

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7369915号  
(P7369915)

(45)発行日 令和5年10月27日(2023.10.27)

(24)登録日 令和5年10月19日(2023.10.19)

(51)国際特許分類

F I

<b>B 2 3 K</b>	<b>26/082 (2014.01)</b>	B 2 3 K	26/082	
<b>B 2 3 K</b>	<b>26/21 (2014.01)</b>	B 2 3 K	26/21	F
<b>B 2 3 K</b>	<b>26/244 (2014.01)</b>	B 2 3 K	26/21	G
<b>B 2 3 K</b>	<b>26/28 (2014.01)</b>	B 2 3 K	26/244	
		B 2 3 K	26/28	

請求項の数 15 (全21頁)

(21)出願番号	特願2021-524879(P2021-524879)	(73)特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府門真市元町2番6号
(86)(22)出願日	令和2年6月3日(2020.6.3)	(74)代理人	100106116 弁理士 鎌田 健司
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/021951	(74)代理人	100131495 弁理士 前田 健児
(87)国際公開番号	WO2020/246504	(72)発明者	王 静波 大阪府門真市松葉町2番7号 パナソニックスマートファクトリーソリューションズ株式会社内
(87)国際公開日	令和2年12月10日(2020.12.10)	(72)発明者	西尾 正敏 大阪府門真市松葉町2番7号 パナソニックスマートファクトリーソリューションズ株式会社内
審査請求日	令和4年12月13日(2022.12.13)		
(31)優先権主張番号	特願2019-105529(P2019-105529)		
(32)優先日	令和1年6月5日(2019.6.5)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザ溶接装置及びそれを用いたレーザ溶接方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザ光を発生させるレーザ発振器と、  
前記レーザ発振器で発生した前記レーザ光を伝送する光ファイバと、  
前記光ファイバの出射端に取付けられ、前記光ファイバから入射された前記レーザ光をワークに向けて照射するレーザ光出射ヘッドと、  
前記レーザ光出射ヘッドが取り付けられ、前記レーザ光出射ヘッドを所定の軌跡で移動させるマニピュレータと、  
前記レーザ光が前記ワークの表面で二次元的に、または三次元的に走査されるように前記レーザ光出射ヘッドを制御するコントローラと、  
前記レーザ光の焦点位置と前記ワークの溶け込み深さとが前記ワークの材質に関連付けられたデータを保存する記憶部と、を少なくとも備え、

前記コントローラは、前記ワークにおける溶接部位の形状と前記データとに応じて、前記ワークに照射される前記レーザ光の焦点位置を変化させるように前記レーザ光出射ヘッドまたは前記マニピュレータを制御することを特徴とするレーザ溶接装置。

【請求項2】

請求項1に記載のレーザ溶接装置において、  
前記レーザ光出射ヘッドは、前記レーザ光の焦点位置を変化させるための焦点位置調整機構を少なくとも有しており、  
前記コントローラは、前記焦点位置調整機構の動作を制御することを特徴とするレーザ

溶接装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のレーザ溶接装置において、

前記コントローラは、前記マニピュレータを駆動して、前記レーザ光出射ヘッドから照射された前記レーザ光の光軸と平行な方向に沿って前記レーザ光出射ヘッドを変位させることで、前記ワークに照射される前記レーザ光の焦点位置を変化させることを特徴とするレーザ溶接装置。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のレーザ溶接装置において、

前記レーザ光出射ヘッドは、前記レーザ光を走査するための光走査機構をさらに有し、前記コントローラは、前記光走査機構の動作を制御することを特徴とするレーザ溶接装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のレーザ溶接装置において、

前記コントローラは、前記レーザ光の焦点位置を前記ワークの表面から前記ワークの内部の所定位置までの範囲で変化させるように前記レーザ光出射ヘッドまたは前記マニピュレータを制御することを特徴とするレーザ溶接装置。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のレーザ溶接装置において、

前記ワークは互いに重ね合わされた複数の板材であり、

前記コントローラは、前記レーザ光が前記ワークの表面で所定の第 1 軌跡を描くように前記レーザ光出射ヘッドを制御するとともに、前記第 1 軌跡の中央よりも周縁において、前記レーザ光の焦点位置が前記ワークの内部で深くなるように前記レーザ光出射ヘッドまたは前記マニピュレータを制御することを特徴とするレーザ溶接装置。

20

【請求項 7】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のレーザ溶接装置において、

前記ワークは互いに重ね合わされた複数の板材であり、

前記コントローラは、前記レーザ光が前記ワークの表面で所定の第 1 軌跡を描くように前記レーザ光出射ヘッドを制御するとともに、前記第 1 軌跡の中央よりも周縁に近づくにつれて、前記レーザ光の焦点位置が前記ワークの内部で深くなるように前記レーザ光出射ヘッドまたは前記マニピュレータを制御することを特徴とするレーザ溶接装置。

30

【請求項 8】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のレーザ溶接装置において、

前記ワークは 2 つの板材が T 字形状に継ぎ合わされた継手部分を有しており、

前記コントローラは、前記レーザ光が前記ワークの継手部分の表面で所定の第 1 軌跡を描くように前記レーザ光出射ヘッドを制御するとともに、前記継手部分の端部よりも中央において、前記レーザ光の焦点位置が前記ワークの内部で深くなるように前記レーザ光出射ヘッドまたは前記マニピュレータを制御することを特徴とするレーザ溶接装置。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のレーザ溶接装置において、

前記ワークは第 3 の板材と前記第 3 の板材よりも厚い第 4 の板材とが互いに突き合わされてなるとともに、突き合わせ部分において前記第 3 の板材の表面と前記第 4 の板材の表面とが略面一であり、

40

前記コントローラは、前記レーザ光が前記突き合わせ部分の表面で所定の第 1 軌跡を描くように前記レーザ光出射ヘッドを制御するとともに、前記第 1 軌跡が前記第 3 の板材側から前記第 4 の板材側に進むにつれて前記レーザ光の焦点位置が前記ワークの内部で深くなるように前記レーザ光出射ヘッドまたは前記マニピュレータを制御することを特徴とするレーザ溶接装置。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のレーザ溶接装置において、

50

前記ワークは第 5 の板材と前記第 5 の板材よりも厚い第 6 の板材とが互いに突き合わされてなるとともに、突き合わせ部分において前記第 6 の板材の表面が前記第 5 の板材の表面よりも前記レーザ光出射ヘッドに近い位置にあり、

前記コントローラは、前記レーザ光が前記突き合わせ部分の表面で所定の第 1 軌跡を描くように前記レーザ光出射ヘッドを制御するとともに、前記第 1 軌跡が前記第 5 の板材側の周縁から前記突き合わせ部分の継目に進むまでは前記レーザ光の焦点位置が前記第 5 の板材の表面近傍である一方、前記第 1 軌跡が前記突き合わせ部分の継目から前記第 6 の板材側の周縁に進むにつれて、前記レーザ光の焦点位置が前記ワークの内部で浅くなるように前記レーザ光出射ヘッドまたは前記マニピュレータを制御することを特徴とするレーザ溶接装置。

10

【請求項 1 1】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のレーザ溶接装置において、

前記ワークは第 8 の板材の一部に前記第 8 の板材よりも薄い第 7 の板材が重ね合わされた重ね合わせ部分を有しており、

前記コントローラは、前記レーザ光が前記重ね合わせ部分から前記第 8 の板材の表面にかけて所定の第 1 軌跡を描くように前記レーザ光出射ヘッドを制御するとともに、前記第 1 軌跡が前記第 8 の板材側の周縁から前記重ね合わせ部分の端部に進むまでは前記レーザ光の焦点位置が前記第 8 の板材の表面近傍である一方、前記第 1 軌跡が前記重ね合わせ部分の端部から前記第 7 の板材側の周縁に進むにつれて、前記レーザ光の焦点位置が前記ワークの内部で浅くなるように前記レーザ光出射ヘッドまたは前記マニピュレータを制御することを特徴とするレーザ溶接装置。

20

【請求項 1 2】

請求項 6 ないし 11 のいずれか 1 項に記載のレーザ溶接装置において、

前記コントローラは、前記第 1 軌跡を描くように前記レーザ光を走査しながら、前記レーザ光出射ヘッドが取り付けられた前記マニピュレータを所定の方向に沿って移動させることを特徴とするレーザ溶接装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 ないし 12 のいずれか 1 項に記載のレーザ溶接装置を用いたレーザ溶接方法であって、

前記レーザ光を二次元的に、または三次元的に走査しながら前記ワークに向けて照射して、前記ワークを溶接するレーザ溶接ステップを少なくとも備え、

30

前記レーザ溶接ステップでは、前記ワークにおける溶接部位の形状に応じて前記レーザ光の焦点位置を変化させるとともに、前記ワークに熔融池及びキーホールを形成することを特徴とするレーザ溶接方法。

【請求項 1 4】

請求項 13 に記載のレーザ溶接方法において、

前記レーザ溶接ステップでは、前記レーザ光の焦点位置を前記ワークの表面から前記キーホールの内部の所定位置までの範囲で変化させることを特徴とするレーザ溶接方法。

【請求項 1 5】

レーザ光を発生させるレーザ発振器と、

40

前記レーザ発振器で発生した前記レーザ光を伝送する光ファイバと、

前記光ファイバの出射端に取り付けられ、前記光ファイバから入射された前記レーザ光をワークに向けて照射するレーザ光出射ヘッドと、

前記レーザ光出射ヘッドが取り付けられ、前記レーザ光出射ヘッドを所定の軌跡で移動させるマニピュレータと、

前記レーザ光が前記ワークの表面で二次元的に、または三次元的に走査されるように前記レーザ光出射ヘッドを制御するコントローラと、を少なくとも備え、

前記ワークは互いに重ね合わされた複数の板材であり、

前記コントローラは、前記レーザ光が前記ワークの表面で所定の第 1 軌跡を描くように前記レーザ光出射ヘッドを制御するとともに、前記第 1 軌跡の中央よりも周縁において、前

