(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6048255号
(P6048255)
(45)発行日　平成28年12月21日(2016.12.21)　(24)登録日　平成28年12月2日(2016.12.2)

(51)Int.Cl.		F I		
B23K 26/042	(2014.01)	B23K	26/042	
B23K 26/00	(2014.01)	B23K	26/00	M
B23K 26/36	(2014.01)	B23K	26/00	N
		B23K	26/36	

請求項の数 10　(全 20 頁)

(21)出願番号　特願2013-60353(P2013-60353)
(22)出願日　平成25年3月22日(2013.3.22)
(65)公開番号　特開2014-184456(P2014-184456A)
(43)公開日　平成26年10月2日(2014.10.2)
審査請求日　平成28年1月8日(2016.1.8)

(73)特許権者　000002945
オムロン株式会社
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地
(74)代理人　100082131
弁理士　稲本　義雄
(74)代理人　100121131
弁理士　西川　孝
(72)発明者　戸川　拓哉
京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地　オムロン株式会社内
(72)発明者　長野　強
京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地　オムロン株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】レーザ加工装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

レーザ光を発生するレーザ光源と、

前記レーザ光源により発生されたレーザ光を加工対象物に対して集光させる集光レンズと、

前記集光レンズを前記レーザ光の光軸に対して直交する面内であって、前記加工対象物から所定の距離の面内を、前記光軸から所定のシフト量までの範囲内で集光レンズをシフトさせるように駆動する集光レンズ駆動部とを備え、

前記所定のシフト量は、前記光軸から前記所定のシフト量にだけシフトさせたときにおける前記加工対象物上のレーザ光の光学歪みが、前記集光レンズによる前記レーザ光の焦点位置より前記集光レンズに近い位置で、かつ、前記集光レンズの中心位置が前記レーザ光の中心であるときの前記レーザ光により前記加工対象物を加工可能な限界の距離におけるレーザ光の光学歪みと略同一となるように設定される

レーザ加工装置。

【請求項２】

前記集光レンズ駆動部を制御する制御部をさらに含み、

前記制御部は、前記集光レンズを用いた光学系の光学計算によるスポットダイアグラムを利用して、前記所定の距離、および前記所定のシフト量を設定する

請求項１に記載のレーザ加工装置。

【請求項３】

前記レーザ光源は、波長が1.9μmより長く、3.0μmよりも短いレーザ光を発生する
請求項１に記載のレーザ加工装置。
【請求項４】
前記レーザ光源により発生される前記レーザ光は、Er:YAGレーザ光、Cr,Tm,Ho:YAGレーザ光、およびTmファイバレーザ光を含む
請求項３に記載のレーザ加工装置。
【請求項５】
前記加工対象物は、第１の融点の第１物質の上に、前記第１の融点よりも低い熱分解点の第２物質が付加されたものである
請求項１に記載のレーザ加工装置。
【請求項６】
前記加工対象物は、導電体である金属を含む第１物質が、樹脂からなる第２物質により被覆された電線である
請求項５に記載のレーザ加工装置。
【請求項７】
前記導電体である金属を含む第１物質は、アルミニウム、スズメッキ、およびニッケルメッキを含む導電体であり、
前記樹脂からなる第２物質は、ポリアミド、ポリウレタン、ポリエステル、およびフェノール樹脂を含む
請求項６に記載のレーザ加工装置。
【請求項８】
前記集光レンズ駆動部は、
前記レーザ光の光軸に対して直交する面内で、前記集光レンズを第１の方向にシフトさせる第１ステージと、
前記第１の方向と平行ではない第２の方向にシフトさせる第２ステージとを含む
請求項１に記載のレーザ加工装置。
【請求項９】
前記集光レンズ駆動部は、
前記レーザ光の光軸に対して直交する面内で、前記集光レンズを、前記集光レンズの中心と異なる位置を中心として回転させる回転ステージを含む
請求項１に記載のレーザ加工装置。
【請求項１０】
前記集光レンズ駆動部は、
前記レーザ光の光軸に対して直交する面内で、前記集光レンズを載せて回転する回転ステージと、
前記回転ステージに当接して回転するカムと、
前記回転ステージを前記カムに当接するように押圧する押圧部とを含む
請求項１に記載のレーザ加工装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本技術は、レーザ加工装置に関し、特に、低コストの光学系によりビームスポットを走査しながらレーザ加工できるようにしたレーザ加工装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
モバイル機器などの小型化、高密度実装化に伴い内蔵する電子部品も微小化しているため、導電体（金属）上にある被膜樹脂（絶縁被膜）も細線化や薄厚化しており、局所的に高品質に除去する加工が従来工法では困難となっている。
【０００３】
従来の機械的な剥き取り工法では、導電体の傷つきや確実に被膜樹脂（絶縁被膜）のみ

