

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6607649号
(P6607649)

(45) 発行日 令和1年11月20日(2019.11.20)

(24) 登録日 令和1年11月1日(2019.11.1)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 3 K 26/382 (2014.01)	B 2 3 K 26/382
B 2 3 K 26/08 (2014.01)	B 2 3 K 26/08 D
B 2 3 K 26/00 (2014.01)	B 2 3 K 26/00 N

請求項の数 8 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2017-242085 (P2017-242085)	(73) 特許権者	515178535
(22) 出願日	平成29年12月18日(2017.12.18)		株式会社ワイヤード
(65) 公開番号	特開2019-42799 (P2019-42799A)		新潟県三条市北新保二丁目4-15
(43) 公開日	平成31年3月22日(2019.3.22)	(74) 代理人	110002343
審査請求日	平成31年4月1日(2019.4.1)		特許業務法人 東和なぎさ国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	特願2017-168581 (P2017-168581)	(72) 発明者	山川 明郎
(32) 優先日	平成29年9月1日(2017.9.1)		新潟県三条市一ツ屋敷新田1628 株式
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(72) 発明者	柚 直彦
			新潟県三条市一ツ屋敷新田1628 株式
早期審査対象出願		(72) 発明者	兼古 光行
			新潟県三条市一ツ屋敷新田1628 株式
			会社ワイヤード内
			会社ワイヤード内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置、レーザ加工方法およびこれを用いて加工された薄板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

加工対象の薄板を斜めに巻回させる円周面に開口部を有する円筒体と、該円筒体に巻回させた薄板を該薄板の長手方向に移送させる薄板移送手段と、前記円筒体の中心軸と同軸上に配置した回転軸を有するモータと、該モータの回転軸に固定された反射部材と、パルス光を発するレーザ発光手段とを備え、

前記薄板を長手方向に移送させつつ、前記パルス光を前記回転軸の方向から入射して前記反射部材により前記円筒体の半径方向に反射させて、前記開口部から前記薄板に照射することにより、前記薄板に多数の貫通孔を連続して開孔させることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】

前記パルス光の強度とパルス幅が、1回のパルス照射で前記薄板に貫通孔を開孔するように調節されることを特徴とする請求項1に記載のレーザ加工装置。

【請求項3】

前記パルス光を薄板に集光する集光手段が、前記反射部材と前記薄板との間に配置されていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のレーザ加工装置。

【請求項4】

前記パルス光を薄板に集光する集光手段が、前記反射部材と前記薄板との間、及び、前記反射部材と前記レーザ発光手段との間に分割して配置されていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のレーザ加工装置。

【請求項 5】

前記パルス光を薄板に集光する集光手段が、前記反射部材と前記レーザ発光手段との間に配置されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 6】

加工対象の薄板を円周面に開口部を有する中空の円筒体に斜めに巻回させ、前記薄板を薄板移送手段により前記薄板の長手方向に移送させつつ、レーザ発光手段から発光するパルス光を前記円筒体の中心軸と同軸上に配置したモータの回転軸の方向から入射させ、前記モータの回転軸に固定された反射部材によって前記円筒体の半径方向に反射させた後、前記開口部から前記薄板に照射して、前記薄板に多数の貫通孔を連続して開孔することを特徴とするレーザ加工方法。

10

【請求項 7】

前記モータの回転周期および前記薄板移送手段の移送速度が、それぞれ一定となるように調節されていることを特徴とする請求項 6 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 8】

前記レーザ発光手段によるパルス光の発光タイミングが、前記反射部材を經由して前記開口部へ射出するように前記モータの回転と同期して設定されていることを特徴とする前記請求項 6 または請求項 7 に記載のレーザ加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、長尺の薄板に対してマトリクス状の微細な貫通孔を形成するレーザ加工装置、レーザ加工方法及びレーザ加工された長尺薄板材に関するものであり、特に燃料電池のガス拡散層、蓄電池の穿孔集電体などを製造する際に用いる薄板のレーザ加工技術とその成形物に関する。

20

【背景技術】

【0002】

従来、金属薄板に微細な貫通孔を形成する加工を行う場合、化学反応を利用したエッチング処理が広く用いられてきた。

しかし、エッチング処理による金属薄板への貫通孔の形成においては、貫通孔の形状が安定しない、ウェット処理のため工程数が多く加工コストが大きい、 $100\ \mu\text{m}$ 以下の貫通孔を形成することが困難である、加工速度の向上が困難である、などの大きな問題があった。

30

また、薄板が金属薄板でなく、プラスチックやセラミクスである場合には、エッチング処理による加工を採用できない問題があった。

これに対し、近年ではレーザビームによる貫通孔の形成加工が技術的に可能になってきており、金属薄板に対しエッチング処理よりも微細な貫通孔を開けられるようになり、また、プラスチックやセラミクスに対する加工も可能となった。

【0003】

例えば、特開 2000 - 165017 号公報には円筒形状のドラムに張り付けたシートに対してレーザビームを照射することによって貫通孔を形成する装置が記載されている（特許文献 1）。

40

また、特開 2003 - 334673 号公報には、透光性中空リールの外周部において可撓性長尺基板を搬送して、中空リールの内側から照射するパルス光の焦点を軸方向および/または円周方向に移動させるレーザ加工方法が開示されている（特許文献 2）。

さらに、特開 2000 - 200698 号公報には、円筒体の内周面に周期的構造を形成するために、軸方向から円筒体内側に導入したパルス光を集光レンズと反射ミラーにより外径方向に進ませ、反射ミラーの回転と、円筒体の回転及び軸方向の移動を行うレーザ加工方法が記載されている（特許文献 3）。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 0 - 1 6 5 0 1 7 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 3 - 3 3 4 6 7 3 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 0 - 2 0 0 6 9 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、円筒形状のドラムに張り付けたシートに対してレーザービームを照射することによって貫通孔を形成する装置では、連続的な加工ができず、シート単位で加工するため、頻りにシートを張り替える必要があり、加工速度の向上には限界があった。

10

また、透光性中空リールの外周部において可撓性長尺基板を搬送して、中空リールの中空側から照射するパルス光の焦点を軸方向および/または円周方向に移動させるレーザー加工方法で長尺基板にマトリクス状の穴あけ加工をする場合には、レーザー装置を軸方向に直線的往復運動をさせる制御と、長尺基板をリール方向に搬送する制御とを交互に、かつ断続的に行う必要があり、加工速度の向上に限界があった。

さらにまた、円筒体の内周面に周期的構造を形成するために、軸方向から円筒体内側に導入したパルス光を集光レンズと反射ミラーにより外径方向に進ませ、反射ミラーの回転と、円筒体の回転及び軸方向の移動を行うレーザー加工方法で円筒体内側にマトリクス状の穴あけ加工をする場合には、円筒体を軸方向に直線的往復運動をさせる制御と回転させる制御と、円筒体および反射ミラーを回転させる制御とを交互に、かつ断続的に行う必要があり、加工速度の向上に限界があった。

20

【 0 0 0 6 】

そして、マトリクス状に貫通孔の形成加工を行うための、回転多面鏡やガルバノミラーを使ってレーザービームを走査させる一般的な方法では、回転多面鏡で等角度走査されたレーザービームを、薄板上で結像させ等速走査させるために f レンズを用いるが、 f レンズへの入射光径を大きくするとレーザービームが薄板上でボケてしまい、逆に、 f レンズへの入射光径を小さくすると薄板上でのビーム径が大きくなる問題がある。

また、 f レンズからの振り角を小さくするために焦点距離を長くする場合にも、ビーム径が大きくなる問題が生じ、均一な貫通孔を形成することが困難であった。

【 0 0 0 7 】

さらに、このような方法ではレーザービームのパワー密度が加工部位によって変動するため、必要以上のエネルギーを与えた部位では、形成した貫通孔の周りにバリが生じる問題もあった。

30

【 0 0 0 8 】

そこで本発明は、前述したような従来技術の問題を解決するものであって、すなわち、本発明の目的は、長尺の薄板にマトリクス状の微小な貫通孔を形成する加工を行うに際し、加工速度を向上させ、均一で高精度な貫通孔を連続して開孔させるレーザー加工装置、レーザー加工方法及びレーザー加工と、これを用いて加工された薄板を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本請求項 1 に係る発明のレーザー加工装置は、加工対象の薄板を斜めに巻回させる円周面に開口部を有する中空の円筒体と、該円筒体に巻回させた薄板を該薄板の長手方向に移送させる薄板移送手段と、前記円筒体の中心軸と同軸上に配置した回転軸を有するモータと、該モータの回転軸に固定された反射部材と、パルス光を発するレーザー発光手段とを備え、前記薄板を長手方向に移送させつつ、前記パルス光を前記回転軸の方向から入射して前記反射部材により前記円筒体の半径方向に反射させて、前記開口部から前記薄板に照射することにより、前記薄板に多数の貫通孔を連続して開孔させることによって、前述した課題を解決するものである。