50

記レーザー光の焦点位置が前記ワークの内部で深くなるように前記レーザー光出射ヘッドまたは前記マニピュレータを制御することを特徴とするレーザー溶接装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示はレーザー溶接装置及びそれを用いたレーザー溶接方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、ロボットに取り付けられたスキャナを介してレーザー光をワークに向けて照射することで高速に溶接を行うリモート溶接が広く行われている（例えば、特許文献1参照）。このスキャナには長焦点の集光レンズが搭載されている。

10

【0003】

このようなスキャナを利用したリモート溶接では、レーザー光をワークの表面において三次元的に走査できるため、複雑な形状を有するワークの溶接を行うことができる（例えば、特許文献2, 3参照）。また、レーザー光を三次元的に走査するだけでなく、レーザー光の焦点位置を周期的に制御する構成も提案されている（例えば、特許文献3参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2006-187803号公報

20

特開2011-173146号公報

米国特許出願公開第2018/009060号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、レーザー光を三次元的に走査しながらワークの所定の領域をレーザー溶接する場合、レーザー光の焦点位置をワークの表面のみで補正する従来の方法では、溶接部の接合強度を確保する上で不足する場合がある。特に、ワークの溶接部位の形状が複雑であるとその傾向が顕著である。このようなことが起こると、溶接部位において所望の溶け込み形状が得られない部分を生じてしまい、接合強度を確保できないおそれがあった。また、溶接部位の外観がスパッタなどの発生によって損なわれ、溶接品質が低下するおそれがあった。

30

【0006】

しかし、特許文献1～3に開示された従来の構成は、溶接部位の形状に応じたレーザー光の焦点位置制御について、何ら具体的に示していない。

【0007】

本開示はかかる点に鑑みてなされたもので、その目的は、ワークの溶接部位の形状に応じて、溶け込み形状を制御可能なレーザー溶接装置及びそれを用いたレーザー溶接方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の目的を達成するため、本開示に係るレーザー溶接装置は、レーザー光を発生させるレーザー発振器と、前記レーザー発振器で発生した前記レーザー光を伝送する光ファイバと、前記光ファイバの出射端に取付けられ、前記光ファイバから入射された前記レーザー光をワークに向けて照射するレーザー光出射ヘッドと、前記レーザー光出射ヘッドが取り付けられ、前記レーザー光出射ヘッドを所定の軌跡で移動させるマニピュレータと、前記レーザー光が前記ワークの表面で二次元的に、または三次元的に走査されるように前記レーザー光出射ヘッドを制御するコントローラと、前記レーザー光の焦点位置と前記ワークの溶け込み深さとが前記ワークの材質に関連付けられたデータを保存する記憶部と、を少なくとも備え、前記コントローラは、前記ワークにおける溶接部位の形状と前記データとに応じて、前記ワークに照射される前記レーザー光の焦点位置を変化させるように前記レーザー光出射ヘッドまたは前

40

50

記マニピュレータを制御することを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

この構成によれば、ワークにおける溶接部位の形状に応じて、ワークの溶け込み形状を制御できる。また、ワークの接合強度を高めることができる。

【 0 0 1 0 】

本開示に係るレーザ溶接方法は、前記レーザ溶接装置を用いたレーザ溶接方法であって、前記レーザ光を二次元的に、または三次元的に走査しながら前記ワークに向けて照射して、前記ワークを溶接するレーザ溶接ステップを少なくとも備え、前記レーザ溶接ステップでは、前記ワークにおける溶接部位の形状に応じて前記レーザ光の焦点位置を変化させるとともに、前記ワークに溶融池及びキーホールを形成することを特徴とする。

10

【 0 0 1 1 】

この方法によれば、ワークにおける溶接部位の形状に応じて、ワークの溶け込み深さを制御できる。また、ワークの接合強度を高めることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 2 】

本開示のレーザ溶接装置及びレーザ溶接方法によれば、ワークにおける溶接部位の形状に応じて、ワークの溶け込み形状や溶け込み深さを制御できる。また、ワークの接合強度を高めることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 3 】

【 図 1 】 本開示の実施形態 1 に係るレーザ溶接装置の構成を示す模式図である。

【 図 2 】 レーザ光射出ヘッドの構成を示す断面模式図である。

【 図 3 A 】 ワークに形成された溶融池及びキーホールとレーザ光の焦点位置との関係を示す模式図である。

【 図 3 B 】 ワークに形成された溶融池及びキーホールとレーザ光の焦点位置との関係を示す模式図である。

【 図 4 】 レーザ光の焦点位置に対するワークの溶け込み深さとの関係とが関連付けられたテーブルである。

【 図 5 】 ワークに照射されるレーザ光の軌跡及びワークの溶融領域の深さとレーザ光の焦点位置との関係を示す模式図である。

30

【 図 6 】 ワークに照射されるレーザ光の軌跡及びワークの溶融領域の深さとレーザ光の焦点位置との関係を示す別の模式図である。

【 図 7 A 】 本開示の実施形態 2 に係るワークの斜視図である。

【 図 7 B 】 本開示の実施形態 2 に係るワークに照射されるレーザ光の軌跡及びワークの溶融領域の深さとレーザ光の焦点位置との関係を示す模式図である。

【 図 8 】 本開示の実施形態 3 に係るワークに照射されるレーザ光の軌跡及びワークの溶融領域の深さとレーザ光の焦点位置との関係を示す模式図である。

【 図 9 】 本開示の実施形態 4 に係るワークに照射されるレーザ光の軌跡及びワークの溶融領域の深さとレーザ光の焦点位置との関係を示す模式図である。

【 図 1 0 】 本開示の実施形態 5 に係るワークに照射されるレーザ光の軌跡及びワークの溶融領域の深さとレーザ光の焦点位置との関係を示す模式図である。

40

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 4 】

以下、本開示の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。以下の好ましい実施形態の説明は、本質的に例示に過ぎず、本開示、その適用物或いはその用途を制限することを意図するものではない。

【 0 0 1 5 】

( 実施形態 1 )

[ レーザ溶接装置の構成 ]

図 1 は、本実施形態に係るレーザ溶接装置の構成の模式図を示し、レーザ溶接装置 1 0

50

00は、レーザ発振器100とコントローラ200と光ファイバ300とレーザ光出射ヘッド400とマニピュレータ500とを備えている。

【0016】

レーザ発振器100は、図示しない電源から電力が供給されてレーザ光LBを発生させるレーザ光源である。なお、レーザ発振器100は、単一のレーザ光源で構成されていてもよいし、複数のレーザモジュールで構成されていてもよい。後者の場合は、複数のレーザモジュールからそれぞれ出射されたレーザ光を結合してレーザ光LBとして出射する。また、レーザ発振器100で使用されるレーザ光源あるいはレーザモジュールは、被溶接物であるワーク600の材質や溶接部位の形状等に応じて、適宜選択される。

【0017】

例えば、ファイバレーザかディスクレーザ、あるいはYAG (Yttrium Aluminum Garnet) レーザをレーザ光源とすることもできる。この場合、レーザ光LBの波長は、1000nm~1100nmの範囲に設定される。また、半導体レーザをレーザ光源あるいはレーザモジュールとしてもよい。この場合、レーザ光LBの波長は、800nm~1000nmの範囲に設定される。また、可視光レーザをレーザ光源あるいはレーザモジュールとしてもよい。この場合、レーザ光LBの波長は、400nm~800nmの範囲に設定される。

【0018】

光ファイバ300は、レーザ発振器100に光学的に結合されており、軸心に図示しないコアを有し、コアの外周面に接してコアと同軸に図示しない第1クラッドが設けられている。コアと第1クラッドはそれぞれ石英を主成分とし、コアの屈折率が第1クラッドの屈折率よりも高くなっている。このため、レーザ発振器100で発生したレーザ光LBは、光ファイバ300の入射端に入射されて、コアの内部を出射端に向けて伝送される。また、第1クラッドの外周面には光ファイバ300を機械的に保護する皮膜または樹脂系の保護層(いずれも図示せず)が設けられている。

【0019】

レーザ光出射ヘッド400は、光ファイバ300の出射端に取付けられており、光ファイバ300で伝送されたレーザ光LBをワーク600に向けて照射し、ワーク600がレーザ溶接される。

【0020】

また、レーザ光出射ヘッド400は、レーザ光LBを二次元的に、または三次元的に走査してワーク600に向けて照射するように構成されており、レーザ光LBを走査する光走査機構424(図2参照)を有している。また、レーザ光出射ヘッド400は、ワーク600に向けて照射されるレーザ光LBの焦点位置を変化させるための焦点位置調整機構407(図2参照)を有している。レーザ光出射ヘッド400や光走査機構424や焦点位置調整機構407の構造の詳細や機能については後で述べる。

【0021】

コントローラ200は、レーザ発振器100のレーザ発振を制御する。具体的には、レーザ発振器100に接続された図示しない電源に対して出力電流やオンオフ時間等の制御信号を供給することにより、レーザ発振制御を行う。

【0022】

また、コントローラ200は、選択されたレーザ溶接プログラムの内容に応じて、レーザ光出射ヘッド400に設けられた光走査機構424及び焦点位置調整機構407の駆動制御を行う。さらに、コントローラ200は、マニピュレータ500の動作を制御する。

