(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 9 月 15 日(15.09.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/143520 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 26/064 (2014.01) *B23K 26/57* (2014.01)
B23K 26/08 (2014.01) *B29C 65/16* (2006.01)
B23K 26/324 (2014.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/055467

(22) 国際出願日: 2016 年 2 月 24 日(24.02.2016)

(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 2015-048641 2015 年 3 月 11 日(11.03.2015) JP

(71) 出願人: オムロン株式会社(OMRON CORPORATION) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 戸川　拓哉(TOGAWA Takuya); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地　オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人あーく特許事務所(ARC PATENT ATTORNEYS' OFFICE); 〒5300057 大阪府大阪市北区曽根崎１丁目１番２号 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, 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.

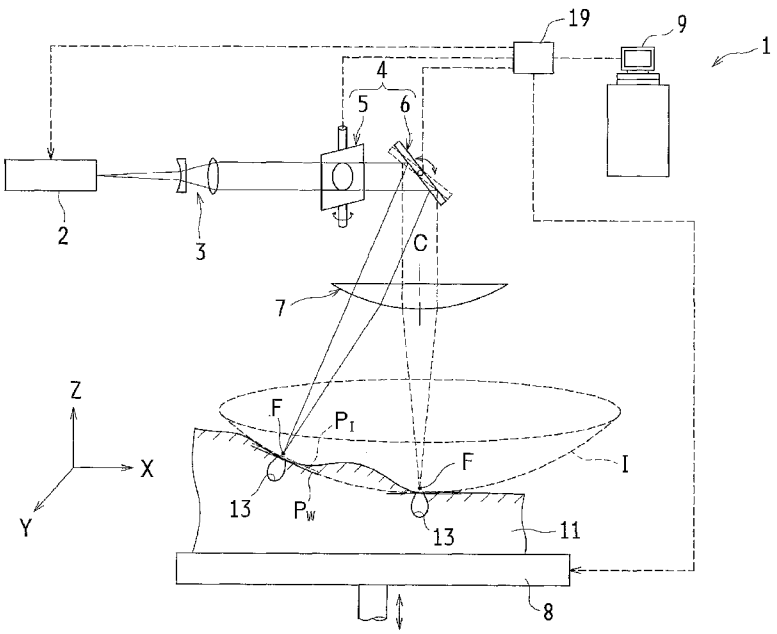
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, 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)）

WO 2016/143520 A1

(54) **Title**: METHOD FOR PRODUCING JOINING STRUCTURE, AND JOINING STRUCTURE

(54) 発明の名称 : 接合構造体の製造方法および接合構造体



(57) **Abstract**: The present invention involves a perforation step for preparing a light-concentrating optical system equipped with Y-direction and X-direction galvanometer mirrors (5, 6), and a light-concentrating lens (7), the concentration focus of which is formed on an imaginary spherical surface, and forming a plurality of perforations (13) by laser irradiation in the surface section of a metal member (11), and a joining step for filling the plurality of perforations with a resin member (12), wherein the perforation step involves quickly and uniformly forming perforations (13) in the surface section of the metal member (11) that extend in a direction perpendicular to the surface of the metal member (11), by setting a plurality of planned laser-irradiation locations (T) on the metal member (11) surface that correspond to the plurality of perforations, and controlling the Y-direction and X-direction galvanometer mirrors (5, 6) so as to emit laser beams that travel in directions perpendicular to tangent planes to the imaginary surface (I), and correspond to the tangent planes at each of the planned laser-irradiation locations.

(57) 要約:

[続葉有]

Ｙ方向およびＸ方向ガルバノミラー（５，６）と、集光点が球面状の仮想面を形成する集光レンズ（７）と、を備えた集光光学系を用意し、金属部材（１１）の表面部に、レーザ照射により複数の穿孔部（１３）を形成する穿孔工程と、複数の穿孔部に樹脂部材（１２）を充填する接合工程と、を含み、穿孔工程では、複数の穿孔部に対応する複数のレーザ照射予定位置（Ｔ）を金属部材（１１）の表面に設定し、各レーザ照射予定位置における接平面に対応する、仮想面（Ｉ）の接平面に対して垂直な方向にレーザ光が照射されるように、Ｙ方向およびＸ方向ガルバノミラー（５，６）を制御することで、金属部材（１１）の表面に対して垂直な方向に延びる穿孔部（１３）を、金属部材（１１）の表面部に均一に且つ高速で形成する。

明　細　書

発明の名称 ： 接合構造体の製造方法および接合構造体

技術分野

[0001] 本発明は、接合構造体の製造方法および接合構造体に関するものである。

背景技術

[0002] 従来から、金属部材と樹脂部材とを接合した接合構造体が知られている。このような接合構造体では、金属部材の表面部にレーザ光を照射することによって穿孔部を形成し、かかる穿孔部に溶融または軟化した樹脂部材を充填し固化させることで生じる所謂アンカー効果によって、接合強度を高めることが多い。

[0003] そうして、脆弱な部分がなく均一に接合強度を高めるためには、樹脂部材が金属部材の表面部に均一かつ金属部材の表面に対して垂直に充填されていることが望ましく、そのためには、複数の穿孔部が金属部材の表面部に均一かつ金属部材の表面に対して垂直に延びるように形成されていることが望ましい。

[0004] この点、金属部材の表面が平板状であれば、例えば直交２軸方向に移動可能なステージ等を用いて金属部材を平面的に移動させながらレーザ光を照射することによって、金属部材の表面に対して垂直に延びる穿孔部を容易に形成することができる。もっとも、金属部材の表面は常に平板状であるとは限らない。そうして、レーザ光を照射することによって非平板状の面に対して垂直な穿孔部を形成しようとする場合には、ワークである金属部材の立体的な移動や、レーザ光の照射角度の調整などの点で、困難性を伴うことになる。

[0005] ここで、接合構造体における穿孔部の形成を目的としたものではないが、例えば特許文献１には、丸棒状のワークの表面に多数の凹部を規則的に形成する技術が開示されている。この特許文献１のものは、ピコ秒レーザ発振器と、一の一対のウェッジプリズムのウェッジ角を調整することで、レーザ光

の入射角度を加減する光学系と、他の一対のウェッジプリズムのウェッジ角を調整することで、レーザ光の回転半径を加減する光学系と、上下移動可能な加工ヘッドと、を用いて、比較的複雑な加工形状を実現するものである。そうして、特許文献１のものでは、ワークと共に回転可能なチャックが先端に固定された、回転軸を中心に上下に回転可能なワーク固定用腕部を備えるワーク保持装置と、当該ワーク保持装置が載置される、ＸＹ方向への移動が可能な加工テーブルと、これらの光学系および加工ヘッドと、を組み合わせることで、丸棒状のワークの表面に超微細なディンプルを規則的に形成することができるとされている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：日本国特開２０１３－０８２００６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、上記特許文献１のものを用いて、不規則な曲面を有する金属部材の表面部に穿孔部を形成する場合には、以下のような問題がある。すなわち、この場合には、穿孔位置が加工ヘッド側へ向くようにチャックを回転し、レーザ光の入射角度と垂直になるようにワーク固定用腕部を回動し、穿孔位置がレーザ光の入射角度および回転半径の範囲内に収まるように加工テーブルを移動し、加工ヘッドの上下位置を調整し、２つのウェッジ角を調整してレーザ光の入射角度および回転半径を加減する必要がある。このように、多数の操作や調整を伴うため、特許文献１のものを用いて、不規則な曲面を有する金属部材の表面部に高速で穿孔部を形成することは困難であり、複数の穿孔部を形成するのに多大な時間を要するという問題がある。つまり、上記特許文献１のものを用いて、高速で加工することができるのは、チャックを一定角度で回転するとともにワーク固定用腕部を一定角度で回動することで対応可能な場合、すなわち、円柱状または円筒状の金属部材の表面部

に規則的に穿孔部を形成する場合に限定されるといえる。

[0008] このように、不規則な曲面を有する金属部材の表面部に穿孔部を形成する場合には、ワークである金属部材の複雑な位置調整およびレーザ光の複雑な角度調整が、穿孔部の高速な加工を阻害する一因となっている。

[0009] そこで、ワークである金属部材の複雑な位置調整を解消すべく、金属部材が載置されるステージのＺ軸方向（上下方向）の移動を省略することが、具体的には、上下方向に移動可能な拡散レンズ（以下、Ｚ軸レンズともいう）によってＺ軸方向ステージの代用をすることが考えられる。このような方法は、図９に模式的に示す３Ｄ用レーザマーカ１０１を用いることで容易に実現することが可能である。

[0010] 図９（ａ）は、Ｚ軸レンズ１０８によってＺ軸方向ステージの代用をする場合の３Ｄ用レーザマーカ１０１の構成を模式的に説明する概念図である。この３Ｄ用レーザマーカ１０１は、レーザ光源（図示せず）と、レーザ光の集光点の位置を調整するＺ軸レンズ１０８と、レーザ光を集光する一対の集光レンズ１０７と、ガルバノミラー１０５と、を備えている。なお、図９（ａ）において、符号Ｒは、ガルバノミラー１０５の反射点を、符号Ｆは、レーザ光の集光点を、符号Ｔは、金属部材１１１の表面におけるレーザ照射予定位置を、符号Ｐは、レーザ照射予定位置Ｔにおける接平面をそれぞれ示している。

[0011] Ｚ軸レンズ１０８は、Ｚ軸方向に移動自在に設けられており、このＺ軸レンズ１０８を図９（ａ）の白抜き矢印で示すように移動させることにより、図９（ａ）の黒塗り矢印で示すようにレーザ照射軸上で集光点Ｆが移動するようになっている。また、ガルバノミラー１０５は、Ｘ軸ミラーとＹ軸ミラーとを有していて、レーザ照射軸の方向を調整することが可能になっている。この３Ｄ用レーザマーカ１０１では、ガルバノミラー１０５の手前に集光レンズ１０７を配置していることから、換言すると、ガルバノミラー１０５を経由したレーザ光がそのまま金属部材１１１に照射されることから、ガルバノミラー１０５の操作によってレーザ照射方向を容易に制御することが可

能になっている。

[0012] この３Ｄ用レーザマーカ１０１を用いて、不規則な曲面を有する金属部材１１１の表面部に穿孔部を形成する場合には、ガルバノミラー１０５によってレーザ光の照射方向を、金属部材１１１表面のレーザ照射予定位置Ｔにおける接平面Ｐの法線方向に向ける。次いで、Ｘ軸およびＹ軸の直交２軸方向に移動可能なステージ（図示せず）を用いて、金属部材１１１をＸＹ平面で移動させて、レーザ照射予定位置Ｔをレーザ照射軸上（またはその延長線上）に配置する。そうして、Ｚ軸レンズ１０８をＺ軸方向に移動させることによって、集光点Ｆを金属部材１１１表面におけるレーザ照射予定位置Ｔに合わせ、その後レーザ光を照射して穿孔部を形成する。これにより、不規則な曲面を有する金属部材１１１の表面部に、金属部材１１１の表面に対して垂直な方向に延びる穿孔部を容易に形成することが可能となる。

[0013] しかしながら、Ｚ軸レンズ１０８によってＺ軸方向ステージの代用をする方法には、以下のような問題がある。すなわち、３Ｄ用レーザマーカ１０１を用いて、図９（ｂ）に示すように、高さ（Ｚ軸方向の位置）が異なる２つのレーザ照射予定位置Ｔ１，Ｔ２に穿孔部を形成する場合には、レーザ照射予定位置Ｔ１に集光点Ｆを合わせたときと、レーザ照射予定位置Ｔ２に集光点Ｆを合わせたときとで、焦点距離（集光レンズ１０７からレーザ照射予定位置Ｔ１，Ｔ２までの距離）が異なることになる。そうして、レーザ光の加工サイズである集光スポット径は焦点距離に比例することから、高さが異なるレーザ照射予定位置Ｔ１，Ｔ２においては穿孔部の加工状態（穿孔径）が区々になってしまうという問題がある。

[0014] このような問題を解決するために、Ｚ軸レンズ１０８の移動範囲を制限することも考えられるが、Ｚ軸レンズ１０８の移動範囲を制限すると、３Ｄ用レーザマーカ１０１を用いて穿孔部を形成することが可能な金属部材１１１が、表面の高さ方向の変化の小さい金属部材１１１に限定されるという問題が生じる。

[0015] 本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは

、接合構造体の製造方法および接合構造体において、金属部材の表面に対して垂直な方向に延びる穿孔部を、金属部材の表面部に均一に且つ高速で形成する技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0016] 前記目的を達成するため、本発明に係る接合構造体の製造方法では、或る種のレンズにおける、集光点が形成する仮想面等の湾曲を利用して、焦点距離を変化させることなく、レーザ照射予定位置と集光点等との位置を合せるようにしている。

[0017] 具体的には、本発明は、金属部材と樹脂部材とが接合された接合構造体の製造方法であって、レーザ光を走査させるビームスキャナと、当該ビームスキャナを経由したレーザ光を集光して対象物に照射する、集光点が球面状の仮想面を形成する集光レンズと、を備えた集光光学系を用意し、前記樹脂部材との接合面を構成する前記金属部材の表面部に、前記集光光学系を用いてレーザ光を照射することにより複数の穿孔部を形成する穿孔工程と、前記複数の穿孔部に前記樹脂部材を充填することにより、前記金属部材と当該樹脂部材とを接合する接合工程と、を含み、前記穿孔工程では、前記複数の穿孔部にそれぞれ対応する複数のレーザ照射予定位置を前記金属部材の表面に設定し、当該各レーザ照射予定位置における接平面に対応する、前記仮想面の接平面に対して垂直な方向にレーザ光が照射されるように、前記ビームスキャナを制御することを特徴とするものである。