40

【 0 0 1 0 】

本請求項 2 に係る発明のレーザー加工装置は、請求項 1 に記載されたレーザー加工装置の構

50

成に加えて、前記パルス光の強度とパルス幅が、1回のパルス照射で前記薄板に貫通孔を開孔するように調節されることによって、前述した課題をさらに解決するものである。

【0011】

本請求項3に係る発明のレーザ加工装置は、請求項1または請求項2に記載されたレーザ加工装置の構成に加えて、前記パルス光を薄板に集光する集光手段が、前記反射部材と前記薄板との間に配置されていることによって、前述した課題をさらに解決するものである。

【0012】

本請求項4に係る発明のレーザ加工装置は、前記パルス光を薄板に集光する集光手段が、前記反射部材と前記薄板との間、及び、前記反射部材と前記レーザ発光手段との間に分割して配置されていることによって、前述した課題をさらに解決するものである。

10

【0013】

本請求項5に係る発明のレーザ加工装置は、前記パルス光を薄板に集光する集光手段が、前記反射部材と前記レーザ発光手段との間に配置されていることによって、前述した課題をさらに解決するものである。

【0014】

本請求項6に係る発明のレーザ加工方法は、加工対象の薄板を円周面に開口部を有する中空の円筒体に斜めに巻回させ、前記薄板を薄板移送手段により前記薄板の長手方向に移送させつつ、レーザ発光手段から発光するパルス光を前記円筒体の中心軸と同軸上に配置したモータの回転軸の方向から入射させ、前記モータの回転軸に固定された反射部材によって前記円筒体の半径方向に反射させた後、前記開口部から前記薄板に照射して、前記薄板に多数の貫通孔を連続して開孔することによって、前述した課題を解決するものである。

20

【0015】

本請求項7に係る発明のレーザ加工方法は、請求項6に記載されたレーザ加工方法に加えて、前記モータの回転周期および前記薄板移送手段の移送速度が、それぞれ一定となるように調節されていることにより、前述した課題をさらに解決するものである。

【0016】

本請求項8に係る発明のレーザ加工方法は、請求項6または請求項7に記載されたレーザ加工方法に加えて、前記レーザ発光手段によるパルス光の発光タイミングが、前記反射部材を經由して前記開口部へ射出するように前記モータの回転と同期して設定されていることにより、前述した課題をさらに解決するものである。

30

【発明の効果】

【0019】

本発明の請求項1に係るレーザ加工装置によれば、加工対象の薄板を斜めに巻回させる円周面に開口部を有する円筒体と、この円筒体に巻回させた薄板を該薄板の長手方向に移送させる薄板移送手段と、円筒体の中心軸と同軸上に配置した回転軸を有するモータと、このモータの回転軸に固定された反射部材と、パルス光を発するレーザ発光手段とを備えていることにより、可撓性を有する長尺の薄板を長手方向に移送させつつ、パルス光を回転軸の方向から入射して反射部材により円筒体の半径方向に反射させて、パルス光で一列ずつ同じ方向に繰り返し高速スキャンさせ、開口部から薄板に照射するため、形状と配列が均一な多数の微小な貫通孔を開孔することができるとともに、加工の加工速度を著しく向上させることができる。

40

【0020】

本発明の請求項2に係るレーザ加工装置によれば、請求項1記載の発明が奏する効果に加えて、パルス光の強度とパルス幅が、1回のパルス照射で薄板に貫通孔を開孔するように調節されることにより、薄板における微小貫通孔の形成位置に関わらず、パルス光のパワー密度が均一になるため、形成される貫通孔の形状が均一となり、かつ、形成した微小な貫通孔の周りにおけるバリの発生を抑制し、高精度のレーザ加工を行うことができる。

【0021】

50

本発明の請求項 3 に係るレーザ加工装置によれば、請求項 1 記載または請求項 2 の発明が奏する効果に加えて、パルス光を薄板に集光する集光手段が、反射部材と薄板との間に配置されていることにより、集光レンズの焦点距離を短くでき、集光レンズを小型化することができる。

【 0 0 2 2 】

本発明の請求項 4 に係るレーザ加工装置によれば、請求項 1 記載または請求項 2 の発明が奏する効果に加えて、パルス光を薄板に集光する集光手段が、反射部材と薄板との間、及び、反射部材とレーザ発光手段との間に分割して配置されていることにより、集光と焦点位置を個別に調整することができるので、焦点位置の調節を容易にすることができる。

【 0 0 2 3 】

本発明の請求項 5 に係るレーザ加工装置によれば、請求項 1 記載または請求項 2 の発明が奏する効果に加えて、パルス光を薄板に集光する集光手段が、集光手段がモータによって回転されることがないため、モータの回転中にもパルス光の焦点位置の調節を容易にすることができる。

【 0 0 2 4 】

本発明の請求項 6 に係るレーザ加工方法によれば、加工対象の薄板を円周面に開口部を有する中空の円筒体に斜めに巻回させ、薄板を薄板移送手段により薄板の長手方向に移送させつつ、レーザ発光手段から発光するパルス光を円筒体の中心軸と同軸上に配置したモータの回転軸の方向から入射させ、モータの回転軸に固定された反射部材によって円筒体の半径方向に反射させた後、開口部から薄板に照射して、薄板に多数の貫通孔を連続して開孔することにより、可撓性を有する長尺の薄板を連続的に移送しながら、パルス光で一列ずつ同じ方向に繰り返し高速スキャンさせるため、形状と配列が均一な微小な貫通孔を続けて開口させることができるとともに、加工速度を著しく向上させることができる。

【 0 0 2 5 】

本発明の請求項 7 に係るレーザ加工方法によれば、請求項 6 に記載の発明が奏する効果に加えて、前記モータの回転周期および前記薄板移送手段の移送速度が、それぞれ一定となるように調節されていることにより、前記貫通孔が前記薄板上でマトリクス状に配列するようにレーザ加工を行うことができる。

【 0 0 2 6 】

本発明の請求項 8 に係るレーザ加工方法によれば、請求項 6 または請求項 7 の発明が奏する効果に加えて、レーザ発光手段によるパルス光の発光タイミングが、前記反射部材を経由して前記開口部へ射出するように前記モータの回転と同期して設定されていることにより、パルス光が、反射部材により反射されて開口部を通るタイミングにおいてのみ発せられるようにモータの回転に同期してレーザ発光手段が制御され、円筒体の内面をパルス光が照射しないよう休止期間が設定されるため、装置の損耗が抑えられるとともに、消費電力を低減させた低コストのレーザ加工を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 9 】

【図 1】本発明の第 1 実施例に係るレーザ加工装置の概略図。

【図 2】本発明の第 1 実施例に係る円筒体と薄板との関係を示す図。

【図 3】本発明の第 1 実施例に係る円筒体の外観を示す図。

【図 4】本発明の第 1 実施例に係る円筒体の開口部の構成を示す図。

【図 5】本発明の第 1 実施例に係る反射部材の配置を示す図。

【図 6】本発明の第 1 実施例に係るレーザ加工装置のパルス光の経路と照射角を示す図。

【図 7】本発明の第 2 実施例に係る円筒体と薄板との関係を示す図。

【図 8】本発明の第 2 実施例に係る円筒体の外観を示す図。

【図 9】本発明の第 2 実施例に係る円筒体の開口部の構成を示す図。

【図 10】本発明の第 2 実施例に係る円筒体の開口部の他の構成を示す図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 0 】

本発明のレーザ加工装置は、加工対象の薄板を斜めに巻回させる円周面に開口部を有する円筒体と、この円筒体に巻回させた薄板を該薄板の長手方向に移送させる薄板移送手段と、円筒体の中心軸と同軸上に配置した回転軸を有するモータと、このモータの回転軸に固定された反射部材と、パルス光を発するレーザ発光手段とを備え、薄板を長手方向に移送させつつ、パルス光を回転軸の方向から入射して反射部材により円筒体の半径方向に反射させて、開口部から薄板に照射することにより、薄板に貫通孔を連続して開孔させるものであれば、その具体的な実施態様は如何なるものであっても構わない。ここで、薄板とは、フィルムや膜なども含め可撓性をもつものをいい、材質は、金属、合成樹脂、紙、布などであってよい。