【0023】

なお、レーザ溶接プログラムは、記憶部210に保存されている。記憶部210は、図1に示すように、コントローラ200の内部に設けられていてもよいし、コントローラ200の外部に設けられ、コントローラ200とデータのやり取りを可能に構成されていてもよい。また、記憶部210は、レーザ光LBの焦点位置とワーク600の溶け込み深さとがワーク600の材質に関連付けられたデータを保存している(図4参照)。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 4 】

マニピュレータ 5 0 0 はコントローラ 2 0 0 に接続され、前述のレーザ溶接プログラムに応じて所定の軌跡を描くようにレーザ光出射ヘッド 4 0 0 を移動させる。なお、マニピュレータ 5 0 0 の動作を制御するコントローラ 2 0 0 を別に設けるようにしてもよい。

## 【 0 0 2 5 】

なお、以降の説明において、レーザ光出射ヘッド 4 0 0 から出射されるレーザ光 L B の光軸と平行な方向を Z 方向と、これと直交する方向を X 方向と、X 方向及び Z 方向とそれぞれ直交する方向を Y 方向とそれぞれ呼ぶことがある。X 方向と Y 方向とを面内に含む X Y 平面は、ワーク 6 0 0 の表面が平坦面である場合、当該表面と略平行でもよく、一定の角度を有してもよい。

10

## 【 0 0 2 6 】

なお、本願明細書において、「略平行」とは、各部材の加工公差や各部品の組立公差を含んで平行であるという意味であり、2 つの面あるいは部材が厳密に平行な位置にあることまでを要求するものではない。同様に、「略直交」とは、各部材の加工公差や各部品の組立公差を含んで直交しているという意味であり、厳密に直交していることまでを要求するものではない。また、「略同じ」または「略同一」とは、各部品の製造公差や組立公差を含んで同じまたは同一という意味であり、厳密に比較対象となる両者が同じまたは同一であることまでを要求するものではない。また、「略同じ」または「略同一」とは、制御系の誤差を含んで制御対象の制御結果が同じまたは同一という意味にも用いられる。

## 【 0 0 2 7 】

## 〔レーザ光出射ヘッドの構成〕

図 2 は、本実施形態に係るレーザ光出射ヘッドの構成を示し、レーザ光出射ヘッド 4 0 0 は、コネクタ 4 0 1 と、レンズボディ 4 0 2 と、ボディケース 4 0 8 (第 1 のケース) と、シールドホルダ 4 1 0 と、ノズルユニット 4 2 5 (第 2 のケース) と、第 1 のサーボモータ 4 1 1 及び第 2 のサーボモータ 4 1 8 とを有している。なお、シールドホルダ 4 1 0 は、ノズルユニット 4 2 5 に対して着脱可能であるが、その他の構成については、複数が一体化されていても構わない。

20

## 【 0 0 2 8 】

レーザ光出射ヘッド 4 0 0 は、コネクタ 4 0 1 を介して光ファイバ 3 0 0 と接続されている。レーザ光 L B は、光ファイバ 3 0 0 の出射端 (図 2 に示す点 A に相当) から一定の角度で広がりながら、レーザ光出射ヘッド 4 0 0 内に出射される。レンズボディ 4 0 2 は、コリメートレンズ 4 0 4 と集光レンズ 4 0 5 とが収容されたレンズホルダ 4 0 3 を保持している。コリメートレンズ 4 0 4 は、光ファイバ 3 0 0 の出射端から出射されたレーザ光 L B を平行化する。そして、コリメートレンズ 4 0 4 によって平行化されたレーザ光 L B は、集光レンズ 4 0 5 によってワーク 6 0 0 の表面または内部で焦点を結ぶように集光される。レンズボディ 4 0 2 やレンズホルダ 4 0 3 は、光ファイバ 3 0 0 の出射端とコリメートレンズ 4 0 4 との光学的な位置関係を決定している。

30

## 【 0 0 2 9 】

コリメートレンズ 4 0 4 は、図示しないアクチュエータに連結されたスライダ 4 0 6 に保持されてレンズホルダ 4 0 3 に収容されている。アクチュエータは、図示では詳細の取付けと接続を省略するが、コントローラ 2 0 0 からの制御信号に応じて、スライダ 4 0 6 に保持されたコリメートレンズ 4 0 4 をレーザ光出射ヘッド 4 0 0 から出射されるレーザ光 L B の光軸の方向、つまり、Z 方向に移動させる。このことにより、ワーク 6 0 0 に照射されるレーザ光 L B の焦点位置が変化する。なお、本願明細書において、コリメートレンズ 4 0 4 とスライダ 4 0 6 とアクチュエータ (図示せず) とを焦点位置調整機構 4 0 7 と呼ぶことがある。アクチュエータは、サーボモータでもよいし、他の種類のアクチュエータでもよい。応答性が高く、軽量かつ小型であるのが好ましい。

40

## 【 0 0 3 0 】

ボディケース 4 0 8 には、第 1 の回転機構 4 2 0 と、第 1 の平行板 4 1 4 と、第 1 のホルダ 4 1 5 とが設けられ、これらにより第 1 の光学ユニット 4 2 2 が構成される。第 1 の

50

回転機構 4 2 0 は、第 1 のサーボモータ 4 1 1 (第 1 の駆動部) と、第 1 のタイミングベルト 4 1 2 (第 1 の伝達部材) と、第 1 のタイミングベルトプーリー 4 1 3 (第 1 の回転部材) と、で構成される。第 1 の平行板 4 1 4 は、両端がベアリングで保持された円筒状の第 1 のホルダ 4 1 5 内に固定されている。第 1 のホルダ 4 1 5 の外周面には第 1 のタイミングベルトプーリー 4 1 3 が設けられ、第 1 のホルダ 4 1 5 は第 1 のタイミングベルト 4 1 2 を介して第 1 のサーボモータ 4 1 1 によって回転される。具体的には、第 1 のホルダ 4 1 5 は、第 1 の回転軸を中心に回転され、第 1 の回転軸の方向は、レーザ光出射ヘッド 4 0 0 から出射されるレーザ光 L B の光軸の方向、つまり、Z 方向と同じである。

#### 【 0 0 3 1 】

さらに、ボディケース 4 0 8 には、第 2 の回転機構 4 2 1 と、第 2 の平行板 4 1 6 と、第 2 のホルダ 4 0 9 とが設けられ、これらにより第 2 の光学ユニット 4 2 3 が構成される。第 2 の回転機構 4 2 1 は、第 2 のサーボモータ 4 1 8 (第 2 の駆動部) と、第 2 のタイミングベルト 4 1 9 (第 2 の伝達部材) と、第 2 のタイミングベルトプーリー 4 1 7 (第 2 の回転部材) と、で構成される。第 2 の平行板 4 1 6 は、両端がベアリングで保持された円筒状の第 2 のホルダ 4 0 9 内に固定されている。第 2 のホルダ 4 0 9 の外周面には第 2 のタイミングベルトプーリー 4 1 7 が設けられ、第 2 のホルダ 4 0 9 は第 2 のタイミングベルト 4 1 9 を介して第 2 のサーボモータ 4 1 8 によって回転される。具体的には、第 2 のホルダ 4 0 9 は、第 2 の回転軸を中心に回転され、第 2 の回転軸の方向は、Z 方向と同じ方向である。なお、本願明細書において、第 1 の光学ユニット 4 2 2 と第 2 の光学ユニット 4 2 3 とを総称して光走査機構 4 2 4 と呼ぶことがある。

#### 【 0 0 3 2 】

そして、第 1 の光学ユニット 4 2 2 と第 2 の光学ユニット 4 2 3 とは、第 1 の回転軸の方向と第 2 の回転軸の方向とが同じであり、かつ、ボディケース 4 0 8 内において、対称に配置されている。すなわち、第 1 の回転軸および第 2 の回転軸に鉛直な面に対して対称に配置されている。図 2 では、第 1 の光学ユニット 4 2 2 と第 2 の光学ユニット 4 2 3 とは、上下に対称に配置されている。このように配置すると、第 1 のサーボモータ 4 1 1 と第 2 のサーボモータ 4 1 8 とが同じ方向に回転した場合、第 1 の平行板 4 1 4 の回転方向と第 2 の平行板 4 1 6 の回転方向とは逆になる。また、第 1 の平行板 4 1 4 を駆動する第 1 のサーボモータ 4 1 1 の回転方向を逆転させることにより、第 1 の平行板 4 1 4 の回転方向と第 2 の平行板 4 1 6 の回転方向とを同じ方向に回転させることも可能である。

#### 【 0 0 3 3 】

なお、レーザ光出射ヘッド 4 0 0 の小型化と、レーザ光出射ヘッド 4 0 0 のレーザ照射範囲を広くする点から、第 1 の光学ユニット 4 2 2 と第 2 の光学ユニット 4 2 3 とは、第 1 の回転軸と第 2 の回転軸とが一致するように配置することが望ましい。また、第 1 の回転軸および第 2 の回転軸の方向は、光ファイバ 3 0 0 から入射された時のレーザ光 L B の光軸の方向と同じであることが好ましい。さらには、第 1 の回転軸および第 2 の回転軸は、光ファイバ 3 0 0 から入射された時のレーザ光 L B の光軸と一致することがさらに好ましい。