[0018] なお、本発明において「集光点が球面状の仮想面を形成する」とは、ビームスキャナによってレーザ光の照射方向を順次変化させたときに、集光点の集合が形成する仮想面が球面状であることを意味する。ここで、「球面状」とは、完全な球面だけではなく、全体的にほぼ均一な曲率であるような曲面も含む。

[0019] また、本発明において「各レーザ照射予定位置における接平面に対応する、前記仮想面の接平面」とは、各レーザ照射予定位置における接平面の法線方向と、法線方向を同じくする仮想面の接平面を意味する。

[0020] 光学系で用いられるレンズには様々なものがあるが、例えば球面レンズのように、光の入射位置により屈折する角度が異なるため、集光点の仮想面が湾曲して球面状の仮想面を形成するものがある。このような球面状の仮想面は、通常マイナスに働くが、本発明では、集光点が球面状の仮想面を形成する集光レンズを積極的に利用するようにしている。

[0021] すなわち、複数の穿孔部にそれぞれ対応する複数のレーザ照射予定位置を、例えば金属部材の曲面状の表面に設定すると、各レーザ照射予定位置における接平面が決まることになる。ここで、金属部材の曲面状の表面における最大傾斜角が、集光レンズの照射可能な角度範囲に収まっているのであれば、集光レンズの仮想面が球面状であることから、或るレーザ照射予定位置（仮に第１の予定位置ともいう）における接平面（仮に第１の接平面ともいう）に一対一で対応する仮想面の接平面（仮に第２の接平面ともいう）が存在することになる。そうして、この第２の接平面に対して垂直な方向にレーザ光が照射されるように、ビームスキャナを制御すれば、レーザ照射方向と、第１の接平面の法線方向とが一致することになる。

[0022] ここで、第２の接平面における集光点（仮想面と第２の接平面との接点）の座標は容易に特定することが可能であることから、集光光学系側および／または金属部材側を移動させることで、第２の接平面における集光点となる位置と第１の予定位置とを容易に且つ高速で一致させることができる。そうして、例えば、第２の接平面における集光点となる位置と第１の予定位置とを一致させると同時に（または一致させるのと併行して）ビームスキャナを制御し、レーザ光を照射することで、第１の接平面に対して垂直な方向に延びる穿孔部を容易に且つ高速で形成することができる。

[0023] しかも、集光レンズの仮想面が球面状であることから、焦点距離（集光レンズから仮想面までの距離）が一定となるので、いずれのレーザ照射予定位置においても、同じ集光スポット径で均一な穿孔部を形成することができる。

[0024] 以上により、本発明によれば、金属部材の表面に対して垂直な方向に延び

る穿孔部を、金属部材の表面部に均一に且つ高速で形成することができる。

[0025] そうして、仮想面の接平面における集光点となる位置とレーザ照射予定位置とを一致させる１つの態様として、前記接合構造体の製造方法では、前記集光レンズは固定されており、Ｘ軸、Ｙ軸および前記固定された集光レンズの中心軸であるＺ軸の直交３軸方向に移動可能なステージをさらに用意し、前記穿孔工程では、前記ステージ上に載置された前記金属部材を、前記各レーザ照射予定位置と、当該各レーザ照射予定位置における接平面に対応する前記仮想面の接平面における集光点となる位置と、が一致するように移動させることが好ましい。

[0026] 上述の如く、第２の接平面における集光点の座標は容易に特定することが可能であることから、この構成によれば、レーザ加工設備において一般的に用いられている直交３軸方向に移動可能なステージを用いて、第２の接平面における集光点となる位置と第１の予定位置とを容易に一致させることができる。また、一般的なステージを用いることから、接合構造体の製造コストの上昇を抑えることができる。

[0027] 前記接合構造体の製造方法において、前記穿孔工程では、前記ビームスキャナの制御と、前記ステージの移動とを併行して行うことが好ましい。

[0028] この構成によれば、加工対象物である金属部材を動かしながら、レーザ光が照射される方向を調整することにより、より高速で穿孔部を形成することができる。これにより、接合構造体の製造時間を大幅に短縮させることができる。

[0029] 前記接合構造体の製造方法において、前記穿孔工程では、ｎを正の整数として、第ｎ番目にレーザ光が照射されるレーザ照射予定位置と、第ｎ＋１番目にレーザ光が照射されるレーザ照射予定位置との間における前記ステージの移動時間が一定となるように、前記ステージを制御することが好ましい。

[0030] この構成によれば、現在穿孔部を形成しているレーザ照射予定位置から次のレーザ照射予定位置への移動時間が一定となるので、移動速度の設定によっては、レーザの繰り返し周波数と同期した、より一層高速な穿孔部加工が

可能となるので、接合構造体の製造時間をより一層大幅に短縮させることができる。

[0031] 前記接合構造体の製造方法では、前記集光レンズとして、単一の球面レンズを用いることが好ましい。

[0032] この構成によれば、比較的安価な球面レンズを用いることから、製造コストの上昇を抑えることができる。

[0033] 前記接合構造体の製造方法では、前記集光レンズとして、複数の組合せレンズ、または、非球面レンズを用いることが好ましい。

[0034] この構成によれば、複数の組合せレンズを光学設計に基づいて配置することにより、または、非球面レンズを光学設計に基づいて選択することにより、仮想面をより球面に近づけることができる。これにより、集光点の収差が補正されたより均一な集光スポット径を得ることが可能となるので、金属部材の表面部により均一かつ正確に穿孔部を形成することができる。

[0035] また、本発明に係る接合構造体の製造方法は、集光光学系のみならず、結像光学系を用いることによっても実現することができる。

[0036] 具体的には、本発明は、金属部材と樹脂部材とが接合された接合構造体の製造方法であって、レーザ光の径を調整するマスクと、レーザ光を走査させるビームスキャナと、当該マスクの透過像を対象物に結像させる、結像点が球面状の像面を形成する結像レンズと、を備えた結像光学系を用意し、前記樹脂部材との接合面を構成する前記金属部材の表面部に、前記結像光学系を用いてレーザ光を結像させることにより複数の穿孔部を形成する穿孔工程と、前記複数の穿孔部に前記樹脂部材を充填することにより、前記金属部材と当該樹脂部材とを接合する接合工程と、を含み、前記穿孔工程では、前記複数の穿孔部にそれぞれ対応する複数のレーザ結像予定位置を前記金属部材の表面に設定し、当該各レーザ結像予定位置における接平面に対応する、前記像面の接平面に対して垂直な方向からレーザ光が結像されるように、前記ビームスキャナを制御することを特徴とするものである。

[0037] この構成によれば、結像光学系を用いた場合にも、集光光学系を用いた場

合と同様の手順により、金属部材の表面に対して垂直な方向に延びる穿孔部を、金属部材の表面部に均一に且つ高速で形成することができる。

[0038] 加えて、集光光学系に代えて結像光学系を用いることにより、結像点のビーム強度分布がガウス型から均一型（フラットトップ）になるので、例えば、薄板の金属部材をレーザ加工する場合にも、穿孔部が貫通したり、熱影響による変色がレーザ加工面の裏側に生じたりするのを抑えることができる。

[0039] さらに、本発明は、金属部材と樹脂部材とが接合された接合構造体をも対象としている。

[0040] 具体的には、本発明は、金属部材と樹脂部材とが接合された接合構造体であって、レーザ光を走査させるビームスキャナと、当該ビームスキャナを経由したレーザ光を集光して対象物に照射する、集光点が球面状の仮想面を形成する集光レンズと、を備えた集光光学系を用いて、前記樹脂部材との接合面を構成する前記金属部材の表面部に、レーザ光を照射することにより、当該金属部材の表面に対して垂直な方向に延びる複数の穿孔部が形成されており、前記複数の穿孔部に前記樹脂部材が充填されていることを特徴とするものである。

[0041] この構成によれば、樹脂部材が、金属部材の表面部に均一に、かつ、金属部材の表面に対して垂直に充填されることにより、脆弱な部分がなく均一に接合強度が高められた接合構造体を実現することができる。

発明の効果

[0042] 以上、説明したように本発明に係る接合構造体の製造方法および接合構造体によれば、金属部材の表面に対して垂直な方向に延びる穿孔部を、金属部材の表面部に均一に且つ高速で形成することができる。

図面の簡単な説明

[0043] [図1]本発明の実施形態１に係る接合構造体における接合部を模式的に示す拡大断面図である。

[図2]接合構造体の製造方法で用いられるレーザ加工装置の全体構成を示す模式図である。

[図3]集光点が球面状の仮想面を形成する集光レンズを用いるレーザ加工方法を模式的に説明する概念図である。

[図4]レーザ光の集光レンズへの入射位置と集光レンズからの照射角度との関係を模式的に説明する概念図である。

[図5]レーザ加工手順を示すフローチャートである。

[図6]接合構造体の製造方法を模式的に説明する端面図である。

[図7]本発明の実施形態２における、ビームスキャナの操作と、レーザの繰り返し周波数と、ステージによる金属部材の移動時間との関係を模式的に示す図である。

[図8]本発明の実施形態３に係るレーザ加工装置の全体構成を示す模式図である。

[図9]Ｚ軸レンズによってＺ軸方向ステージの代用をする場合の３Ｄ用レーザマーカの構成を模式的に説明する概念図である。

発明を実施するための形態

[0044] 以下、本発明を実施するための形態を図面に基づいて説明する。

[0045] （実施形態１）

図１は、本実施形態に係る接合構造体１０における接合部を模式的に示す拡大断面図である。この接合構造体１０は、金属部材１１と樹脂部材１２とが接合されたものである。樹脂部材１２との接合界面を構成する金属部材１１の表面部には、レーザ加工装置１（図２参照）を用いてレーザ光を照射することによって、当該金属部材１１の表面で開口する穿孔部１３が形成されている。そうして、この接合構造体１０では、溶融または軟化した状態で穿孔部１３に充填された樹脂部材１２が、穿孔部１３内で固化することで、金属部材１１と樹脂部材１２とが接合されている。なお、図１では、図を見易くするために、穿孔部１３を２つだけ示しているが、実際には穿孔部１３はより多く形成されている。

[0046] このように、この接合構造体１０では、金属部材１１の表面部に形成された穿孔部１３に樹脂部材１２を充填することで所謂アンカー効果が生じるこ

とから、せん断方向の接合強度の向上に加え、剥離方向についても接合強度の向上が図られるようになっている。

[0047] しかも、穿孔部１３は、図１に示すように、金属部材１１の曲面状の（起伏を有する）表面に対して垂直な方向に延びるように、換言すると、当該穿孔部１３の形成位置における金属部材１１の表面の接平面P_Wと、当該穿孔部１３の孔軸C_Hとが直交するように形成されている。これにより、本実施形態の接合構造体１０では、どの穿孔部１３においても、樹脂部材１２が金属部材１１の表面に対して垂直な方向に充填されることから、換言すると、接合部におけるどの部位においても、せん断方向および剥離方向の接合強度が同等に向上することから、脆弱な部分がなく均一に接合強度が高められている。

[0048] もっとも、金属部材１１の曲面状の表面部に、レーザ光を照射することによって表面に対して垂直な方向に延びる穿孔部１３を形成する場合には、ワークである金属部材１１の立体的な移動や、レーザ光の照射角度の調整などの点で、困難性を伴うことが多い。

[0049] そこで、本実施形態では、金属部材１１の表面に対して垂直な方向に延びる穿孔部１３を均一に且つ高速で形成するべく、集光点Ｆが球面状の仮想面Ｉを形成する集光レンズ７（図２参照）を用いてレーザ加工を行うようにしている。以下、本実施形態の接合構造体１０の製造方法の一部を構成する、集光点Ｆが球面状の仮想面Ｉを形成する集光レンズ７を用いたレーザ加工について説明する。

[0050] －レーザ加工装置の全体構成－

図２は、接合構造体１０の製造方法で用いられるレーザ加工装置１の全体構成を示す模式図である。このレーザ加工装置１は、図２に示すように、レーザ光源２と、集光光学系３，４，７と、直動ステージ８と、コントローラ９と、コントローラ９からの指令に従って各種機器を制御する制御部１９と、を備えている。集光光学系３，４，７は、ビームエキスパンダ３と、ビームスキャナ４と、集光レンズ７とで構成されている。また、このレーザ加工

装置１では、ビームスキャナ４として、２軸のビームスキャナ４を、具体的には、Ｙ方向ガルバノミラー５およびＸ方向ガルバノミラー６を採用している。なお、図２では、図を見易くするために、接平面P_Iと接平面P_Wとを離して図示しているが、実際には接平面P_Iと接平面P_Wとは重なっている。

[0051] レーザ光源２は、コントローラ９からの指令に従って発振し、制御部１９から供給される電流に応じた発光量を有するレーザ光を発するように構成されている。レーザ光源２としては、パルス発振が可能なものが好ましく、ファイバレーザ、ＹＡＧレーザ、YVO_4レーザ、半導体レーザ、炭酸ガスレーザ、エキシマレーザが選択でき、レーザの波長を考慮すると、ファイバレーザおよびＹＡＧレーザおよびYVO_4レーザの、それぞれの基本波並びに第２、第３および第４高調波、半導体レーザが好ましい。

[0052] ビームエキスパンダ３は、レーザ光源２から発せられたレーザ光のビーム径を調整（拡大）するためのものである。このビームエキスパンダ３は、光路上に配置された複数のレンズによって構成されていて、レンズ倍率を選定することにより、ビーム径を所望の値に調整可能に構成されている。

[0053] Ｙ方向ガルバノミラー（ビームスキャナ）５は、レーザ光のワーク（金属部材）１１上における集光点Ｆを、図２のＹ軸方向に走査させるためのミラーである。また、Ｘ方向ガルバノミラー（ビームスキャナ）６は、レーザ光のワーク１１上における集光点Ｆを、図２のＸ軸方向に走査させるためのミラーである。これらＹ方向およびＸ方向ガルバノミラー５，６を駆動することによって、レーザ光の集光レンズ７への入射位置および入射角が変化し、集光点Ｆをワーク１１上の表面における任意の方向に走査することが可能となっている。

