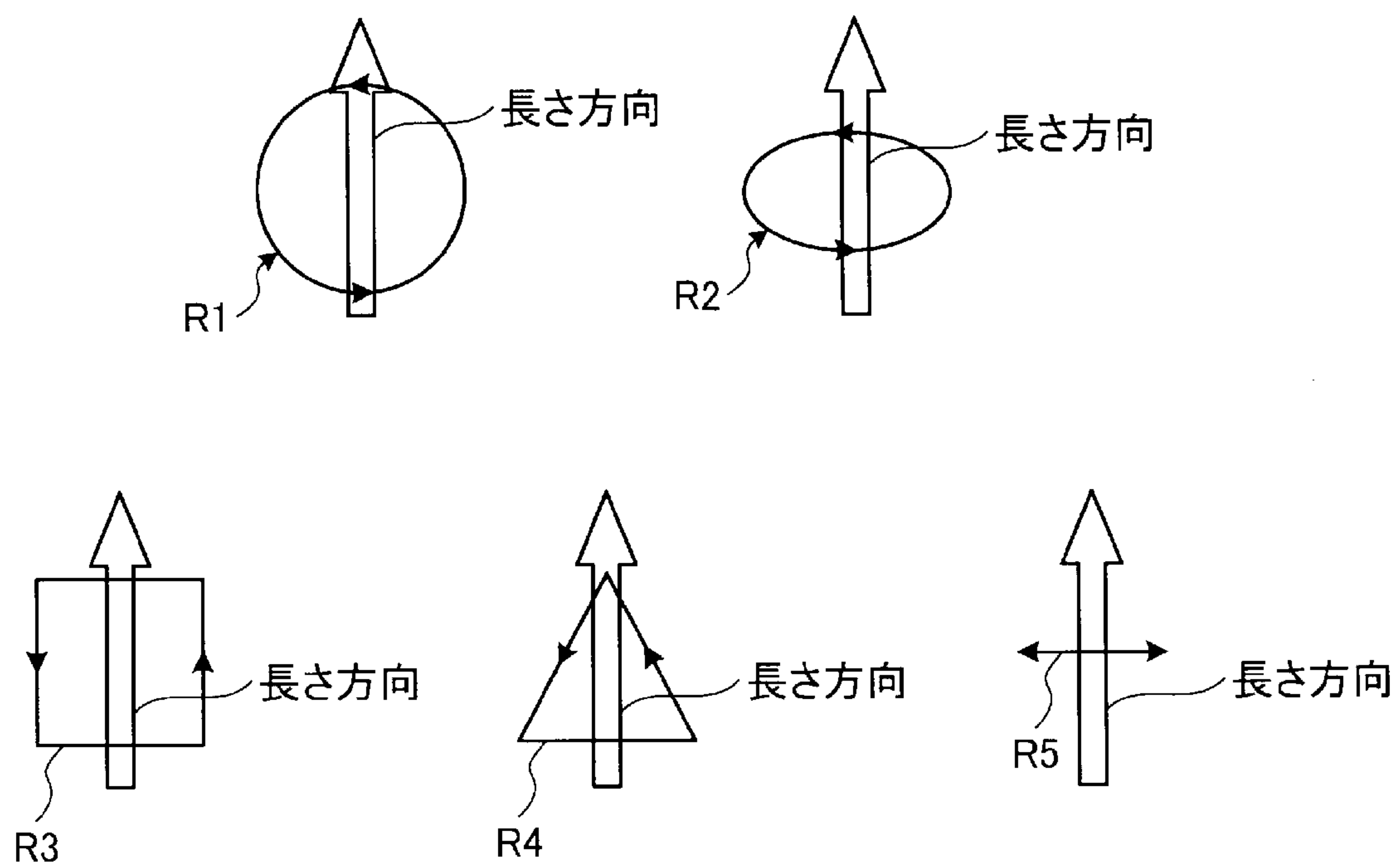
[図1]