#### 【 0 0 3 4 】

また、コリメートレンズ 4 0 4 と集光レンズ 4 0 5 とを通過したレーザ光 L B は、第 1 の平行板 4 1 4 を透過する際に 2 度 (第 1 の平行板 4 1 4 への入射時と第 1 の平行板 4 1 4 からの出射時) 屈折する。これにより、第 1 の平行板 4 1 4 の板厚と、第 1 の回転軸に対する第 1 の平行板 4 1 4 の取り付け角度である第 1 の平行板 4 1 4 の傾斜角度と、第 1 の平行板 4 1 4 の屈折率によって定まる量だけ、レーザ光 L B は平行にシフトする。すなわち、第 1 の平行板 4 1 4 に入射するレーザ光 L B の光軸 (第 1 の光軸) と、第 1 の平行板 4 1 4 を出射したレーザ光 L B の光軸 (第 2 の光軸) とは、方向が同じであり、位置がずれている。これは、同様の構成である第 2 の平行板 4 1 6 においても同様である。すなわち、第 2 の平行板 4 1 6 に入射するレーザ光 L B の光軸 (第 2 の光軸) と、第 2 の平行板 4 1 6 を出射したレーザ光 L B の光軸 (第 3 の光軸) とは、方向が同じであり、位置がずれている。本実施形態の第 1 の平行板 4 1 4 と第 2 の平行板 4 1 6 は、合成石英製であ

10

20

30

40

50

って、第1の回転軸（第2の回転軸）に対する傾斜角 $45^\circ$ 、屈折率は $1.44963$ である。第1の平行平板414と第2の平行平板416の板厚 $t$ が決まると、レーザー光LBのシフト量が計算できる。例えば、 $t = 13\text{ mm}$ の場合、第1の平行板414を透過したレーザー光LBの光軸（第2の光軸）は、 $4.1\text{ mm}$ だけシフトする。その後、レーザー光LBが第2の平行板416を透過する際にも同様に、レーザー光LBの光軸（第3の光軸）は $4.1\text{ mm}$ だけシフトする。従って、本実施形態におけるレーザー光LBの動作範囲は、半径が $8.2\text{ mm}$ の円内である。

#### 【0035】

なお、第1の平行板414及び第2の平行板416の板厚及び屈折率は、レーザー光LBの波長や、必要とされる加工条件等によって適宜変更することができ、その場合は、レーザー光LBの走査範囲も変更されうる。

10

#### 【0036】

本実施形態によれば、レーザー光LBの光軸を、もとの光軸の周りに所定の半径で回転させることができ、ワーク600に対して色々な形状、例えば、円弧状やらせん状や直線状にレーザー光LBを照射することができる。つまり、レーザー光出射ヘッド400は、コントローラ200からの制御信号によって、レーザー光LBをワーク600の表面で二次元的に、または三次元的に走査するように構成されている。

#### 【0037】

[レーザー溶接時のレーザー光の焦点位置制御について]

図3Aおよび図3Bは、ワークに形成された溶融池及びキーホールとレーザー光の焦点位置との関係を示し、図4は、レーザー光の焦点位置に対するワークの溶け込み深さとの関係とが関連付けられたテーブルを示す。なお、図3Aおよび図3Bにおいて、(a)図は、レーザー光LBの焦点がワーク600の表面近傍に位置する場合を、(b)図は、レーザー光LBの焦点がワーク600の内部に位置する場合をそれぞれ示す。

20

#### 【0038】

一般に、金属からなるワーク600をレーザー溶接する際、図3A図に示すように、レーザー光LBが照射された部分が加熱されて溶け込みを生じ、溶融池800が形成される。また、レーザー光LBが照射された部分では溶融池800を構成する材料の激しい蒸発が起こり、その反力で溶融池800の内部にキーホール810が形成される。

#### 【0039】

30

キーホール810が形成されると、レーザー光LBの大部分が、キーホール810の内壁面で複数回反射されながらキーホール810の内部に進出し、溶融池800に吸収される。キーホール810の内壁面で反射を繰り返すことにより、レーザー光LBが溶融池800に吸収される吸収率が向上してワーク600への入熱量が大きくなり、溶け込み深さが深くなる。また、ワーク600の材質または溶接条件によって異なり、量も少ないが、一部は、キーホール810の入口付近のキーホール壁によって反射され、反射されたレーザー光LBがキーホール810の中に入ることなく、その外へ反射されて損失となる。

#### 【0040】

また、キーホール810は、溶融池800の表面に形成されたキーホール810の開口811から溶融池800の内部に向けて延びる開放空間であるため、図3B図に示すように、レーザー光LBの焦点位置をワーク600の表面から内部に、具体的には、キーホール810の内部に達するようにすると、キーホール810の内壁面に照射されるレーザー光LBのパワー密度が高くなって溶融池800に吸収される光量が増加し、図3A図に示す場合よりも溶け込み深さを深くすることができる。また、レーザー光LBの焦点位置をキーホール810の内部に達するようにすると、図3B図に示す場合よりもキーホール810の開口811を拡げられるため、キーホール810の内部にレーザー光LBがより到達しやすくなる。なお、レーザー光LBの焦点位置がワーク600の表面から内部にあった場合、キーホール810の開口811付近においてレーザー光LBが収束した形でキーホール810の奥に入るので、キーホール810の入り口付近のキーホール壁によって反射されにくくなり、溶融池800によって吸収される光量が増加することも溶け込み深さの増加につな

40

50

がる。

【 0 0 4 1 】

図 4 は、このような関係をさらに詳しく示したものであり、ワーク 6 0 0 の表面を基準として、その上方、つまり、ワーク 6 0 0 の外側にレーザ光 L B の焦点位置が移動するにつれて、ワーク 6 0 0 の溶け込み深さは浅くなる。一方、ワーク 6 0 0 の表面を基準として、その下方、つまり、ワーク 6 0 0 の内部の所定位置までレーザ光 L B の焦点位置が移動するにつれて、ワーク 6 0 0 の溶け込み深さは深くなる。これは、前述したメカニズムによる。なお、所定位置よりもワーク 6 0 0 の内部深くにレーザ光 L B の焦点位置が移動すると、ワーク 6 0 0 の表面でのレーザ光 L B のパワー密度が低下し、溶融池 8 0 0 の形成初期におけるワーク 6 0 0 に対する入熱量が減少する。このため、溶け込み深さはかえって浅くなる。

10

【 0 0 4 2 】

このように、キーホール 8 1 0 の内部に達するように、レーザ光 L B の焦点位置をワーク 6 0 0 の表面から内部の所定位置まで移動させることで、ワーク 6 0 0 の溶け込み深さを深くすることができる。

【 0 0 4 3 】

また、ワーク 6 0 0 の材質やレーザ光 L B の出力によって、図 4 に示す曲線の形状は変化する。このため、記憶部 2 1 0 には、ワーク 6 0 0 の材質やレーザ光 L B の出力、また、レーザ光 L B の波長に関連付けられて、レーザ光 L B の焦点位置に対するワーク 6 0 0 の溶け込み深さがテーブル形式のデータとして保存されている。なお、図 4 において、説明をわかりやすくするために、グラフ形式でレーザ光 L B の焦点位置に対するワーク 6 0 0 の溶け込み深さの変化を示したが、実際には、図 4 に示す曲線の各プロットがデータ形式でワーク 6 0 0 の材質等に関連付けられている。

20

【 0 0 4 4 】

ワーク 6 0 0 をレーザ溶接するにあたって、ワーク 6 0 0 における溶接部位の形状と図 4 に示すデータとに基づいて、レーザ光 L B の焦点位置を変化させることで、溶接部位の形状に応じて適切にレーザ溶接が行えるとともに、ワーク 6 0 0 の接合強度を高めることができる。

【 0 0 4 5 】

次に、実際にワーク 6 0 0 をレーザ溶接する場合のレーザ光 L B の焦点位置制御に関し、図面を用いて一例を説明する。

30

【 0 0 4 6 】

図 5 は、ワークに照射されるレーザ光の軌跡及びワークの溶融領域の深さとレーザ光の焦点位置との関係を示す模式図であり、図 5 の上側はワーク 6 0 0 を表面から見た図を、図 5 の下側はワーク 6 0 0 の断面をそれぞれ示す。図 5 の下側に示すように、ワーク 6 0 0 は第 1 の板材 7 1 0 と第 2 の板材 7 2 0 とが互いに重ね合わされた積層体であり、第 1 の板材 7 1 0 と第 2 の板材 7 2 0 は、ともに鋼板である。なお、鋼板でも、異なった材質または組成の鋼板でもよい。

【 0 0 4 7 】

また、図 5 の上側に示すように、レーザ光 L B は、らせん状の軌跡 T R 1 を描くようにして、ワーク 6 0 0 の表面、この場合は第 1 の板材 7 1 0 の表面に照射される。このようにすることで、所定の溶接部位に対して満遍なくレーザ光 L B を照射できる。図 5 に示す例は、いわゆるスポット溶接に相当する。

40

【 0 0 4 8 】

また、図 5 の下側に示すように、らせん状の軌跡 T R 1 の中央よりも周縁に近づくにつれて、焦点位置がワーク 6 0 0 の内部で深くなるようにコントローラ 2 0 0 が焦点位置調整機構 4 0 7 を駆動し、レーザ光 L B がワーク 6 0 0 に照射される。また、これに応じて、溶融領域 8 2 0 は、その中央よりも周縁に近づくにつれて深くなっており、具体的には、溶融領域 8 2 0 の中央に対して周縁で数% ~ 2 0 % 程度深くなっている。なお、溶融領域 8 2 0 は、溶融池 8 0 0 が冷却、固化された部分に対応している。

50

## 【 0 0 4 9 】

ワーク 6 0 0 の表面近傍にレーザ光 L B の焦点位置を設定した後、所定の軌跡を描くようにレーザ光 L B を走査しながらワーク 6 0 0 の所定の領域をレーザ溶接する場合、走査時に焦点位置がワーク 6 0 0 の表面からずれなくても、軌跡の周縁において溶融領域 8 2 0 の熱量がその周辺におけるワーク 6 0 0 へ伝導されるので、溶け込みが浅くなりがちである。このような場合、軌跡の周縁でワーク 6 0 0 が十分に溶融せず、溶融領域 8 2 0 が周縁で浅くなり、第 1 の板材 7 1 0 と第 2 の板材 7 2 0 との間の接合強度が所望の基準を満足しなくなるおそれがある。

