

(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
2020年3月5日(05.03.2020)



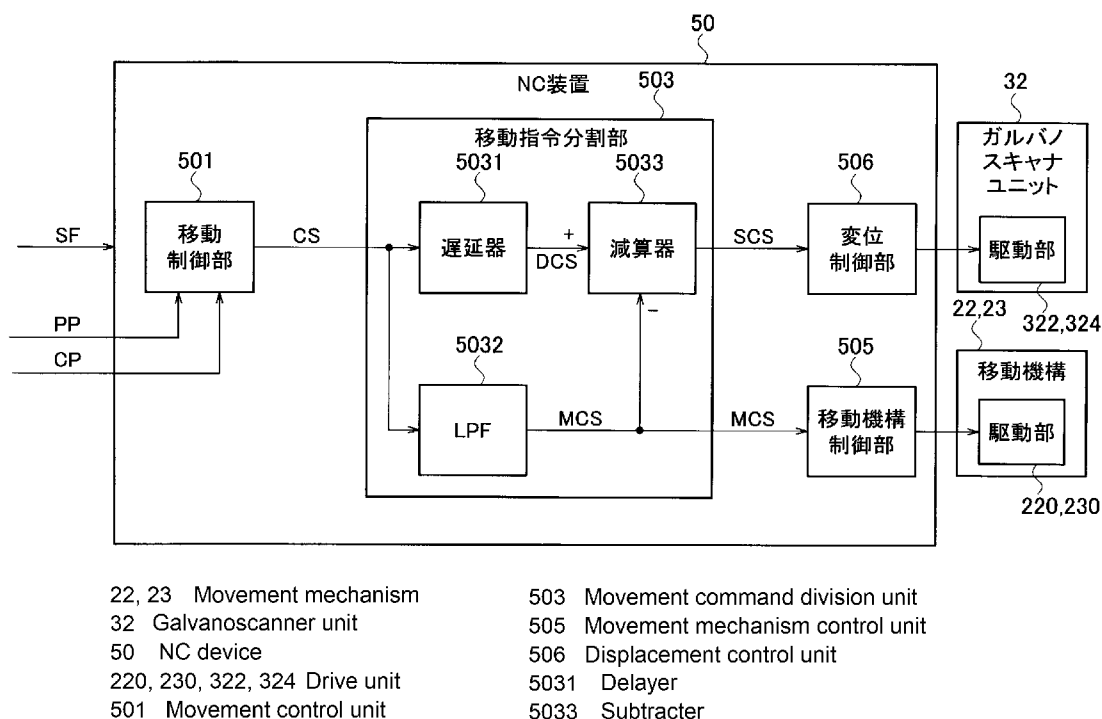
(10) 国際公開番号

WO 2020/045081 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/JP2019/031856
- (22) 国際出願日: 2019年8月13日(13.08.2019)
- (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 2018-162373 2018年8月31日(31.08.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社アマダホールディングス (AMADA HOLDINGS CO.,LTD.) [JP/JP];
〒2591196 神奈川県伊勢原市石田 2 0 0 番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 永山 岳大 (NAGAYAMA Takehiro);
〒2591196 神奈川県伊勢原市石田 2 0 0 番地 Kanagawa (JP). 菅野 和宏 (KANNO Kazuhiro);
〒2591196 神奈川県伊勢原市石田 2 0 0 番地 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 三好 秀和, 外 (MIYOSHI Hidekazu et al.);
〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目 2 番 8 号 虎ノ門琴平タワー Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,

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

(54) 発明の名称: レーザ加工機及びレーザ加工方法



(57) Abstract: This laser machining device (100) comprises a machining head (35), a movement mechanism (22, 23), a beam displacement mechanism (32), a movement control unit (501), a movement command division unit (503), a movement mechanism control unit (505), and a displacement control unit (506). The movement control unit (501) generates a movement command signal (CS) and determines, on the basis of coordinate information (CF), whether a laser beam (LB) is displaced within a region of an opening (36a) in a nozzle (36). When it has been determined that the laser beam

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)）

(LB) is displaced within the region of the opening (36a), the movement command division unit (503) generates a main movement command signal (MCS) and a sub movement command signal (SCS) on the basis of the movement command signal (CS). The movement mechanism control unit (505) controls the movement mechanism (22, 23) on the basis of the main movement control signal (MCS). The displacement control unit (506) controls the beam displacement mechanism (32) on the basis of the sub movement command signal (SCS).

(57) 要約：レーザ加工機（100）は加工ヘッド（35）、移動機構（22及び23）、ビーム変位機構（32）、移動制御部（501）、移動指令分割部（503）、移動機構制御部（505）、変位制御部（506）を備える。移動制御部（501）は移動指令信号（CS）を生成し、座標情報（CF）に基づいてレーザビーム（LB）がノズル（36）の開口部（36a）の領域内で変位するか否かを判定する。レーザビーム（LB）が開口部（36a）の領域内で変位すると判定された場合、移動指令分割部（503）は移動指令信号（CS）に基づいて主移動指令信号（MCS）と副移動指令信号（SCS）とを生成する。移動機構制御部（505）は主移動指令信号（MCS）に基づいて移動機構（22及び23）を制御する。変位制御部（506）は副移動指令信号（SCS）に基づいてビーム変位機構（32）を制御する。

明 細 書

発明の名称： レーザ加工機及びレーザ加工方法

技術分野

[0001] 本開示は、レーザビームによって板金を加工するレーザ加工機及びレーザ加工方法に関する。

背景技術

[0002] レーザ発振器より射出されたレーザビームによって板金を切断して、所定の形状を有する製品を製作するレーザ加工機が普及している。レーザ加工機は、加工ヘッドの移動機構によって加工ヘッドを板金の面に沿って移動させて、板金を所定の形状に切断する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第6087483号公報

発明の概要

[0004] 移動している加工ヘッドが停止する減速時、または、停止状態にある加工ヘッドが移動を開始する加速時には、大きなイナーシャが発生する。従って、例えば切断進行方向を直角に曲げて板金を切断するときには、加工ヘッドの所定の移動速度（切断速度）を維持したまま角部を切断することはできない。そこで、レーザ加工機は、切断進行方向を所定の角度以下の角度で曲げて板金を切断するときには、角部で加工ヘッドを一旦停止または大幅に減速させた後に加工ヘッドの移動方向を変更する必要がある。レーザ加工機が、ヘアピン形状のように切断進行方向を急激に変更して板金を曲線状に切断する場合も同様である。

[0005] レーザ加工機が切断進行方向を所定の角度以下の角部で曲げて板金を切断したり、切断進行方向を急激に変更して板金を曲線状に切断したりするときには、板金を高速に切断できないので加工時間が長くなってしまう。レーザ加工機がそのような形状を切断する場合でも、板金をできるだけ高速に切断

して加工時間を短くすることが求められる。

[0006] 1 またはそれ以上の実施形態は、切断進行方向を所定の角度以下の角部で曲げて板金を切断したり、切断進行方向を急激に変更して板金を曲線状に切断したりする場合でも、従来よりも板金を高速に切断することができ、加工時間を短くすることができるレーザ加工機及びレーザ加工方法を提供することを目的とする。

[0007] 1 またはそれ以上の実施形態の第1の態様によれば、先端部に円形の開口部を有し、前記開口部より板金を切断加工するためのレーザビームを射出するノズルが取り付けられている加工ヘッドと、前記板金の面に対して前記加工ヘッドを相対的に移動させる移動機構と、前記レーザビームが前記板金に照射されたときの照射位置におけるビームスポットの中心であるビーム中心を前記ノズルの中心であるノズル中心に対して変位させるビーム変位機構と、前記板金を切断する加工方向及び加工速度を制御するための移動指令信号を生成し、かつ、前記板金の加工形状の座標情報を取得し、前記座標情報に基づいて前記レーザビームが前記開口部の領域内で変位するか否かを判定する移動制御部と、前記レーザビームが前記開口部の領域内で変位すると判定された場合に、前記移動指令信号に基づいて、前記加工ヘッドの移動方向及び移動速度を制御するための主移動指令信号、及び、前記ビームスポットの移動方向及び移動速度を制御するための副移動指令信号を生成する移動指令分割部と、前記主移動指令信号に基づいて、前記加工ヘッドを相対的に移動させるよう前記移動機構を制御する移動機構制御部と、前記副移動指令信号に基づいて、前記ビーム中心が前記ノズル中心に対して変位するよう前記ビーム変位機構を制御する変位制御部とを備えるレーザ加工機が提供される。

[0008] 1 またはそれ以上の実施形態の第2の態様によれば、先端部に円形の開口部を有し、前記開口部より板金を切断加工するためのレーザビームを射出するノズルが取り付けられている加工ヘッドを備えるレーザ加工機が、前記板金を切断する加工方向及び加工速度を制御するための移動指令信号を生成し、前記板金の加工形状の座標情報を取得し、前記座標情報に基づいて前記レ

ーザビームが前記開口部の領域内で変位するか否かを判定し、前記レーザービームが前記開口部の領域内で変位すると判定された場合に、前記移動指令信号に基づいて、前記加工ヘッドの移動方向及び移動速度を制御するための主移動指令信号、及び、前記レーザービームが前記板金に照射されたときの照射位置におけるビームスポットの移動方向及び移動速度を制御するための副移動指令信号を生成し、前記主移動指令信号に基づいて前記加工ヘッドを相対的に移動させ、かつ、前記副移動指令信号に基づいて前記ビームスポットの中心であるビーム中心を前記ノズルの中心であるノズル中心に対して変位させて前記板金を切断するレーザー加工方法が提供される。

[0009] 1 またはそれ以上の実施形態のレーザー加工機及びレーザー加工方法によれば、切断進行方向を所定の角度以下の角部で曲げて板金を切断したり、切断進行方向を急激に変更して板金を曲線状に切断したりする場合でも、従来よりも板金を高速に切断することができ、加工時間を短くすることができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、1 またはそれ以上の実施形態のレーザー加工機の全体的な構成例を示す図である。

[図2]図2は、1 またはそれ以上の実施形態のレーザー加工機におけるコリメータユニット及び加工ヘッドの詳細な構成例を示す斜視図である。

[図3]図3は、基準状態におけるレーザービームとノズルの開口部との位置関係を示す図である。

[図4]図4は、1 またはそれ以上の実施形態のレーザー加工機におけるビーム変位機構によるレーザービームの板金への照射位置の変位を説明するための図である。

[図5]図5は、レーザービームの光軸を変位させた状態におけるレーザービームとノズルの開口部との位置関係を示す図である。

[図6]図6は、1 またはそれ以上の実施形態のレーザー加工機が備えるNC装置の機能的な内部構成例を示すブロック図である。

[図7A]図7Aは、設計モデルの部分形状の一例を示す図である。

[図7B]図7Bは、図7Aに示す設計モデル（板金の加工形状）の各座標点を示す図である。

[図8A]図8Aは、1またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機によるレーザ加工方法の一例を示すフローチャートである。

[図8B]図8Bは、1またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機によるレーザ加工方法の一例を示すフローチャートである。

[図8C]図8Cは、1またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機によるレーザ加工方法の一例を示すフローチャートである。

[図8D]図8Dは、1またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機によるレーザ加工方法の一例を示すフローチャートである。

[図9A]図9Aは、移動指令信号における各時点のX軸方向の加工速度の一例を示す図である。

[図9B]図9Bは、主移動指令信号における各時点のX軸方向の速度の一例を示す図である。

[図9C]図9Cは、副移動指令信号における各時点のX軸方向の速度の一例を示す図である。

[図10A]図10Aは、移動指令信号における各時点のY軸方向の加工速度の一例を示す図である。

[図10B]図10Bは、主移動指令信号における各時点のY軸方向の速度の一例を示す図である。

[図10C]図10Cは、副移動指令信号における各時点のY軸方向の速度の一例を示す図である。

[図11]図11は、X軸方向における各時点のノズル中心とビーム中心との距離の一例を示す図である。

[図12]図12は、Y軸方向における各時点のノズル中心とビーム中心との距離の一例を示す図である。

[図13A]図13Aは、加工時点におけるノズル中心とビーム中心との位置関係の一例を示す図である。

[図13B]図 1 3 B は、加工時点におけるノズル中心とビーム中心との位置関係の一例を示す図である。

[図13C]図 1 3 C は、加工時点におけるノズル中心とビーム中心との位置関係の一例を示す図である。

[図13D]図 1 3 D は、加工時点におけるノズル中心とビーム中心との位置関係の一例を示す図である。

[図13E]図 1 3 E は、加工時点におけるノズル中心とビーム中心との位置関係の一例を示す図である。

[図13F]図 1 3 F は、加工時点におけるノズル中心とビーム中心との位置関係の一例を示す図である。

[図13G]図 1 3 G は、加工時点におけるノズル中心とビーム中心との位置関係の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、1 またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機及びレーザ加工方法について、添付図面を参照して説明する。