【0031】

本発明のレーザ加工装置に用いる円筒体は、典型的には、円筒状の外形を有するように構成することができるが、これに限らない。

円筒体は、薄板である長尺の薄板を巻回して加工位置を規定する機能を有するため、少なくとも長尺の薄板が接する部位において外表面、すなわち、円周面が円柱側面の形状であればよい。したがって、円筒体は、例えば、半円形を断面とする柱状の形状であってもかまわない。ただし、円筒体の内部に他の各種装置を配置するため、そのための空間を有することが好ましい。

【0032】

また、円筒体は、同一径の円筒状の左ドラムと右ドラムとを接合して構成することができるが、これに限らない。

その内部に所要の各種装置を配置し、外部からパルス光を導入し、開口部から射出できるよう、例えば、円筒体全体を一体に構成し、必要な部位に開口部、各種装置の取付け部、各種装置の稼働空間、パルス光の経路、作業用の窓などを設けた構成としてもよい。

【0033】

円筒体を構成する際に、同一径の円筒状の左ドラムと右ドラムとを接合して構成する場合には、左ドラムの接合部位の空間内にモータを固定することとなる。一方、右ドラムはパルス光を導入する経路を有し、右ドラムに入射したパルス光を左ドラムと右ドラムの接合部まで到達させる構造となっている。

そのためには、右ドラムの右端面中央に窓が開いており、かつ、右ドラムの内部が空洞となっていれば十分かつ低コストで実現する。

【0034】

なお、円筒体内に光導波路を形成し、遅くとも反射部材にパルス光を照射する段階で回転軸に沿って入射するように構成しておけば、円筒体内へのパルス光の入射段階では、パルス光の光軸は必ずしも回転軸と一致している必要はなく、右端面以外の部位から円筒体内にパルス光を導入することも可能である。

【0035】

ここで、円筒体の中心軸とは、円筒体の外表面が円柱状または円筒状である場合は、その断面の中心を通り、長手方向に伸びる軸であり、幾何学的な中心軸を指す。

円筒体全体が円筒状でない場合には、薄板が接する部分として円柱側面の形状に構成されている円周面を基準に、円柱と同様に決定した曲率の中心軸を指す。

【0036】

円筒体全体をどのような形状に構成する場合でも、薄板が接する円周面は、低摩擦性と耐摩耗性に優れていることが好ましいため、各種フッ素樹脂によるコーティングなどの表面処理をすることができる。

この場合のフッ素樹脂としては、PTFE（ポリテトラフルオロエチレン）、PFA（テトラフルオロエチレン・パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体）、FEP（テトラフルオロエチレン・ヘキサフルオロプロピレン共重合体）、ETFE（テトラフルオロエチレン・エチレン共重合体）、PVDF（ポリビニリデンフルオライド）、PCTFE（ポリクロロトリフルオロエチレン）、ECTFE（クロロトリフルオロエチレン・エチレン共重合体）を好適に用いることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

また、円筒体の円周面には、長手方向中央に開口部が設けられている。開口部が円筒体の円周面の円弧に沿って形成されているため、円周面に密着して移送される薄板の形状もまた、開口部において円筒形に規定されている。

このため、中心軸と回転軸とを一致させれば、集光手段から一定の距離で貫通孔の形成加工を行うことができることとなる。

【 0 0 3 8 】

開口部は、円筒体の内部から外形方向に向かって射出するパルス光の通路であって、薄板の加工が行われる部位でもあるため、開口部の形状は、円周面に沿った細いスリット状とすることが好ましい。

開口部は、円筒体の円弧に沿った方向の長さが長いほど、パルス光によるスキャンの一回分の距離が長くなって加工が効率的に行われるからである。

【 0 0 3 9 】

一方、円筒体の軸方向の幅を大きくすると、円筒体に巻回している薄板の位置を規定する働きが弱くなり、加工部位における薄板の位置がパルス光の焦点からずれてしまう恐れが生じる場合があるため、開口部の幅は小さく設定することが好ましい。

また、加工精度を維持するためには、薄板の形状が円筒体の円周面に規定される働きが強い部位で加工することが好ましいため、パルス光を薄板に照射して加工する位置は、薄板が開口部に差し掛かった直後の、開口部のなるべく上流側に設定することが好ましい。

【 0 0 4 0 】

薄板を円筒体に巻回する円周方向の角度は、スリット状の開口部を覆う限りにおいて任意に設定できる。

したがって、例えば、中心軸を基準とする開口部の開口角度が (rad) に設定されている場合には、薄板を円筒体に巻回する角度を (rad) 以上に設定しておけばよい。

【 0 0 4 1 】

薄板における加工領域の最大幅は、スリット状の開口部の円弧に沿った長さによって制約される。

しかも、薄板は斜め方向に巻回されているため、加工可能な薄板の幅寸法は、開口部の円弧に沿った長さと同様に巻回する角度により規定されることとなる。

開口部の円弧に沿った長さは、中心軸を基準とする開口部の開口角度と中心軸から円周面までの距離(半径)によって規定される。

中心軸を基準とする開口部の開口角を (rad)、円筒体の半径を r とすれば、開口部の円弧に沿った長さ L は、

$$L = r \times$$

と表すことができる。

【 0 0 4 2 】

なお、中心軸を基準とする開口部の開口角を とすると、 は、 2 (rad) 以下であって、薄板を円筒体の円周面に密着させて巻回することができる角度の範囲で自由に設定することができる。一方で、 を小さくすると加工可能な角度領域が狭くなるため、加工効率が低下し、薄板の全幅のうち一部の領域しか加工できないこととなる。

【 0 0 4 3 】

本発明のレーザ加工装置に用いる薄板移送手段は、可撓性を有する長尺の薄板を送り出すための送出しリールと、長尺の薄板を巻き取るための巻取りリールを備えた構成とすることができる。

送出しリールと巻取りリールの回転周期は、薄板の移送速度、送出しリールの残量、巻取りリールの巻取り量に応じて、個別に、または、同調して調節できるように調節手段を設けていることが好ましい。

【 0 0 4 4 】

薄板を送る速度は、作成する貫通孔のパターンやピッチに応じて自由に設定することが

10

20

30

40

50

できる。

一般的には0.5 m / 分以上2.0 m / 分以下の範囲にある一定値に設定することができるが、これに限られない。

【0045】

薄板移送手段を構成する送出し軸は、中心軸に対して偏移角 θ を有するよう斜めに配置されているため、薄板は円筒体に対して斜めに巻回される。

このとき、巻取り軸と中心軸とがなす偏移角も同じ値とすれば、薄板にたるみや無理なテンションがかからず好適である。

【0046】

なお、これらの軸は、必ずしも交わっている必要はなく、ここで言う偏移角 θ とは、二軸に平行な面に投影した場合になす角度を意味している。

偏移角 θ の範囲は0 (rad) より大きく、 $\pi/2$ (rad) よりも小さい値で任意に設定することができる。

この範囲内で偏移角 θ が大きいほど幅の広い薄板の加工が可能であるが、加工領域の最大幅は、スリット状の開口部の円弧に沿った長さによって制約される。

具体的には、薄板の幅方向の加工領域の最大幅をW、開口部の円弧に沿った長さをLとすると、

$$W = L \times \sin \theta$$

という関係が成り立つ。

【0047】

長尺の薄板は、送出しリールから送り出されて、円筒体に巻回され、巻取りリールにより巻き取られることで、開口窓から射出されるパルス光により照射される位置が少しずつずれることとなる。

パルス光は、パルス光として開口窓内を円周方向に回転しながら薄板の加工位置を変えるため、貫通孔の形成加工をする場合には、形成される貫通孔の列は、薄板の長尺方向に対して斜め方向に整列することとなる。

このため、所望のパターンに貫通孔の形成加工をするためには、薄板の移送速度を一定に保ち、あるいは、可変として適切に設定するための調節手段を設けていることが好ましい。

【0048】

本発明のレーザ加工装置に用いるモータとしては、光学系の回転等に通常用いられている各種のモータを用いることができ、より具体的には、各種のACモータ、DCモータ、ステップモータ、サーボモータ、ブラシレスモータ、ギアモータを用いることができる。