[0054] 集光レンズ７は、平行光であるレーザ光を一点に集光してワーク１１に照射するためのものである。本実施形態では、集光レンズ７として単一の球面レンズを用いている。このように、集光レンズ７として球面レンズを用いることで、このレーザ加工装置１では、図２に示すように、集光点Ｆが球面状の仮想面Ｉを形成するようになっている。なお、「球面状」とは、完全な球

面だけではなく、全体的にほぼ均一な曲率であるような曲面も含む。集光レンズ７は、その中心軸Ｃが図２のＺ軸と一致するように固定されている。

[0055] 直動ステージ８は、Ｘ軸、Ｙ軸及びＺ軸の直交３軸に沿って自由に移動可能に構成されている。それ故、直動ステージ８上に載置されたワーク１１は、直動ステージ８の可動範囲内で、立体的な任意の位置に移動できるようになっている。

[0056] コントローラ９は、例えばコンピュータによって構成されており、制御プログラムに従って演算処理するＣＰＵ（中央処理装置）や、制御プログラム等を格納するＲＯＭや、演算結果等を格納する読み書き可能なＲＡＭ等を備えている。このコントローラ９は、制御部１９を介してレーザ加工装置１全体の動作を制御するように構成されており、レーザ加工の際、レーザ光源２の発振やＹ方向およびＸ方向ガルバノミラー５，６の駆動や直動ステージ８の移動のみならず、例えば、ビーム出力、パルス条件などの各種パラメータを管理し制御するようになっている。

[0057] 以上のように構成されたレーザ加工装置１では、コントローラ９からの指令に基づきレーザ光源２から発せられたレーザ光は、ビームエキスパンダ３で拡径され、コントローラ９からの信号に基づき駆動されたＹ方向およびＸ方向ガルバノミラー５，６で照射方向が決定される。このように、照射方向が決定されたレーザ光は、集光レンズ７を通過することで一点に集光され、図２に示すように、コントローラ９からの信号に基づき移動した直動ステージ８上のワーク１１の表面に照射される。これにより、ワークである金属部材１１の表面部に穿孔部１３が形成されるようになっている。

[0058] －球面状の仮想面を有する集光レンズを用いたレーザ加工－

図３は、集光点Ｆが球面状の仮想面Ｉを形成する集光レンズ７を用いたレーザ加工方法を模式的に説明する概念図である。なお、図３（ａ）において、符号Ｃｓは、ビームスキャナ４の中心を、符号θは、ビームスキャナ４によるレーザ光の振れ角を、符号ϕは、集光レンズ７からのレーザ光の照射角度を、符号ＬＢは、レーザ光の照射軸を、符号P_Iは、集光点Ｆにおける仮想

面Ｉの接平面をそれぞれ示している。また、図３（ｂ）において、符号Ｔは、金属部材１１の表面におけるレーザ照射予定位置を、符号P_Wは、レーザ照射予定位置Ｔにおける金属部材１１の表面の接平面を、符号ＮＬは、接平面P_Wの法線をそれぞれ示している。なお、図３（ｃ）では、図を見易くするために、接平面P_Iと接平面P_Wとを離して図示しているが、実際には接平面P_Iと接平面P_Wとは重なっている。同様に、レーザ光の照射軸ＬＢと接平面P_Wの法線ＮＬとを離して図示しているが、実際にはレーザ光の照射軸ＬＢと接平面P_Wの法線ＮＬとは重なっている。

[0059] 先ず、図３（ａ）に示すように、ビームスキャナ４を経由したレーザ光（平行光）は、集光レンズ７を通過することによって屈折し、照射軸ＬＢに沿って進みながら一点（集光点Ｆ）に集光する。このような集光点Ｆは、ビームスキャナ４の振れ角θを変化させると、集光レンズ７から距離が一定な球面状の仮想面Ｉを形成することになる。そして、仮想面Ｉが球面状であることから、集光点Ｆにおける仮想面Ｉの接平面P_Iは、照射軸ＬＢと垂直になる。

[0060] 一方、図３（ｂ）に示すように、金属部材１１の曲面状の表面に、穿孔部１３に対応するレーザ照射予定位置Ｔを設定すると、このレーザ照射予定位置Ｔにおける金属部材１１の表面の接平面P_Wが決まる。

[0061] ここで、金属部材１１の曲面状の表面における最大傾斜角が、集光レンズ７の照射可能な角度範囲に収まっていると仮定する。この場合には、集光レンズ７の仮想面Ｉが球面状であることから、或るレーザ照射予定位置Ｔにおける接平面P_Wに一対一で対応する仮想面Ｉの接平面P_Iが、換言すると、接平面P_Wの法線方向と法線方向を同じくする接平面P_Iが存在することになる。すると、ビームスキャナ４を制御して、この接平面P_Iに対して垂直な方向にレーザ光が照射されるような角度に振れ角θを設定すれば、レーザ光の照射軸ＬＢの延びる方向と、接平面P_Wの法線ＮＬの延びる方向とが一致することになる。

[0062] そうして、接平面P_Wにおける集光点Ｆ（仮想面Ｉと接平面P_Wとの接点）の

座標は、周知の光線追跡計算を用いることで容易に特定することが可能であることから、直動ステージ８上に載置された金属部材１１を移動させることで、図３（ｃ）に示すように、接平面P_Wにおける集光点Ｆ（正確には集光点Ｆとなる位置）とレーザ照射予定位置Ｔとを容易にかつ高速で一致させることができる。そうして、接平面P_Iにおける集光点Ｆとなる位置とレーザ照射予定位置Ｔとが一致すると、レーザ光の照射軸ＬＢと法線ＮＬとが一致することから、この状態でレーザ光源２を発振させると、接平面P_Wに対して垂直な方向からレーザ光が照射される。これにより、金属部材１１の表面が曲面状であっても、接平面P_Wに対して垂直な方向に延びる穿孔部１３を形成することができる。しかも、レーザ光による加工サイズである集光スポット径は焦点距離に比例するところ、集光レンズ７から球面状の仮想面Ｉまでの距離は一定なので、金属部材１１の曲面状の表面部に複数の均一な穿孔部１３を形成することが可能となる。

[0063] －ビームスキャナによる角度制御－

次に、ビームスキャナ４による角度制御について説明する。図４は、レーザ光の集光レンズ７への入射位置Ｓと集光レンズ７からの照射角度φとの関係を模式的に説明する概念図である。なお、図４において、符号ＣＩは、集光レンズ７の曲率中心を、符号αは、曲率中心ＣＩからレーザ光を発すると仮定した場合の振れ角を、符号Ｓは、レーザ光の集光レンズ７に対する実際の照射位置を、符号Ｒは、集光レンズ７の曲率半径を、符号Ｌは、入射位置Ｓと集光レンズ７の中心軸Ｃとの距離を、符号φは、レーザ光の屈折角をそれぞれ示している。なお、符号Ｃｓ、符号θ、符号Ｔ、符号P_Iおよび符号P_Wについては図３と同様である。

[0064] 仮に集光レンズ７の曲率中心ＣＩからレーザ光を集光レンズ７へ向けて振れ角αで発した場合には、レーザ光は振れ角αと同じ照射角度αで集光レンズ７から照射される。このため、曲率中心ＣＩと、そのときの理想的な仮想面（仮想面Ｉとは異なる）における集光点（集光点Ｆとは異なる）とを結ぶ直線（図４の一点鎖線参照）は、集光点における理想的な仮想面の接平面（

接平面P_Iとは異なる）と垂直となる。よって、この場合には、レーザ照射予定位置Ｔにおける接平面P_Wの傾斜角（ＸＹ平面に対する傾斜角）が仮にφ１であるとすれば、振れ角α＝φ１とするだけで、レーザ照射予定位置Ｔにおける接平面P_Wと垂直な方向からレーザ光を照射することができる。

[0065] もっとも、実際にはビームスキャナ４の中心Ｃｓは、集光レンズ７の曲率中心ＣＩとは一致していないため、レーザ光は集光レンズ７から照射角度αでは照射されず、レーザ光の集光レンズ７に対する入射位置Ｓに応じて屈折する。ここでは、説明を簡単とするために、集光レンズ７を薄肉レンズとすると、図４に示すように、レーザ光は屈折角φだけ角度補正が加えられた照射角度φで照射され、この照射角度φのレーザ光に垂直な接平面P_Iと、この照射角度φのレーザ光の集光点Ｆと、集光点Ｆが形成する仮想面Ｉとが存在することになる。これらの仮想面Ｉと接平面P_Iとは、集光レンズ７の光線追跡計算を用いて容易に取得することができる。そして、接平面P_Iにおける集光点Ｆは、仮想面Ｉと接平面P_Iとの接点であることから、集光点Ｆの座標も容易に算出することができる。

[0066] これらを前提に、以下では、このような照射角度φのレーザ光を照射可能な振れ角θの求め方について説明する。

[0067] 先ず、レーザ照射予定位置Ｔにおける接平面P_Wの傾斜角がφであるとすれば、図４に示すように、接平面P_Wに対応する接平面P_Iの傾斜角（ＸＹ平面に対する傾斜角）もφとなり、それ故、集光レンズ７から照射されるべきレーザ光の照射角度がφに決定される。

[0068] そうして、曲率中心ＣＩからレーザ光を発すると仮定した場合の振れ角αと、屈折角φと、照射角度φとの関係は、図４から分かるように、下記の式（１）で表せる。

[0069] φ＝α＋φ・・・式（１）

ここで、図４の一点鎖線を基準とすると、レーザ光は入射角度θ－αで集光レンズ７に入り、屈折角φで集光レンズ７から出ることになる。それ故、集光レンズ７の屈折率をｎとすると、スネルの法則により、下記の式（２）

の関係が成り立つ。

[0070] ｓｉｎ（θ－α）／ｓｉｎφ＝１／ｎ・・・式（２）

そうして、式（２）を変形すると、下記の式（３）の関係が成り立つ。

[0071] θ＝α＋ａｒｃｓｉｎ[（ｓｉｎφ）／ｎ]・・・式（３）

式（１）を式（３）に代入すると、下記の式（４）の関係が成り立つ。

[0072] θ＝α＋ａｒｃｓｉｎ［[ｓｉｎ（φ－α）]／ｎ］・・・式（４）

ここで、振れ角αは、図４から分かるように、集光レンズ７の曲率半径Ｒと、距離Ｌとを用いて下記の式（５）で表せる。

[0073] ｓｉｎα＝Ｌ／Ｒ・・・式（５）

よって、式（４）と式（５）とから、下記の式（６）の関係が成り立つ。

[0074] θ＝ａｒｃｓｉｎ（Ｌ／Ｒ）＋ａｒｃｓｉｎ（[ｓｉｎ[φ－ａｒｃｓｉｎ（Ｌ／Ｒ）]]／ｎ）・・・式（６）

ここで、集光レンズ７の曲率半径Ｒは、用いる球面レンズごとに決まっているから既知である。また、上述の如く集光点Ｆの座標は容易に算出することができ、入射位置Ｓと集光点Ｆとの距離が一定であるとともに、入射位置Ｓと集光点Ｆとを結ぶ直線は接平面$Ｐ_{Ｉ}$の法線と一致することから、入射位置Ｓの座標も容易に算出することができる。これにより、入射位置Ｓと集光レンズ７の中心軸Ｃとの距離Ｌも容易に算出することができる。

[0075] よって、金属部材１１の表面において、接平面$Ｐ_{Ｗ}$の傾斜角がφであるレーザ照射予定位置Ｔが選択されれば、集光レンズ７から照射されるべきレーザ光の照射角度がφに決定されることから、上記式（６）に基づいて、ビームスキャナ４による振れ角θが決まることになる。後は、計算によって求められた振れ角θを実現できるように、Ｙ方向ガルバノミラー５およびＸ方向ガルバノミラー６の回転角度を調整することで、接平面$Ｐ_{Ｗ}$の傾斜角がφであるレーザ照射予定位置Ｔに対し垂直にレーザ光を照射することが可能となる。

[0076] なお、振れ角θや集光点Ｆの座標等は、レーザ加工の際にレーザ照射予定位置Ｔが選択される度に計算を実行するのではなく、予めデータ化しておくことが好ましい。例えば、複数の接平面$Ｐ_{Ｉ}$について、各接平面$Ｐ_{Ｉ}$にレーザ光

が垂直に照射されるような振れ角θを上記式（６）に基づいて予め計算しておき、振れ角θと接平面P_I（接平面P_Iの法線方向）とを一対一で関連付けてデータ化しておくことが好ましい。このようにすれば、レーザ照射予定位置Ｔが選択されてこのレーザ照射予定位置Ｔにおける接平面P_Wが決まると、複数の接平面P_Iのデータの中から接平面P_Wに対応する接平面P_Iを検索し、この接平面P_Iに一対一で対応する振れ角θを選択することで、Ｙ方向およびＸ方向ガルバノミラー５，６の角度調整を高速で行うことができる。

[0077] また、集光点Ｆの座標についても、振れ角θと一対一で関連付けてデータ化しておくことが好ましい。このようにすれば、レーザ照射予定位置Ｔが選択されて、上記のように振れ角θが決定されると、この振れ角θに一対一で対応する集光点Ｆの座標を選択して、レーザ照射予定位置Ｔの座標との差を求めることで、直動ステージ８による金属部材１１の移動を高速で行うことができる。

[0078] そうして、これらの振れ角θと接平面P_Iとを一対一で関連付けたデータや、集光点Ｆの座標と振れ角θとを一対一で関連付けたデータは、仮想面Ｉが球面状であることから、同一のレーザ加工装置１を用いる限り、異なる表面形状を有する様々な金属部材１１に適用することができるという利点がある。