を決められた位置で剥離することができないため、レーザ加工が有望とされている。
【０００４】
レーザ加工においては、加工対象物の表面（主に平面）上をレーザ光のビームスポットを走査することで、任意の位置の被膜樹脂を剥離することができる。このレーザ光のビームスポットを走査する方式としては、一般に、ガルバノスキャナを用いる方式が広く採用されている（特許文献１参照）。
【０００５】
このガルバノスキャナを用いる方式では、コンピュータと連動して、広範囲の面上に自由な走査を高速に精度よく行うことができる。このガルバノスキャナを用いる方式は、主にレーザマーカや、レーザパターニングなどに使用されている。
【０００６】
さらに、ガルバノスキャナを利用した、加工対象物のＸＹ平面の一定範囲のエリアに決まった集光径のビームスポットを保ちながら走査する方式としては、使用するレンズにより大きく２方式がある。
【０００７】
１つはＦθレンズを集光に使う方式であり、もう１つは通常の球面レンズを集光に用いて、別の球面レンズをＺ軸制御に用いて、集光点の位置を補正する方式である。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００８】
【特許文献１】特開２０１２－６４０号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００９】
しかしながら、一般的な工業用レーザであるNd:YAG（1μm帯）レーザや、CO2（1μm帯）レーザなどを使用すると、樹脂周辺部や金属表面への劣化を伴うことがある。
【００１０】
また、一般的な工業用レーザであるNd:YAG（1μm帯）レーザや、CO2（1μm帯）レーザは、樹脂材に対しては、非常に吸収率が高く、非熱加工により加工部周辺への影響が少ない紫外線レーザが加工品質としては最適ではあるが、加工部品の付加価値に対して、光源の初期コスト、ランニングコストが高価すぎるため、本目的の用途には適さない。
【００１１】
さらに、要求されるレーザ加工は、比較的精度が不要（加工エッジがシャープである必要がない熱加工）であるにも関わらず、例えば、数mm程度の小型部品の中で数点照射するような場合において、特許文献１で使用されるＦθレンズやガルバノスキャナ等を用いた手法は、過剰な仕様であり、高コストな方式となる。
【００１２】
また、要求されるレーザ加工に適したレーザ波長が、例えば産業用途にて一般的な1.06μm付近（Nd:YAGレーザ等）やその高調波（２次、３次、４次）、10.6μm（CO2レーザ等）であれば、その波長で設計されたＦθレンズを使用することができ、光学仕様のバリエーションも豊富にある。
【００１３】
しかしながら、一般的でない波長の場合は、新規にＦθレンズの設計が必要であり高コストとなる。
【００１４】
さらに、通常の球面レンズを集光に用いて、別の球面レンズをＺ軸制御に用いて、集光点の位置を補正する方式であれば、一般的な球面レンズを使用することはできるが３軸の制御が必要でありその分高コストとなる。
【００１５】
本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、特に、低コストの光学系により