[0012] 図 1 に示すように、レーザ加工機 1 0 0 は、レーザビームを生成して射出するレーザ発振器 1 0 と、レーザ加工ユニット 2 0 と、レーザ発振器 1 0 より射出されたレーザビームをレーザ加工ユニット 2 0 へと伝送するプロセスファイバ 1 2 とを備える。

[0013] また、レーザ加工機 1 0 0 は、操作部 4 0 と、NC 装置 5 0 と、加工プログラムデータベース 6 0 と、加工条件データベース 7 0 と、アシストガス供給装置 8 0 とを備える。NC 装置 5 0 は、レーザ加工機 1 0 0 の各部（具体的にはレーザ発振器 1 0、レーザ加工ユニット 2 0、及び、アシストガス供給装置 8 0）を制御する制御装置の一例である。

[0014] 操作部 4 0 は、オペレータが操作部 4 0 を操作することにより、操作内容に応じた指示情報 S F を NC 装置 5 0 へ出力する。NC 装置 5 0 は、指示情報 S F に基づいて、加工プログラムデータベース 6 0 から加工プログラム（NC データ）P P を読み出し、加工条件データベース 7 0 から加工条件 C P

を読み出す。

[0015] 具体的には、NC装置50は、指示情報SFに基づく製品の設計モデルに対応する加工プログラムPPを加工プログラムデータベース60から読み出す。加工プログラムPPは、レーザ加工機100が板金Wの加工を実行するためのプログラムである。加工条件CPには、板金Wの材質及び厚さ等の材料パラメータが指定された加工対象情報が含まれている。また、加工条件CPには、レーザビームの出力、加工速度、後述するノズル36の開口部36aの直径（ノズル径）等の加工パラメータ、及びアシストガス条件等の切削加工情報が含まれている。

[0016] NC装置50は、製品の設計モデルに適した加工条件CPを加工条件データベース70から読み出す。NC装置50は、加工プログラムPP及び加工条件CPに基づいて、レーザ発振器10、レーザ加工ユニット20及びアシストガス供給装置80を制御する。

[0017] レーザ発振器10としては、レーザダイオードより発せられる励起光を増幅して所定の波長のレーザビームを射出するレーザ発振器、または、レーザダイオードより発せられるレーザビームを直接利用するレーザ発振器が好適である。レーザ発振器10は、例えば、固体レーザ発振器、ファイバレーザ発振器、ディスクレーザ発振器、ダイレクトダイオードレーザ発振器（DDL発振器）である。

[0018] レーザ発振器10は、波長900nm～1100nmの1μm帯のレーザビームを射出する。ファイバレーザ発振器及びDDL発振器を例とすると、ファイバレーザ発振器は、波長1060nm～1080nmのレーザビームを射出し、DDL発振器は、波長910nm～950nmのレーザビームを射出する。

[0019] レーザ加工ユニット20は、加工対象物である板金Wを載せる加工テーブル21と、門型のX軸キャリッジ22と、Y軸キャリッジ23と、Y軸キャリッジ23に固定されたコリメータユニット30と、加工ヘッド35とを有する。板金Wは例えばステンレス鋼よりなる。板金Wの材料及び板厚は特に

限定されない。

[0020] X軸キャリッジ22は、加工テーブル21上でX軸方向に移動自在に構成されている。Y軸キャリッジ23は、X軸キャリッジ22上でX軸に垂直なY軸方向に移動自在に構成されている。X軸キャリッジ22及びY軸キャリッジ23は、加工ヘッド35を板金Wの面に沿って、X軸方向、Y軸方向、または、X軸とY軸との任意の合成方向に移動させる移動機構として機能する。

[0021] レーザ加工機100は、加工ヘッド35を板金Wの面に沿って移動させる代わりに、加工ヘッド35は位置が固定されていて、板金Wが移動するように構成されていてもよい。レーザ加工機100は、板金Wの面に対して加工ヘッド35を相対的に移動させる移動機構を備えていればよい。

[0022] 加工ヘッド35には、先端部に円形の開口部36aを有し、開口部36aよりレーザビームLBを射出するノズル36が取り付けられている。ノズル36の開口部36aより射出されたレーザビームLBは板金Wに照射される。

[0023] アシストガス供給装置80は、アシストガスAGを加工ヘッド35に供給する。アシストガス供給装置80は、板金Wがステンレス鋼であれば窒素を、板金Wが軟鋼であれば酸素をアシストガスAGとして加工ヘッド35に供給する。アシストガスAGは、窒素と酸素との混合ガスでもよく、その目的が酸化抑制なのか、酸化反応熱を利用するのかによって、混合比を任意に設定できる。板金Wの加工時に、アシストガスAGは開口部36aより板金Wへと吹き付けられる。アシストガスAGは、板金Wが溶融したカーフ内の溶融金属を排出する。

[0024] 図2に示すように、コリメータユニット30は、プロセスファイバ12より射出された発散光のレーザビームLBを平行光（コリメート光）に変換するコリメーションレンズ31を備える。また、コリメータユニット30は、ガルバノスキャナユニット32と、ガルバノスキャナユニット32より射出されたレーザビームLBをX軸及びY軸に対して垂直なZ軸方向下方に向け

て反射させるベンドミラー 33 とを備える。加工ヘッド 35 は、ベンドミラー 33 で反射したレーザビーム LB を集束して、板金 W に照射する集束レンズ 34 を備える。

[0025] ガルバノスキャナユニット 32 は、コリメーションレンズ 31 より射出されたレーザビーム LB を反射するスキャンミラー 321 と、スキャンミラー 321 を所定の角度となるように回転させる駆動部 322 とを有する。また、ガルバノスキャナユニット 32 は、スキャンミラー 321 より射出されたレーザビーム LB を反射するスキャンミラー 323 と、スキャンミラー 323 を所定の角度となるように回転させる駆動部 324 とを有する。

[0026] 図 3 は、基準状態におけるレーザビーム LB とノズル 36 の開口部 36a との位置関係を示している。符号 BS は、レーザビーム LB が板金 W に照射されたときの照射位置におけるビームスポットを示す。符号 BC は、ビームスポット BS の中心を示す。以下、ビームスポット BS の中心 BC をビーム中心 BC とする。

[0027] レーザ加工機 100 は、ノズル 36 の開口部 36a より射出されるレーザビーム LB が開口部 36a の中心に位置するように芯出しされている。開口部 36a の中心とノズル 36 の中心とは一致している。以下、開口部 36a の中心とノズル 36 の中心とを総称して、ノズル中心 NC とする。基準の状態では、ビーム中心 BC はノズル中心 NC と一致している。従って、基準状態では、レーザビーム LB は、ノズル中心 NC より射出する。ガルバノスキャナユニット 32 は、加工ヘッド 35 内を進行して開口部 36a より射出されるレーザビーム LB の開口部 36a 内での位置を変位させるビーム変位機構として機能する。

[0028] 駆動部 322 及び 324 は、NC 装置 50 による制御に基づき、それぞれ、スキャンミラー 321 及び 323 を所定の角度範囲で往復振動させることもできる。スキャンミラー 321 とスキャンミラー 323 とのいずれか一方または双方を往復振動させることによって、ガルバノスキャナユニット 32 は、板金 W に照射されるレーザビーム LB を振動させることができる。即ち

、NC装置50は、ガルバノスキャナユニット32を、加工ヘッド35内を進行して開口部36aより射出されるレーザビームLBを、開口部36a内で振動させるビーム振動機構として機能させることもできる。

[0029] NC装置50は、ガルバノスキャナユニット32の駆動部322及び324を制御することによって、レーザビームLBが板金Wの面上に照射されることにより形成されるビームスポットBSを変位させることができる。また、NC装置50は、レーザビームLBを板金Wの面内の所定の方に振動させて、板金Wの面上に形成されるビームスポットを振動させることができる。ガルバノスキャナユニット32はビーム変位機構及びビーム振動機構の一例であり、ビーム変位機構及びビーム振動機構はガルバノスキャナユニット32に限定されない。

[0030] 図4は、図2に示すスキャンミラー321及びスキャンミラー323のいずれか一方または双方が傾けられて、板金Wに照射されるレーザビームLBの位置が変位した状態を示している。図4において、ベンドミラー33で折り曲げられて集束レンズ34を通過する細実線は、レーザ加工機100が基準の状態であるときのレーザビームLBの光軸を示している。

[0031] なお、詳細には、ベンドミラー33の手前に位置しているガルバノスキャナユニット32の作動により、ベンドミラー33に入射するレーザビームLBの光軸の角度が変化し、光軸がベンドミラー33の中心から外れる。図4では、簡略化のため、ガルバノスキャナユニット32の作動前後でベンドミラー33へのレーザビームLBの入射位置を同じ位置としている。

[0032] ガルバノスキャナユニット32による作用によって、レーザビームLBの光軸が細実線で示す位置から太実線で示す位置へと変位したとする。ベンドミラー33で反射するレーザビームLBが角度 θ で傾斜したとすると、板金WへのレーザビームLBの照射位置は距離 Δs だけ変位する。集束レンズ34の焦点距離をEFL (Effective Focal Length) とすると、距離 Δs は、関係式 $\Delta s = EFL \times \sin \theta$ により算出することができる。

[0033] ガルバノスキャナユニット32がレーザビームLBを図4に示す方向とは

逆方向に角度 θ だけ傾ければ、板金WへのレーザビームLBの照射位置を図4に示す方向とは逆方向に距離 Δs だけ変位させることができる。

[0034] 図5は、レーザビームLBの光軸を変位させた状態におけるレーザビームLBとノズル36の開口部36aとの位置関係を示している。即ち、距離 Δs は、板金WにレーザビームLBが照射される位置（以下、照射位置とする）におけるノズル中心NCとビーム中心BCとの距離であり、ノズル中心NCに対するビーム中心BCの変位量に相当する。以下、ノズル中心NCに対するビーム中心BCの変位量を、単に、ビーム中心BCの変位量とする。

[0035] ノズル36の開口部36aにおけるビーム中心BCの変位量と、板金WへのレーザビームLBの照射位置におけるビーム中心BCの変位量とは等しいものとする。即ち、ノズル36の開口部36aにおけるビーム中心BCがノズル中心NCに対して距離 Δs だけ変位する場合に、板金WへのレーザビームLBの照射位置におけるビーム中心BCもノズル中心NCに対して距離 Δs だけ変位するものとする。

[0036] 図5に示すように、ビーム中心BCの変位量（レーザビームLBの変位量）に相当する距離 Δs が開口部36aの半径未満であれば、レーザ加工機100は、ビームスポットBS（レーザビームLB）を変位させて板金Wを加工することができる。詳しくは、開口部36aの半径を r_a とし、ビームスポットBSの半径を r_b とすると、距離 Δs が関係式 $\Delta s + r_b < r_a$ を満たせば、レーザ加工機100は、ビームスポットBS（レーザビームLB）を変位させて板金Wを加工することができる。なお、距離 Δs が開口部36aの半径未満でなければ、レーザ加工機100は、ビーム中心BCをノズル中心NCと一致させた状態で板金Wを加工する。

[0037] 板金Wの加工時に、アシストガスは開口部36aより板金Wへと吹き付けられる。アシストガスは、開口部36aの中心部に対して内周付近ではガス圧及び流量が弱くなる。そのため、開口部36aの半径 r_a から所定の距離 L_a だけ減算した距離を最大距離としたとき、距離 Δs は最大距離以下の値であることが好ましい。詳しくは、距離 Δs は、関係式 $\Delta s + r_b < r_a -$

L aを満たす値であることが好ましい。

[0038] 図5に一点鎖線で示す円は、ビームスポットBSを変位させることができるビーム移動範囲を示している。レーザ加工機100は、一点鎖線で示すビーム移動範囲内でビームスポットBSを変位させることにより、目的のガス圧及び流量のアシストガスを板金Wへと吹き付けながら、板金Wを切断加工することができる。

[0039] 図6に示すように、NC装置50は、移動制御部501、移動指令分割部503、移動機構制御部505、及び変位制御部506を備える。移動指令分割部503は、遅延器5031、ローパスフィルタ（以下、LPF）5032、及び減算器5033を有する。

[0040] 図6～図7B、図8A～図8Dに示すフローチャート、及び図9A～図13Gを用いて、レーザ加工機100による加工方法の一例を説明する。

[0041] 具体的には、図7Aに示すように、板金Wを切り欠き部NSを有する加工形状に切断する加工方法の一例を説明する。図7Bは、図7Aにおける切り欠き部NSの各座標点Pa、Pb、Pc、Pd、及びPeを示している。即ち、図7Bは、板金Wの加工形状における各座標点を示している。図9A～図9C、及び図10A～図10Cに示す時点tb、tf、tg、及びthは、それぞれ、図7Bに示す座標点Pb、Pc、Pd、及びPeを加工する時点に相当する。

[0042] 図8Aにおいて、オペレータが操作部40を操作することにより、操作部40は、ステップS1にて、操作内容に基づいた指示情報SFをNC装置50へ出力する。移動制御部501は、ステップS2にて、指示情報SFに基づいて、加工プログラムデータベース60から加工プログラムPPを読み出し、加工条件データベース70から加工条件CPを読み出す。