[0079] －レーザ加工手順－

以下、レーザ加工装置１を用いた穿孔部１３のレーザ加工手順を、図５のフローチャートに沿って説明する。なお、フローチャートでは、金属部材１１の表面部にｍ個（ｍは２以上の正の整数）の穿孔部１３を形成する加工を想定している。

[0080] レーザ加工に先立ち、ワーク情報（ワークである金属部材１１の表面の三次元形状データ）をコントローラ９に入力しておく。金属部材１１に関する三次元形状データは、例えば、レーザ光で測定対象物の表面形状を非接触で測定する三次元測定器（図示せず）を複数台用いて、測定対象物を複数の位置から測定し、各三次元測定器から得られる測定データを合成することによ

って生成することが可能である。

[0081] また、加工情報もコントローラ９に入力しておく。加工情報としては、金属部材１１の表面に設定された、ｍ個の穿孔部１３にそれぞれ対応するｍ個のレーザ照射予定位置Ｔの三次元座標や、加工ルート（ｍ個の穿孔部１３を加工する順番）等を挙げることができる。このとき、例えば、ｋ番目に加工を予定するレーザ照射予定位置Ｔの加工番号ｋと三次元座標（ｘ（ｋ）、ｙ（ｋ）、ｚ（ｋ））とを関連付けて入力しておく。

[0082] さらに、上述した、振れ角θと接平面P_Iとを一対一で関連付けたデータ、および、振れ角θと集光点Ｆの三次元座標（Ｘ（ｋ）、Ｙ（ｋ）、Ｚ（ｋ））とを一対一で関連付けたデータを予め作成して、コントローラ９に入力しておく。

[0083] 先ずステップＳ１では、コントローラ９のＣＰＵが、加工番号ｋを１に設定する。次のステップＳ２では、予め入力された加工情報に基づいて、ＣＰＵが、加工番号ｋのレーザ照射予定位置Ｔ（ｋ）の三次元座標（ｘ（ｋ）、ｙ（ｋ）、ｚ（ｋ））を取得する。

[0084] 次のステップＳ３では、予め入力されたワーク情報に基づいて、ＣＰＵが、金属部材１１の表面での三次元座標（ｘ（ｋ）、ｙ（ｋ）、ｚ（ｋ））における接平面P_Wに関するデータを取得する。接平面P_Wに関するデータとは、例えば、接平面P_Wの法線方向である。

[0085] 次のステップＳ４では、予め入力された振れ角θと接平面P_Iとを一対一で関連付けたデータに基づいて、ＣＰＵが、接平面P_Wに対応する仮想面Ｉの接平面P_Iを決定する。具体的には、データ化された複数の接平面P_Iの中から、接平面P_Wの法線方向と法線方向を同じくする接平面P_Iを検索し、最適な接平面P_Iを選択する。

[0086] 次のステップＳ５では、予め入力された振れ角θと接平面P_Iとを一対一で関連付けたデータに基づいて、ＣＰＵが、ステップＳ４で決定された接平面P_Iに対応する振れ角θ（ｋ）を取得する。次のステップＳ６では、ＣＰＵが、振れ角θ（ｋ）を実現できるような、Ｙ方向およびＸ方向ガルバノミラー

５，６の回転角度を算出する。

[0087] 次のステップＳ７では、予め入力された振れ角θと集光点Ｆの三次元座標とを一対一で関連付けたデータに基づいて、ＣＰＵが、振れ角θ（ｋ）に対応する集光点Ｆ（ｋ）の三次元座標（Ｘ（ｋ）、Ｙ（ｋ）、Ｚ（ｋ））を取得する。次のステップＳ８では、ＣＰＵが、ステップＳ２で取得したレーザ照射予定位置Ｔ（ｋ）の三次元座標（ｘ（ｋ）、ｙ（ｋ）、ｚ（ｋ））と、集光点Ｆ（ｋ）の三次元座標（Ｘ（ｋ）、Ｙ（ｋ）、Ｚ（ｋ））とから、直動ステージ８の移動量（Ｘ（ｋ）－ｘ（ｋ）、Ｙ（ｋ）－ｙ（ｋ）、Ｚ（ｋ）－ｚ（ｋ））を算出する。

[0088] 次のステップＳ９では、ＣＰＵが、ステップＳ８で算出した移動量に基づき、制御部１９を介して直動ステージ８を立体的に移動させる。これにより、レーザ照射予定位置Ｔ（ｋ）と集光点Ｆ（ｋ）（正確には集光点Ｆ（ｋ）となる位置）とが一致することになる。次のステップＳ１０では、ＣＰＵが、ステップＳ６で算出した回転角度に基づきＹ方向およびＸ方向ガルバノミラー５，６を駆動させて、レーザ光の照射方向をレーザ照射予定位置Ｔ（ｋ）へ向ける。

[0089] 次のステップＳ１１では、ＣＰＵが、制御部１９を介してレーザ光源２を発振させてレーザ照射予定位置Ｔ（ｋ）にレーザ光を照射する。これにより、金属部材１１の表面部に、当該表面に垂直な方向に延びるように穿孔部１３が形成される。なお、照射されるレーザのパルス条件等については後述する。

[0090] 次のステップＳ１２では、ＣＰＵが、予定したｍ個の穿孔部１３の形成が完了したか否かを判定する。このステップＳ１２の判定がＮＯの場合、すなわち、加工番号ｋ≠ｍの場合には、ステップＳ１３に進む。次のステップＳ１３では、次の穿孔部１３を形成するべく加工番号をｋ＋１とした後、再びステップＳ２へ進む。一方、このステップＳ１２の判定がＹＥＳの場合、すなわち、加工番号ｋ＝ｍの場合には、そのままＥＮＤする。

[0091] －接合構造体－

次に、接合構造体１０について詳細に説明する。

[0092] 金属部材１１を構成する金属材料の一例としては、鉄系金属、ステンレス系金属、銅系金属、アルミニウム系金属、マグネシウム系金属およびそれらの合金が挙げられる。また、金属部材１１は、金属成型体であってもよく、亜鉛ダイカスト、アルミダイカスト、粉末冶金等であってもよい。

[0093] 一方、樹脂部材１２を構成する樹脂は、熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂であることが好ましい。熱可塑性樹脂の一例としては、ＰＶＣ（ポリ塩化ビニル）、ＰＳ（ポリスチレン）、ＡＳ（アクリロニトリル・スチレン）、ＡＢＳ（アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン）、ＰＭＭＡ（ポリメチルメタクリレート）、ＰＥ（ポリエチレン）、ＰＰ（ポリプロピレン）、ＰＣ（ポリカーボネート）、ｍ－ＰＰＥ（変性ポリフェニレンエーテル）、ＰＡ６（ポリアミド６）、ＰＡ６６（ポリアミド６６）、ＰＯＭ（ポリアセタール）、ＰＥＴ（ポリエチレンテレフタレート）、ＰＢＴ（ポリブチレンテレフタレート）、ＰＳＦ（ポリサルホン）、ＰＡＲ（ポリアリレート）、ＰＥＩ（ポリエーテルイミド）、ＰＰＳ（ポリフェニレンサルファイド）、ＰＥＳ（ポリエーテルサルホン）、ＰＥＥＫ（ポリエーテルエーテルケトン）、ＰＡＩ（ポリアミドイミド）、ＬＣＰ（液晶ポリマー）、ＰＶＤＣ（ポリ塩化ビニリデン）、ＰＴＦＥ（ポリテトラフルオロエチレン）、ＰＣＴＦＥ（ポリクロロトリフルオロエチレン）およびＰＶＤＦ（ポリフッ化ビニリデン）が挙げられる。また、樹脂部材１２は、ＴＰＥ（熱可塑性エラストマ）であってもよく、ＴＰＥの一例としては、ＴＰＯ（オレフィン系）、ＴＰＳ（スチレン系）、ＴＰＥＥ（エステル系）、ＴＰＵ（ウレタン系）、ＴＰＡ（ナイロン系）およびＴＰＶＣ（塩化ビニル系）が挙げられる。

[0094] また、熱硬化性樹脂の一例としては、ＥＰ（エポキシ）、ＰＵＲ（ポリウレタン）、ＵＦ（ユリアホルムアルデヒド）、ＭＦ（メラミンホルムアルデヒド）、ＰＦ（フェノールホルムアルデヒド）、ＵＰ（不飽和ポリエステル）およびＳＩ（シリコーン）が挙げられる。また、樹脂部材１２は、ＦＲＰ（繊維強化プラスチック）であってもよい。

[0095] なお、熱可塑性樹脂および熱硬化性樹脂には、充填剤が添加されていてもよい。充填剤の一例としては、無機系充填剤（ガラス繊維、無機塩類等）、金属系充填剤、有機系充填剤および炭素繊維等が挙げられる。

[0096] 穿孔部１３は、金属部材１１の表面で開口する横断面略円形の非貫通孔である。穿孔部１３の開口径Ｒ１（図１参照）は、３０μｍ以上、１００μｍ以下が好ましい。これは、開口径Ｒ１が３０μｍ未満の場合には、接合時に溶融または軟化した樹脂部材１２の当該穿孔部１３への充填性が悪化して接合強度が低下する場合があるからである。一方、開口径Ｒ１が１００μｍを超えると、単位面積あたりの穿孔部１３の数が減少して所望の接合強度が得られない場合があるからである。

[0097] また、穿孔部１３の間隔（或る穿孔部１３の中心と、当該或る穿孔部１３と隣接する穿孔部１３の中心との距離）は、２００μｍ以下であることが好ましい。これは、穿孔部１３の間隔が２００μｍを超えると、単位面積あたりの穿孔部１３の数が減少して所望の接合強度が得られない場合があるからである。

[0098] 穿孔部１３の加工深さは、金属部材１１と樹脂部材１２との線膨張係数の差に起因して生じる応力への耐性という観点から、３０μｍを超えることが好ましい。

[0099] 穿孔部１３には、図１に示すように、孔壁を内側に絞ったような絞り部１４を形成してもよい。このように、穿孔部１３に絞り部１４を形成することにより、樹脂部材１２を金属部材１１から剥離するような力が作用した場合でも、穿孔部１３に充填された樹脂部材１２に対して、絞り部１４が抜け出し抵抗となることから、剥離方向の接合強度の向上を図ることができる。

[0100] この穿孔部１３は、上記レーザ加工装置１を用いて１パルスが複数のサブパルスから構成されるレーザ光を金属部材１１の表面部に照射することによって形成される。このような１パルスが複数のサブパルスから構成されるレーザ光を照射する方式は、レーザ光のエネルギを深さ方向に集中させやすいので、穿孔部１３を形成するのに好適である。具体的には、金属部材１１に

レーザ光が照射されると、金属部材１１が局部的に溶融されることにより穿孔部１３の形成が進行する。このとき、レーザ光が複数のサブパルスで構成されているため、溶融された金属部材１１が飛散されにくく、穿孔部１３の近傍に堆積され易い。そして、穿孔部１３の形成が進行すると、溶融された金属部材１１が穿孔部１３の内部に堆積されることにより、絞り部１４が形成される。

[0101] 上記図５のフローチャートのステップＳ１２における、レーザ加工装置１による加工条件としては、サブパルスの１周期が１５ｎｓ以下であることが好ましい。これは、サブパルスの１周期が１５ｎｓを超えると、熱伝導によりエネルギが拡散しやすくなり、穿孔部１３を形成し難くなるためである。なお、サブパルスの１周期は、サブパルスの１回分の照射時間と、そのサブパルスの照射が終了されてから次回のサブパルスの照射が開始されるまでの間隔との合計時間である。

[0102] また、１パルスのサブパルス数は、２以上５０以下であることが好ましい。これは、サブパルス数が５０を超えると、サブパルスの単位あたりの出力が小さくなり、穿孔部１３を形成し難くなるためである。

[0103] －接合構造体の製造方法－

次に、本実施形態に係る接合構造体１０の製造方法について説明する。図６は、接合構造体１０の製造方法を模式的に説明する端面図である。なお、図６（ｂ）では、図を見易くするために、接平面P_Iと接平面P_Wとを離して図示しているが、実際には接平面P_Iと接平面P_Wとは重なっている。同様に、集光点Ｆとレーザ照射予定位置Ｔとを離して図示しているが、実際には集光点Ｆとレーザ照射予定位置Ｔとは重なっている。

[0104] 先ず、図６（ａ）に示すように、複数の穿孔部１３にそれぞれ対応する複数のレーザ照射予定位置Ｔを金属部材１１の表面に設定する（穿孔工程）。これは、上記レーザ加工手順で説明した、加工情報の入力作業に相当する。

[0105] 次いで、図６（ｂ）に示すように、直動ステージ８を用いて金属部材１１を移動させて、レーザ照射予定位置Ｔにおける接平面P_Wに対応する仮想面Ｉ

の接平面P_Iにおける集光点Ｆとなる位置と、レーザ照射予定位置Ｔとを一致させる。この状態で、Ｙ方向およびＸ方向ガルバノミラー５，６を駆動させて、図６（ｂ）の矢印で示すように、仮想面Ｉの接平面P_Iに対して垂直な方向にレーザ光を照射し、図６（ｃ）に示すような、接平面P_Wに対して孔軸C_Hが直交する穿孔部１３を形成する（穿孔工程）。これは、図５のフローチャートにおけるステップＳ２～Ｓ１１に対応している。この際、１パルスが複数のサブパルスから構成されるレーザを照射することにより、穿孔部１３の開口部に絞り部１４（図１参照）を形成する。

[0106] その後、例えば金属部材１１を金型（図示せず）にセットして溶融した樹脂部材１２を射出することにより（射出成型）、樹脂部材１２を穿孔部１３に充填する。そうして、充填された樹脂部材１２が穿孔部１３内で固化することによって、金属部材１１および樹脂部材１２が接合され（接合工程）、図６（ｄ）に示すような接合構造体１０が形成される。