ビーム走査によるレーザ加工を実現できるようにするものである。

【課題を解決するための手段】

【００１６】

本発明の一側面のレーザ加工装置は、レーザ光を発生するレーザ光源と、前記レーザ光源により発生されたレーザ光を加工対象物に対して集光させる集光レンズと、前記集光レンズを前記レーザ光の光軸に対して直交する面内であって、前記加工対象物から所定の距離の面内を、前記光軸から所定のシフト量までの範囲内で集光レンズをシフトさせるように駆動する集光レンズ駆動部とを備え、前記所定のシフト量は、前記光軸から前記所定のシフト量にだけシフトさせたときにおける前記加工対象物上のレーザ光の光学歪みが、前記集光レンズによる前記レーザ光の焦点位置より前記集光レンズに近い位置で、かつ、前記集光レンズの中心位置が前記レーザ光の中心であるときの前記レーザ光により前記加工対象物を加工可能な限界の距離におけるレーザ光の光学歪みと略同一となるように設定される。

【００１７】

これにより、レーザ光の集光精度（＝照射強度）に対して要求される加工品質の許容範囲が比較的広い用途のレーザ加工であって、かつ、集光レンズの中心軸近傍の任意の数箇所の位置にレーザ照射を行う加工装置において、加工対象物に対するビームスポットの走査を低コストの光学系の構成により実現することが可能となる。

【００１８】

前記集光レンズ駆動部を制御する制御部をさらに含ませるようにすることができ、前記制御部には、前記集光レンズを用いた光学系の光学計算によるスポットダイアグラムを利用して、前記所定の距離、および前記所定のシフト量を設定させるようにすることができる。

【００１９】

これにより、集光レンズを、加工対象物から所定の距離であって、前記レーザ光の光軸に対して直交する面内において、前記光軸から前記所定のシフト量までの距離の範囲でシフトさせることで、加工位置となるレーザスポットを走査することが可能となり、加工対象物の位置を変えることなく、複数の加工位置で加工を施すことが可能となる。

【００２０】

前記レーザ光源には、波長が1.9μmより長く、3.0μmよりも短いレーザ光を発生させるようにすることができる。

【００２１】

前記レーザ光の波長は、第１の融点の第１の物質に対して吸収率が低く、前記第１の融点よりも低い第２の熱分解点の第２物質に対して吸収率が高い特性を有しており、この両物質に対する吸収率の特性が前記波長が1.9μmより長く、3.0μmよりも短い範囲以外の波長と比較して相対的に大きい波長として選択される。これにより、加工対象物を構成する第１物質を傷つけることなく、第１物質を被覆している第２物質を除去することが可能となる。

【００２２】

前記レーザ光源により発生される前記レーザ光には、Er:YAGレーザ光、Cr,Tm,Ho:YAGレーザ光、およびTmファイバレーザ光を含ませるようにすることができる。

【００２３】

これにより、レーザ光の波長が1.9μmより長く、3.0μmよりも短いレーザ光を発生することが可能となり、結果として、加工対象物を構成する第１物質を傷つけることなく、第１物質を被覆している第２物質を除去することが可能となる。

【００２４】

前記加工対象物は、第１の融点の第１物質の上に、前記第１の融点よりも低い熱分解点の第２物質が付加されたものとすることができる。

【００２５】

前記加工対象物は、導電体である金属を含む第１物質が、樹脂からなる第２物質により

被覆された電線とすることができる。

【００２６】

これにより、加工対象物である電線の導電体である第１物質を傷つけることなく、導電体を被覆している樹脂性の第２物質を除去することが可能となる。

【００２７】

前記導電体である金属を含む第１物質は、アルミニウム、スズメッキ、およびニッケルメッキを含む導電体とすることができ、前記樹脂からなる第２物質は、ポリアミド、ポリウレタン、ポリエステル、およびフェノール樹脂を含むようにすることができる。