【0049】

モータは、その回転軸を中心軸に一致させて円筒体の内部に固定されるが、その回転軸に結合している反射部材を回転させることにより、反射部材を経由して半径方向に進行方向を変えたパルス光で円周方向に繰り返しスキャンする機能を担っている。

その回転方向は、いずれでも構わないが、薄板が移送される方向に沿った向きに回転すれば、パルス光を薄板上に集光している間の加工位置のずれが小さく好適である。

【0050】

モータは、調節ねじを有するモータ固定具を介して円筒体に取り付けることができる。

この場合、調節ねじによりを微調節することができるので、後述の反射部材の回転軸を微調節でき、ひいては、パルス光の照射位置を微調節することができるので、高精度の貫通孔の形成加工を実現する上で好ましい。

モータの回転周期は、薄板の移送速度、レーザ発光手段におけるパルス周期とともに、薄板における貫通孔の位置、パターンに重大な影響を与えるため、回転周期を一定に保ち、あるいは、可変として適切に設定するための調節手段を設けていることが好ましい。

【0051】

本発明のレーザ加工装置に用いる反射部材としては、パルス光の経路に配置され、パル

10

20

30

40

50

ス光の進行方向を直角に変更する光学素子を用いることができ、より具体的には、各種の反射鏡または直角プリズムを用いることができる。

反射部材は、オプティカルベースに固定した後、オプティカルベースをモータの回転軸に装着することにより、円筒体の内部に回転自在に配置することができる。

反射部材は、回転軸に沿って入射したパルス光を、円筒体の半径方向に反射し、薄板の加工に利用可能とする機能を果たす。

反射部材により半径方向に進行方向を変えたパルス光は、スリット状の開口部から円筒体の外側に向けて射出し、円筒体の円周面により位置を規定されている薄板を照射することによって貫通孔の形成加工が実現する。

【0052】

本発明のレーザ加工装置に用いる集光手段としては、各種の光学レンズを用いることができ、具体的には、球面レンズ、非球面レンズのいずれも用いることができる。

光学レンズにより集光手段を構成する場合には、複数個のレンズを組み合わせてもよいし、1個の非球面レンズを用いてもよい。球面レンズと非球面レンズを組み合わせてもよい。

また、集光手段の位置は、パルス光の経路上にあって、反射部材と薄板の間に配置してもよいが、反射部材よりもレーザ発光手段側に配置してもよい。

【0053】

集光手段を複数の光学レンズを組み合わせて構成するか、あるいは、非球面レンズを用いれば、球面収差の発生を抑制することができるため、集光レンズへの入射径を大きくすることにより焦点におけるレーザスポット径を小さくすることができる。

また、パルス光の入射位置がずれた場合でも、焦点位置が変化しないため、加工精度を維持することができる。

【0054】

集光手段を反射部材と薄板の間に配置すれば、集光手段を反射部材よりもレーザ発光手段側に配置する場合よりも、同じ開口数(NA)のレンズを小型化することができる。

この場合、集光手段は、反射部材とともにオプティカルベースに固定され、オプティカルベースを介してモータにより回転するように構成されるため、薄板上にパルス光の焦点が合うように集光手段を調節するためには、いったん、モータの回転を止める必要が生じるが、集光手段とともに回転駆動される焦点位置調節手段をさらに設ければ、モータの回転中にもパルス光の焦点調節を行うことができる。

【0055】

一方、集光手段を反射部材よりもレーザ発光手段側に配置すれば、集光手段がモータによって回転されることはないため、モータの回転中にもパルス光の焦点位置を容易に調節することができる。

【0056】

集光手段における焦点位置の調節の容易化と温度変化に対する許容度を高めるためには、集光手段を2つに分離し、反射部材の薄板側とレーザ発光手段側の両方にそれぞれ分割して集光手段を配置することもできる。

この場合、集光機能は、もっぱら反射部材の薄板側に配置した集光手段が担い、反射部材のレーザ発光手段側に配置した集光手段により焦点位置を調節することにより、焦点位置の調節が容易なレーザ加工装置を構成することができる。

【0057】

本発明のレーザ加工装置に用いるレーザ発光手段としては、各種の工業用レーザ発光装置を用いることができ、具体的には、KrF、ArF、XeCl、XeF各エキシマレーザ、Nd-YAGレーザ、CO₂レーザ、COレーザ、窒素レーザ、固体レーザ、ルビーレーザ、半導体レーザ、チューナブルダイオードレーザ等を用いることができる。

レーザ発光手段は、レーザ加工に用いるパルス光としてパルス光を射出する。

このパルス光は、薄板の物性に応じて、貫通孔の形成加工が1回のパルス照射で実現するよう、パルスの強度(高さ)とパルスの持続時間(幅)を設定する。

10

20

30

40

50

レーザー発光手段から発光するパルス光のパルス周期は、100kHz以上120kHz以下に設定することができるがこれに限られない。

また、パルス幅は1ナノ秒以上100ナノ秒以下に設定することができるが、これに限られない。一般に、パルス幅が小さいほど、薄板に熱の影響が出にくく好適である。

【0058】

レーザー発光手段が射出するパルスの周期は、薄板移送手段における移送速度とモータの回転周期とともに、薄板における貫通孔の位置、パターンに重大な影響を与えるため、パルス光の発光周期を一定に保ち、あるいは、可変として適切に設定するための調節手段を設けていることが好ましい。

パルス光の発光タイミングは、モータの回転と同期していることが好ましい。円筒体内に導入されたパルス光の進行方向は、反射部材に反射されて円筒体の半径方向に向かうが、パルス光が開口部を通るタイミングにおいてのみ発せられるよう、モータの回転に同期して発光休止期が設定されるよう、レーザー発光手段が制御されていることが好ましい。パルス光が開口部から円筒体の外に射出されないタイミングでパルス光が発射されると、円筒体の内面をパルス光が照射することで装置が損耗するとともに、無駄な電力を消費する恐れがあるためである。

【0059】

回転軸を基準としてパルス光が薄板を照射する角度範囲は、集光されたパルス光が開口部から円筒体の外部に射出される角度範囲以上としないことが望ましい。

したがって、中心軸を基準とする開口部の開口角を、回転軸を基準とするパルス光の照射角を

という関係を有していることが好ましい。

【0060】

本発明のレーザー加工装置においては、パルス光の経路上に各種のビームエキスパンダを配置することができる。

パルス光の経路内にビームエキスパンダを配置し、レーザービーム径を拡大して集光手段に入射することにより、加工対象の薄板上で集光する場合のビームスポット径を小さくすることで高いパワー密度を得ることができるため、熱影響の少ない微細なレーザー加工を行うことができ好適である。

【0061】

本発明のレーザー加工装置を用いるレーザー加工は、可撓性を有する長尺の薄板であれば好適に適用することができるが、金属薄膜、樹脂シートのほか、複合材料として可撓性を有する金属酸化物含有薄膜その他の複合材料に対する加工ができる。

例えば、金属材料としては、銅、アルミニウム、ニッケル、各種ステンレス鋼を上げることができ、樹脂材料としては、ポリチオフェン系、ポリアセチレン系、ポリアニリン系、ポリピロール系等の各種導電性プラスチック、PPSU、PSU、PAR、PEI、PEEK、PPS、PES、PAI、LCP、PTFE、PCTFE、PVDF、PC、m-PPE、PA6、PA66、POM、PET、PBT、U-PE等のエンジニアリングプラスチック、PVC、PS、ABS、AS、PMMA、PE、PP等の汎用プラスチックをあげることができる。

【0062】

薄板の幅は、円筒体に巻回することができる範囲で任意に設定できるが、一般的に140mm以上とすると作業効率が高く好適である。

【実施例1】

【0063】

以下に、本発明の第1実施例に係るレーザー加工装置について、レーザー加工方法およびレーザー加工された長尺薄板材と併せて、図1ないし図6に基づいて説明する。

ここで、図1は、本発明の第1実施例に係るレーザー加工装置の概略図であり、図2は、本発明の第1実施例に係る円筒体と薄板との関係を示す図であり、図3は、本発明の第1

10

20

30

40

50

実施例に係る円筒体の外観を示す図であり、図4は、本発明の第1実施例に係る円筒体の開口部の構成を示す図であり、図5は、本発明の第1実施例に係る反射部材の配置を示す図であり、図6は、本発明の第1実施例に係るレーザー加工装置のパルス光の経路と照射範囲を示す図である。