[0107] （実施形態２）

本実施形態は、Ｙ方向およびＸ方向ガルバノミラー５，６によるレーザ光の照射角度φの制御と、直動ステージ８による金属部材１１の移動とを、併行して行う点が、上記実施形態１とは異なるものである。以下、実施形態１と異なる点を中心に説明する。

[0108] 図７は、本実施形態における、ビームスキャナ４の操作と、レーザの繰り返し周波数と、直動ステージ８による金属部材１１の移動時間との関係を模式的に示す図である。なお、図７において各横軸ｔは時間軸を表している。また、ビームスキャナ４の操作における「ＯＮ」はＹ方向およびＸ方向ガルバノミラー５，６を実際に回転駆動させている状態を示し、ビームスキャナ４の操作における「ＯＦＦ」はＹ方向およびＸ方向ガルバノミラー５，６を停止させている状態を示す。さらに、ｎ－１～ｎ＋１番目のレーザ照射予定位置Ｔの段における、横実線はレーザ照射予定位置Ｔが集光点Ｆと一致している（直動ステージ８が止まっている）状態を表し、斜め実線は次の集光点Ｆと次のレーザ照射予定位置Ｔとを合せるために移動している（直動ステー

ジ８が動いている）状態を表す。

[0109] 上記実施形態１では、直動ステージ８を移動した後に、Ｙ方向およびＸ方向ガルバノミラー５，６を回転駆動させたが、本実施形態では、直動ステージ８を移動させながら、Ｙ方向およびＸ方向ガルバノミラー５，６を回転駆動するように、すなわち、所謂オンザフライ加工を行うようにしている。つまり、本実施形態では、上記図５のステップＳ９とステップＳ１０とが同時併行で行われるようになっている。このように、加工対象物である金属部材１１を動かしながら、レーザ光が照射される方向を調整することにより、より高速で穿孔部１３を形成することができ、これにより、接合構造体１０の製造時間を大幅に短縮させることができる。

[0110] のみならず、本実施形態では、ｎを正の整数として、第ｎ番目にレーザ光が照射されるレーザ照射予定位置Ｔと、第ｎ＋１番目にレーザ光が照射されるレーザ照射予定位置Ｔとの間における直動ステージ８の移動時間Ｔｍが一定となるように、直動ステージ８を制御するようにしている。より正確には、移動時間Ｔｍは、第ｎ番目のレーザ照射予定位置Ｔとこれに対応する第ｎ番目の集光点Ｆとが一致した状態から、直動ステージ８が移動して第ｎ＋１番目のレーザ照射予定位置Ｔとこれに対応する第ｎ＋１番目の集光点Ｆとなる位置とが一致するまでの時間と定義することができる。

[0111] そうして、直動ステージ８の移動速度を調整することにより、複数のサブパルスから構成される１パルスのレーザ光が照射されてから次に同じレーザ光が照射されるまでの時間（非照射時間Ｔｐ）と、移動時間Ｔｍ（およびビームスキャナ４の操作時間Ｔｇ）とを合わせれば、レーザの繰り返し周波数と同期した、より一層高速な穿孔部１３の加工が可能となる。

[0112] なお、図７では１パルスのレーザ光が照射される時間を誇張して示しているが、実際には１パルスのレーザ光が照射される時間は、移動時間Ｔｍに比して極めて短い。それ故、本実施形態によれば、恰も連続的に移動する直動ステージ８に載置された金属部材１１に対して、恰もビームスキャナ４が連続的に角度を変えながら、レーザ光を照射して穿孔部１３を形成することか

ら、極めて高速な穿孔部１３の加工を実現することができる。

[0113] （実施形態３）

本実施形態は、集光光学系３，４，７に代えて、結像光学系３，４，２２，２７を用いる点が、上記実施形態１および２とは異なるものである。以下、実施形態１および２と異なる点を中心に説明する。

[0114] 図８は、本実施形態に係るレーザ加工装置２１の全体構成を示す模式図である。このレーザ加工装置２１は、図８に示すように、レーザ光源２と、直動ステージ８と、コントローラ９と、制御部１９と、を備えている点は上記レーザ加工装置１と同じであるが、結像光学系３，４，２２，２７を備えている点が上記レーザ加工装置１と異なる。結像光学系３，４，２２，２７は、ビームエキスパンダ３と、円形アパーチャ２２と、ビームスキャナ４と、結像レンズ２７とで構成されている。なお、図８では、図を見易くするために、接平面P_{Ip}と接平面P_{W}とを離して図示しているが、実際には接平面P_{Ip}と接平面P_{W}とは重なっている。同様に、結像点I_{f}とレーザ結像予定位置T_{I}とを離して図示しているが、実際には結像点I_{f}とレーザ結像予定位置T_{I}とは重なっている。

[0115] 円形アパーチャ（マスク）２２は、レーザ光の径を調整するものである。本実施形態では、可変の円形アパーチャ２２を用いており、コントローラ９からの指令に基づきレーザ光の径を変更することが可能となっている。この円形アパーチャ２２は、結像レンズ２７の焦点距離をｆ、円形アパーチャ２２から結像レンズ２７までの距離をａ、結像レンズ２７から結像点I_{f}までの距離であるワークディスタンスをｂとしたときに、１／ａ＋１／ｂ＝１／ｆの関係を満たすように配置されている。

[0116] 結像レンズ２７は、円形アパーチャ２２の透過像をワークである金属部材１１に結像させるためのものであり、本実施形態では、上記集光レンズ７と同様に、単一の球面レンズを用いている。このように、結像レンズ２７として球面レンズを用いることで、このレーザ加工装置２１では、図８に示すように、結像点I_{f}が球面状の像面Ｉｐを形成するようになっている。なお、「

球面状」とは、完全な球面だけではなく、全体的にほぼ均一な曲率であるような曲面も含む。結像レンズ２７は、その中心軸Ｃが図８のＺ軸と一致するように固定されている。

[0117] 以上のように構成されたレーザ加工装置２１では、図８に示すように、レーザ光源２から発せられたレーザ光は、ビームエキスパンダ３で拡径され、円形アパーチャ２２で径が調整され、Ｙ方向およびＸ方向ガルバノミラー５，６で方向が決定された後、結像レンズ２７によって直動ステージ８上の金属部材１１の表面に結像される。これにより、ワークである金属部材１１の表面部に穿孔部１３が形成されるようになっている。

[0118] そうして、このレーザ加工装置２１を用いた場合にも、上記実施形態１および２と同様の手順により、金属部材１１の表面に対して垂直な方向に延びる穿孔部１３を、金属部材１１の表面部に均一に且つ高速で形成することができる。

[0119] すなわち、結像点I_f、像面Ｉｐおよび結像点I_fにおける像面Ｉｐの接平面P_{Ip}は、上記集光点Ｆ、仮想面Ｉおよび接平面P_Iとは、それぞれ異なるものではあるが、これら結像点I_f、像面Ｉｐおよび接平面P_{Ip}は、上記集光点Ｆ、仮想面Ｉおよび接平面P_Iと同様に、結像レンズ２７の光線追跡計算等を用いて容易に取得することができる。また、ビームスキャナ４による振れ角θも、上記式（６）に基づいて容易に計算することができる。それ故、振れ角θと接平面P_{Ip}とを一対一で関連付けたデータ、および、振れ角θと結像点I_fの三次元座標とを一対一で関連付けたデータを予め作成して、コントローラ９に入力しておくことができる。

[0120] そうして、金属部材１１の表面において、接平面P_Wの傾斜角がϕである、穿孔部１３に対応するレーザ結像予定位置T_Iが選択されれば、接平面P_Wに対応する像面Ｉｐの接平面P_{Ip}が決定される。次いで、予め入力された振れ角θと接平面P_{Ip}とを一対一で関連付けたデータに基づいて、接平面P_{Ip}に対応する振れ角θを取得し、当該振れ角θを実現できるようなＹ方向ガルバノミラー５およびＸ方向ガルバノミラー６の回転角度を算出する。また、予め入力

された振れ角θと結像点I_fの三次元座標とを一対一で関連付けたデータに基づいて、振れ角θに対応する結像点I_fの三次元座標を取得し、レーザ結像予定位置T_Iの三次元座標と、結像点I_fの三次元座標とから、直動ステージ８の移動量を算出する。

[0121] 後は、直動ステージ８上に載置された金属部材１１を、レーザ結像予定位置T_Iと、結像点I_fとなる位置と、が一致するように移動させるとともに、Ｙ方向ガルバノミラー５およびＸ方向ガルバノミラー６の回転角度を調整することで、接平面P_Wの傾斜角がφであるレーザ結像予定位置T_Iに対し垂直な方向からレーザ光を結像させることが可能となる。

[0122] なお、本実施形態のように結像光学系３，４，２２，２７を用いる場合にも、上記実施形態２と同様に、Ｙ方向ガルバノミラー５およびＸ方向ガルバノミラー６の制御と、直動ステージ８の移動とを併行して行うようにしてもよい。また、第ｎ番目のレーザ結像予定位置T_Iと、第ｎ＋１番目のレーザ結像予定位置T_Iとの間における直動ステージ８の移動時間Ｔｍが一定となるように、直動ステージ８を制御するとともに、非照射時間Ｔｐと、移動時間Ｔｍおよびビームスキャナ４の操作時間Ｔｇとを合わせて、レーザの繰り返し周波数と同期した高速な穿孔部１３の加工を行うようにしてもよい。

[0123] 以上により、上記各実施形態によれば、Ｙ方向およびＸ方向ガルバノミラー５，６や直動ステージ８といったレーザ加工設備において一般的に用いられている機器を用いることで製造コストの上昇を抑えつつ、金属部材１１の表面に対して垂直な方向に延びる穿孔部１３を、金属部材１１の曲面状の表面部に均一に且つ高速で形成することができる。

[0124] 加えて、上記実施形態３によれば、集光光学系３，４，７に代えて結像光学系３，４，２２，２７を用いることにより、結像点I_fのビーム強度分布がガウス型から均一型（フラットトップ）になるので、例えば、薄板の金属部材１１をレーザ加工する場合にも、穿孔部１３が貫通したり、熱影響による変色がレーザ加工面の裏側に生じたりするのを抑えることができる。

[0125] （その他の実施形態）

本発明は、実施形態に限定されず、その精神または主要な特徴から逸脱することなく他の色々な形で実施することができる。

[0126] 上記各実施形態では、ビームスキャナ４としてＹ方向およびＸ方向ガルバノミラー５，６を用いたが、これに限らず、金属部材１１の表面の形状が、Ｘ方向またはＹ方向では変化しないような場合には、Ｙ方向ガルバノミラー５またはＸ方向ガルバノミラー６のみを用いるようにしてもよい。

[0127] また、上記各実施形態では、集光レンズ７または結像レンズ２７として、単一の球面レンズを用いたが、集光点Ｆが球面状の仮想面Ｉを、または、結像点I_fが球面状の像面Ｉｐを形成するのであれば、これに限らず、例えば、複数の組合せレンズや非球面レンズを用いてもよい。これらの場合には、複数の組合せレンズを光学設計に基づいて配置することにより、または、非球面レンズを光学設計に基づいて選択することにより、集光レンズ７または結像レンズ２７として単一の球面レンズを用いた場合よりも、仮想面Ｉまたは像面Ｉｐをより球面に近づけることができる。これにより、集光点Ｆまたは結像点I_fの収差が補正されたより均一な集光スポット径を得ることが可能となり、金属部材１１の曲面状の表面部により均一かつ正確に穿孔部１３を形成することができる。

[0128] さらに、上記各実施形態では、直動ステージ８のみを用いたが、これに限らず、例えば直動ステージ８に回転ステージ（図示せず）を追加するようにしてもよい。直動ステージ８のみを用いる場合には、上述の如く、金属部材１１の曲面状の表面における最大傾斜角が、集光レンズ７等の照射可能な角度範囲に収まっている必要がある。これに対し、回転ステージを追加すれば、集光レンズ７等の照射可能な角度範囲を超えるような傾斜角を有する接平面P_Wについても、金属部材１１（接平面P_W）を回転させることで、接平面P_Wの傾斜角を集光レンズ７等の照射可能な角度範囲に収めることができるので、本発明の適用範囲を広げることが可能となる。

[0129] また、上記各実施形態では、絞り部１４を有する穿孔部１３を形成したが、これに限らず、穿孔部１３の形状を、絞り部１４を有しないストレート形

状としてもよい。

[0130] さらに、上記各実施形態では、絞り部１４を穿孔部１３の開口部に形成したが、これに限らず、絞り部１４を穿孔部１３の孔壁における開口部以外の位置に形成してもよい。

[0131] また、上記各実施形態では、穿孔部１３の孔壁を全周に亘って絞った絞り部１４を形成したが、これに限らず、穿孔部１３の孔壁の少なくとも一部を内側に突出させた突出部を形成してもよい。

[0132] このように、上述の実施形態はあらゆる点で単なる例示に過ぎず、限定的に解釈してはならない。さらに、特許請求の範囲の均等範囲に属する変形や変更は、全て本発明の範囲内のものである。この出願は、日本特許出願の特願２０１５－０４８６４１号に基づく優先権を請求する。これに言及することにより、その全ての内容は本出願に組み込まれるものである。

産業上の利用可能性

[0133] 本発明によると、金属部材の表面に対して垂直な方向に延びる穿孔部を、金属部材の曲面状の表面部に均一に且つ高速で形成することができるので、金属部材と樹脂部材とが接合された接合構造体の製造方法および接合構造体に適用して極めて有益である。

符号の説明

[0134]