## 【 0 0 5 0 】

また、ワーク 6 0 0 の精度などによってレーザ光 L B の焦点位置がワーク 6 0 0 の表面の上側にずれた場合、溶融領域 8 2 0 が形成されてからの軌跡の周縁においてレーザ光 L B のパワー密度が高いためにスパッタが発生する場合がある。このようなスパッタがワーク 6 0 0 の表面に付着すると、溶接部位の外観を損ね、溶接品質を低下させるおそれがあった。

10

## 【 0 0 5 1 】

一方、本実施形態によれば、前述したようにレーザ光 L B の焦点位置を制御することで、ワーク 6 0 0 の溶け込み形状、ひいては、溶融領域 8 2 0 の断面形状を制御できる。図 5 に示す例では、溶融領域 8 2 0 の周縁を十分に深くでき、第 1 の板材 7 1 0 と第 2 の板材 7 2 0 との間の接合強度を高めることができる。また、レーザ光 L B の焦点位置をワーク 6 0 0 の表面近傍からキーホール 8 1 0 の内部の所定位置までの範囲で変化させるため、上記したような火花が発生せず、スパッタの発生が抑制される。このことにより、溶接部位の外観を良好なものとし、溶接品質を高められる。

20

## 【 0 0 5 2 】

また、この方法は、スポット溶接に限らず、所定の方向に沿ってワーク 6 0 0 を連続的にレーザ溶接する場合にも適用できる。

## 【 0 0 5 3 】

図 6 は、ワークに照射されるレーザ光の軌跡及びワークの溶融領域の深さとレーザ光の焦点位置との関係を示す別の模式図であり、図 6 の上側はワーク 6 0 0 を表面から見た図を、図 6 の下側はワーク 6 0 0 の断面をそれぞれ示す。ワーク 6 0 0 の構造やワーク 6 0 0 の溶融領域 8 2 0 の深さとレーザ光 L B の焦点位置との関係は、図 5 に示す例と同じである。

30

## 【 0 0 5 4 】

図 5 では、いわゆるスポット溶接を行う場合を示しているのに対し、図 6 に示す例では、らせん状の軌跡 T R 1 を描くようにレーザ光 L B を走査しながら、所定の溶接方向に沿ってワーク 6 0 0 を連続的にレーザ溶接している。このことにより、ワーク 6 0 0 に連続した溶接ビード（図示せず）が形成される。なお、レーザ光出射ヘッド 4 0 0 からレーザ光 L B を照射しながら、コントローラ 2 0 0 からの制御信号によってマニピュレータ 5 0 0 の先端を所定の溶接方向に沿って移動させることで、ワーク 6 0 0 に連続した溶接ビードが形成される。

## 【 0 0 5 5 】

図 6 に示す場合も、図 5 に示すのと同様に、ワーク 6 0 0 の溶融領域 8 2 0 の周縁を十分に深くでき、第 1 の板材 7 1 0 と第 2 の板材 7 2 0 との間の接合強度を高めることができる。また、上記したようなスパッタの発生を抑制でき、溶接品質を高められる。

40

## 【 0 0 5 6 】

なお、図 5 及び図 6 に示した例では、ワーク 6 0 0 の表面でらせん状の軌跡 T R 1 を描くようにレーザ光 L B を走査したが、特にこれに限定されず、前述したように、円弧状あるいはその他の形状を描くようにレーザ光 L B を走査してもよい。走査された軌跡の中央よりも周縁において、焦点位置がワーク 6 0 0 の内部で深くなるようにレーザ光 L B をワーク 6 0 0 に照射することで、第 1 の板材 7 1 0 と第 2 の板材 7 2 0 との間の接合強度を高めることができる。なお、以降の説明において、ワーク 6 0 0 の表面に走査されるレー

50

ザ光LBの種々の形状の軌跡を第1軌跡と呼ぶことがある。

【0057】

[効果等]

以上説明したように、本実施形態に係るレーザ加工装置は、レーザ光LBを発生させるレーザ発振器100と、レーザ発振器100で発生したレーザ光LBを伝送する光ファイバ300と、光ファイバ300の出射端に取付けられ、光ファイバ300から入射されたレーザ光LBをワーク600に向けて照射するレーザ光出射ヘッド400と、レーザ光出射ヘッド400が取り付けられ、レーザ光出射ヘッド400を所定の軌跡で移動させるマニピュレータ500と、レーザ光LBがワーク600の表面で二次元的に、または三次元的に走査されるようにレーザ光出射ヘッド400を制御するコントローラ200と、を少なくとも備えている。

10

【0058】

コントローラ200は、ワーク600における溶接部位の形状に応じて、ワーク600に照射されるレーザ光LBの焦点位置を変化させるようにレーザ光出射ヘッド400を制御する。

【0059】

また、レーザ光出射ヘッド400は、レーザ光LBを走査するための光走査機構424とレーザ光LBの焦点位置を変化させるための焦点位置調整機構407とを有しており、コントローラ200は、光走査機構424の動作と焦点位置調整機構407の動作とをそれぞれ制御している。

20

【0060】

レーザ溶接装置1000をこのように構成することで、ワーク600における溶接部位の形状に応じて、ワーク600の溶け込み形状、ひいては、溶融領域820の断面形状を制御して、ワーク600の接合強度を高めることができる。

【0061】

光走査機構424は、レーザ光LBの光軸を第1の光軸から第2の光軸にシフトする第1の平行板414と、第1の平行板414を第1の回転軸を中心に回転させる第1のサーボモータ411（第1の駆動部）と、第2の光軸にシフトされたレーザ光LBの光軸を第3の光軸にシフトする第2の平行板416と、第2の平行板416を第2の回転軸を中心に回転させる第2のサーボモータ418（第2の駆動部）と、を有し、第1の回転軸の方向と第2の回転軸の方向とは同一であり、コントローラ200は、第1のサーボモータ411（第1の駆動部）と第2のサーボモータ418（第2の駆動部）とを制御して、第1の平行板414と第2の平行板416とをそれぞれ独立に、または連動して回転させることでレーザ光LBを走査している。

30

【0062】

光走査機構424をこのように構成することで、種々の軌跡を描くようにレーザ光LBをワーク600の表面に照射させることができる。また、特許文献3に開示されるようなガルバノメータを用いる場合に比べて、小型かつ軽量の光走査機構424を実現できる。

【0063】

また、コントローラ200は、レーザ光LBの焦点位置をワーク600の表面からワーク600の内部の所定位置、具体的には、ワーク600に形成されたキーホール810の内部の所定位置までの範囲で変化させるようにレーザ光出射ヘッド400に設けられた焦点位置調整機構407を制御する。

40

【0064】

このようにすることで、レーザ溶接中におけるスパッタの発生が抑制される。このことにより、溶接部位の外観を良好なものとし、溶接品質を高められる。

【0065】

レーザ溶接装置1000は、レーザ光LBの焦点位置とワーク600の溶け込み深さとがワーク600の材質に関連付けられたデータを保存する記憶部210をさらに備えており、コントローラ200は、当該データとワーク600における溶接部位の形状とに応じ

50

て、ワーク 600 に照射されるレーザー光 L B の焦点位置を変化させるようにレーザー光出射ヘッド 400 を制御する。

【0066】

レーザー溶接装置 1000 をこのように構成することで、ワーク 600 の材質や溶接部位の形状に応じて適切にレーザー溶接が行えるとともに、ワーク 600 の接合強度を高めることができ、溶接品質を向上できる。

【0067】

ワーク 600 は互いに重ね合わされた第 1 の板材 710 及び第 2 の板材 720 であり、コントローラ 200 は、レーザー光 L B がワーク 600 の表面で前述の第 1 軌跡を描くようにレーザー光出射ヘッド 400 を制御するとともに、第 1 軌跡の中央よりも周縁において、レーザー光 L B の焦点位置がワーク 600 の内部で深くなるようにレーザー光出射ヘッド 400 を制御する。

10

【0068】

このようにすることで、溶接部位のサイズに合わせてレーザー光 L B を照射できるとともに、第 1 の板材 710 と第 2 の板材 720 との間の接合強度を高めることができる。

【0069】

また、コントローラ 200 は、第 1 軌跡を描くようにレーザー光 L B を走査しながら、レーザー光出射ヘッド 400 が取り付けられたマニピュレータ 500 を所定の方向に沿って移動させる。

【0070】

このようにすることで、ワーク 600 に連続した溶接ビードを形成できる。また、ワーク 600 の溶け込み形状を制御して、ワーク 600 の接合強度を高めることができる。

20

【0071】

また、本実施形態に係るレーザー溶接方法は、レーザー溶接装置 1000 を用いたレーザー溶接方法であって、レーザー光 L B を二次元的に、または三次元的に走査しながらワーク 600 に向けて照射して、ワーク 600 を溶接するレーザー溶接ステップを少なくとも備えている。

【0072】

レーザー溶接ステップでは、ワーク 600 における溶接部位の形状に応じてレーザー光 L B の焦点位置を変化させるとともに、ワーク 600 に熔融池 800 及びキーホール 810 を形成する。また、レーザー光 L B の焦点位置をワーク 600 の表面からキーホール 810 の内部の所定位置までの範囲で変化させる。

30

【0073】

このようにすることで、ワーク 600 における溶接部位の形状に応じて、ワーク 600 の溶け込み深さを制御して、ワーク 600 の接合強度を高めることができる。

【0074】

なお、本実施形態において、2 枚の板材 710 , 720 が互いに重ね合わせられた積層体のワーク 600 をレーザー溶接する例を示したが、重ね合わされる板材の枚数は特にこれに限定されず、3 枚以上であってもよい。

【0075】

(実施形態 2)