【００２８】

これにより、加工対象物を、導電体である第１物質と、その第１の物質を被覆している被覆樹脂である第２物質とからなる電線とすることができ、電線の使用にあたって、導電体である第１物質から、第１物質を被覆樹脂である第２物質を除去して使用することが可能となる。

【００２９】

前記集光レンズ駆動部には、前記レーザ光の光軸に対して直交する面内で、前記集光レンズを第１の方向にシフトさせる第１ステージと、前記第１の方向と平行ではない第２の方向にシフトさせる第２ステージとを含ませるようにすることができる。

【００３０】

これにより、レーザ光の集光精度（＝照射強度）に対して要求される加工品質の許容範囲が広い用途のレーザ加工であって、かつ、集光レンズの中心軸近傍の任意の数箇所の位置にレーザ照射を行う加工において、加工対象物に対して任意の位置にビームスポットを走査させて加工することが可能となる。

【００３１】

前記集光レンズ駆動部には、前記レーザ光の光軸に対して直交する面内で、前記集光レンズを、前記集光レンズの中心と異なる位置を中心として回転させる回転ステージを含ませるようにすることができる。

【００３２】

これにより、レーザ光の集光精度（＝照射強度）に対して要求される加工品質の許容範囲が広い用途のレーザ加工であって、かつ、集光レンズの中心軸近傍の任意の数箇所の位置にレーザ照射を行う加工において、加工対象物に対して所定の位置を中心とした円周上の位置にビームスポットを走査させて加工することが可能となる。

【００３３】

前記集光レンズ駆動部には、前記レーザ光の光軸に対して直交する面内で、前記集光レンズを載せて回転する回転ステージと、前記回転ステージに当接して回転するカムと、前記回転ステージを前記カムに当接するように押圧する押圧部とを含ませるようにすることができる。

【００３４】

これにより、レーザ光の集光精度（＝照射強度）に対して要求される加工品質の許容幅が広い用途のレーザ加工であって、かつ、集光レンズの中心軸近傍の任意の数箇所の位置にレーザ照射を行う加工において、加工対象物に対して、予めカムの形状により設定される位置にビームスポットを走査させて加工することが可能となる。

【００３５】

本発明の一側面においては、レーザ光源によりレーザ光が発生され、集光レンズにより前記レーザ光源により発生されたレーザ光が加工対象物に対して集光され、レンズ駆動部により前記集光レンズが前記レーザ光の軸に対して直交する面内を、前記軸から所定の距離の範囲で駆動され、前記加工対象物は、第１の融点の第１物質の上に、前記第１の融点よりも低い第２の融点の第２物質が付加されたものとされ、前記所定の距離、および前記所定のシフト量は、前記集光レンズを前記加工対象物から前記所定の距離であって、かつ、前記光軸から前記所定のシフト量にだけシフトさせたときにおける前記加工対象物上のレーザ光の光学歪みが、前記集光レンズによる前記レーザ光の焦点位置よりレーザ光源に

近い位置で、かつ、前記集光レンズの中心位置が前記レーザ光の中心であるときの前記レーザ光により前記加工対象物より前記第２物質を除去可能な限界距離におけるレーザ光の光学歪みと略同一となるように設定される。

【発明の効果】

【００３６】

本発明の一側面によれば、レーザビームの集光精度（＝照射強度）に対して要求される加工品質の許容幅が広い用途のレーザ加工であって、かつ、集光レンズの中心軸近傍の任意の数箇所の位置にレーザ照射を行う加工において、加工対象物に対する加工位置に設定されるビームスポットの走査機構を低コストに実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００３７】