４	ビームスキャナ
５	Ｙ方向ガルバノミラー（ビームスキャナ）
６	Ｘ方向ガルバノミラー（ビームスキャナ）
７	集光レンズ
８	直動ステージ
１０	接合構造体
１１	金属部材
１２	樹脂部材
１３	穿孔部
２２	円形アパーチャ（マスク）

２７　結像レンズ

Ｆ　集光点

Ｉ　仮想面

I_f　結像点

Ｉｐ　像面

P_W　接平面

P_I　接平面

P_{Ip}　接平面

Ｔ　レーザ照射予定位置

T_I　レーザ結像予定位置

請求の範囲

[請求項1] 金属部材と樹脂部材とが接合された接合構造体の製造方法であって、

レーザ光を走査させるビームスキャナと、当該ビームスキャナを経由したレーザ光を集光して対象物に照射する、集光点が球面状の仮想面を形成する集光レンズと、を備えた集光光学系を用意し、

前記樹脂部材との接合面を構成する前記金属部材の表面部に、前記集光光学系を用いてレーザ光を照射することにより複数の穿孔部を形成する穿孔工程と、

前記複数の穿孔部に前記樹脂部材を充填することにより、前記金属部材と当該樹脂部材とを接合する接合工程と、を含み、

前記穿孔工程では、前記複数の穿孔部にそれぞれ対応する複数のレーザ照射予定位置を前記金属部材の表面に設定し、当該各レーザ照射予定位置における接平面に対応する、前記仮想面の接平面に対して垂直な方向にレーザ光が照射されるように、前記ビームスキャナを制御することを特徴とする接合構造体の製造方法。

[請求項2] 請求項１に記載の接合構造体の製造方法において、

前記集光レンズは固定されており、

Ｘ軸、Ｙ軸および前記固定された集光レンズの中心軸であるＺ軸の直交３軸方向に移動可能なステージをさらに用意し、

前記穿孔工程では、前記ステージ上に載置された前記金属部材を、前記各レーザ照射予定位置と、当該各レーザ照射予定位置における接平面に対応する前記仮想面の接平面における集光点となる位置と、が一致するように移動させることを特徴とする接合構造体の製造方法。

[請求項3] 請求項２に記載の接合構造体の製造方法において、

前記穿孔工程では、前記ビームスキャナの制御と、前記ステージの移動とを併行して行うことを特徴とする接合構造体の製造方法。

[請求項4] 請求項３に記載の接合構造体の製造方法において、

前記穿孔工程では、ｎを正の整数として、第ｎ番目にレーザ光が照射されるレーザ照射予定位置と、第ｎ＋１番目にレーザ光が照射されるレーザ照射予定位置との間における前記ステージの移動時間が一定となるように、前記ステージを制御することを特徴とする接合構造体の製造方法。

[請求項5] 請求項１～４のいずれか１つに記載の接合構造体の製造方法において、

前記集光レンズとして、単一の球面レンズを用いることを特徴とする接合構造体の製造方法。

[請求項6] 請求項１～４のいずれか１つに記載の接合構造体の製造方法において、

前記集光レンズとして、複数の組合せレンズ、または、非球面レンズを用いることを特徴とする接合構造体の製造方法。

[請求項7] 金属部材と樹脂部材とが接合された接合構造体の製造方法であって、

レーザ光の径を調整するマスクと、レーザ光を走査させるビームスキャナと、当該マスクの透過像を対象物に結像させる、結像点が球面状の像面を形成する結像レンズと、を備えた結像光学系を用意し、

前記樹脂部材との接合面を構成する前記金属部材の表面部に、前記結像光学系を用いてレーザ光を結像させることにより複数の穿孔部を形成する穿孔工程と、

前記複数の穿孔部に前記樹脂部材を充填することにより、前記金属部材と当該樹脂部材とを接合する接合工程と、を含み、

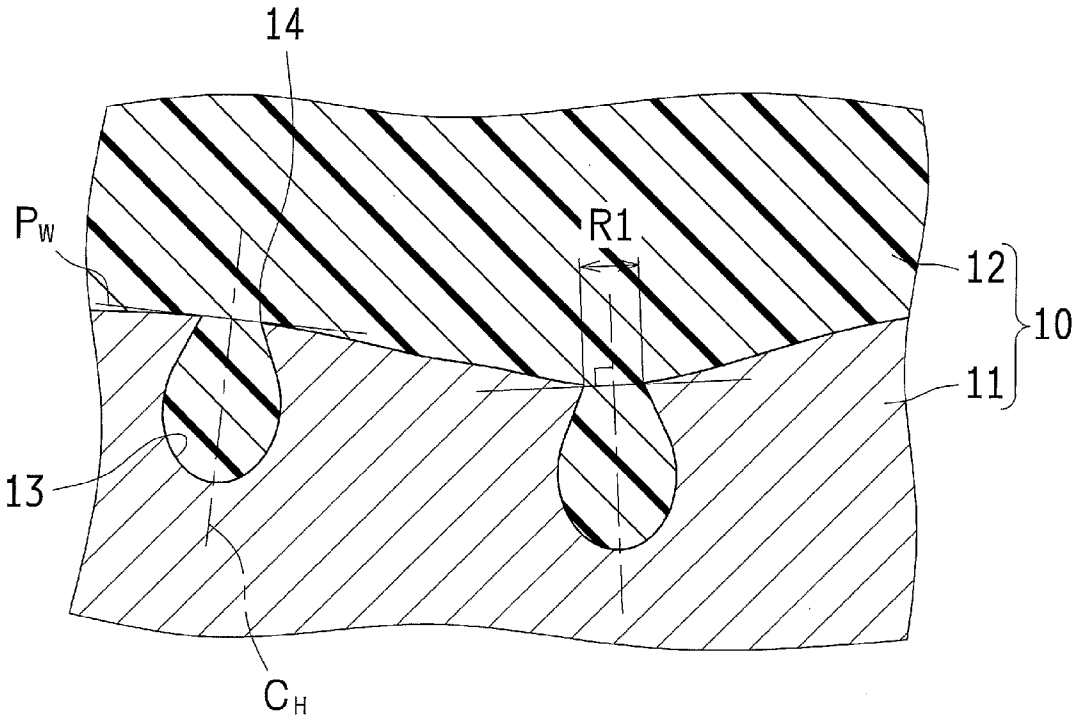
前記穿孔工程では、前記複数の穿孔部にそれぞれ対応する複数のレーザ結像予定位置を前記金属部材の表面に設定し、当該各レーザ結像予定位置における接平面に対応する、前記像面の接平面に対して垂直な方向からレーザ光が結像されるように、前記ビームスキャナを制御することを特徴とする接合構造体の製造方法。

[請求項8] 金属部材と樹脂部材とが接合された接合構造体であって、

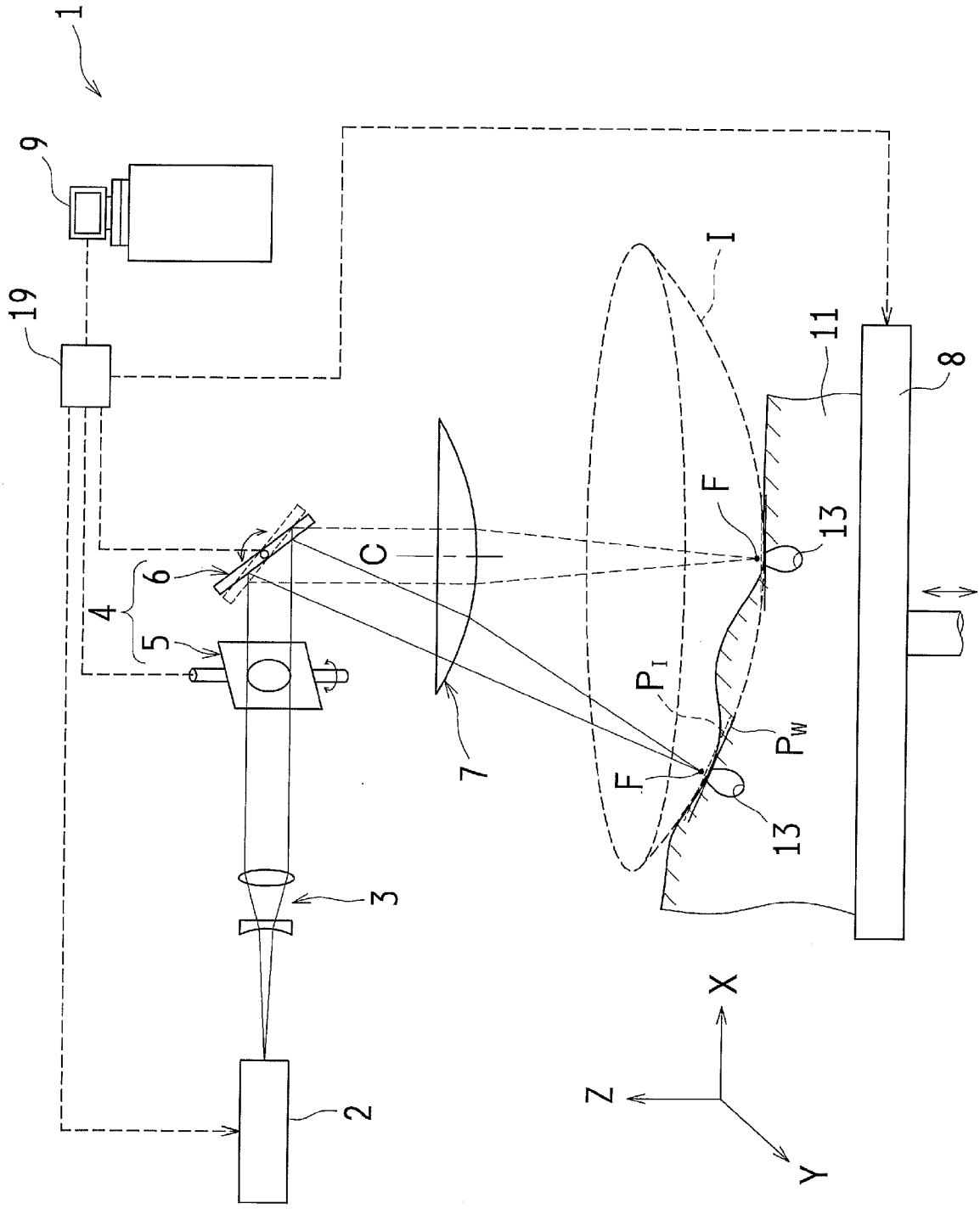
レーザ光を走査させるビームスキャナと、当該ビームスキャナを経由したレーザ光を集光して対象物に照射する、集光点が球面状の仮想面を形成する集光レンズと、を備えた集光光学系を用いて、前記樹脂部材との接合面を構成する前記金属部材の表面部に、レーザ光を照射することにより、当該金属部材の表面に対して垂直な方向に延びる複数の穿孔部が形成されており、

前記複数の穿孔部に前記樹脂部材が充填されていることを特徴とする接合構造体。

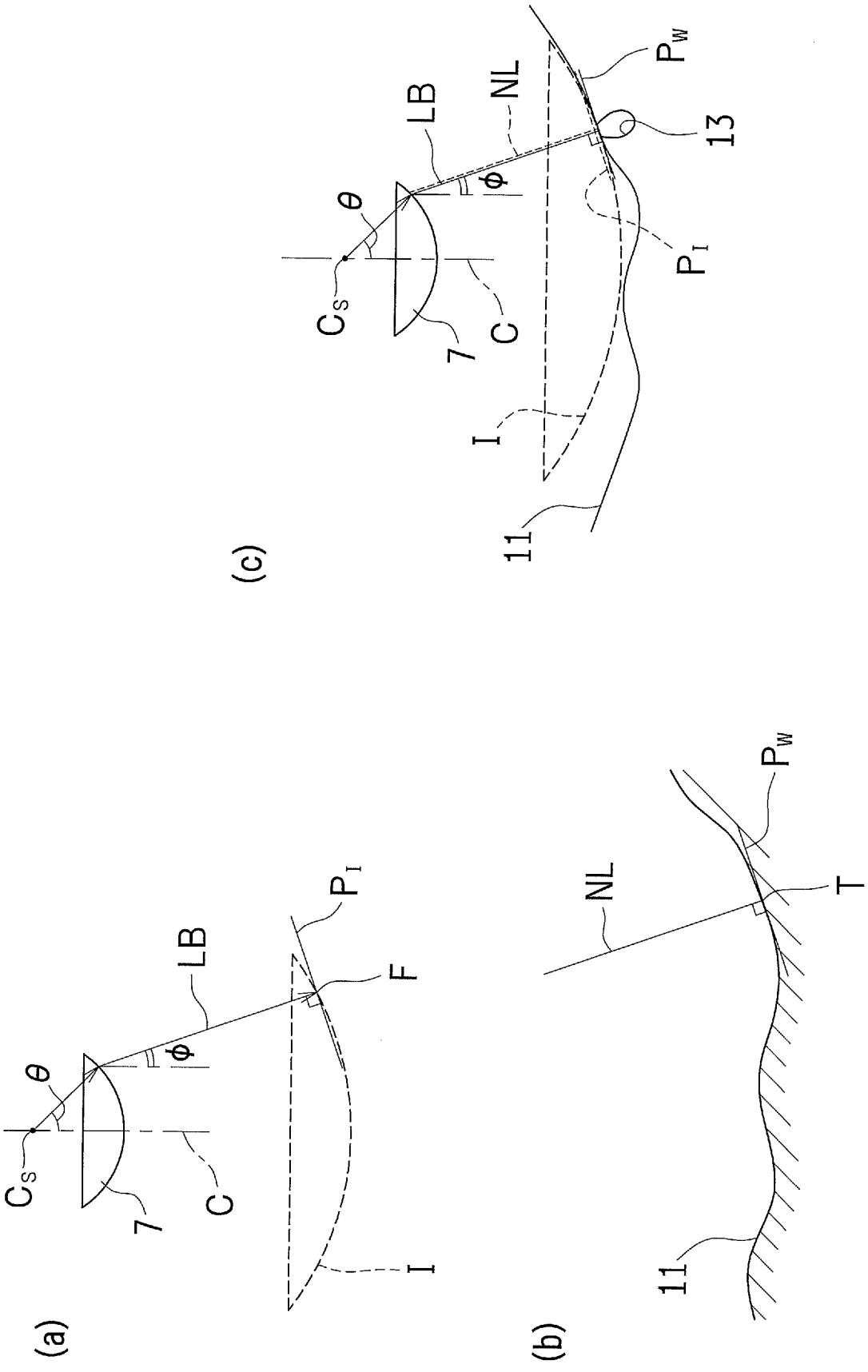
[図1]