[0043] 移動制御部501は、ステップS3にて、加工プログラムPP及び加工条件CPに基づいて、図9A及び図10Aに示すような速度制御情報を含む移動指令信号CSを生成する。図9Aは、移動指令信号CSにおける各時点のX軸方向の加工速度を示している。図10Aは、移動指令信号CSにおける

各時点のY軸方向の加工速度を示している。

[0044] 移動指令信号CSは、時点 t_b までの期間、及び時点 t_d から時点 t_g までの期間において、Y軸方向の加工速度を0とし、X軸方向の加工速度を加工条件CPに基づく所定の速度 V_{xa} として、加工位置をX軸方向に移動させる等速移動指令を含む。また、移動指令信号CSは、時点 t_b から時点 t_d までの期間において、X軸方向の加工速度を0とし、Y軸方向の加工速度を加工条件CPに基づく所定の速度 V_{ya} として、加工位置をY軸方向に移動させる等速移動指令を含む。

[0045] 即ち、移動指令信号CSは、板金Wを切断加工する方向（加工方向）及び速度（加工速度）を制御するための移動指令信号である。さらに、移動制御部501は、移動指令信号CSを移動指令分割部503へ出力する。

[0046] 移動制御部501は、ステップS4にて、加工プログラムPPから加工形状の座標情報CFを取得する。例えば、図7Aに示すように、板金Wの加工形状（製品の形状）が切り欠き部NSを有する場合、移動制御部501は、図7Bに示すように、切り欠き部NSにおける座標点Pa、Pb、Pc、Pd、及びPeを含む座標情報CFを取得する。座標点Pa、Pb、Pc、Pd、及びPeは、例えば、切断を開始する座標点及び切断方向を切り替える座標点である。座標情報CFは、上記の座標点以外の1またはそれ以上の座標点を含んでいてもよい。

[0047] 移動制御部501は、ステップS5にて、加工プログラムPPに基づいて板金Wを加工するときに、レーザビームLBがノズル36の開口部36aの領域内で変位するか否かを、座標情報CFに基づいて判定する。図8Bを用いて、ステップS5における具体的な判定方法の一例を説明する。

[0048] 図7Aに示すように加工形状が切り欠き部NSを有する場合、図8Bにおいて、移動制御部501は、ステップS51にて、座標情報CFに基づいて、座標点間の距離Dを算出する。例えば、移動制御部501は、図7Bに示すように座標点Pbから座標点Pcまでの距離 D_{bc} を算出する。距離 D_{bc} は切り欠き部NSの段差に相当する。移動制御部501は、ステップS5

2にて、座標点間の距離 D （具体的には距離 D_{bc} ）が開口部36aの領域内に収まるか否かを判定する。

[0049] ステップS52にて距離 D_{bc} が開口部36aの領域内に収まる（YES）と判定された場合、移動制御部501は、ステップS53にて、距離 D_{bc} 、加工速度、加工ヘッド35の加速度（減速度）、及び座標点Pbから座標点Pcまでの区間においてビームスポットBSの変位量（ Δs ）が変化した量（距離）に基づいて、ビーム復帰距離BRDを算出する。即ち、移動制御部501は、所定の加工区間における距離（座標点間の距離）、加工速度、加工ヘッド35の加速度（減速度）、及びビームスポットBSの変位量が変わった量に基づいて、ビーム復帰距離BRDを算出する。よって、移動制御部501は、ステップS53にて、ビーム復帰距離BRDを取得する。ビーム復帰距離BRDの具体的な算出方法については後述する。

[0050] ビーム復帰距離BRDとは、所定の加工速度で板金Wを加工し、かつ、変位したビームスポットBSが所定の位置（例えば初期設定位置）に戻るまでに必要な距離である。言い換えれば、ビーム復帰距離BRDとは、加工速度を減速させずに加工ヘッド35を移動させ、かつ、ビームスポットBSが変位したときに、ビームスポットBSと加工ヘッド35との位置関係（ビーム中心BCとノズル中心NCとの位置関係）が所定の状態（例えば初期設定状態）に戻るまでに必要な距離である。

[0051] 加工時において、ビームスポットBSの変位量は加工位置に応じて変化する。ビームスポットBSの変位量が変わった量とは、加工時（例えば座標点Pbから座標点Pcまでの区間）においてビームスポットBSの変位量が加工位置に応じて変化した差分である。即ち、ビームスポットBSの変位量が変わった量とは、加工時においてノズル中心NCからビーム中心BCまでの距離が加工位置に応じて変化した差分の距離である。

[0052] 従って、レーザ加工機100は、加工時にビームスポットBSをビーム復帰距離BRD以下となるように変位させることにより、加工途中であってもビームスポットBSを初期設定状態に復帰させることができる。

- [0053] ビーム復帰距離BRDは加工条件CPに予め設定されていてもよい。ビーム復帰距離BRDが加工条件CPに予め設定されている場合、移動制御部501は、ステップS53にて、加工条件CPからビーム復帰距離BRDを取得する。
- [0054] 移動制御部501は、ステップS54にて、座標情報CFに基づいて、図7Bに示すように次の座標点Pcから座標点Pdまでの距離Dcdを算出する。移動制御部501は、ステップS55にて、距離Dcdがビーム復帰距離BRD以上であるか否かを判定する。
- [0055] ステップS54にて距離Dcdがビーム復帰距離BRD以上である（YES）と判定された場合、移動指令分割部503は、移動指令信号CSを遅延器5031とLPF5032とに出力する。ステップS54にて距離Dcdがビーム復帰距離BRD以上である（YES）と判定された場合、移動制御部501は、ステップS54に戻り、座標情報CFに基づいて、次の座標点間の距離D（例えば座標点Pdから座標点Peまでの距離Dde）を算出する。さらに、移動制御部501は、ステップS55にて、距離Ddeがビーム復帰距離BRD以上か否かを判定する。
- [0056] 図8Aにおいて、遅延器5031は、ステップS6にて、移動指令信号CSを所定の時間だけ遅延させる遅延移動指令信号DCSを生成し、減算器5033へ出力する。
- [0057] 図8Cにおいて、LPF5032は、ステップS7にて、移動指令信号CSにおける低域周波数成分のみを通過させるフィルタリング処理（ベッセルフィルタ処理）を実行することにより、図9B及び図10Bに示すような速度制御情報を含む主移動指令信号MCSを生成する。図9Bは、主移動指令信号MCSにおける各時点のX軸方向の速度を示している。図10Bは、主移動指令信号MCSにおける各時点のY軸方向の速度を示している。主移動指令信号MCSは、加工ヘッド35（ノズル中心NC）の移動方向及び移動速度を制御するための移動指令信号である。
- [0058] 主移動指令信号MCSは、時点tbまでの期間、及び時点tfから時点t

g までの期間において、Y 軸方向の移動速度を 0 とし、X 軸方向の移動速度を加工条件 C P に基づく所定の速度 $V \times a$ として、加工ヘッド 3 5（ノズル中心 N C）を X 軸方向に移動させる等速移動指令を含む。

[0059] 主移動指令信号 M C S は、図 9 B に示すように、時点 t_b から時点 t_f までの期間において、加工ヘッド 3 5 を X 軸方向に対しては移動速度が加工条件 C P に基づく所定の速度 $V \times a$ から、速度 $V \times a$ よりも遅い速度 $V \times b$ となるように減速させる減速指令と、速度 $V \times b$ から速度 $V \times a$ となるように加速させる加速指令とを含む。

[0060] 主移動指令信号 M C S は、図 10 B に示すように、時点 t_b から時点 t_f までの期間において、加工ヘッド 3 5 を Y 軸方向に対しては移動速度が 0 から加工条件 C P に基づく所定の速度 $V_y b$ となるように加速させる加速指令と、速度 $V_y b$ から 0 となるように減速させる減速指令とを含む。

[0061] X 軸方向において、座標点 P b から座標点 P c までの加工方向と座標点 P d から座標点 P e までの加工方向とは同じである。従って、図 9 B に示すように、時点 t_b から時点 t_f までの期間における速度プロファイルと時点 t_g から時点 t_h までの期間における速度プロファイルとは同じである。

[0062] Y 軸方向において、座標点 P b から座標点 P c までの加工方向と座標点 P d から座標点 P e までの加工方向とは互いに逆方向である。従って、図 10 B に示すように、時点 t_b から時点 t_f までの期間における速度プロファイルと時点 t_g から時点 t_h までの期間における速度プロファイルとは、正負が反転した関係を有する。

[0063] 即ち、主移動指令信号 M C S は、加工ヘッド 3 5 を X 軸方向、Y 軸方向、または、X 軸と Y 軸との任意の合成方向に移動させ、かつ、座標点 P a ~ P e における各区間の加工ヘッド 3 5 の移動速度を制御するための移動指令信号である。

[0064] さらに、L P F 5 0 3 2 は、主移動指令信号 M C S を減算器 5 0 3 3 及び移動機構制御部 5 0 5 へ出力する。従って、減算器 5 0 3 3 には、遅延器 5 0 3 1 から遅延移動指令信号 D C S が入力され、L P F 5 0 3 2 から主移動

指令信号MCSが入力される。

[0065] ビーム復帰距離BRDの具体的な算出方法について説明する。図9Bに示すように、移動制御部501は、時点 t_b から時点 t_d までの時間、加工速度、及び加工ヘッド35の減速度に基づいて、距離 S_a を算出する。移動制御部501は、距離 S_a 、加工速度、及び、加工ヘッド35の減速度及び加速度に基づいて、距離 S_a と距離 S_b とが同じ($S_a = S_b$)になる時点 t_f を求める。移動制御部501は、時点 t_d から時点 t_f までの時間、加工速度、加工ヘッド35の減速度及び加速度に基づいて、ビーム復帰距離BRDを算出する。よって、移動制御部501は、ビーム復帰距離BRDを取得する。

[0066] 図8Cにおいて、減算器5033は、ステップS8にて、遅延移動指令信号DCSから主移動指令信号MCSを減算することにより、図9C及び図10Cに示すような速度制御情報を含む副移動指令信号SCSを生成する。図9Cは、副移動指令信号SCSにおける各時点のX軸方向の速度を示している。図10Cは、副移動指令信号SCSにおける各時点のY軸方向の速度を示している。なお、図9C及び図10Cでは、副移動指令信号SCSにおける各時点のX軸方向及びY軸方向の速度を、ノズル中心NCに対するビーム中心BCの相対速度として示している。

[0067] 副移動指令信号SCSは、ビームスポットBS（ビーム中心BC）の移動方向及び移動速度を制御するための移動指令信号であり、ノズル中心NC（加工ヘッド35）に対するビーム中心BC（ビームスポットBS）の変位方向及び変位速度を制御するための移動指令信号である。

[0068] 図9C及び図10Cに示すように、副移動指令信号SCSは、時点 t_b までの期間、及び時点 t_f から時点 t_g までの期間において、ノズル中心NCに対するビーム中心BCの相対速度（変位速度）を0として、即ち、加工ヘッド35と同じ速度 V_{xa} でビームスポットBS（ビーム中心BC）をX軸方向に移動させる等速移動指令を含む。

[0069] 副移動指令信号SCSは、時点 t_b において、ビームスポットBSの相対

速度をX軸方向に対しては速度0から速度 $V_x c$ に瞬時に切り替え、Y軸方向に対しては速度0から速度 $V_y c$ に瞬時に切り替える速度切り替え指令を含む。速度 $V_x c$ はX軸方向に対して負の速度であり、速度 $V_y c$ はY軸方向に対して正の速度である。

[0070] 副移動指令信号SCSは、時点 t_b から時点 t_d までの期間において、ビームスポットBSをX軸方向に対しては相対速度が速度 $V_x c$ から、速度 $V_x c$ よりも速い速度 $V_x d$ となるように加速させる加速指令と、Y軸方向に対しては相対速度が速度 $V_y c$ から、速度 $V_y c$ よりも遅い速度 $V_y d$ となるように減速させる減速指令とを含む。速度 $V_x d$ はX軸方向に対して負の速度であり、速度 $V_y d$ はY軸方向に対して正の速度である。

[0071] 副移動指令信号SCSは、時点 t_d において、ビームスポットBSの相対速度をX軸方向に対しては速度 $V_x d$ から速度 $V_x e$ に瞬時に切り替え、Y軸方向に対しては速度 $V_y d$ から速度 $V_y e$ に瞬時に切り替える速度切り替え指令を含む。速度 $V_x e$ はX軸方向に対して正の速度であり、速度 $V_y e$ はY軸方向に対して負の速度である。

[0072] なお、ガルバノスキャナユニット32によるビームスポットBS（ビーム中心BC）の加速度（減速度）は、加工ヘッド35（ノズル中心NC）の加速度（減速度）と比較して桁違いに大きい。従って、ビームスポットBSが加速または減速する時間は、加工ヘッド35が加速または減速する時間と比較して無視できる程度に短い。