実施形態 1 に示したレーザー溶接装置 1000 を用いて、種々の構造を有するワーク 600 に対してレーザー溶接を行うことで、溶接部位におけるワーク 600 の接合強度を高めることができる。

40

【0076】

図 7 A は、本実施形態に係るワークの斜視図を示す。すなわち、T 型継手である。図 7 B は、ワークに照射されるレーザー光の軌跡及びワークの熔融領域の深さとレーザー光の焦点位置との関係を示す模式図であり、図 7 B の上側はワーク 600 を表面から見た図を、図 7 B の下側はワーク 600 の断面をそれぞれ示す。なお、図 7 A , 7 B において、実施形態 1 と同様の箇所については同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

50

## 【 0 0 7 7 】

本実施形態において、図 7 A に示すように、ワーク 6 0 0 は、第 1 の板材 7 1 0 と第 2 の板材 7 2 0 とが T 字形状に継ぎ合わされた継手形状をしている。なお、実施形態 1 と同様に、第 1 の板材 7 1 0 及び第 2 の板材 7 2 0 は、ともに鋼板である。なお、鋼板でも、異なった材質または組成の鋼板でもよい。また、第 1 の板材 7 1 0 と第 2 の板材 7 2 0 とは互いに厚さが同じであってもよいし、異なってもよい。このような構造のワーク 6 0 0 をレーザ溶接するにあたって、図 7 B に示すように、コントローラ 2 0 0 がレーザ光出射ヘッド 4 0 0 を制御して、らせん状の軌跡 T R 1 を描くようにレーザ光 L B を走査しながら、ワーク 6 0 0 の継手部分の表面にレーザ光 L B を照射する。

## 【 0 0 7 8 】

この場合、実施形態 1 とは異なり、らせん状の軌跡 T R 1 の周縁よりも中央において、焦点位置がワーク 6 0 0 の内部で深くなるようにレーザ光 L B をワーク 6 0 0 に照射する。具体的には、継手部分の形状に応じてレーザ光 L B の焦点位置を変化させており、継手部分の端部よりも中央において、焦点位置がワーク 6 0 0 の内部で深くなるようにレーザ光 L B をワーク 6 0 0 に向けて照射している。

## 【 0 0 7 9 】

T 型継手では、下の板材、この場合は第 2 の板材 7 2 0 の接合部付近において、できるだけその表面形状に影響を与えないよう溶接することが求められる場合がある。そのため、図 7 B においては、らせん状の軌跡 T R 1 の周縁よりもむしろ中央で、レーザ光 L B の焦点位置がワーク 6 0 0 の内部で深くなるようにすることで、ワーク 6 0 0 の接合強度を確保すると共に、下の板材の表面形状に影響を与えないようにすることができる。

## 【 0 0 8 0 】

なお、図示しないが、図 6 に示すように、らせん状の軌跡 T R 1 を描くようにレーザ光 L B を走査しながら、レーザ光出射ヘッド 4 0 0 が取り付けられたマニピュレータ 5 0 0 を継手部分の長手方向に沿って移動させることで、継手部分全体に連続した溶接ビードを形成するようにしてもよい。この場合も、実施形態 1 に示すのと同様に、接合強度が高められ、外観が良好な溶接ビードを形成できる。また、下の材料の表面形状に影響を与えることがない。

## 【 0 0 8 1 】

( 実施形態 3 )

図 8 は、本実施形態に係るワークに照射されるレーザ光の軌跡及びワークの溶融領域の深さとレーザ光の焦点位置との関係を示す模式図である。図 8 の上側はワーク 6 0 0 を表面から見た図を、図 8 の下側はワーク 6 0 0 の断面をそれぞれ示す。なお、図 8 において、実施形態 1 と同様の箇所については同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

## 【 0 0 8 2 】

図 8 に示すように、ワーク 6 0 0 は、第 3 の板材 7 3 0 の端面と第 4 の板材 7 4 0 の端面とが互いに突き合わされた突き合わせ部分を有している。なお、突き合わせ部分において、レーザ光 L B が照射される面を表面と呼ぶことがある。第 3 の板材 7 3 0 及び第 4 の板材 7 4 0 は、ともに鋼板である。なお、鋼板でも、異なった材質または組成の鋼板でもよい。第 4 の板材 7 4 0 の厚さは第 3 の板材 7 3 0 の厚さよりも厚くなっている。また、突き合わせ部分において、第 3 の板材 7 3 0 の表面と第 4 の板材 7 4 0 の表面とは略面一の位置にある。

## 【 0 0 8 3 】

このような構造のワーク 6 0 0 をレーザ溶接するにあたって、図 8 に示すように、コントローラ 2 0 0 がレーザ光出射ヘッド 4 0 0 を制御して、らせん状の軌跡 T R 1 を描くようにレーザ光 L B を走査しながら、ワーク 6 0 0 の突き合わせ部分の表面にレーザ光 L B を照射する。

## 【 0 0 8 4 】

この場合、らせん状の軌跡 T R 1 が第 3 の板材 7 3 0 側の周縁から第 4 の板材 7 4 0 側の周縁に進むにつれて、焦点位置がワーク 6 0 0 の内部で深くなるようにコントローラ 2

10

20

30

40

50

00がレーザ光出射ヘッド400を制御する。

【0085】

このようにすることで、板厚の異なる第3の板材730と第4の板材740との突き合わせ部分において、溶け落ちや溶け込み深さの不足等を生じることなく、ワーク600の溶融領域820の断面形状を制御でき、ワーク600の接合強度を高めることができる。

【0086】

(実施形態4)

図9は、本実施形態に係るワークに照射されるレーザ光の軌跡及びワークの溶融領域の深さとレーザ光の焦点位置との関係を示す模式図である。図9の上側はワーク600を表面から見た図を、図9の下側はワーク600の断面をそれぞれ示す。なお、図9において、実施形態1と同様の箇所については同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

10

【0087】

図9に示すように、ワーク600は、第5の板材750の端面と第6の板材760の端面とが互いに突き合わされた突き合わせ部分を有している。なお、突き合わせ部分において、レーザ光LBが照射される面を表面と呼ぶことがある。第5の板材750及び第6の板材760は、ともに鋼板である。なお、鋼板でも、異なった材質または組成の鋼板でもよい。第6の板材760の厚さは第5の板材750の厚さよりも厚くなっている。また、第6の板材760の表面は、第5の板材750の表面よりもレーザ光出射ヘッド400に近い位置にある。

【0088】

20

このような構造のワーク600をレーザ溶接するにあたって、図9に示すように、コントローラ200がレーザ光出射ヘッド400を制御して、らせん状の軌跡TR1を描くようにレーザ光LBを走査しながら、ワーク600の突き合わせ部分の表面にレーザ光LBを照射する。

【0089】

この場合、らせん状の軌跡TR1が第5の板材750側の周縁から突き合わせ部分の継目に進むまではレーザ光LBの焦点位置が第5の板材750の表面近傍に来るようにコントローラ200がレーザ光出射ヘッド400を制御する。

【0090】

一方、らせん状の軌跡TR1が突き合わせ部分の継目から第6の板材760側の周縁に進むにつれて、焦点位置がワーク600の内部で浅くなるようにコントローラ200がレーザ光出射ヘッド400を制御する。

30

【0091】

このようにすることで、板厚の異なる第5の板材750と第6の板材760との突き合わせ部分において、溶け落ちや溶け込み深さの不足等を生じることなく、ワーク600の溶融領域820の断面形状を制御でき、ワーク600の接合強度を高めることができる。

【0092】

(実施形態5)

図10は、本実施形態に係るワークに照射されるレーザ光の軌跡及びワークの溶融領域の深さとレーザ光の焦点位置との関係を示す模式図である。図10の上側はワーク600を表面から見た図を、図10の下側はワーク600の断面をそれぞれ示す。なお、図10において、実施形態1と同様の箇所については同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

40

【0093】

図10に示すように、ワーク600は、第8の板材780の一部に第7の板材770が重ね合わされた重ね合わせ部分を有している。第7の板材770及び第8の板材780は、ともに鋼板である。なお、鋼板でも、異なった材質または組成の鋼板でもよい。第8の板材780の厚さは第7の板材770の厚さよりも厚くなっているように描いているが、その逆でもよい。

【0094】

このような構造のワーク600をレーザ溶接するにあたって、図10に示すように、コ

50

ントローラ 200 がレーザー光出射ヘッド 400 を制御して、らせん状の軌跡 TR 1 を描くようにレーザー光 LB を走査しながら、ワーク 600 の重ね合わせ部分及び当該重ね合わせ部分に隣接する第 8 の板材 780 の所定の領域にレーザー光 LB を照射する。

【0095】

この場合、らせん状の軌跡 TR 1 が第 8 の板材 780 側の周縁から重ね合わせ部分の端部に進むまではレーザー光 LB の焦点位置が第 8 の板材 780 の表面近傍に来るようにコントローラ 200 がレーザー光出射ヘッド 400 を制御する。

【0096】

一方、らせん状の軌跡 TR 1 が重ね合わせ部分の端部から第 7 の板材 770 側の周縁に進むにつれて、焦点位置がワーク 600 の内部で浅くなるようにコントローラ 200 がレーザー光出射ヘッド 400 を制御する。

【0097】

このようにすることで、第 7 の板材 770 と第 8 の板材 780 との重ね合わせ部分において、溶け落ちや重ね合わせ部分での溶け込み深さの極端な不足等を生じることなく、ワーク 600 の溶融領域 820 の断面形状を制御でき、ワーク 600 の接合強度を高めることができる。

【0098】

(その他の実施形態)