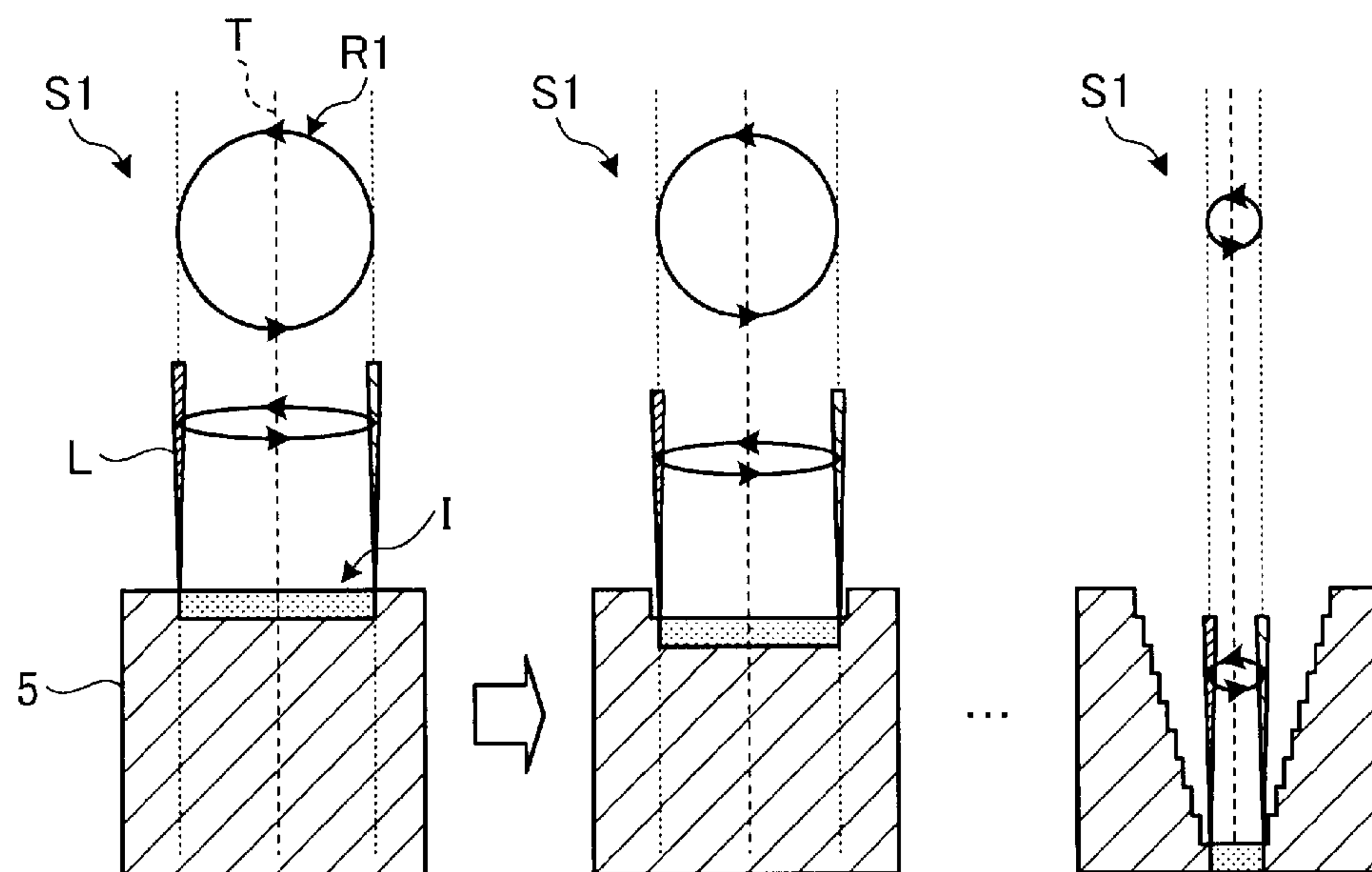
[図2]