【0064】

本実施例のレーザー加工装置100で長尺の金属製、例えば、銅製の薄板TFを加工する場合には、図1に示すように、送出しリール121に巻かれている薄板TFを引き出して円筒体111に対し斜めに巻回した後、巻取りリール122で薄板TFを長手方向に一定の移送速度で巻き取るように薄板移送手段120を配置する。

本実施例においては、中心軸113と送出し軸121aとのなす偏移角は $\theta/4$ (rad)とする。このとき、巻取りリール122の巻取り軸122aと中心軸113とのなす角度も $\theta/4$ にしている。

10

【0065】

なお、レーザー発光手段160とビームエキスパンダ170は、その光軸が中心軸113と同軸となるように配置されている。

【0066】

図2に示すように、円筒体111のうち、加工対象の薄板TFを巻回する円周面は円柱の外表面の形状をしているため、円筒体111に密着している薄板TFは、少なくとも円筒体111に接している部分において円筒形状となっている。

本実施例では、巻回する角度を約 θ (rad)としているので、これに対応して θ (rad)分以上の円周部が形成されている。

20

【0067】

図2および図3に示すように、本実施例の円筒体111は、同一の径寸法を有する円筒形の左ドラム111Lおよび右ドラム111Rを接合して構成している。この結果、円筒体111は全体として長い中空の円筒形の外観を有している。

左ドラム111Lと右ドラム111Rとが接合されている部分の手前側には、円周方向に沿って長いスリット状の開口部112が形成されており、薄板TFは、開口部112を覆うように円筒体111に巻回されている。

【0068】

本実施例の円筒体111においては、パルス光LPの光軸が円筒体111の中心軸113と同軸になるように円筒体111内に入射するため、右ドラム111Rの右側の端面中央にパルス光LPの入射窓が形成されている。

30

【0069】

図4に示すように、円筒体111を構成している左ドラム111Lは、右ドラム111Rと接合する部位に開口部112が形成される形状となっている。

開口部112は、円筒体111の手前側において、円周方向に細長いスリット状に形成されており、中心軸113を基準とする開口部112の開口角 α が、約 θ (rad)となるように構成されている。

反射部材140は、オプティカルベース180に固定されており、反射部材140に入射したパルス光LPは、反射部材140により反射され、進行方向を直角に曲げて、すなわち、反射部材140を経由して、円筒体111の半径方向に進行し、開口部112から円筒体111の外に射出する。

40

このスリット状の開口部112から射出されたパルス光LPが、円筒体111に沿って円筒状になっている薄板TFを照射し、加工することとなる。

【0070】

図5に示すように、円筒体111を構成している左ドラム111Lには、モータ130が固定手段141により固定されている。

固定手段141は、調節ねじ142を備えており、調節ねじ142を回転させることで回転軸130aの向きを微調節し、円筒体111の中心軸113と同軸上にモータ130の回転軸130aを配置することができる。

50

【 0 0 7 1 】

図 6 に示すように、反射部材 1 4 0 は、オプティカルベース 1 8 0 に固定され、オプティカルベース 1 8 0 は、モータ 1 3 0 の回転軸棒 1 3 1 に連結し、回転自在に配置されている。

レーザ発光手段 1 6 0 から発射されたパルス光 L P は、ビームエキスパンダ 1 7 0 を通過することによりビーム径が拡大された後に反射部材 1 4 0 に入射する。

反射部材 1 4 0 により反射された後のパルス光 L P は、反射部材 1 4 0 と薄板 T F の間に配置されている集光手段 1 5 0 により薄板 T F 上で集光される。

【 0 0 7 2 】

反射部材 1 4 0 は、オプティカルベース 1 8 0 を介してモータ 1 3 0 の回転軸棒 1 3 1 に連結し、回転自在に配置されているため、反射部材 1 4 0 の回転に応じて、反射部材 1 4 0 により反射された後のパルス光 L P の射出方向 1 4 0 a は、円筒体 1 1 1 の中心軸 1 1 3 に垂直な面内において変化し、回転軸 1 3 0 a を基準とするパルス光 L P の照射角の範囲でスキャンするように、開口部 1 1 2 から射出することとなる。

【 0 0 7 3 】

なお、反射部材 1 4 0 の向きによっては、パルス光 L P の射出する方向が、回転軸 1 3 0 a を基準とするパルス光 L P の照射角の範囲から外れることとなるが、そのようなタイミングでは、パルス光 L P が射出されないように、発光タイミングについてレーザ発光手段 1 6 0 が制御されている。

【 0 0 7 4 】

本実施例にかかるレーザ加工装置 1 0 0 を用いて長尺で金属製の薄板 T F である銅製の薄板 T F に貫通孔 T H の形成加工をする場合には、まず、開口部 1 1 2 のいずれの位置で貫通孔 T H の形成加工を行う場合にも、パルス光 L P が薄板 T F 上の所望の位置で集光するよう、調節ねじ 1 4 2 および集光手段 1 5 0 を調節した後、モータ 1 3 0 を回転させて、反射部材 1 4 0 としての直角プリズムを回転させる。

【 0 0 7 5 】

次に、送出しリール 1 2 1 に巻かれている銅製の薄板 T F を引き出し、円筒体 1 1 1 に対して斜めに、かつ開口部 1 1 2 を覆うように巻回させ、さらに巻取りリール 1 2 2 に巻き、送り速度がたとえば 1 m / 分となるように送出しリール 1 2 1 および巻取りリール 1 2 2 の回転周期を制御して回転させる。

【 0 0 7 6 】

レーザ発光手段 1 6 0 から、1 回のパルス照射で薄板 T F に貫通孔 T H が開口するよう、たとえば、発光周期 1 1 1 k H z、パルス幅 1 0 n s e c のパルス光を発光し、ビームエキスパンダ 1 7 0 を介して、円筒体 1 1 1 の右端面の入射窓から入射し、反射部材 1 4 0 を照射する。

【 0 0 7 7 】

このとき、モータ 1 3 0 の回転に同期してレーザ発光手段 1 6 0 を制御し、パルス光 L P が、反射部材 1 4 0 により反射されて開口部 1 1 2 を通るタイミングにおいてのみ発するように発光休止期を設定している。

【 0 0 7 8 】

モータ 1 3 0 の回転周期、薄板 T F の送り速度、パルス光 L P の設定を適宜調節、制御することにより、モータ 1 3 0 が一回転する間に薄板 T F に対し斜め一列に、例えば、1 4 0 μ m ピッチで 1 0 0 0 個の貫通孔 T H を連続して連続して開孔させるとともに、薄板 T F を移送しながら、貫通孔 T H の列を同じ向きに複数回繰り返して形成することにより、貫通孔 T H の形成パターンが等間隔のマトリクス状に配列している多孔質性の銅製の薄板 T F を得ることができる。

【 0 0 7 9 】

以上説明したように、本実施例のレーザ加工装置 1 0 0 によれば、薄板 T F に対し形状と配列が均一でバリの発生が抑制された多数の微小な貫通孔 T H を連続して開孔させるとともに、加工の作業効率を著しく向上させた高精度のレーザ加工を行うことができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 0 】

また、本実施例のレーザ加工方法によれば、薄板 T F 対し形状と配列が均一でバリの発生が抑制された多数の微小な貫通孔 T H を連続して開孔させるとともに、加工の作業効率を著しく向上させた高精度のレーザ加工であって、装置の損耗が抑えられた低コストのレーザ加工を行うことができる。

【 0 0 8 1 】

さらに、本実施例の薄板 T F は、形状と配列が均一な多数の微小な貫通孔 T H が形成された薄板 T F であって、強度と導電性に優れた銅製の薄板 T F とすることができる。

【実施例 2】

【 0 0 8 2 】

次に、本発明の第 2 実施例であるレーザ加工装置について、レーザ加工方法およびレーザ加工された長尺薄板材と併せて、図 7 ないし図 1 0 に基づいて説明する。

ここで、図 7 は、本発明の第 2 実施例に係る円筒体と薄板との関係を示す図であり、図 8 は、本発明の第 2 実施例に係る円筒体の外観を示す図であり、図 9 は、本発明の第 2 実施例に係る円筒体の開口部の構成を示す図であり、図 1 0 は、本発明の第 2 実施例に係る円筒体の開口部の他の構成を示す図である。