[0073] そこで、説明をわかりやすくするために、図9C及び図10Cでは、時点 t_b 及び t_d において速度（相対速度）が瞬間的に切り替わるように示している。上記の理由と同様の理由により、移動指令信号CSに対する遅延移動指令信号DCSの遅延時間は無視できる程度に短いため、図9A及び図10Aでは、移動指令信号CS及び遅延移動指令信号DCSを同じ速度プロファイルで示している。

[0074] 図9Cに示すように、副移動指令信号SCSは、時点 t_d から時点 t_f までの期間において、ビームスポットBSをX軸方向に対しては相対速度が速

度 $V \times e$ から速度 $V \times e$ よりも速い速度 $V \times f$ となるように加速させる加速指令と、速度 $V \times f$ から 0 となるように減速させる減速指令とを含む。速度 $V \times f$ は X 軸方向に対して正の速度である。

[0075] X 軸方向において、座標点 P b から座標点 P c までの加工方向と座標点 P d から座標点 P e までの加工方向とは同じである。従って、図 9 C に示すように、時点 t b から時点 t f までの期間における速度プロファイルと時点 t g から時点 t h までの期間における速度プロファイルとは同じである。

[0076] 図 10 C に示すように、副移動指令信号 S C S は、時点 t d から時点 t f までの期間において、ビームスポット B S を Y 軸方向に対しては相対速度が速度 $V y e$ から速度 $V y e$ よりも遅い速度 $V y f$ となるように減速させる減速指令と、速度 $V y f$ から 0 となるように加速させる加速指令とを含む。速度 $V y f$ は Y 軸方向に対して負の速度である。

[0077] Y 軸方向において、座標点 P b から座標点 P c までの加工方向と座標点 P d から座標点 P e までの加工方向とは互いに逆方向である。従って、図 10 C に示すように、時点 t b から時点 t f までの期間における速度プロファイルと時点 t g から時点 t h までの期間における速度プロファイルとは、正負が反転した関係を有する。

[0078] 図 9 C に示す距離 S c は、座標点 P b から座標点 P c までの区間においてビームスポット B S の変位量が増加した量であり、座標点 P b におけるビームスポット B S の変位量と座標点 P c におけるビームスポット B S の変位量との差分に相当する。言い換えれば、距離 S c は、座標点 P b におけるノズル中心 N C からビーム中心 B C までの距離と、座標点 P c におけるノズル中心 N C からビーム中心 B C までの距離との差分の距離に相当する。

[0079] 距離 S d は、座標点 P c からビームスポット B S が所定の状態（例えば初期設定状態）に復帰する時点 t f に対応する座標点までの区間においてビームスポット B S の変位量が増加した量である。図 9 B に示す距離 S a と、図 10 B に示す距離 S e と、図 10 C に示す距離 S g は、図 9 C に示す距離 S c と等しい。図 9 B に示す距離 S b と、図 10 B に示す距離 S f と、図 10

Cに示す距離 S_h は、図9Cに示す距離 S_d と等しい。さらに、減算器5033は、副移動指令信号SCSを変位制御部506へ出力する。

[0080] 図11及び図12は、それぞれ、X軸方向及びY軸方向における各時点のノズル中心NCとビーム中心BCとの距離（ビーム中心BCの変位量）を示している。図11に示す符号 DD_x は、ノズル中心NCとビーム中心BCとのX軸方向における距離の最大変化量、即ち、ビーム中心BCの変位量のX軸方向における最大変化量を示している。図12に示す符号 DD_y は、ノズル中心NCとビーム中心BCとのY軸方向における距離の最大変化量、即ち、ビーム中心BCの変位量のY軸方向における最大変化量を示している。

[0081] 図11及び図12に示す符号 DD_{max} は、図5に一点鎖線で示すビーム移動範囲（距離）を示している。即ち、距離 DD_{max} は、 $DD_{max} = R_a$ 、または、 $DD_{max} = R_a - L_a$ で示される関係を有する。

[0082] 図6に示すように、X軸キャリッジ22とY軸キャリッジ23とにより構成される移動機構は、X軸キャリッジ22及びY軸キャリッジ23をそれぞれ駆動する駆動部220及び230を有する。図8Cにおいて、移動機構制御部505は、ステップS9にて、主移動指令信号MCSに基づいて駆動部220及び230を制御することにより、加工ヘッド35を移動させる。変位制御部506は、ステップS10にて、副移動指令信号SCSに基づいてガルバノスキャナユニット32の駆動部322及び324を駆動して、ビームスポットBSを変位させる。

[0083] 図8Aに示すステップS5にて、レーザビームLBがノズル36の開口部36aの領域内で変位しない（NO）と判定された場合について説明する。レーザビームLBがノズル36の開口部36aの領域内で変位しない（NO）と判定された場合とは、具体的には図8Bに示すステップS52にて、座標点間の距離Dが開口部36aの領域内に収まらない（No）と判定された場合、または、ステップS55にて、座標点P間の距離Dがビーム復帰距離BRD以上ではない（No）と判定された場合である。

[0084] 図8Aに示すステップS5にて、レーザビームLBがノズル36の開口部

36aの領域内で変位しない（NO）と判定された場合、図8Dにおいて、LPF5032は、ステップS17にて、移動指令信号CSにおける低域周波数成分のみを通過させるフィルタリング処理（ベッセルフィルタ処理）を実行する。

[0085] LPF5032は、上記のフィルタリング処理により、図9B及び図10Bに示すような速度制御情報を含む主移動指令信号MCSを生成する。ステップS17はステップS7に相当する。レーザ加工機100は、ステップS19にて、ビーム中心BCをノズル中心NCと一致させた状態で、加工プログラムPP及び加工条件CPに基づいて加工ヘッド35を移動させ、板金Wを加工する。

[0086] 図9A～図9C、図10A～図10C、及び図13A～図13Gを用いて、図7Aに示すように板金Wを切り欠き部NSを有して切断するときの加工ヘッド35とビームスポットBSとの位置関係について説明する。

[0087] 図13A～図13Gは、それぞれ、図9A～図9C、及び図10A～図10Cの時点 t_a ～時点 t_g におけるノズル中心NC（加工ヘッド35）とビーム中心BC（ビームスポットBS）との位置関係を示している。具体的には、図13Aは時点 t_a 、図13Bは時点 t_b 、図13Cは時点 t_c 、図13Dは時点 t_d 、図13Eは時点 t_e 、図13Fは時点 t_f 、図13Gは時点 t_g における板金Wの加工位置を示している。

[0088] 図13Aに示すように、ビームスポットBS（レーザビームLB）は、ビーム中心BCがノズル中心NCに対して所定の変位量 DA_x だけX軸方向に変位する位置が初期設定位置となるように設定されている。時点 t_a では、加工ヘッド35は、ビームスポットBSが変位量 DA_x だけX軸方向に変位した状態で、速度 V_{xa} でX軸方向に移動している。

[0089] 図13Bに示すように、時点 t_b では、ビーム中心BCは座標点Pbに到達する。加工ヘッド35は、時点 t_b で移動方向をX軸方向からX軸とY軸との合成方向に変更し、かつ、X軸方向に対しては減速を開始し、Y軸方向に対しては加速を開始する。ビームスポットBSは、時点 t_b で移動方向を

、X軸方向からY軸方向に変更する。ノズル中心NCに対するビーム中心BCの相対速度は、X軸方向に対しては速度0から速度 V_{xc} に変更され、Y軸方向に対しては速度0から速度 V_{yc} に変更される。

[0090] ビームスポットBSは、時点 t_b で初期設定位置に対して変位を開始する。図11及び図12に示すように、ビーム中心BCとノズル中心NCとの距離は、時点 t_b でX軸方向に対しては短くなるように変更され、Y軸方向に対しては長くなるように変更される。即ち、時点 t_b では、ビーム中心BCは、X軸方向に対してはノズル中心NCに接近する方向に変位を開始し、Y軸方向に対してはノズル中心NCから離隔する方向に変位を開始する。

[0091] 図13Cに示すように、時点 t_c では、加工ヘッド35は、移動方向を加工位置に応じてX軸とY軸との合成方向に変更し、かつ、X軸方向に対しては減速を継続し、Y軸方向に対しては加速を継続する。時点 t_c では、ビームスポットBSは座標点Pbから座標点Pcに向かってY軸方向に移動中であり、かつ、加工位置に応じて変位量に変更される。

[0092] 図13Dに示すように、時点 t_d では、ビーム中心BCは座標点Pcに到達する。時点 t_d では、加工ヘッド35は、移動方向を加工位置に応じてX軸とY軸との合成方向に変更し、かつ、X軸方向に対しては減速を継続し、Y軸方向に対しては加速を継続する。ビームスポットBSは、時点 t_c で移動方向を、Y軸方向からX軸方向に変更し、かつ、加工位置に応じて変位量に変更される。ノズル中心NCに対するビーム中心BCの相対速度は、X軸方向に対しては速度 V_{xd} から速度 V_{xe} に変更され、Y軸方向に対しては速度 V_{yd} から速度 V_{ye} に変更される。

[0093] 図11及び図12に示すように、時点 t_d では、ビームスポットBSの変位量が初期設定位置に対して最大となる。即ち、ビームスポットBSの変位量は、時点 t_d で、ビーム中心BCのX軸方向及びY軸方向における最大変化量 DD_x 及び DD_y となる。レーザビームLB（ビームスポットBS）は、距離 DD_{max} で示されるビーム移動範囲内において変位することができる。

[0094] 図9B及び図10Bに示すように、時点 t_d から時点 t_e までの期間において、加工ヘッド35は、X軸方向に対しては減速後に加速を開始し、Y軸方向に対しては加速後に減速を開始する。図13Eに示すように、時点 t_e では、加工ヘッド35は、移動方向を加工位置に応じてX軸とY軸との合成方向に変更し、かつ、X軸方向に対しては加速を継続し、Y軸方向に対しては減速を継続する。時点 t_e では、ビームスポットBSは座標点Pcから座標点Pdに向かってX軸方向に移動中であり、かつ、加工位置に応じて変位量に変更される。

[0095] 図13Fに示すように、時点 t_f では、加工ヘッド35はX軸とY軸との合成方向に移動し、かつ、ビームスポットBS（レーザビームLB）はビーム中心BCが座標点Pcと座標点Pdとを結ぶ線上を移動し、かつ、初期設定位置に復帰する。ノズル中心NCに対するビーム中心BCの相対速度は、X軸方向及びY軸方向に対して0となる。時点 t_f 以降では、加工ヘッド35及びビームスポットBSは、ビーム中心BCがノズル中心NCに対して変位量 DA_x だけX軸方向に変位した状態で、座標点Paと座標点Pbとを結ぶ線上を同じ軌跡で移動する。

[0096] 従って、時点 t_b までの期間は、加工ヘッド35及びビームスポットBSは、ビーム中心BCがノズル中心NCに対して変位量 DA_x だけX軸方向に変位した状態を維持して、座標点Paと座標点Pbとを結ぶ線上を同じ軌跡で移動する。時点 t_b までの期間は座標点Pbまでの区間に相当する。

[0097] 時点 t_b から時点 t_f までの期間では、加工ヘッド35は、加工位置に応じてX軸とY軸との合成方向に移動することにより、切り欠き部NSの頂点（座標点Pc）よりも内側を通過する軌跡上を移動する。時点 t_b から時点 t_f までの期間では、ビームスポットBSは、加工位置に応じて、初期設定位置に対して変位量を変更させながら変位し、座標点Paと座標点Pbとを結ぶ線上、座標点Pbと座標点Pcとを結ぶ線上、及び座標点Pcと座標点Pdとを結ぶ線上を順次移動する。

[0098] 図13Gに示すように、時点 t_g では、ビーム中心BCは座標点Pdに到

達する。加工ヘッド35は、時点t_gで移動方向をX軸方向からX軸とY軸との合成方向に変更し、かつ、X軸方向に対しては減速を開始し、Y軸方向に対しては加速を開始する。ビームスポットBSは、時点t_bで移動方向を、X軸方向からY軸方向（具体的には-Y軸方向）に変更する。時点t_b以降の加工方向と時点t_g以降の加工方向とは互いに逆方向である。

[0099] 従って、図10Bに示すように、時点t_bから時点t_fまでの期間における加工ヘッド35の速度プロファイルと、時点t_gから時点t_hまでの期間における加工ヘッド35の速度プロファイルとは、互いに正負が反対の関係になる。同様に、図10Cに示すように、時点t_bから時点t_fまでの期間におけるビームスポットBSの速度プロファイルと、時点t_gから時点t_hまでの期間におけるビームスポットBSの速度プロファイルとは、互いに正負が反対の関係になる。

[0100] レーザ加工機100及びそのレーザ加工方法では、板金Wを加工するときに、レーザビームLBがノズル36の開口部36aの領域内で変位するか否かを判定する。レーザ加工機100及びそのレーザ加工方法では、レーザビームLBがノズル36の開口部36aの領域内で変位すると判定された場合、座標点P_b及びP_cにおける加工ヘッド35の移動方向を連続的に変更し、かつ、加工ヘッド35の移動速度の変化量を抑制し、かつ、加工速度を変更（減速）することなく、板金Wを精度良く加工することができる。