【図１】本発明を適用したレーザ加工装置の一実施の形態の構成例を示す図である。

【図２】図１の集光レンズ駆動部の動作を説明する図である。

【図３】コマ収差および像面湾曲を説明する図である。

【図４】従来のビームスポットを走査させるための構成を説明する図である。

【図５】ビームスポットを走査させるためのインフォーカス面とシフト量を設定する処理を説明する図である。

【図６】ビームスポットの断面形状がビームスポットの走査により変化することを説明する図である。

【図７】ビームスポットの断面形状がビームスポットの走査により変化することを説明する図である。

【図８】ビームスポットを走査させるためのインフォーカス面とシフト量を設定する処理を説明するフローチャートである。

【図９】集光レンズ駆動部の第１の実施の形態の構成例を説明する図である。

【図１０】集光レンズ駆動部の第２の実施の形態の構成例を説明する図である。

【図１１】集光レンズ駆動部の第３の実施の形態の構成例を説明する図である。

【図１２】ワイヤの芯線の材質となる金属の種別毎のレーザ光の周波数毎の吸収率を説明する図である。

【図１３】ワイヤの被覆樹脂の材質となる樹脂の種別毎の赤外光の吸収帯を説明する図である。

【図１４】Nd:YAGレーザ光とEr:YAGレーザ光とのそれぞれをワイヤに照射したときの樹脂温度上昇および金属温度上昇を説明する図である。

【図１５】本発明を適用したレーザ加工装置の変形例を示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３８】

［レーザ加工装置の構成例］

図１は、本発明を適用したレーザ加工装置の構成例を示す図である。図１のレーザ加工装置１１は、レーザ光を加工対象物であるワイヤ（導電体に樹脂製の被覆が施された電線）１２の所定の位置に照射することにより、所定の位置の被覆樹脂を剥離する加工を施すものである。ワイヤ１２は、例えば、アルミニウム、銅、鉄、スズメッキ、およびニッケルメッキを含む導電体を芯線として、その周りを、例えば、ポリアミド、ポリウレタン、ポリエステル、およびフェノール樹脂などからなる樹脂により被覆された、いわゆる電線または信号線などである。また、レーザ加工装置１１は、例えば、狭い範囲に複数のワイヤが設けられているような場合、集光レンズの中心位置を光軸に対してシフトさせることにより駆動可能に構成されており、集光レンズがシフトすることにより、レーザ光のレーザスポットを走査させることで、加工対象物を移動させることなく、複数のワイヤに対して、任意の必要箇所において被覆樹脂を剥離する加工を施す。加工対象物であるワイヤは、上述したように複数であってもよいし、当然のことながら１本であってもよい。

【００３９】

レーザ加工装置１１は、ガイド用可視レーザ光源２１、レーザ光源２２、ビームエキス

パンダ２３、ミラー２４、集光レンズ駆動部２５、集光レンズ２６、および制御部２７を備えている。

【００４０】

ガイド用可視レーザ光源２１は、レーザ光源２２により発生されるレーザ光のガイド用の可視光からなるレーザ光を発生し、レーザ光源２２により発生されるレーザ光と同様にビームエキスパンダ２３、ミラー２４、および集光レンズ２６に向けて照射される。そして、ガイド用可視レーザ光源２１により発生されたガイド用レーザ光が集光レンズ２６により集光されて、加工対象物であるワイヤ１２上に照射されることにより、照射位置が確認される。

【００４１】

レーザ光源２２は、加工に必要とされるレーザ光を発生し、ビームエキスパンダ２３に向けて出射する。ここで発生されるレーザ光は、例えば、固体レーザであるEr:YAGレーザ光（波長：2.94μm）、若しくはCr,Tm,Ho:YAGレーザ光（波長：2.08μm）、またはファイバレーザであるTmファイバレーザ光（波長：1.95μm）などである。尚、レーザ光源２２により発生されるレーザ光は、ワイヤ１２の導電体の被覆樹脂のみを除去し、導電体にダメージを与えないレーザ光であることが望ましく、例えば、波長として1.9μm乃至3.0μmの範囲のレーザ光が望ましく、これを満たす限りレーザ光は、上述したレーザ光に限るものではない。また、レーザ光源２２より発生されるレーザ光として、どのようなものが適切であるのかについて、図１２乃至図１４を参照して、後述するものとする。