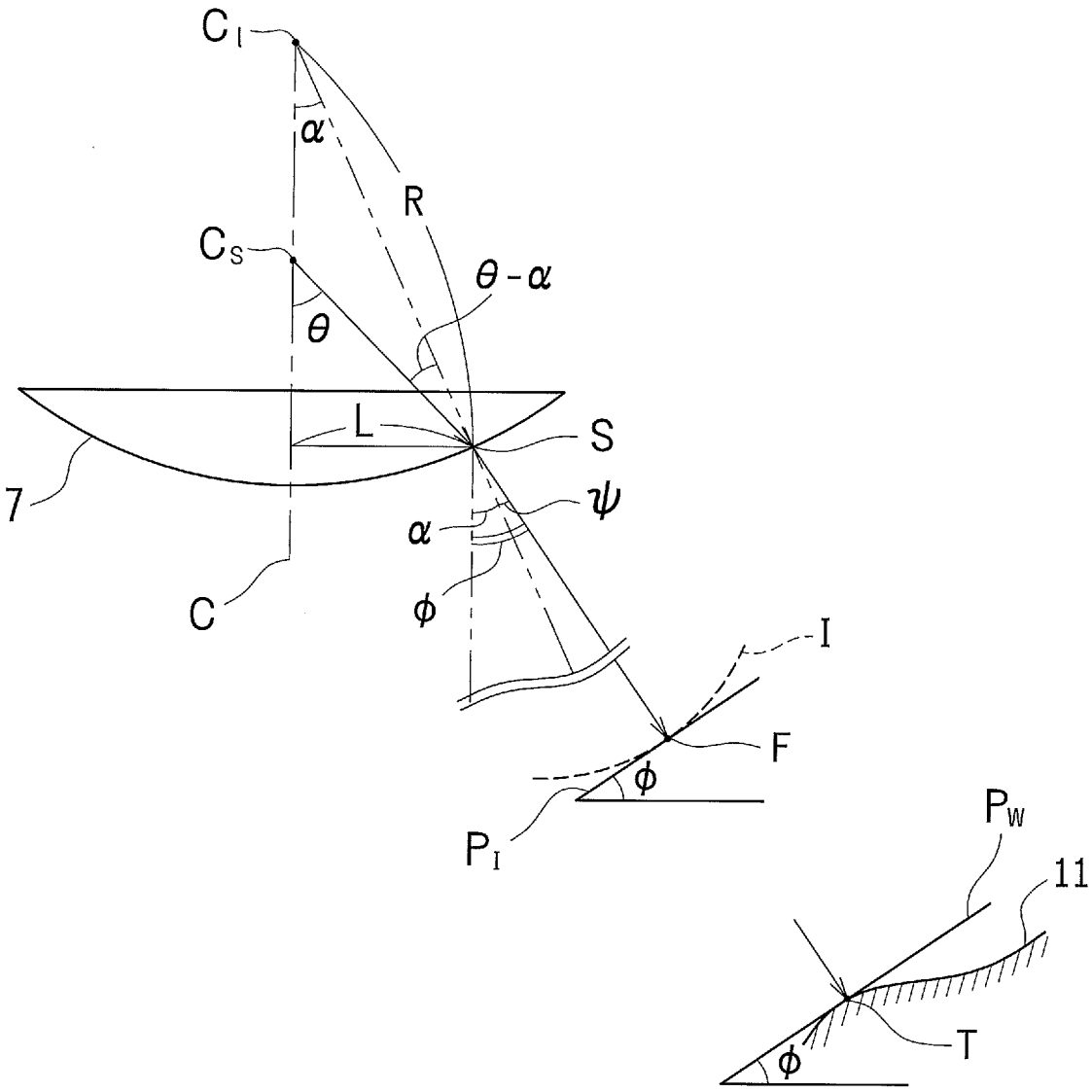
[図2]



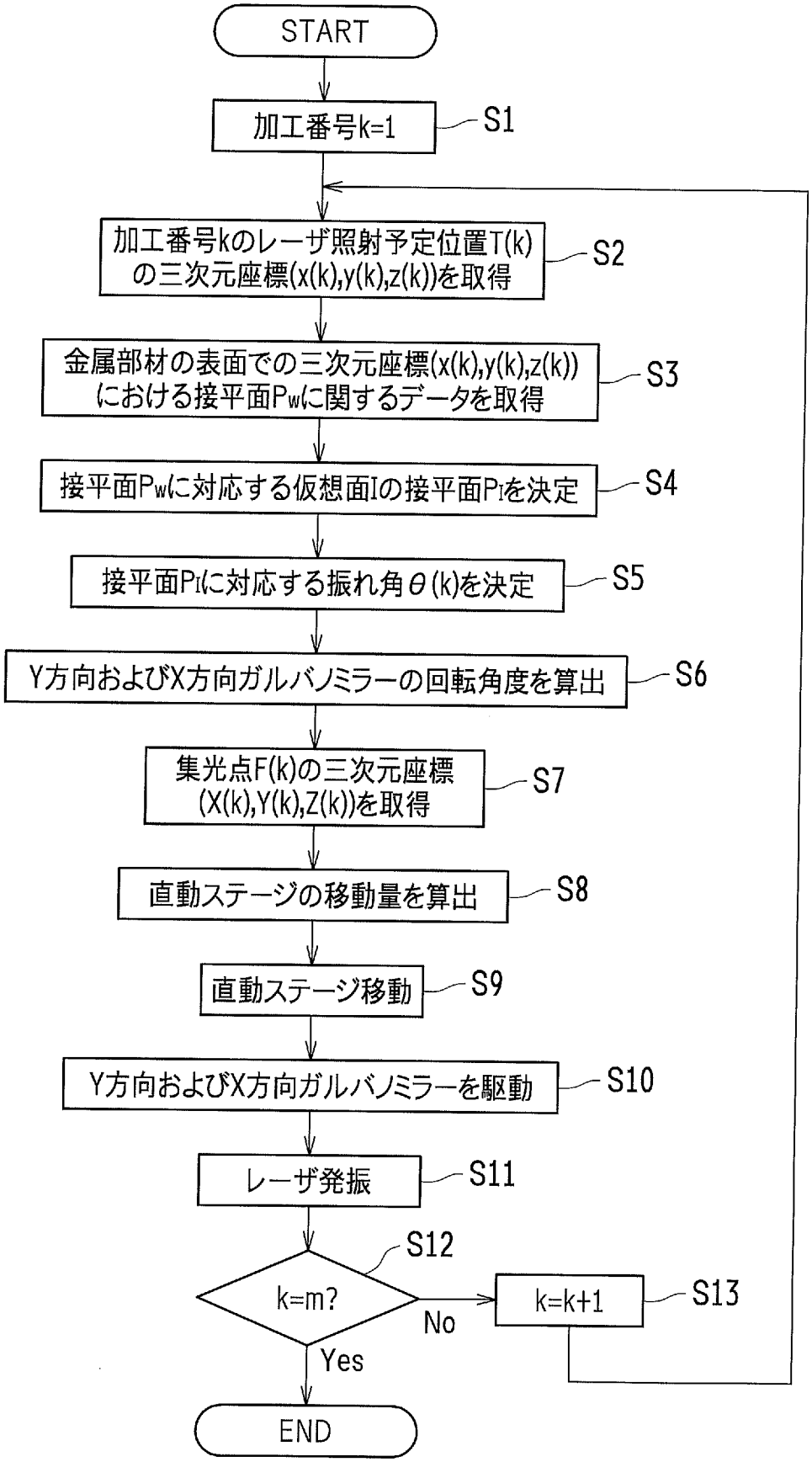
[図3]



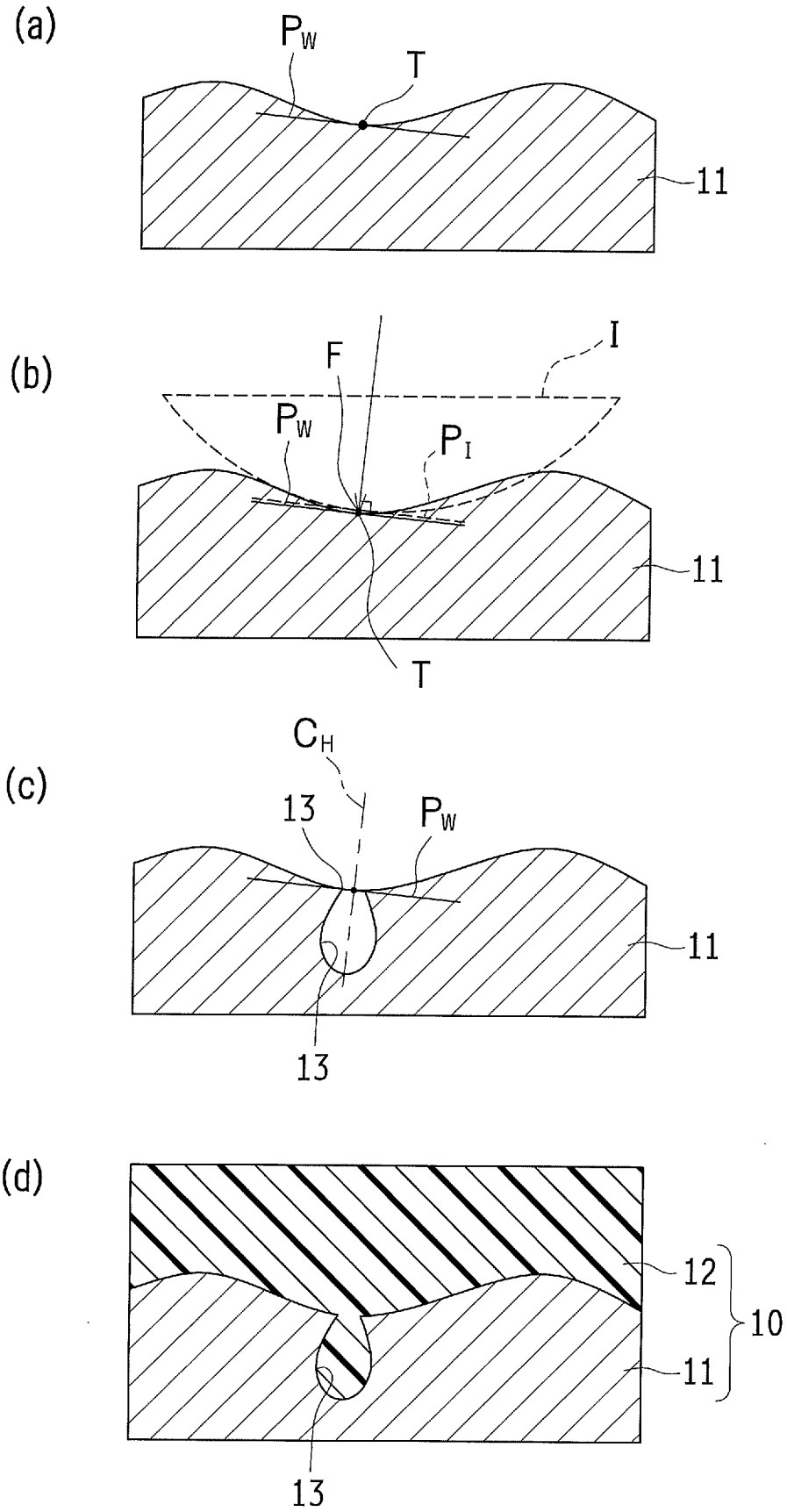
[図4]