[0101] 従って、レーザ加工機100及びレーザ加工方法によれば、切断進行方向を所定の角度以下の角部で曲げて板金Wを切断したり、切断進行方向を急激に変更して板金Wを曲線状に切断したりする場合でも、従来よりも板金Wを高速に切断することができ、加工時間を短くすることができる。

[0102] レーザ加工機100及びそのレーザ加工方法では、板金Wを加工するときに、座標点間の距離がビーム復帰距離BRD以上か否かを判定する。レーザ加工機100及びそのレーザ加工方法では、板金Wを加工中にビームスポットBSが初期設定位置に復帰できるか否かを判定する。そのため、レーザ加工機100は、ビームスポットBSが初期設定位置に復帰できる場合にはビ

ームスポットBSを初期設定位置に対して変位させて板金Wを加工することができる。

[0103] レーザ加工機100は、レーザビームLBがノズル36の開口部36aの領域内で変位しない場合、または、ビームスポットBSが初期設定位置に復帰できない場合には、ビームスポットBSを初期設定位置に固定した状態で板金Wを加工する。即ち、レーザ加工機100及びそのレーザ加工方法によれば、板金Wの加工中におけるビームスポットBSの変位状態に応じて加工方法を変更することができる。

[0104] レーザ加工機100及びそのレーザ加工方法では、座標点間の距離がビーム復帰距離BRD以上でない場合、次の座標点間の距離がビーム復帰距離BRD以上であるか否かを判定してもよい。次の座標点間の距離がビーム復帰距離BRD以上である場合、レーザ加工機100は、ステップS5からステップS6へ処理を進めることができる。

[0105] 本発明は以上説明した1またはそれ以上の実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能である。

[0106] 本願の開示は、2018年8月31日出願された特願2018-162373号に記載の主題と関連しており、それらの全ての開示内容は引用によりここに援用される。

請求の範囲

- [請求項1] 先端部に円形の開口部を有し、前記開口部より板金を切断加工するためのレーザビームを射出するノズルが取り付けられている加工ヘッドと、
- 前記板金の面に対して前記加工ヘッドを相対的に移動させる移動機構と、
- 前記レーザビームが前記板金に照射されたときの照射位置におけるビームスポットの中心であるビーム中心を前記ノズルの中心であるノズル中心に対して変位させるビーム変位機構と、
- 前記板金を切断する加工方向及び加工速度を制御するための移動指令信号を生成し、かつ、前記板金の加工形状の座標情報を取得し、前記座標情報に基づいて前記レーザビームが前記開口部の領域内で変位するか否かを判定する移動制御部と、
- 前記レーザビームが前記開口部の領域内で変位すると判定された場合に、前記移動指令信号に基づいて、前記加工ヘッドの移動方向及び移動速度を制御するための主移動指令信号、及び、前記ビームスポットの移動方向及び移動速度を制御するための副移動指令信号を生成する移動指令分割部と、
- 前記主移動指令信号に基づいて、前記加工ヘッドを相対的に移動させるよう前記移動機構を制御する移動機構制御部と、
- 前記副移動指令信号に基づいて、前記ビーム中心が前記ノズル中心に対して変位するよう前記ビーム変位機構を制御する変位制御部と、
- を備えるレーザ加工機。
- [請求項2] 前記移動制御部は、前記座標情報に含まれる座標点間の距離を算出し、前記距離が前記開口部の領域内に収まるか否かを判定する請求項1に記載のレーザ加工機。
- [請求項3] 前記移動制御部は、前記距離、前記加工速度、前記加工ヘッドの加速度または減速度、及び、前記座標情報に含まれる座標点間における

前記ビームスポットの変位量が変化した差分に基づいて、前記板金を所定の加工速度で加工し、かつ、変位した前記ビームスポットが所定の位置に戻るまでに必要な距離であるビーム復帰距離を取得する請求項2に記載のレーザ加工機。

[請求項4] 前記移動制御部は、前記座標情報に含まれる座標点間の距離と前記ビーム復帰距離とを比較し、前記距離が前記ビーム復帰距離以上である場合には、前記変位制御部は、前記副移動指令信号に基づいて、前記ビーム中心が前記ノズル中心に対して変位するよう前記ビーム変位機構を制御する請求項3に記載のレーザ加工機。

[請求項5] 先端部に円形の開口部を有し、前記開口部より板金を切断加工するためのレーザビームを射出するノズルが取り付けられている加工ヘッドを備えるレーザ加工機が、

前記板金を切断する加工方向及び加工速度を制御するための移動指令信号を生成し、

前記板金の加工形状の座標情報を取得し、

前記座標情報に基づいて前記レーザビームが前記開口部の領域内で変位するか否かを判定し、

前記レーザビームが前記開口部の領域内で変位すると判定された場合に、前記移動指令信号に基づいて、前記加工ヘッドの移動方向及び移動速度を制御するための主移動指令信号、及び、前記レーザビームが前記板金に照射されたときの照射位置におけるビームスポットの移動方向及び移動速度を制御するための副移動指令信号を生成し、

前記主移動指令信号に基づいて前記加工ヘッドを相対的に移動させ、かつ、前記副移動指令信号に基づいて前記ビームスポットの中心であるビーム中心を前記ノズルの中心であるノズル中心に対して変位させて前記板金を切断する

レーザ加工方法。

[請求項6] 前記レーザ加工機が、前記座標情報に含まれる座標点間の距離を算

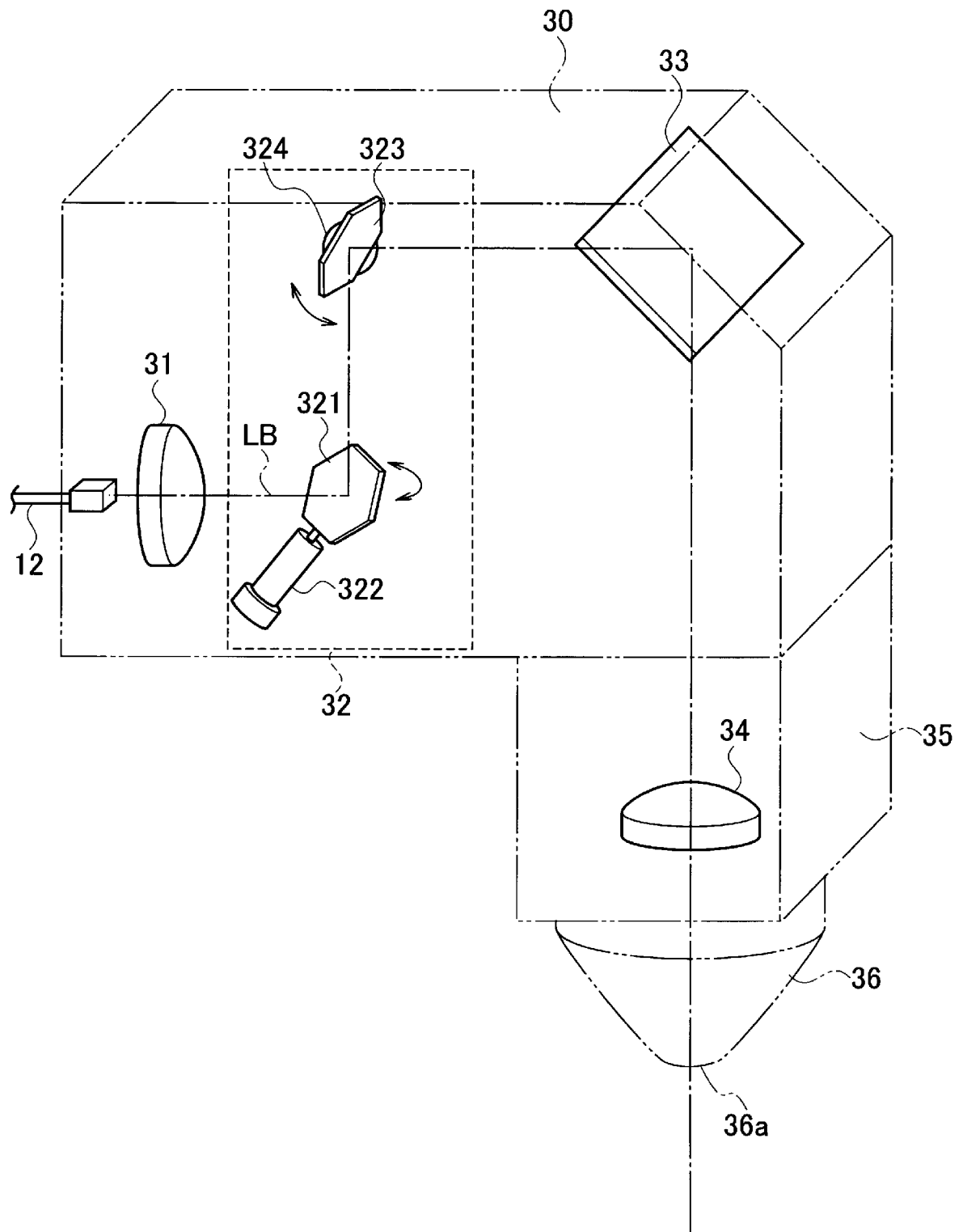
出し、前記距離が前記開口部の領域内に収まるか否かを判定する請求項5に記載のレーザ加工方法。

[請求項7] 前記レーザ加工機が、前記距離、前記加工速度、前記加工ヘッドの加速度、及び、前記座標情報に含まれる座標点間における前記ビームスポットの変位量が変化した差分に基づいて、前記板金を所定の加工速度で加工し、かつ、変位した前記ビームスポットが所定の位置に戻るまでに必要な距離であるビーム復帰距離を取得する請求項6に記載のレーザ加工方法。

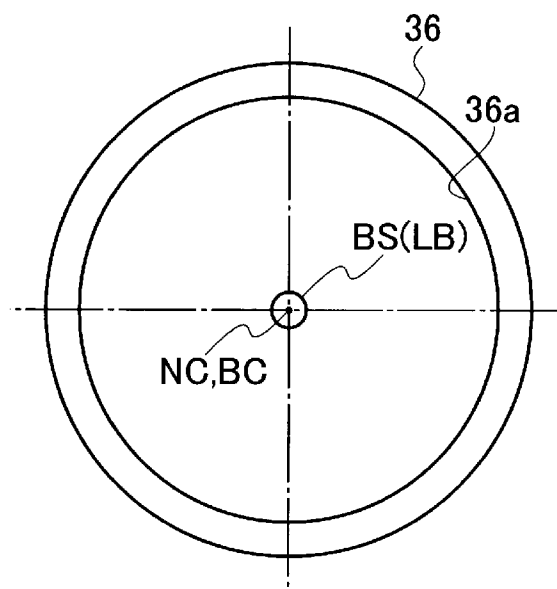
[請求項8] 前記レーザ加工機が、前記座標情報に含まれる座標点間の距離と前記ビーム復帰距離とを比較し、前記距離が前記ビーム復帰距離以上である場合には、前記副移動指令信号に基づいて、前記ビーム中心が前記ノズル中心に対して変位させる請求項7に記載のレーザ加工方法。

[illegible]

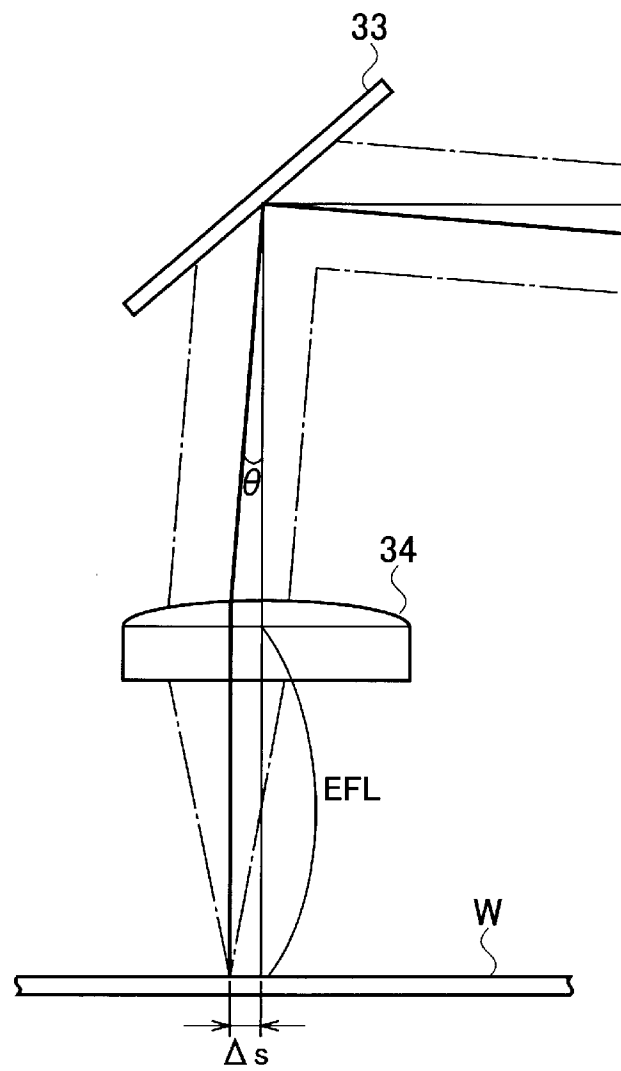
[図2]