【００４２】

ビームエキスパンダ２３は、レーザ光源２２により発生されたレーザ光を所定の倍率の平行光束に拡張してミラー２４を介して集光レンズ２６に照射する。尚、ビームエキスパンダ２３は、レーザ光源２２により発生されるレーザ光の光束径に応じて倍率が設定されるものであるが、レーザ光源２２より発生される光束径によっては不要となることがある。

【００４３】

集光レンズ２６は、ミラー２４を介してビームエキスパンダ２３より入射される平行光束を、加工対象物であるワイヤ１２上において加工可能なビームスポットとするように集光する。尚、集光レンズ２６については、図１においては、１枚のレンズにより構成される場合について示されているが、ミラー２４を介してビームエキスパンダ２３より入射される平行光束を、加工対象物であるワイヤ１２上において加工可能なビームスポットとするように集光できる光学系が構成される限り、これ以外の光学系であってもよく、例えば、複数枚数のレンズにより、光学系全体として集光レンズ２６と同等の機能が実現できればよい。

【００４４】

また、集光レンズ２６は、集光レンズ駆動部２５により、レーザ光の光軸に対して直交する面内において、光軸から所定のシフト量の範囲で駆動可能な構成とされており、この駆動により、ビームスポットの位置を変化させることで、加工位置を走査することが可能である。制御部２７は、集光レンズ駆動部２５の動作を制御し、集光レンズ２６のレーザ光の光軸の方向であるＺ軸方向の移動量、および光軸方向に対して直交する平面上の座標位置を示すＸ軸方向、およびＹ軸方向の移動量を制御する。また、制御部２７は、集光レンズ２６の光学データに基づいて、Ｚ軸方向の移動量、並びに、Ｘ軸方向およびＹ軸方向の移動量の制限値を設定する設定処理を実行し、設定した制限値の情報に基づいて、集光レンズ駆動部２５を制御し、集光レンズ２６を駆動させる。尚、集光レンズ２６のＺ軸方向の移動については、設定時において駆動されるのみであり、加工処理時にレーザスポットを走査させる際には、光軸に対して直交する面内のＸ軸方向およびＹ軸方向にシフトするのみである。また、集光レンズ２６のＺ軸方向の移動機構は、図５において後述するＺ軸方向の位置調整をする目的としてワイヤ１２に相当する移動機構があれば無くても構わない。

【００４５】

すなわち、図２で示されるように、集光レンズ駆動部２５は、例えば、入射されるレーザ光の光軸Ｌと、集光レンズ２６の中心とが同軸であるような場合、加工対象物であるワイヤ１２上におけるビームスポット中心位置が位置Ｃ１であるものとする。ここで、集光レンズ駆動部２５により集光レンズ２６（実線）が集光レンズ２６’（点線）に移動されると、ビームスポット中心を構成するレーザ光の軌道が変化し、ビームスポット中心が位置Ｃ１から位置Ｃ２に変化する。このような変化により加工位置が変化するため、加工対象物であるワイヤ１２を移動させることなく、複数の位置を加工することが可能となる。

【００４６】

尚、図２においては、光軸Ｌに対して直交する面であって、加工対象物であるワイヤ１２が存在する位置の面が、ＸＹ平面として表現されており、レーザ光の光軸Ｌに平行な方向（図中上方）がＺ軸であるものとして表現されている。ここで、図中右下部のバツ印は、紙面に対して奥側がＹ軸方向であることを示しており、Ｘ軸が図中右方向であることを示している。