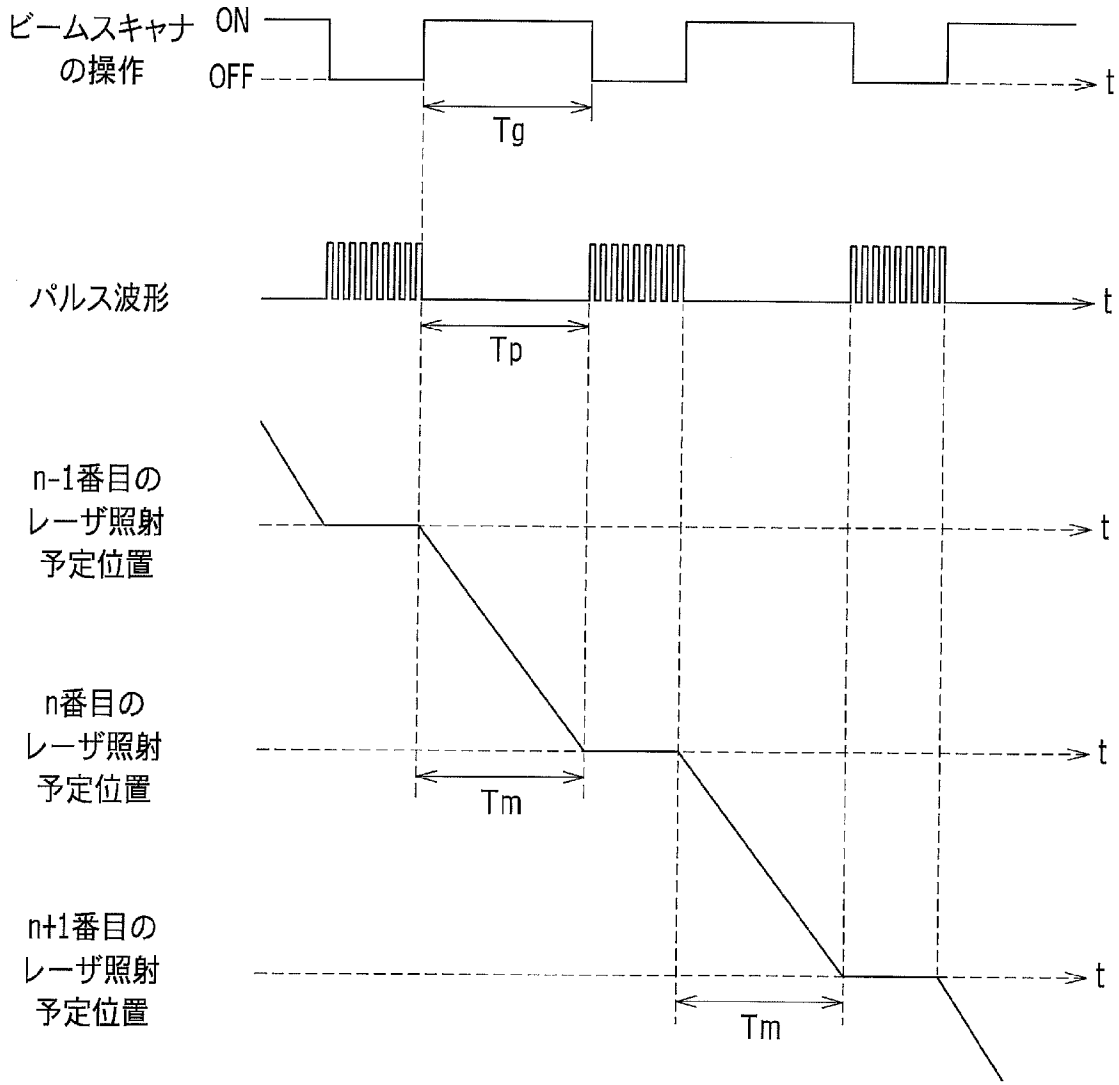
[図5]


START
加工番号k=1
S1
加工番号kのレーザ照射予定位置T(k)の三次元座標(x(k),y(k),z(k))を取得
S2
金属部材の表面での三次元座標(x(k),y(k),z(k))における接平面Pwに関するデータを取得
S3
接平面Pwに対応する仮想面Iの接平面PIを決定
S4
接平面PIに対応する振れ角θ(k)を決定
S5
Y方向およびX方向ガルバノミラーの回転角度を算出
S6
集光点F(k)の三次元座標(X(k),Y(k),Z(k))を取得
S7
直動ステージの移動量を算出
S8
直動ステージ移動
S9
Y方向およびX方向ガルバノミラーを駆動
S10
レーザ発振
S11
S12
k=m?
No
k=k+1
S13
Yes
END

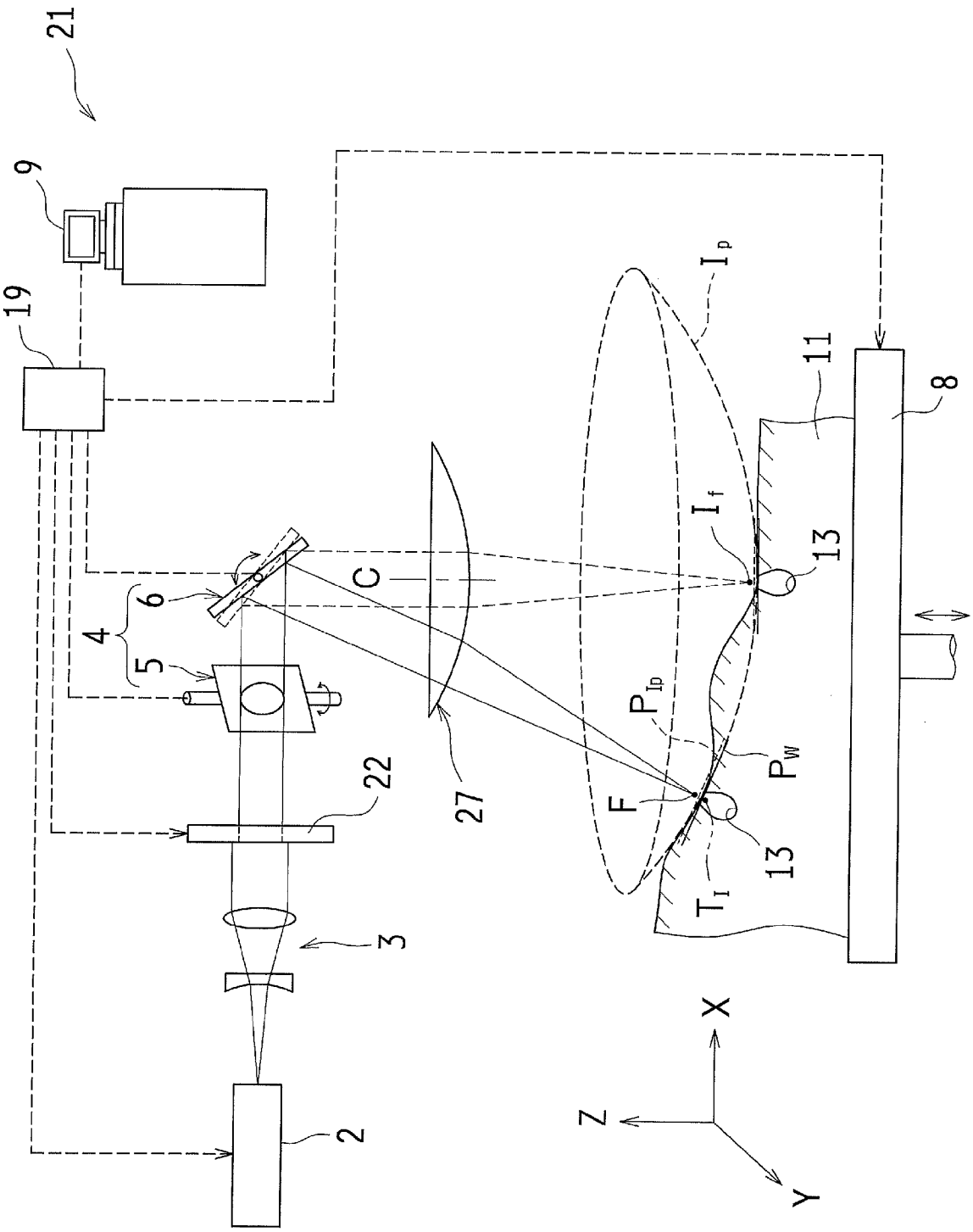
[図6]



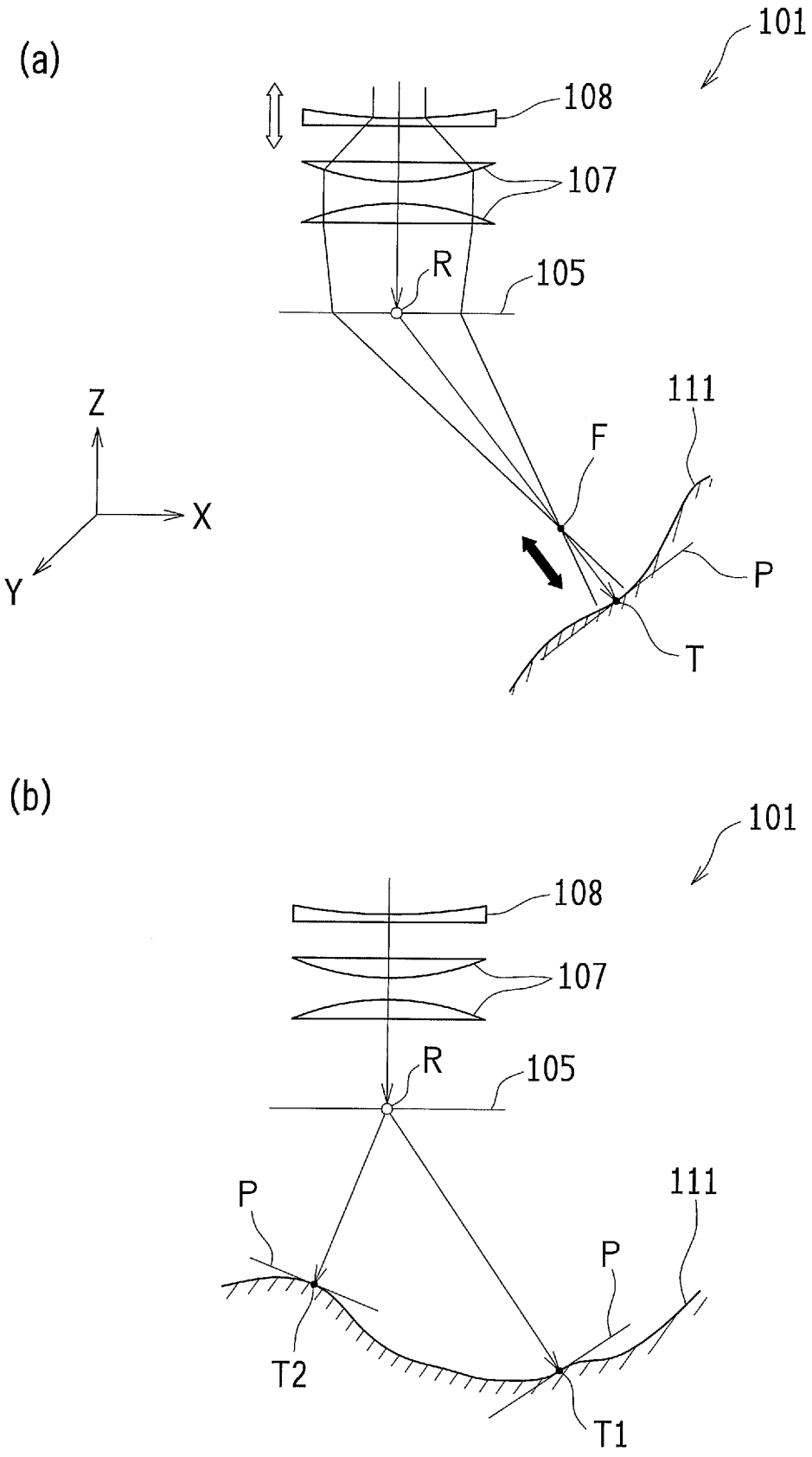
[図7]


ビームスキャナ
の操作
ON
OFF
t
Tg
パルス波形
t
Tp
n-1番目の
レーザ照射
予定位置
t
n番目の
レーザ照射
予定位置
t
Tm
n+1番目の
レーザ照射
予定位置
t
Tm

[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/055467

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23K26/064(2014.01)i, *B23K26/08*(2014.01)i, *B23K26/324*(2014.01)i, *B23K26/57*(2014.01)i, *B29C65/16*(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)
B23K26/064, B23K26/08, B23K26/324, B23K26/57, B29C65/16

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 1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

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 A	JP 2013-82006 A (L.P.S. Works Co., Ltd.), 09 May 2013 (09.05.2013), paragraphs [0019] to [0034]; fig. 1 to 5 (Family: none)	8 1-7
Y A	JP 2006-15405 A (Nagoya Industrial Science Research Institute), 19 January 2006 (19.01.2006), paragraph [0020] (Family: none)	8 1-7
Y A	JP 2010-274279 A (Nagoya Industrial Science Research Institute), 09 December 2010 (09.12.2010), paragraph [0022] (Family: none)	8 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	Date of mailing of the international search report
02 May 2016 (02.05.16)	17 May 2016 (17.05.16)
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/JP2016/055467

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2005-514212 A (Siemens AG.), 19 May 2005 (19.05.2005), paragraph [0014] & US 2003/0141288 A1 & WO 2003/059567 A1 paragraph [0012] & EP 1465747 A & DE 10201476 A & CN 1617784 A & KR 10-2004-0073563 A	8 1-7
A	EP 2251133 A1 (SWISS MICRO LASER GMBH), 17 November 2010 (17.11.2010), paragraphs [0014] to [0024] & WO 2010/130528 A1 & ES 2514521 T	1-8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０５５４６７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B23K26/064(2014.01)i, B23K26/08(2014.01)i, B23K26/324(2014.01)i, B23K26/57(2014.01)i, B29C65/16(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B23K26/064, B23K26/08, B23K26/324, B23K26/57, B29C65/16

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	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６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 2013-82006 A（株式会社リプス・ワークス）2013.05.09, 段落［００１９］－［００３４］,［図１］－［図５］（ファミリーなし）	８
Ａ		１－７
Ｙ	JP 2006-15405 A（財団法人名古屋産業科学研究所）2006.01.19, 段落［００２０］（ファミリーなし）	８
Ａ		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 ０２．０５．２０１６	国際調査報告の発送日 １７．０５．２０１６
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）　３Ｐ　３９３５ 青木　正博 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
Ｙ	JP 2010-274279 A (財団法人名古屋産業科学研究所) 2010.12.09, 段落［００２２］（ファミリーなし）	８
Ａ		１－７
Ｙ	JP 2005-514212 A (シーメンス　アクチエンゲゼルシヤフト) 2005.05.19, 段落［００１４］ & US 2003/0141288 A1	８
Ａ	& WO 2003/059567 A1(段落［0012］) & EP 1465747 A & DE 10201476 A & CN 1617784 A & KR 10-2004-0073563 A	１－７
Ａ	EP 2251133 A1 (SWISS MICRO LASER GMBH) 2010.11.17, 段落［００１４］－［００２４］ & WO 2010/130528 A1 & ES 2514521 T	１－８