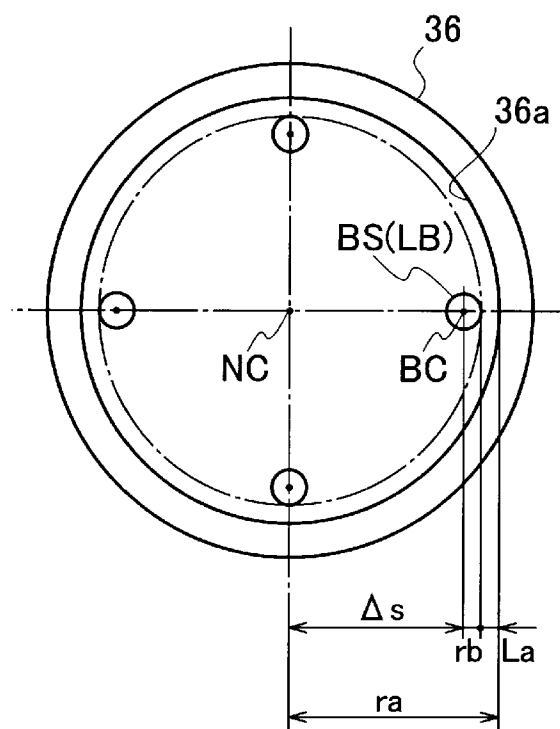
[図3]



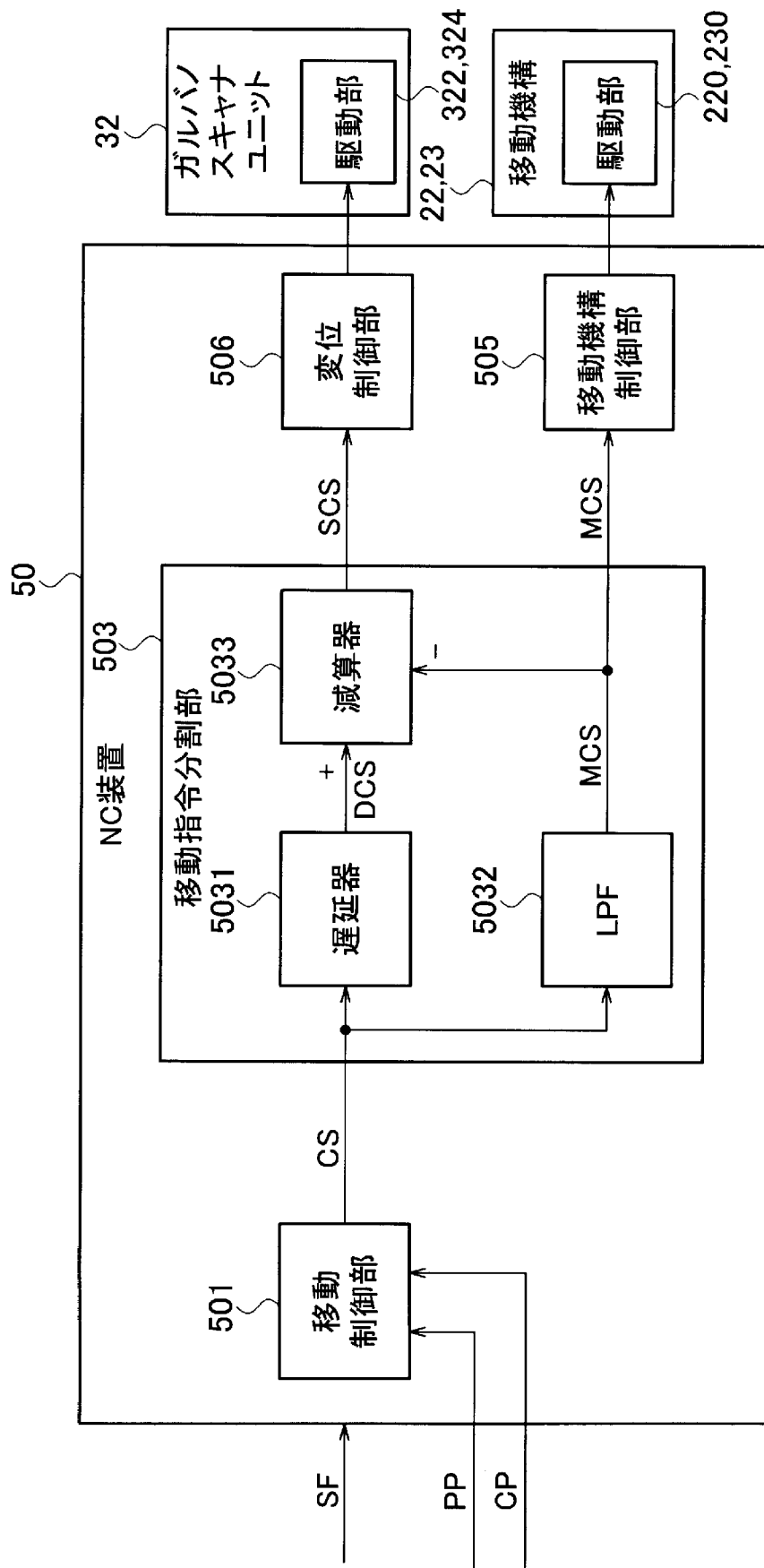
[図4]



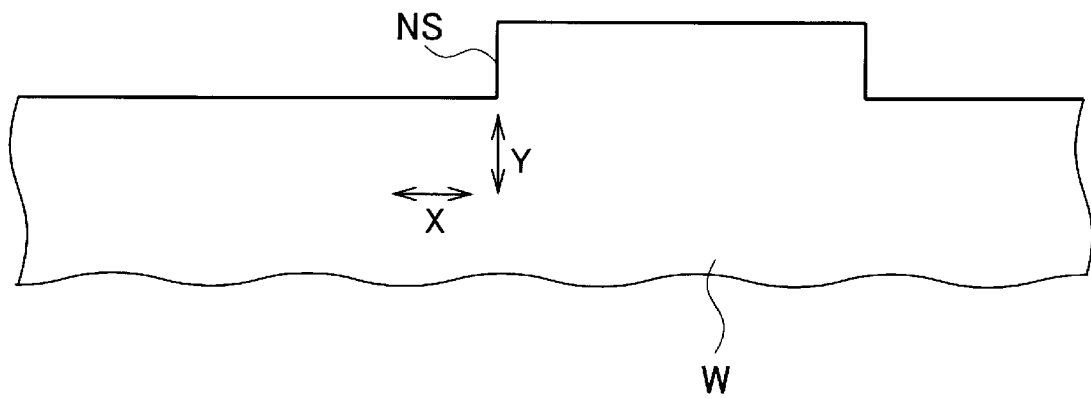
[図5]



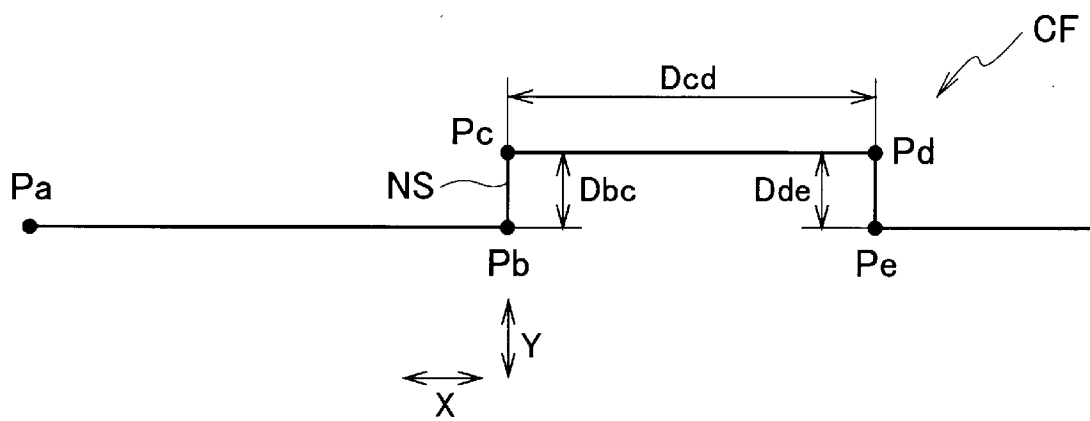
[図6]



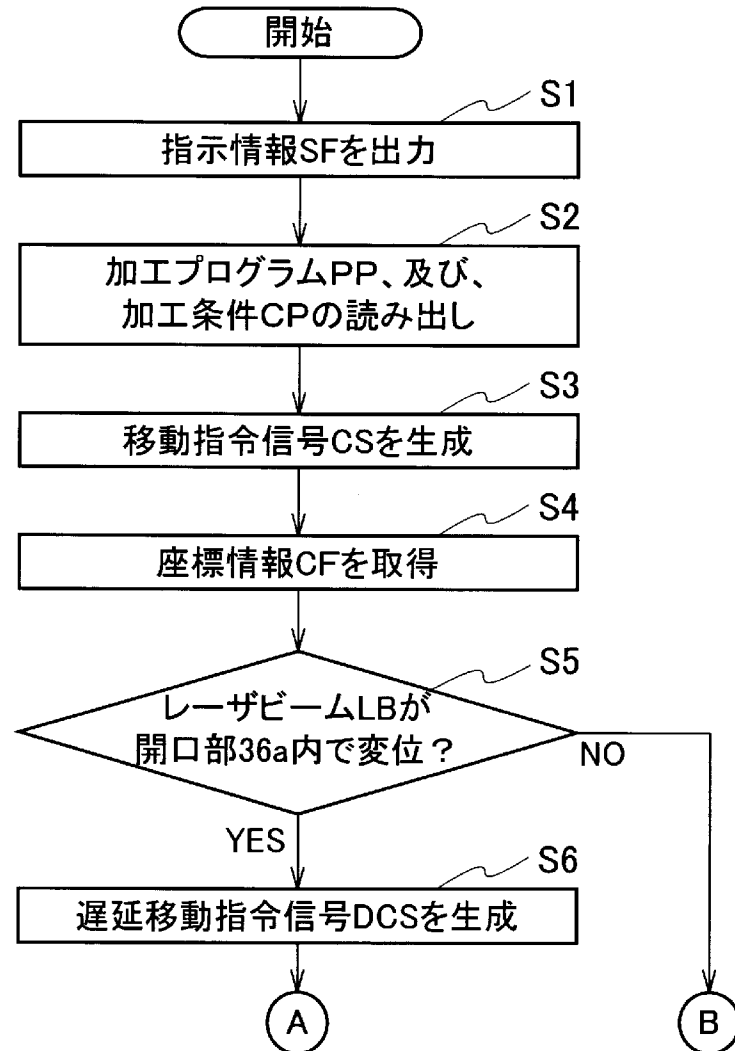
[図7A]



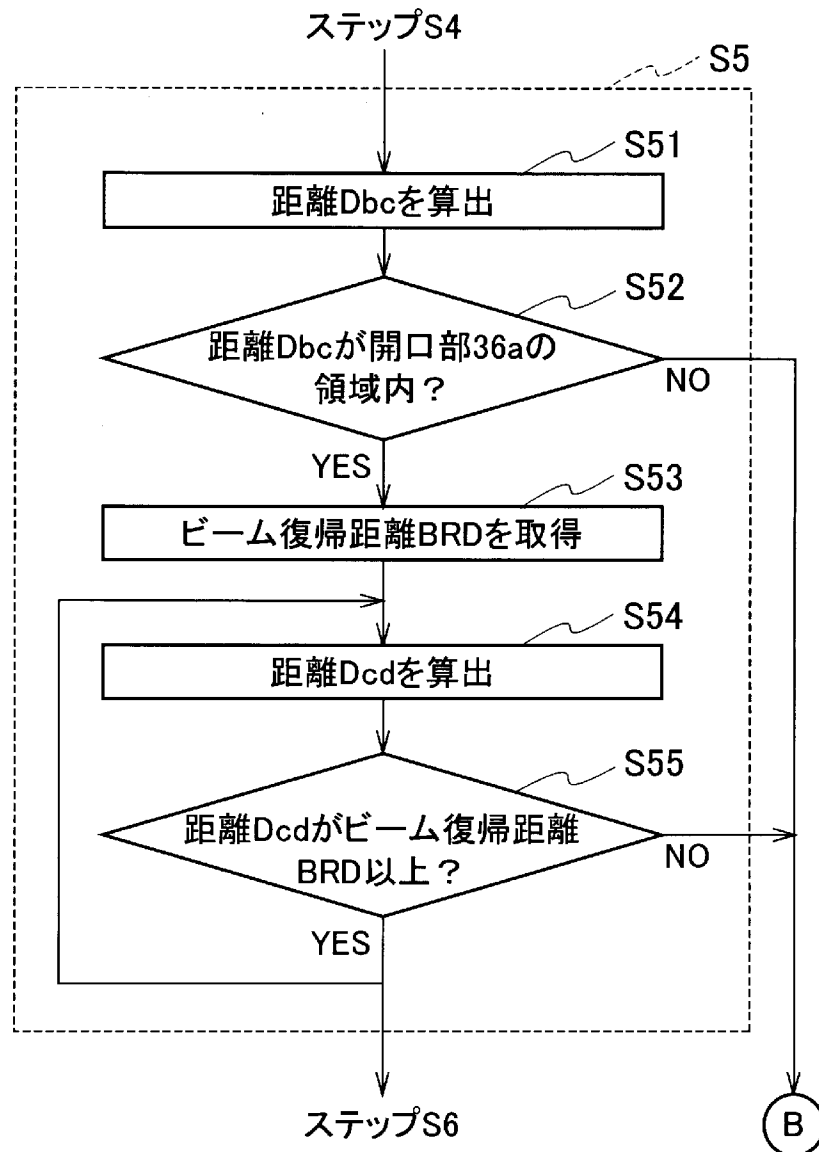
[図7B]