なお、実施形態 1 ~ 5 において、レーザー光 LB の焦点位置を変化させるために、コントローラ 200 がレーザー光出射ヘッド 400、具体的には焦点位置調整機構 407 の動作を制御する例を示したが、レーザー光 LB の焦点位置を変化させる手法は特にこれに限られない。

【0099】

例えば、コントローラ 200 がマニピュレータ 500 を駆動して、Z 方向に沿ってレーザー光出射ヘッド 400 の全体を変位させることで、ワーク 600 に照射されるレーザー光 LB の焦点位置を変化させるようにしてもよい。なお、この場合、レーザー光出射ヘッド 400 に設けられたアクチュエータを省略することも可能である。

【0100】

また、実施形態 2 ~ 5 において、らせん状の軌跡 TR 1 に限られず、レーザー光 LB を前述した種々の軌跡(第 1 軌跡)を描くように走査できることは言うまでもない。

【0101】

また、ワーク 600 の材質は鋼板以外の材料、例えば、アルミニウム合金またはチタン合金などの構造材料や、銅またはその合金などのような電気材料でもよい。また、互いに異なる材質の板材を重ね合わせ等した構造のワーク 600 であってもよい。ワーク 600 の材質に応じて、レーザー光 LB の波長や出力が適宜選択され、また、図 4 に示したデータから、ワーク 600 の溶接部位の形状に応じて、レーザー光 LB の焦点位置の制御範囲が適宜決定される。

【0102】

なお、レーザー溶接プログラムに、ワーク 600 の材質やワーク 600 の溶接部位の形状に関連付けられて、レーザー光 LB の焦点位置を変化させる手順や制御範囲が記述されていてもよい。その場合、図 5 に示すデータを記憶部 210 に別個に保存しなくてもよい。

【0103】

また、レーザー光 LB を走査させる機構は図 2 に示した構成に特に限定されず、他の構成であってもよい。例えば、従来の 3 軸ガルバスキヤナを用いてレーザー光 LB を走査するようにしてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0104】

本開示のレーザー溶接装置は、ワークの溶接部位の形状に応じて、溶け込み形状を制御できるため、種々の材質あるいは形状を有するワークを加工する上で有用である。

【符号の説明】

10

20

30

40

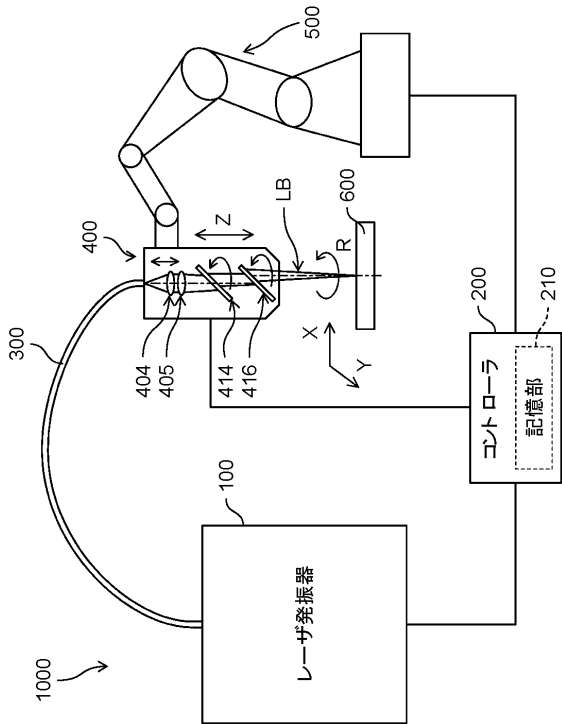
50

## 【 0 1 0 5 】

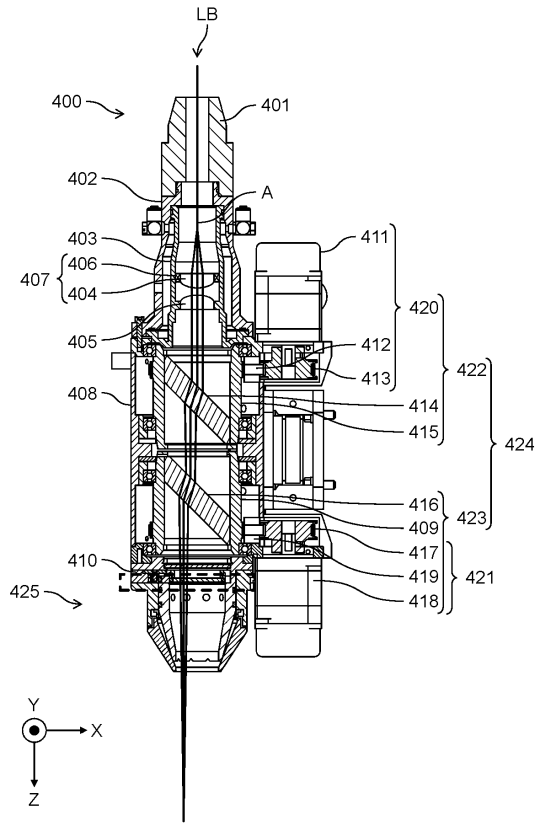
1 0 0	レーザ発振器	
2 0 0	コントローラ	
2 1 0	記憶部	
3 0 0	光ファイバ	
4 0 0	レーザ光出射ヘッド	
4 0 4	コリメートレンズ	
4 0 5	集光レンズ	
4 0 6	スライダ	
4 0 7	焦点位置調整機構	10
4 1 1	第 1 のサーボモータ ( 第 1 の駆動部 )	
4 1 2	第 1 のタイミングベルト ( 第 1 の回転部材 )	
4 1 3	第 1 のタイミングベルトプーリー ( 第 1 の伝達部材 )	
4 1 4	第 1 の平行板	
4 1 6	第 2 の平行板	
4 1 7	第 2 のタイミングベルトプーリー ( 第 2 の伝達部材 )	
4 1 8	第 2 のサーボモータ ( 第 2 の駆動部 )	
4 1 9	第 2 のタイミングベルト ( 第 2 の回転部材 )	
4 2 0	第 1 の回転機構	
4 2 1	第 2 の回転機構	20
4 2 2	第 1 の光学ユニット	
4 2 3	第 2 の光学ユニット	
4 2 4	光走査機構	
5 0 0	マニピュレータ	
6 0 0	ワーク	
7 1 0 ~ 7 8 0	第 1 ~ 第 8 の板材	
8 0 0	熔融池	
8 1 0	キーホール	
8 2 0	熔融領域	
1 0 0 0	レーザ溶接装置	30
L B	レーザ光	
T R 1	らせん状の軌跡	

【図面】

【図 1】



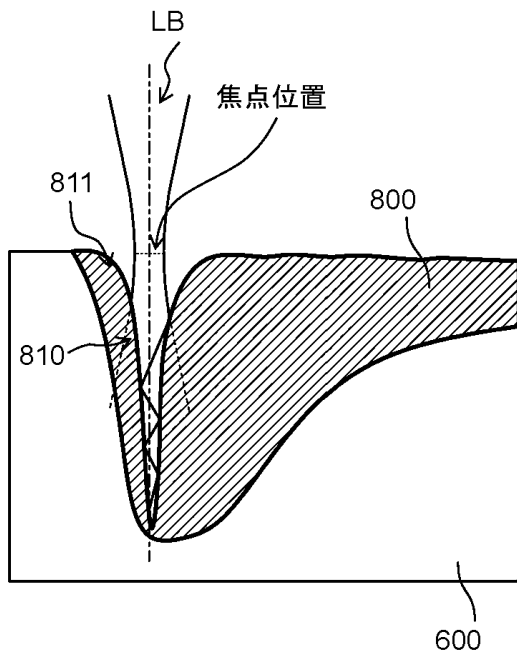
【図 2】



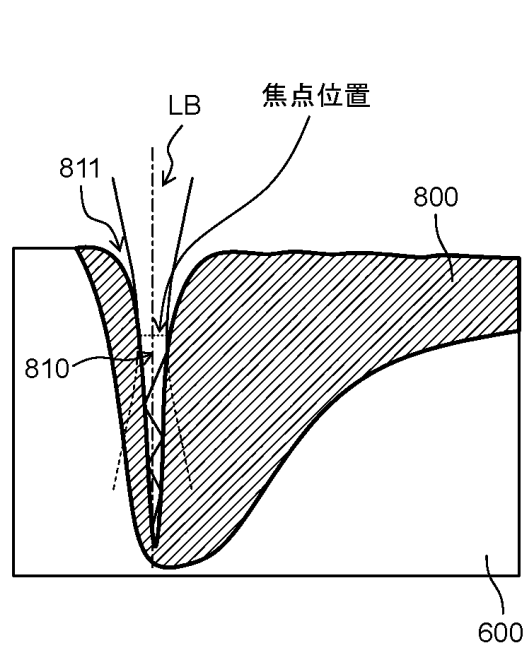
10

20

【図 3 A】



【図 3 B】

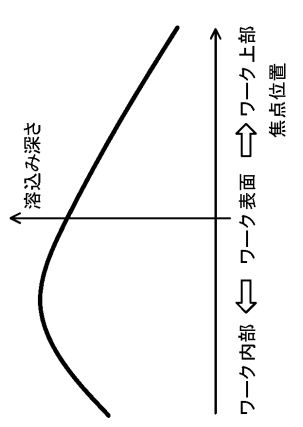


30

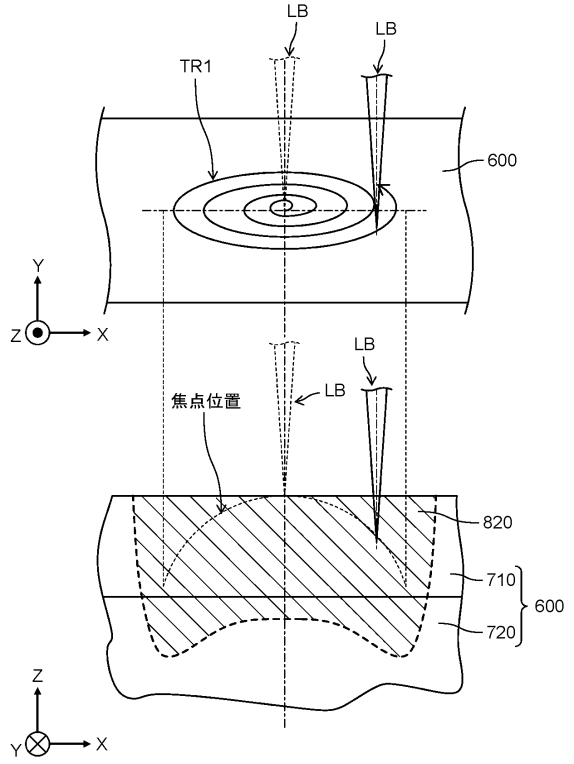
40

50

【 図 4 】

レーザー光の焦点位置と溶け込み深さとの関係		...
レーザー光波長	$\lambda 1$	...
レーザー光出力	P1	...
ワーク材質	鋼	...