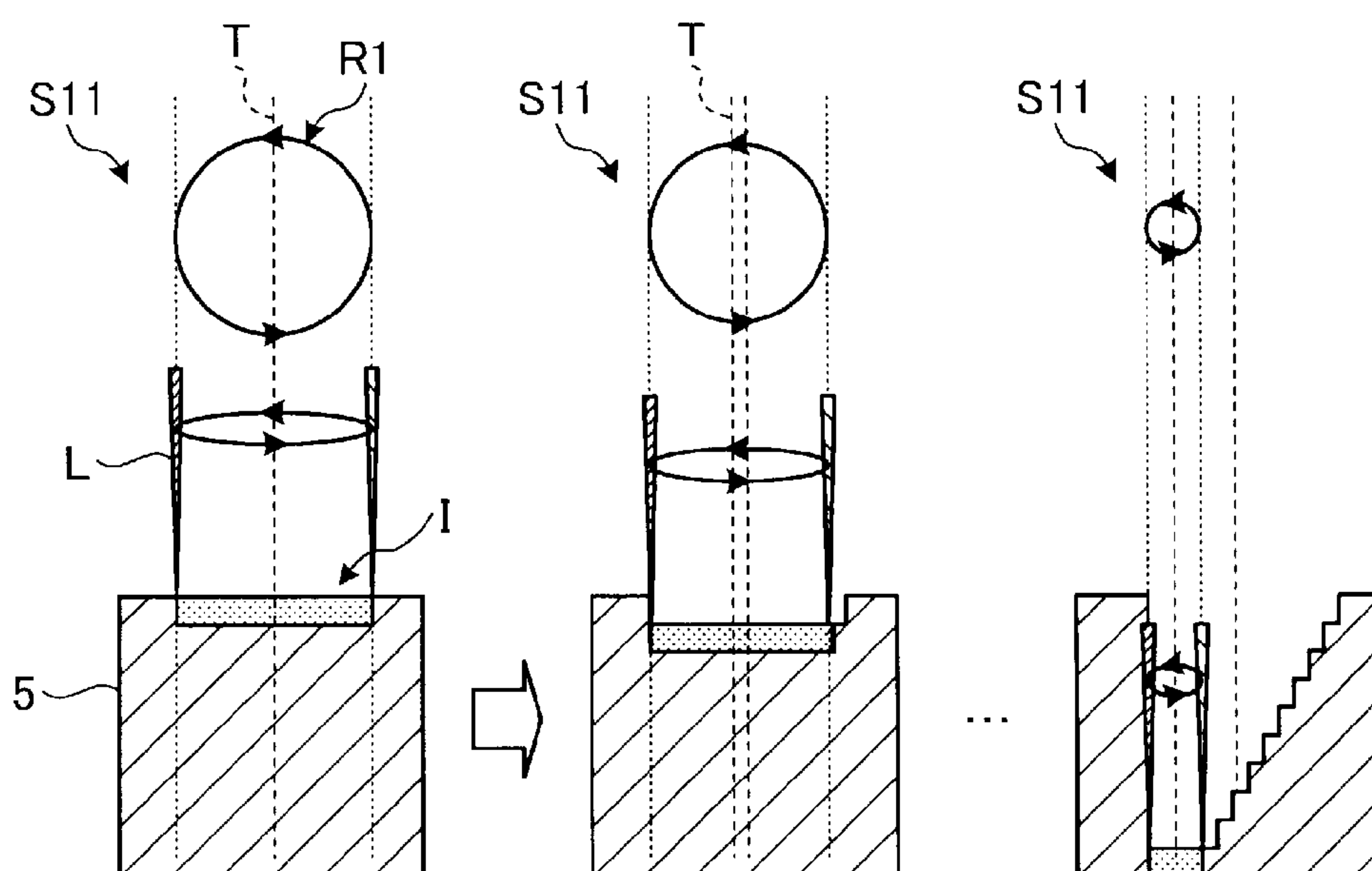
[図3]