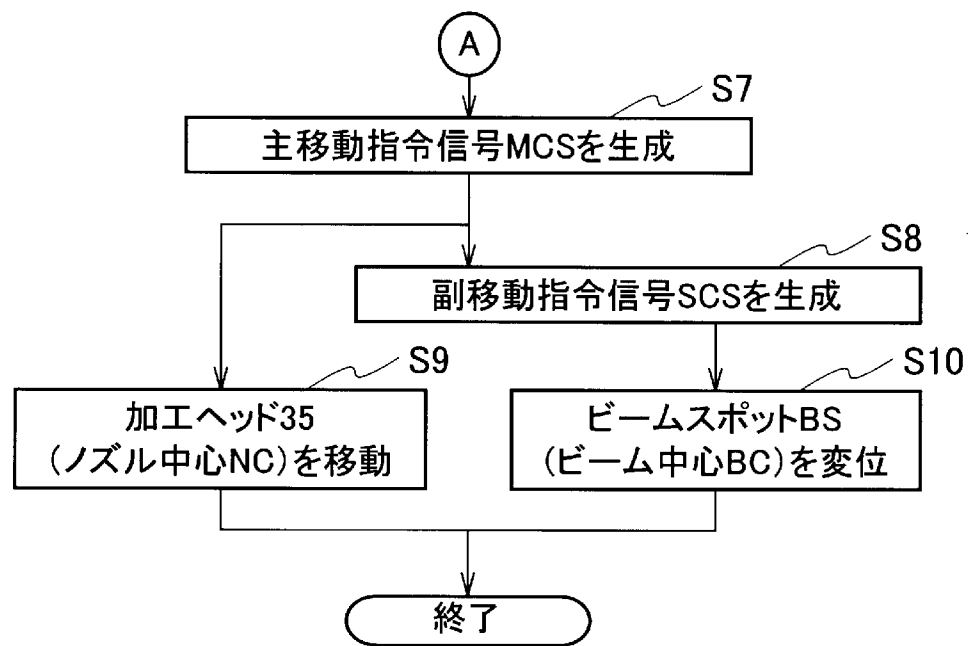
[図8A]



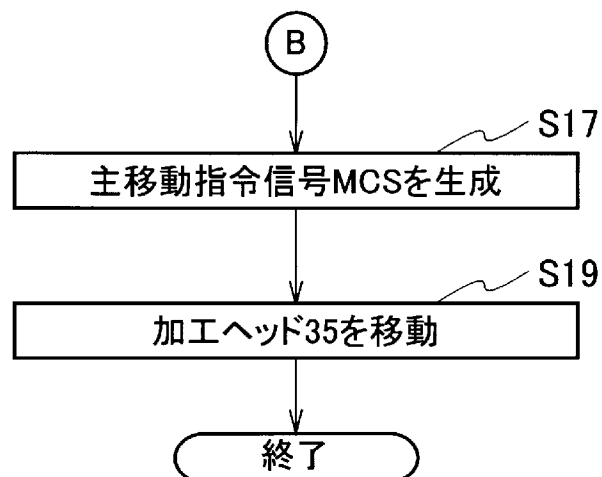
[図8B]



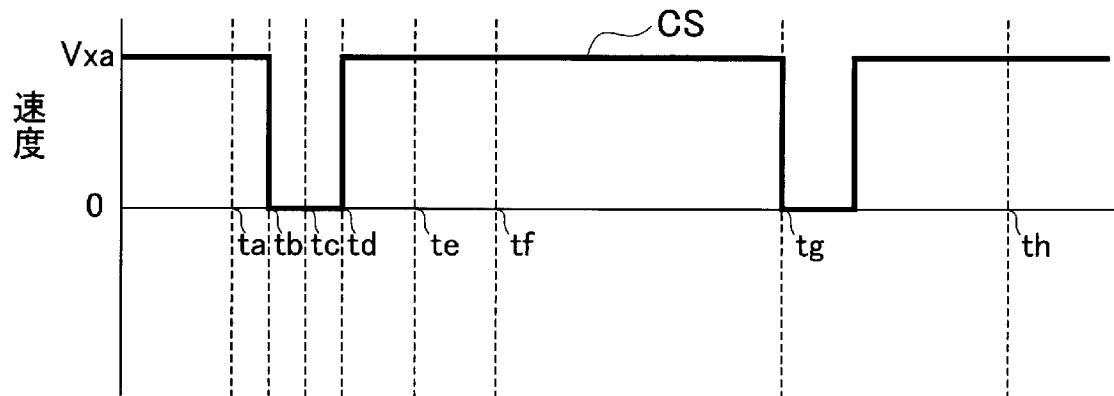
[図8C]



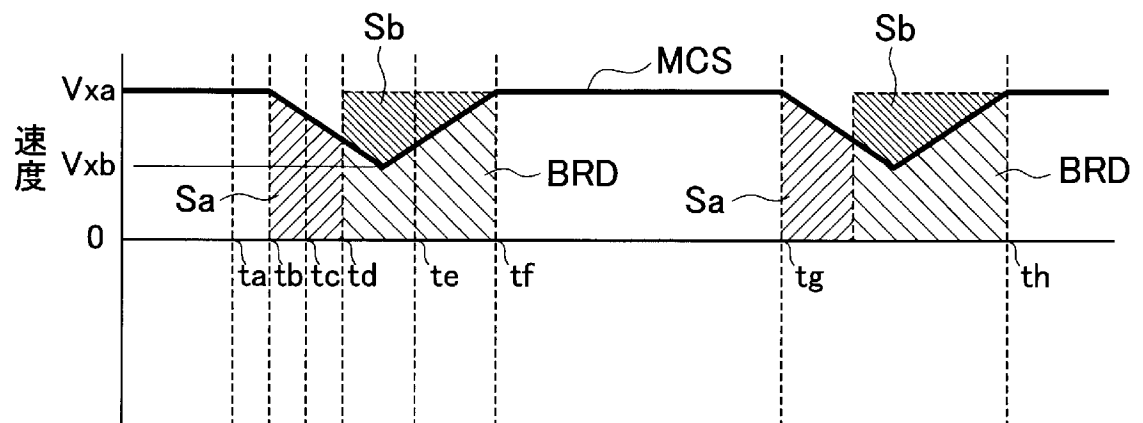
[図8D]



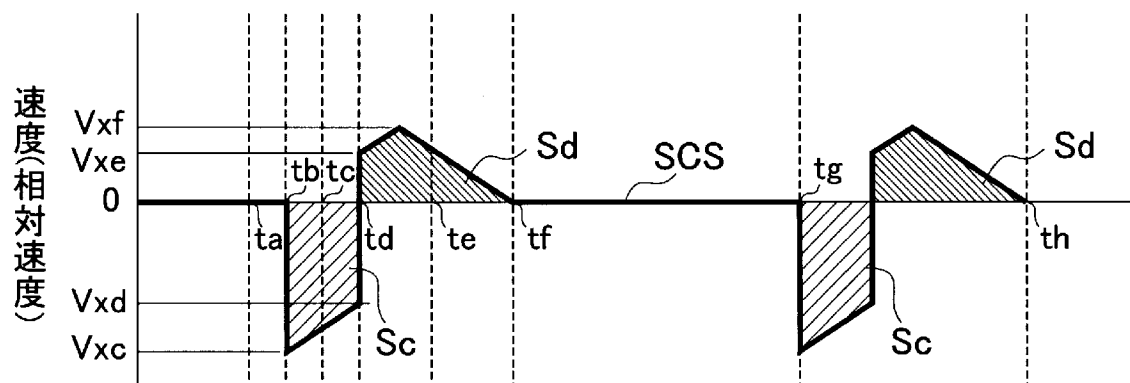
[図9A]



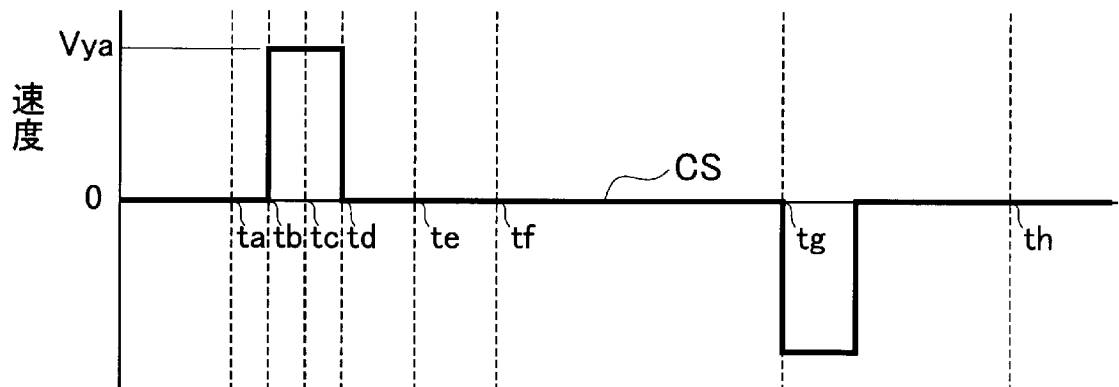
[図9B]



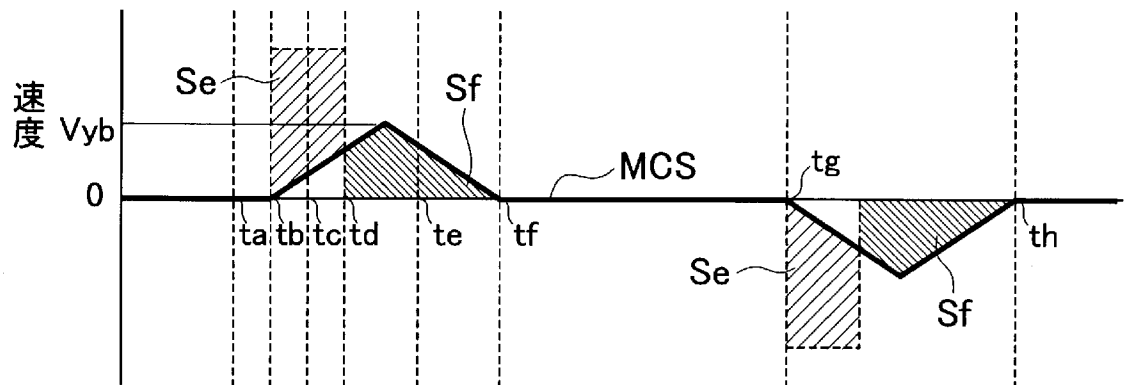
[図9C]



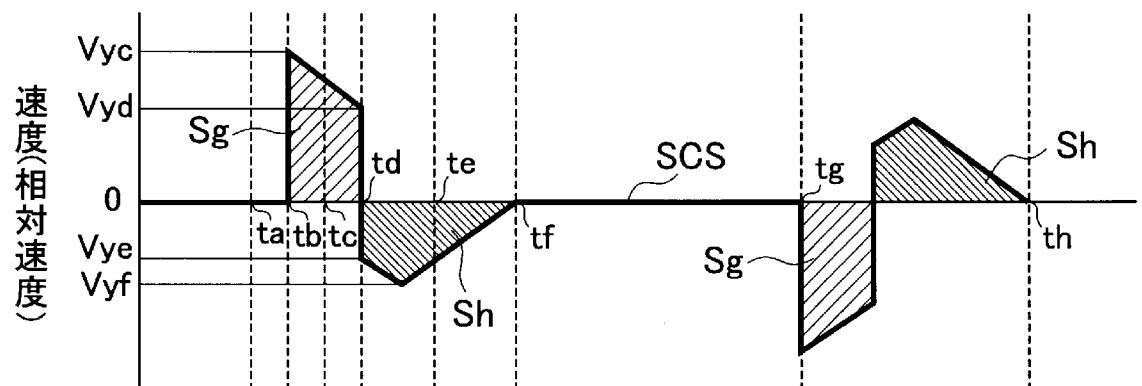
[図10A]