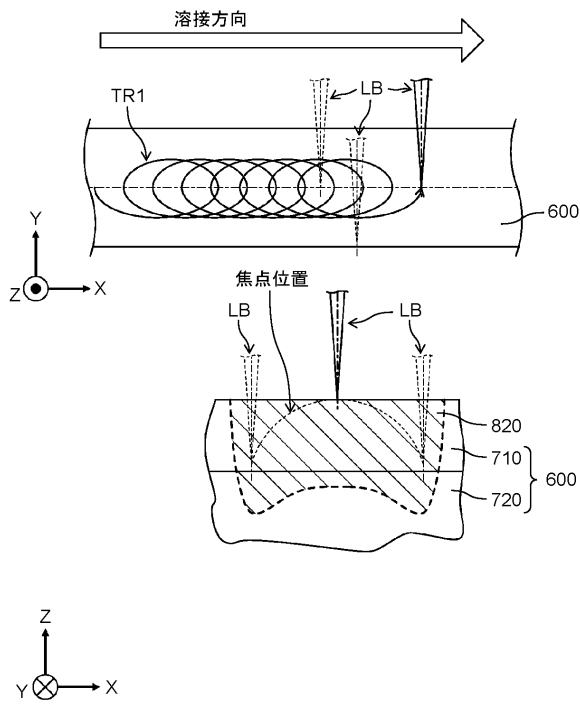
【 図 5 】



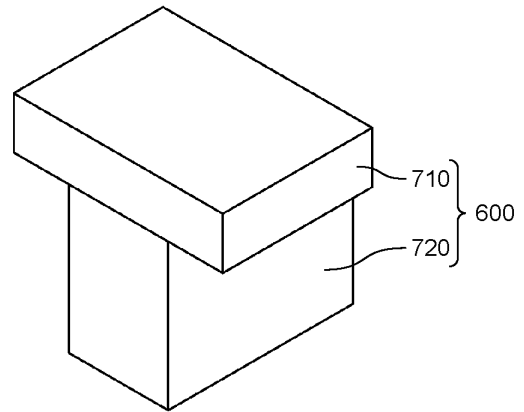
10

20

【 図 6 】



【 図 7 A 】

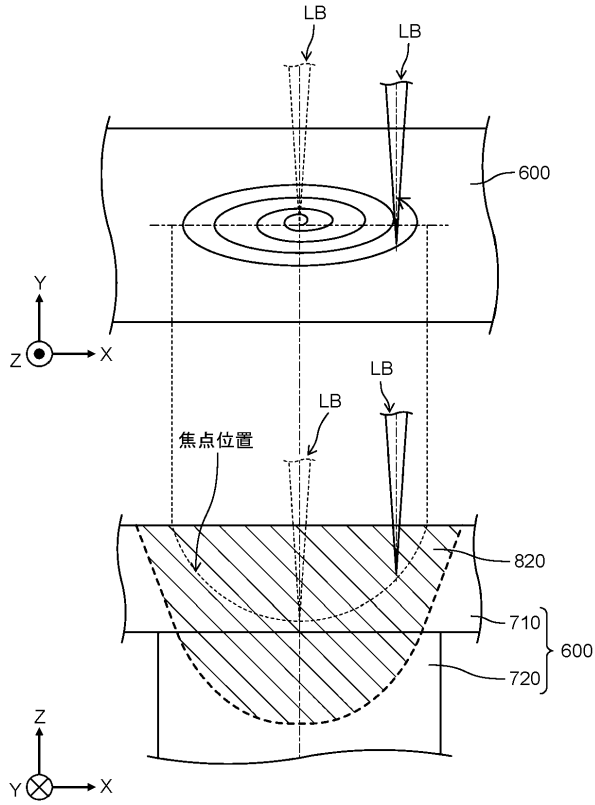


30

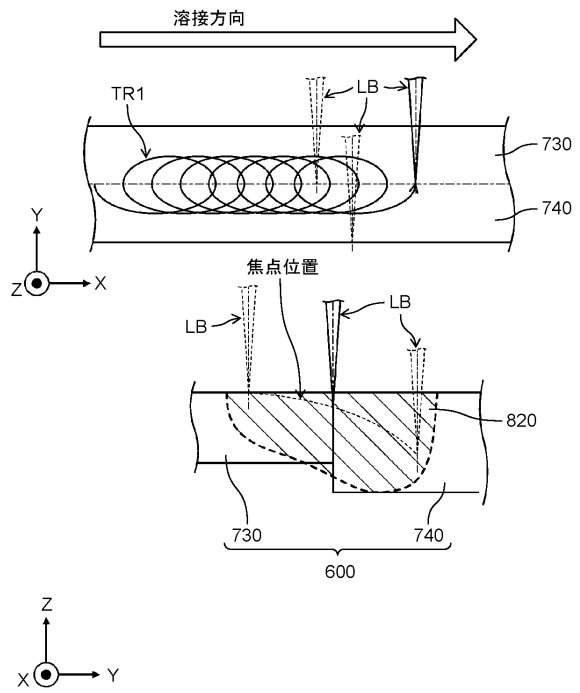
40

50

【 图 7 B 】



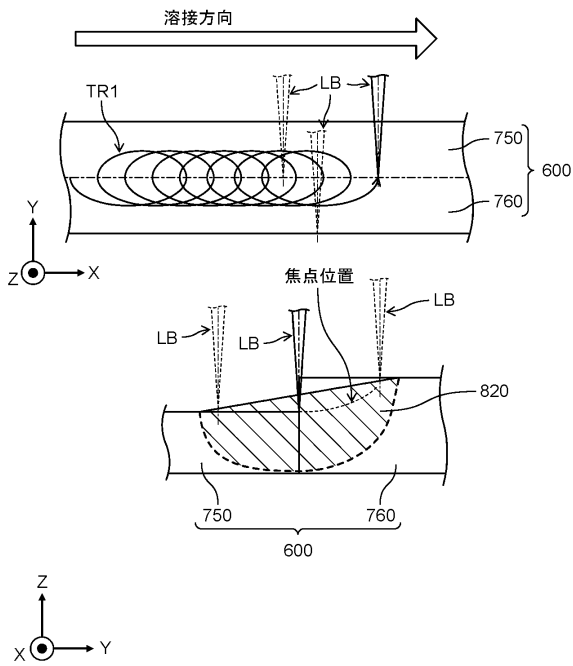
【 图 8 】



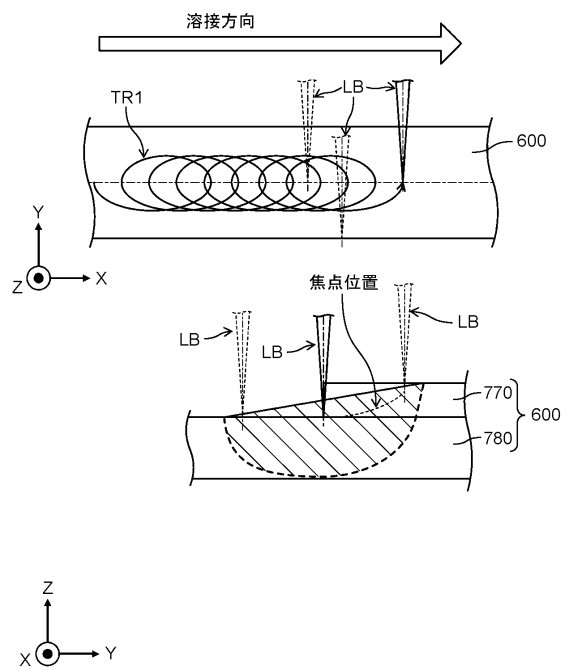
10

20

【 图 9 】



【 图 10 】



30

40

50

---

フロントページの続き

- (72)発明者 柴田 憲三  
大阪府門真市松葉町 2 番 7 号 パナソニックスマートファクトリーソリューションズ株式会社内
- (72)発明者 西原 学  
大阪府門真市松葉町 2 番 7 号 パナソニックスマートファクトリーソリューションズ株式会社内
- 審査官 松田 長親
- (56)参考文献 特開 2 0 1 9 - 0 0 0 8 7 8 ( J P , A )  
中国特許出願公開第 1 0 5 4 1 4 7 5 9 ( C N , A )  
特開 2 0 0 3 - 1 3 6 2 6 2 ( J P , A )  
特開平 0 3 - 2 1 0 9 8 0 ( J P , A )  
特開 2 0 1 4 - 2 1 3 3 7 4 ( J P , A )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
B 2 3 K 2 6 / 0 0 - 2 6 / 7 0