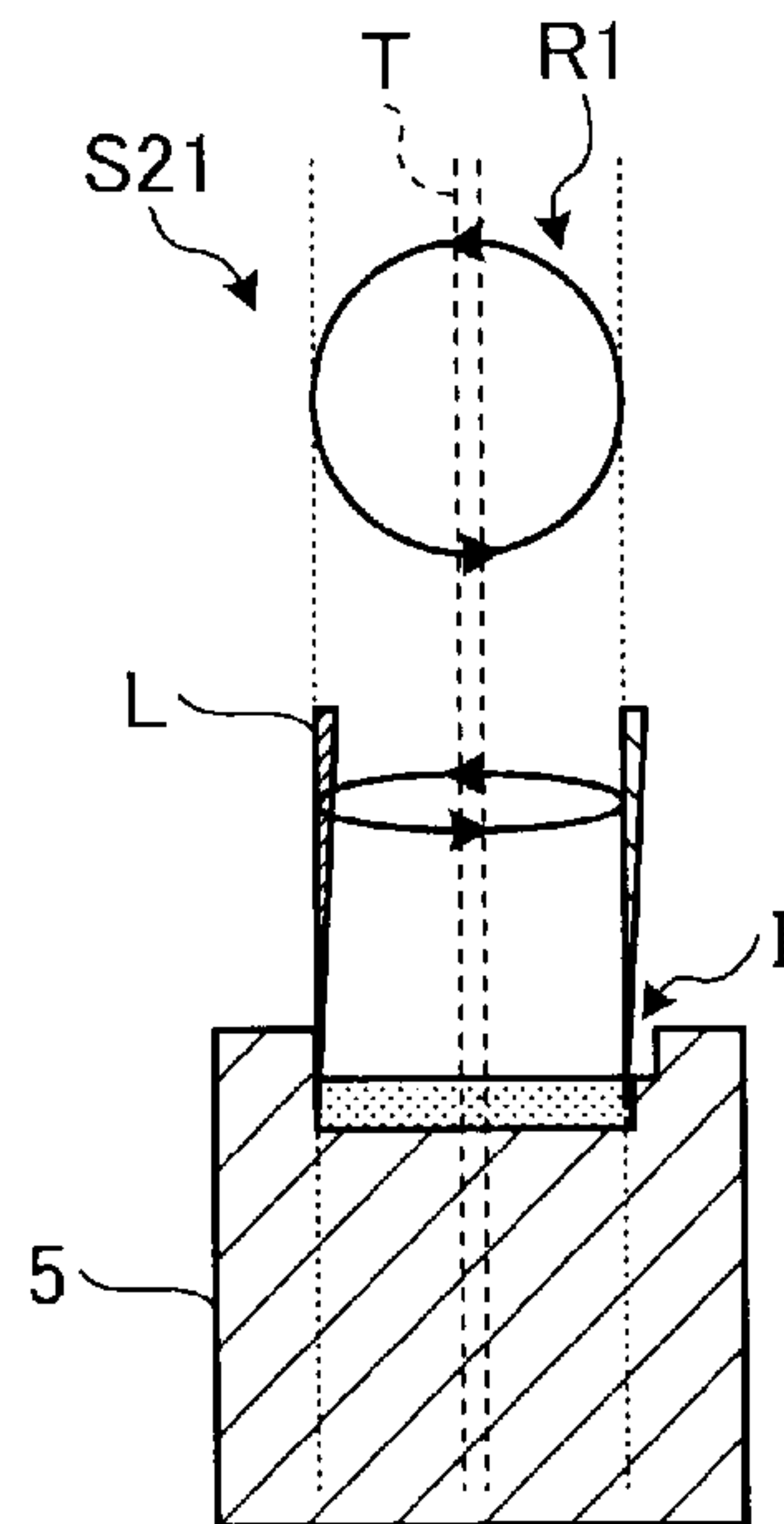
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/044935

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B23K26/38(2014.01) i, B23K26/082(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)

Int.Cl. B23K26/38, B23K26/082

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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	JP 2012-71314 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 12 April 2012, paragraphs [0019], [0020], fig. 1-11 (Family: none)	1-10
Y	JP 2015-157312 A (SHIN NIPPON KOKI CO., LTD.) 03 September 2015, paragraphs [0027]-[0084], fig. 1-8 (Family: none)	1-10
A	JP 2005-279730 A (NIPPON STEEL CORPORATION) 13 October 2005, entire text, all drawings (Family: none)	1-10

☐

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

16.12.2019

Date of mailing of the international search report

07.01.2020

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

国際調査報告		国際出願番号 PCT／JP2019／044935	
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, B23K26/082(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, B23K26/082			
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 1971－2019年 日本国実用新案登録公報 1996－2019年 日本国登録実用新案公報 1994－2019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	JP 2012-71314 A（三菱重工業株式会社） 2012.04.12, 段落 [0019]－[0020], 図 1－11 (ファミリーなし)		1－10
Y	JP 2015-157312 A（新日本工機株式会社） 2015.09.03, 段落 [0027]－[0084], 図 1－8 (ファミリーなし)		1－10
A	JP 2005-279730 A（新日本製鐵株式会社） 2005.10.13, 全文, 全図 (ファミリーなし)		1－10
☐ 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 16.12.2019		国際調査報告の発送日 07.01.2020	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA／JP） 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） 竹下 和志 電話番号 03－3581－1101 内線 3363	3P 2926