なお、本発明の第 2 実施例に係るスリットアタッチメント 2 1 4、内部スリット 2 1 5、ドラム接合ボルト 2 1 6、ドラム接合ピン 2 1 7 および点検窓 2 1 8 以外の装置構成については、上述した第 1 実施例であるレーザ加工装置 1 0 0 における同一の部材に付した 1 0 0 番台の符号を 2 0 0 番台の符号に読み換えることにより、その重複する説明および図示を省略する。

【 0 0 8 3 】

本実施例のレーザ加工装置 2 0 0 で長尺の金属製、例えば、銅製の薄板 T F を加工する場合には、図 7 に示すように、不図示の送出しリール 2 2 1 に巻かれている薄板 T F を引き出して円筒体 2 1 1 に対し斜めに巻回した後、円筒体 2 1 1 に対し送出しリール 2 2 1 とは逆側に配置した不図示の巻取りリール 2 2 2 で薄板 T F を長手方向に一定の移送速度で巻き取る。

【 0 0 8 4 】

本実施例においては、中心軸 2 1 3 と送出し軸 2 2 1 a とのなす偏移角 θ は第 1 実施例と同様に $\theta = \pi / 4$ (rad) とするが、巻取りリール 2 2 2 の巻取り軸 2 2 2 a と中心軸 2 1 3 とのなす角度は $\theta = \pi / 4 = 3 \pi / 4$ にしている。すなわち、送出し軸 2 2 1 a と巻取り軸 2 2 2 a とが平行となるように配置してある。

【 0 0 8 5 】

図 8 に示すように、円筒体 2 1 1 のうち、加工対象の薄板 T F を巻回する円周面は円柱の外表面の形状をしているため、円筒体 2 1 1 に密着している薄板 T F は、少なくとも円筒体 2 1 1 に接している部分において円筒形状となっている。

本実施例では、巻回する角度を約 2π (rad) としているため、これに対応して 2π (rad) 分の円周部を形成している結果、外観が略円筒形状になっている。

【 0 0 8 6 】

図 8 に示すように、本実施例の円筒体 2 1 1 は、同一の径寸法を有する円筒形の左ドラム 2 1 1 L および右ドラム 2 1 1 R を接合して構成している。この結果、円筒体 2 1 1 は全体として長い中空の円筒形の外観を有している。

【 0 0 8 7 】

左ドラム 2 1 1 L と右ドラム 2 1 1 R とが接合されている部分は、円周方向に沿って長いスリット状の開口部 2 1 2 となっており、薄板 T F は、開口部 2 1 2 を覆うように円筒体 2 1 1 に巻回されている。

【 0 0 8 8 】

また、本実施例の右ドラム 2 1 1 R の円筒面のうち、薄板 T F が巻回されて密着する部分以外の部分に、点検窓 2 1 8 が設けられている。この点検窓 2 1 8 を介して、円筒体 2 1 1 の内部にアクセスできるため、加工中の薄板 T F を円筒体 2 1 1 に巻回した状態で光

10

20

30

40

50

学系等の調整を行うことができる。

【0089】

図8に示すように、円筒体211を構成している左ドラム211Lと右ドラム211Rとが接合する部位が全周にわたり開口部212となっている。

開口部212は、円筒体211の円周面に沿って、円周方向に一周するスリット状に形成されている。すなわち、本実施例においては、中心軸213を基準とする開口部212の開口角が 2 (rad)となっている。

【0090】

図9に示すように、90度反射ミラーからなる反射部材240は、オプティカルベース280に固定されており、反射部材240に入射したパルス光LPは、反射部材240により反射され、進行方向を直角に曲げて、すなわち、反射部材240を經由して、円筒体211の半径方向に進行し、開口部212から円筒体211の外に射出する。

10

【0091】

このスリット状の開口部212から開口角 2 にわたって、すなわち全周方向に射出されたパルス光LPが、円筒体211に沿って円筒状になっている薄板TFを照射し、加工することとなる。

【0092】

本実施例では、円筒体211内に入射されたパルス光LPは、集光レンズアセンブリからなる集光手段250を透過することにより集光が始まり、集光手段250を透過した後に反射部材240に入射し、反射部材240により反射された後のパルス光LPは、薄板TF上で集光される。

20

【0093】

反射部材240は、オプティカルベース280に固定され、オプティカルベース280を介して不図示のモータ230の回転軸棒231に連結し、回転自在に配置されているため、反射部材240の回転に応じて、反射部材240により反射された後のパルス光LPの射出方向は、円筒体211の中心軸213に垂直な面内において変化し、回転軸230aを基準とするパルス光LPの照射角が 2 となるように全周にわたってスキャンし、開口部212から射出することとなる。

【0094】

本実施例においては、左ドラム211Lと右ドラム211Rとの接合の態様として、左ドラム211Lの開口部212の内側に、右ドラム211Rと接合するためのスリットアタッチメント214が固定されている。スリットアタッチメント214は、断面長方形の2つのリングがそれぞれ円弧状に屈曲し、上端部どうし、下端部どうしが結合して全体としてリング状の形状を形成しているため、円弧状の細長い内部スリット215が同一円周上に二つ形成されている。

30

また、スリットアタッチメント214の側面のうち、内部スリット215が形成されていない上下2か所の位置に対応する部位に、それぞれ対になったドラム接合ボルト216が締結できるように構成されており、左ドラム211Lと右ドラム211Rとを開口部212で対向配置した後、点検窓218からドラム接合ボルト216により、左ドラム211Lと右ドラム211Rとを接合することができる。

40

【0095】

なお、スリットアタッチメント214の内部スリット215の数および位置とドラム接合ボルト216の数および位置は、加工の態様と目的に応じて適宜設定することができる。

【0096】

本実施例は以上の構成であるため、反射部材240により反射された後のパルス光LPは、まず内部スリット215内を通過し、しかる後に開口部212から円筒体211の外に射出されて薄板TFを加工することとなる。

【0097】

本実施例においては、パルス光LPが全周にわたり加工に利用できるため、第1実施例

50

に比較してさらに効率よく貫通孔 T H の形成加工を行うことができる。

ところで、回転する反射部材 2 4 0 の向きによっては、パルス光 L P の射出する方向が、内部スリット 2 1 5 から外れてスリットアタッチメント 2 1 4 を照射する位置関係となる部位が上下 2 か所存在するが、照射方向がこの位置と一致するタイミングでは、パルス光 L P が射出されないように、発光のタイミングについてレーザ発光手段が制御されている。

【 0 0 9 8 】

本実施例にかかるレーザ加工装置 2 0 0 を用いて長尺で金属製の薄板 T F である銅製の薄板 T F に貫通孔 T H の形成加工をする場合には、まず、開口部 2 1 2 のいずれの位置で貫通孔 T H の形成加工を行う場合にも、パルス光 L P が薄板 T F 上の所望の位置で集光するよう、集光手段 2 5 0 を調節した後、不図示のモータ 2 3 0 を回転させて、反射部材 2 4 0 を回転させる。

この調整作業は、薄板 T F を円筒体 2 1 1 に巻回したまま、点検窓 2 1 8 から円筒体 2 1 1 内にアクセスすることにより行うことができる。

【 0 0 9 9 】

次に、不図示の送出しリール 2 2 1 に巻かれている銅製の薄板 T F を引き出し、円筒体 2 1 1 に対して斜めに、かつ開口部 2 1 2 を覆うように全周、すなわち 2π (rad) にわたり巻回させ、さらに不図示の巻取りリール 2 2 2 に巻き、送り速度がたとえば 1 m / 分となるように送出しリール 2 2 1 および巻取りリール 2 2 2 の回転周期を制御して回転させる。

【 0 1 0 0 】

不図示のレーザ発光手段 2 6 0 から、1 回のパルス照射で薄板 T F に貫通孔 T H が開口するよう、たとえば、発光周期 1 1 1 k H z 、パルス幅 1 0 n s e c のパルス光 L P を発光し、不図示のビームエキスパンダ 2 7 0 を介して、円筒体 2 1 1 の右端面の入射窓から入射し、集光手段 2 5 0 を透過した後反射部材 2 4 0 を照射する。

【 0 1 0 1 】

このとき、モータ 2 3 0 の回転に同期してレーザ発光手段 2 6 0 を制御し、パルス光 L P が 2 5 0 反射部材 2 4 0 により反射されて内部スリット 2 1 5 を通るタイミングにおいてのみ発するように、発光休止期を設定している。