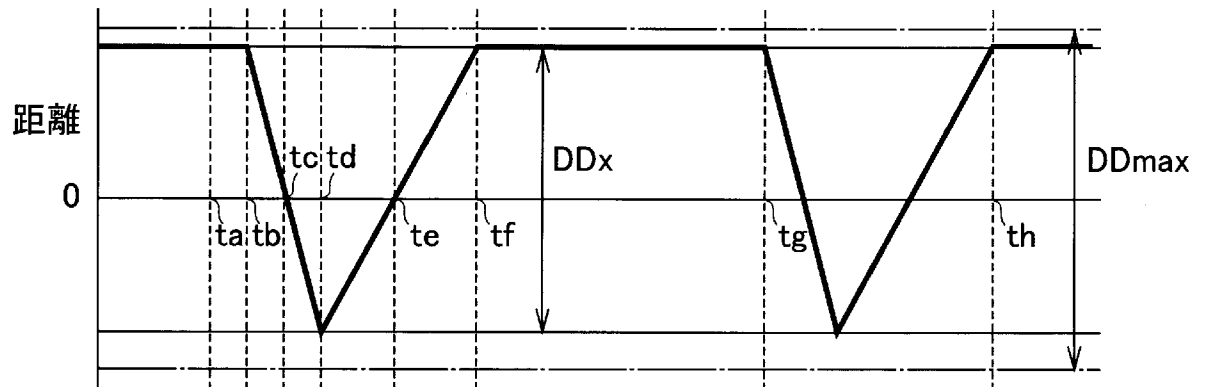
[図10B]



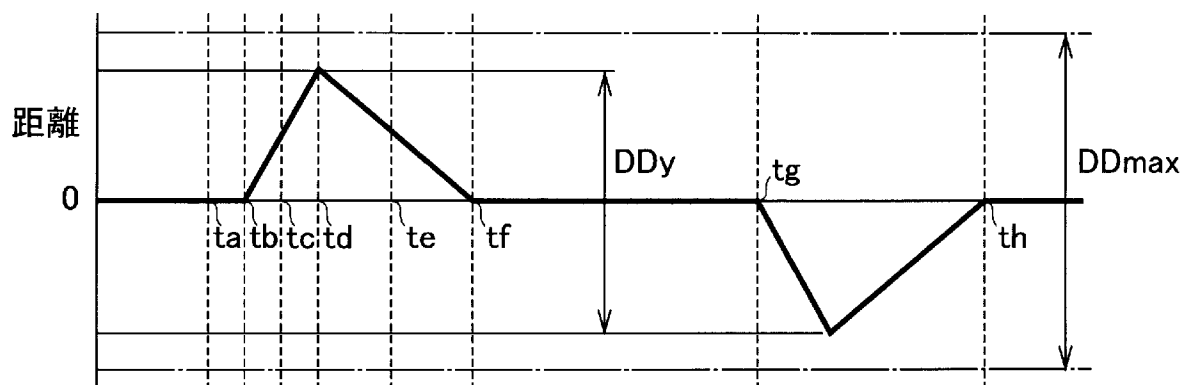
[図10C]



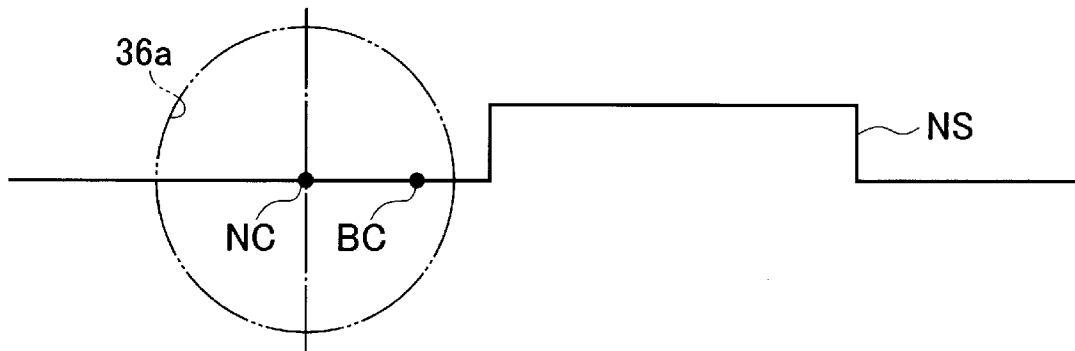
[図11]



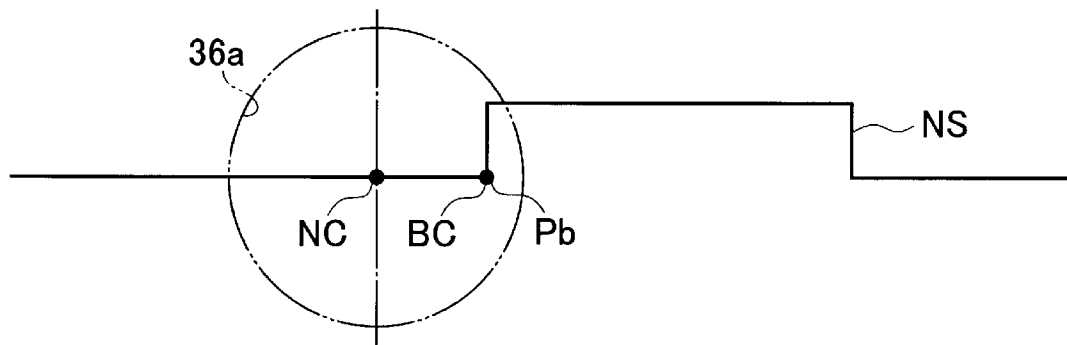
[図12]



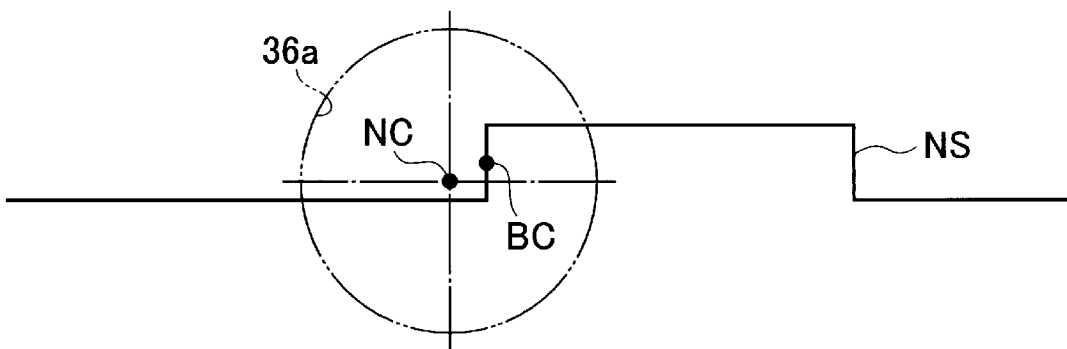
[図13A]



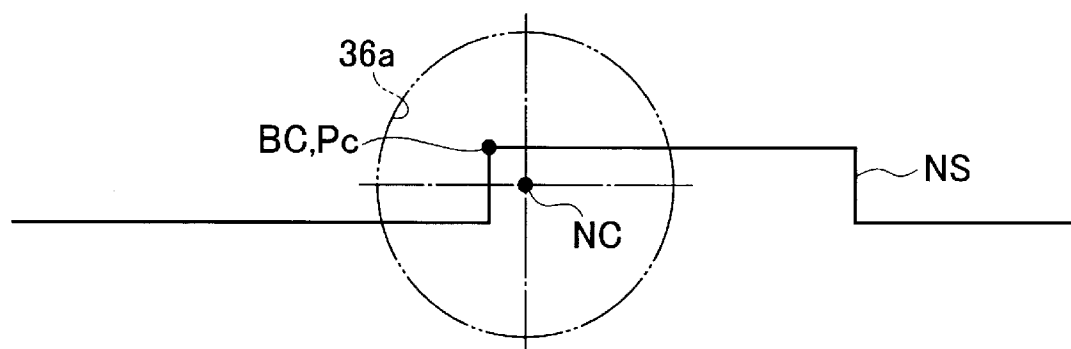
[図13B]



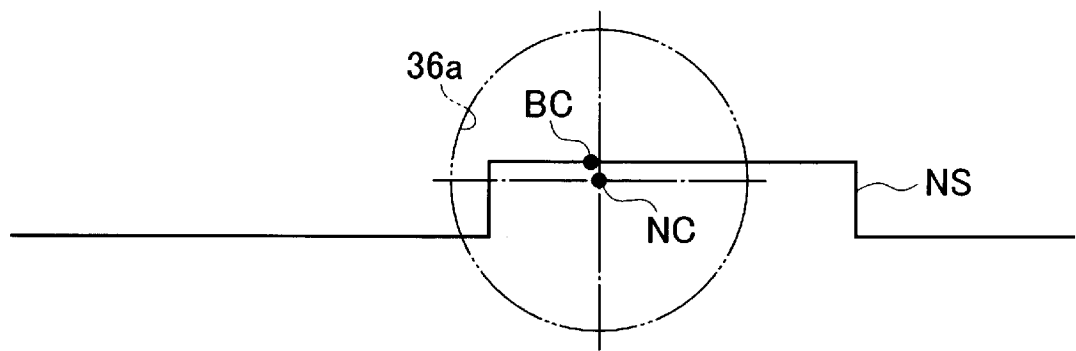
[図13C]



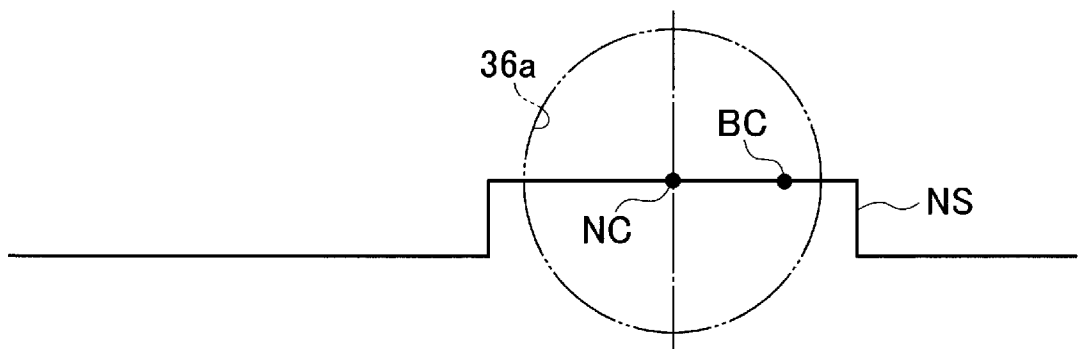
[図13D]



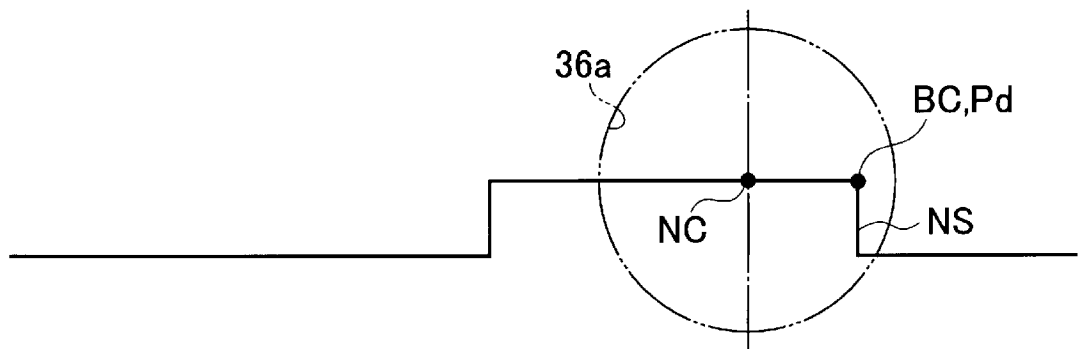
[図13E]



[図13F]



[図13G]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/031856

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.
A	JP 2018-507109 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 15 March 2018, paragraphs [0023]-[0063], fig. 1-5 & US 2016/0288256 A1, paragraphs [0038]-[0065], fig. 1-5 & WO 2016/163311 A1 & TW 201704909 A	1-8
A	JP 2014-210277 A (AMADA MIYACHI CO., LTD.) 13 November 2014, paragraphs [0027], [0051], fig. 1, 6 (Family: none)	1-8

☐ 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
24 October 2019 (24.10.2019)

Date of mailing of the international search report
05 November 2019 (05.11.2019)

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

Authorized officer

Telephone No.

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
A	JP 2018-507109 A (三菱電機株式会社) 2018.03.15, 段落[0023]-[0063], 図 1-5 & US 2016/0288256 A1, 段落[0038]-[0065], 図 1-5 & WO 2016/163311 A1 & TW 201704909 A	1-8
A	JP 2014-210277 A (株式会社アマダミヤチ) 2014.11.13, 段落[0027], [0051], 図 1, 6 (ファミリーなし)	1-8

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

24.10.2019

国際調査報告の発送日

05.11.2019

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)

柏原 郁昭

3 P

3113

電話番号 03-3581-1101 内線 3363