【 0 1 0 2 】

モータ 2 3 0 の回転周期、薄板 T F の送り速度、パルス光 L P の設定を適宜調節、制御することにより、モータ 2 3 0 の一回転に対応する時間のほぼすべてにわたり、薄板 T F に対し斜め一列に、例えば、1 4 0 μ m ピッチで 1 0 0 0 個の貫通孔 T H を連続して連続して開孔させるとともに、薄板 T F を移送しながら、貫通孔 T H の列を同じ向きに複数回繰り返して形成することにより、貫通孔 T H の形成パターンが等間隔のマトリクス状に配列している多孔質性の銅製の薄板 T F を、第 1 実施例よりもさらに高効率で得ることができる。

ただし、パルス光 L P の発光は、内部スリット 2 1 5 との位置関係に基づき発光休止期が設定されているため、薄板 T F のうち発光休止期に開口部 2 1 2 を通過する部分には貫通孔 T H が形成されない。このため、薄板 T F 上に形成されるマトリクス状の貫通孔 T H の分布領域には、貫通孔 T H が形成されない部位が帯状に現れることとなる。

【 0 1 0 3 】

また、図 1 0 に示すように、本実施例に係る左ドラム 2 1 1 L と右ドラム 2 1 1 R とを接合する部分の他の態様として、スリットアタッチメント 2 1 4 を用いることなく、より簡便にドラム接合ピン 2 1 7 を用いて接合の位置決めをすることができる。

図 1 0 においては、2 対のドラム接合ピン 2 1 7 がそれぞれ上下 2 か所に配置してあるが、ドラム接合ピン 2 1 7 の数および位置は、加工の態様と目的に応じて適宜設定することができる。

【 0 1 0 4 】

ドラム接合ピン 2 1 7 を用いて左ドラム 2 1 1 L と右ドラム 2 1 1 R とを接合する場合

10

20

30

40

50

には、パルス光LPの射出する方向が、ドラム接合ピン217を照射する位置関係になるタイミングではパルス光LPが射出されないように、発光のタイミングについてレーザ発光手段260を制御してもよい。

このような制御を伴って薄板TF上に貫通孔THを形成する場合には、薄板TF上に形成されるマトリクス状の貫通孔THの分布領域には、貫通孔THが形成されない部位が帯状に現れることとなる。

【0105】

以上説明したように、本実施例のレーザ加工装置200によれば、薄板TFに対し形状と配列が均一でバリの発生が抑制された多数の微小な貫通孔THを連続して開孔させるとともに、第1実施例と比較して加工の作業効率をさらに向上させた高精度のレーザ加工を行うことができる。

10

【0106】

また、本実施例のレーザ加工方法によれば、薄板TFに対し形状と配列が均一でバリの発生が抑制された多数の微小な貫通孔THを連続して開孔させるとともに、第1実施例と比較して加工の作業効率をさらに向上させた高精度のレーザ加工であって、装置の損耗が抑えられた低コストのレーザ加工を行うことができる。

【0107】

さらに、本実施例の薄板TFは、形状と配列が均一な多数の微小な貫通孔THが形成された薄板TFであって、強度と導電性に優れた銅製の薄板TFとすることができる。

20

【符号の説明】

【0108】

- 100、200レーザ加工装置
- 111、211円筒体
- 111L、211L左ドラム
- 111R、211R右ドラム
- 112、212開口部
- 113、213中心軸
- 120、220薄板移送手段
- 121、221送出しリール
- 121a、221a送出し軸
- 122、212巻取りリール
- 122a、212a巻取り軸
- 130、230モータ
- 130a、230a回転軸
- 131、231回転軸棒
- 140、240反射部材
- 140a、240a射出方向
- 141、241モータ固定具
- 142、242調節ねじ
- 150、250集光手段
- 160、260レーザ発光手段
- 170、270ビームエキスパンダ
- 180、280オプティカルベース
- 214スリットアタッチメント
- 215内部スリット
- 216ドラム接合ボルト
- 217ドラム接合ピン
- 218点検窓
- TF薄板
- LPパルス光

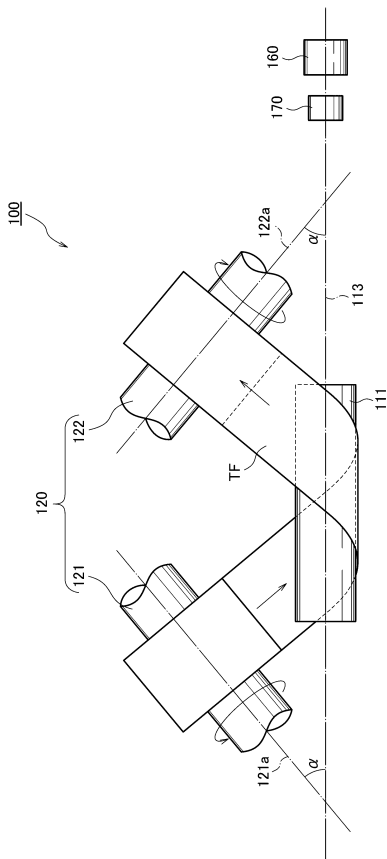
30

40

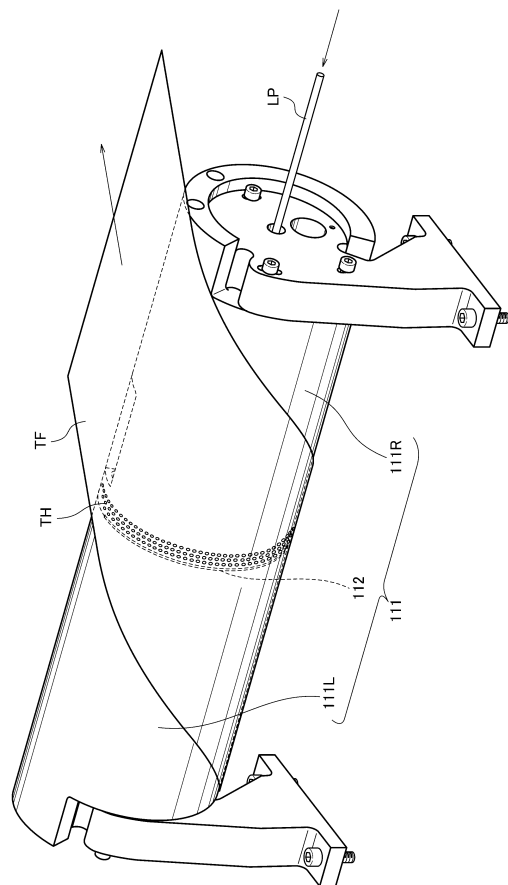
50

T H 貫通孔
. 偏移角
. 開口角
. 照射角

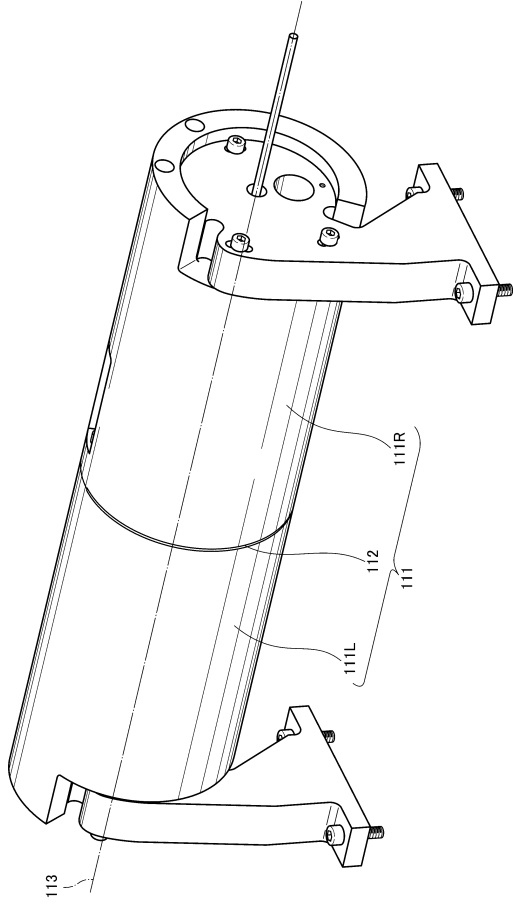
【 図 1 】



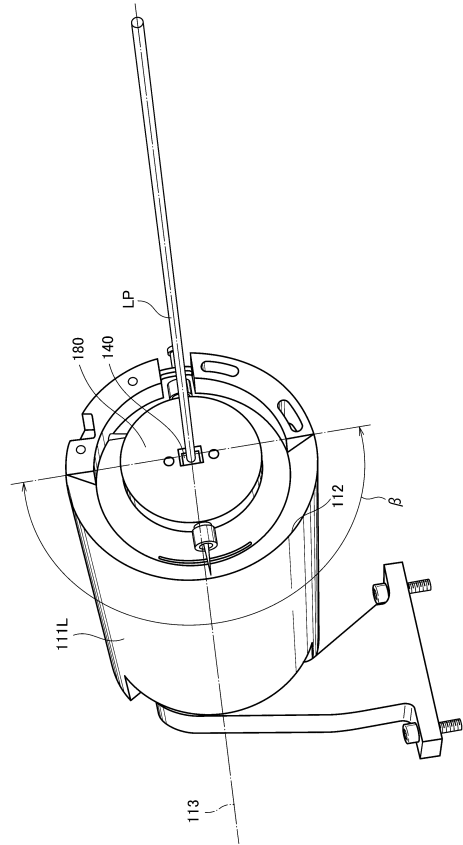
【 図 2 】



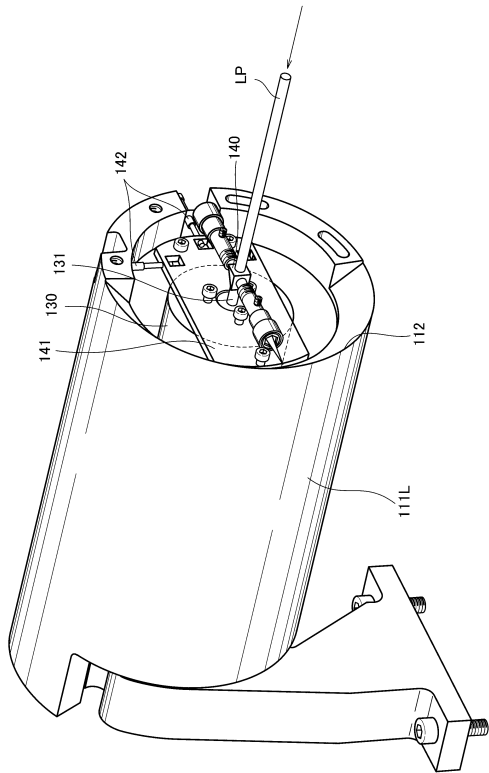
【図3】



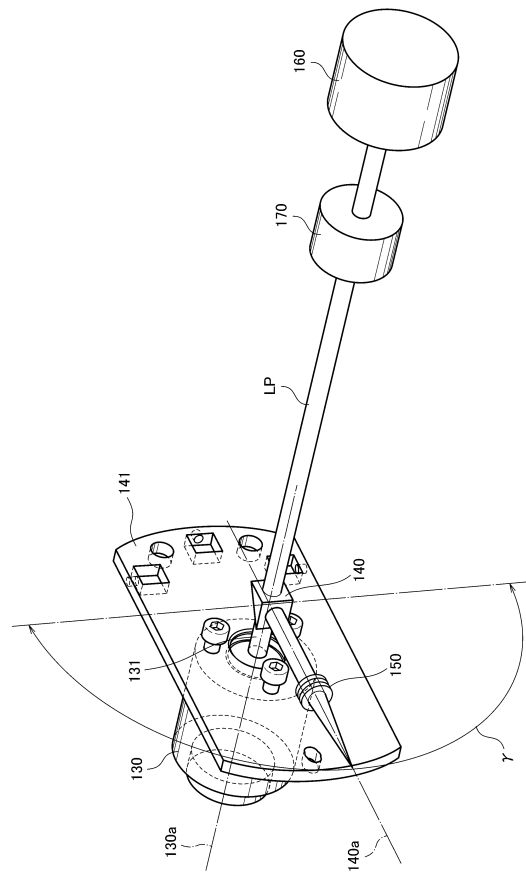
【図4】



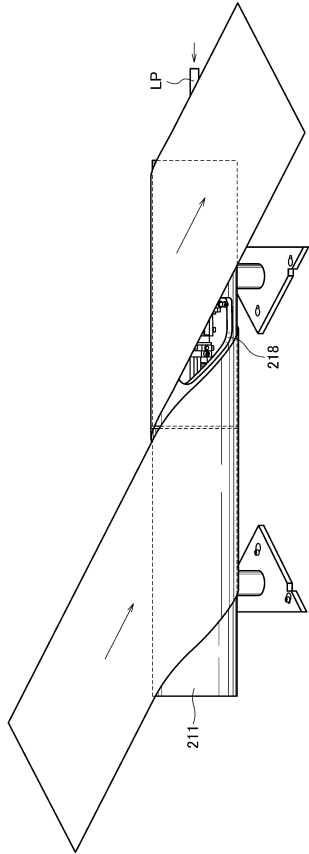
【図5】



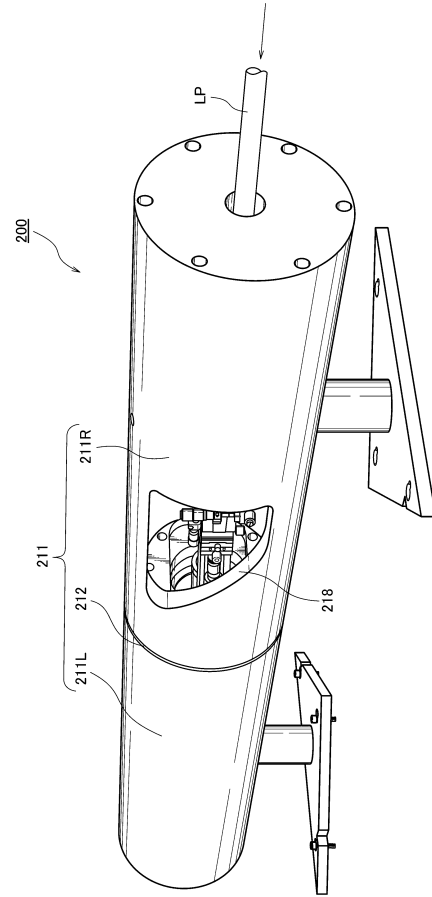
【図6】



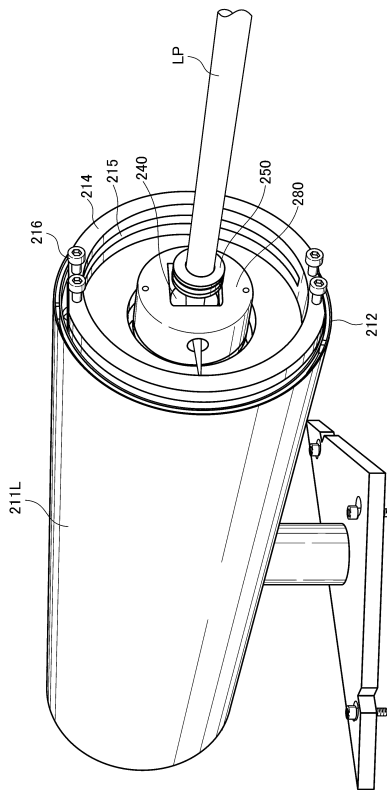
【図 7】



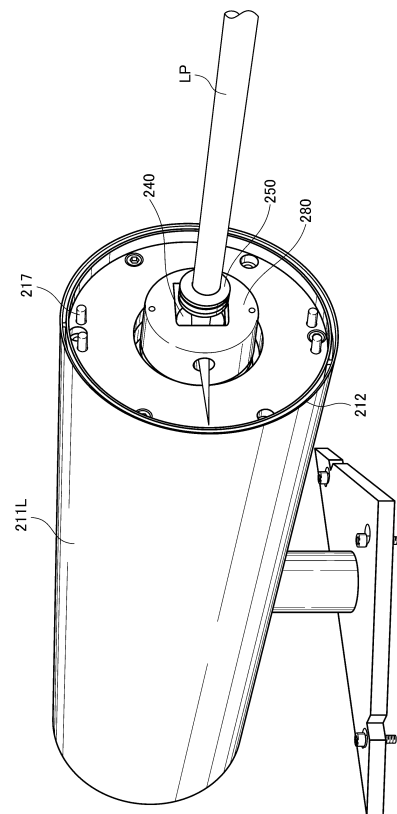
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

審査官 黒石 孝志

- (56)参考文献 特開昭59-42194(JP,A)
特開平6-31473(JP,A)
特開平5-228669(JP,A)
特開2008-12916(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23K 26/00 - 26/70