【００４７】

また、このような構成において、集光レンズ２６は、ワイヤ１２の加工範囲に対して曲率半径が比較的大きなレンズを使用することが望ましい。これは、曲率半径が小さすぎると、例えば、図３の左部で示されるように、集光レンズ２６の焦点距離上の光軸に対して垂直な面となる焦点面ＦＰにおいて、集光レンズ２６の中心軸に対して所定の角度を成す方向から入射される光により、コマ収差が生じるためである。すなわち、図３の光線Ｌ１乃至Ｌ５のうち、一点鎖線で示される集光レンズ２６の中心位置から遠い位置で入射する光線Ｌ５については、焦点面ＦＰにおいて、集光レンズ２６の中心位置で入射している光線Ｌ３よりも中心位置から距離Ｋだけ離れた位置に投影される。コマ収差は、曲率半径の大きなレンズでは生じ難いので、集光レンズ２６については、曲率半径が比較的大きなものが望ましい。

【００４８】

また、図３の右部における点線で示されるような、様々な方向から入射される光束が集光される位置により構成される像面湾曲より、焦点面ＦＰより集光レンズ２６からの距離が近い、インフォーカス面ＩＦＰ上の、加工対象物であるワイヤ１２上に加工を施すことが可能なレーザスポットを構成するように設定する。このようにすることで、像面湾曲により生じる焦点の拡がり（ボケ）の影響と、上述したコマ収差の影響が相殺され、ワイヤ１２上におけるビームスポットの位置が変化してもレーザ光の強度を変化しないようにすることが可能となる。

【００４９】

尚、図３の右部においては、集光レンズ２６に対して光線Ｌ１１乃至Ｌ１６が入射されており、実線で示される相互に平行である光線Ｌ１１，Ｌ１２からの角度における焦点位置が焦点位置Ｆ１であり、点線で示される相互に平行である光線Ｌ１３，Ｌ１４からの角度における焦点位置が焦点位置Ｆ２であり、一点鎖線で示される相互に平行である光線Ｌ１５，Ｌ１６からの角度における焦点位置が焦点位置Ｆ３であることが示されている。また、それぞれ異なる方向からの光線における焦点位置Ｆ１乃至Ｆ３が、いずれも点線で示される曲線状となることから像面湾曲が生じることが示されている。さらに、焦点面ＦＰに対して、最も焦点位置として近い焦点位置Ｆ３に対応する位置であって、焦点面ＦＰと平行な面がインフォーカス面ＩＦＰとして示されている。また、焦点面ＦＰとインフォーカス面ＩＦＰとの距離と同一であって、焦点面ＦＰを挟んだ反対側の、焦点面ＦＰよりも集光レンズ２６より奥側の面が、アウトフォーカス面ＯＦＰとして示されている。

【００５０】

集光レンズ２６は、結果として、比較的安価な曲率半径の大きな球面レンズにより構成することが可能となり、加工位置のレーザスポットを走査可能なレーザ加工装置の、レーザスポットの走査に必要とされる光学系の構成にかかるコストを低減することが可能となる。

【００５１】

すなわち、これまで加工位置のレーザスポットを走査するには、図４の左部で示されるように、ビームエキスパンダ３１で所定の光径に拡張されたレーザ光を、図示せぬコンピュータにより制御されるガルバノスキャナ３２で方向を変えながらＦθレンズ３３を用いて集光することでレーザスポット位置を変化させていた。

【００５２】

または、図４の右部で示されるように、Ｆθレンズ３３に代えて、球面レンズ３４，３５を集光レンズとして用いることにより、球面レンズ３５を図中の矢印方向に移動させることで、レーザ光のＺ軸方向の距離を制御して、レーザスポット位置を変化させていた。

【００５３】

いずれの構成においても、高精度に制御することが可能であるが、ワイヤ１２における被覆樹脂を除去するといった比較的精度の要求レベルが低いレーザ加工装置には、過剰な高コストな構成となる。

【００５４】

さらに、Ｆθレンズ３３については、レーザ加工に適したレーザ光の波長が、例えば産業用途にて一般的な1.06μm付近（Nd:YAG等）やその高調波（２次、３次、４次）、10.6μm（CO2）であれば、その波長で設計されたＦθレンズを使用することができ、光学仕様のバリエーションも豊富にあるので、比較的低コストなものを選択することが可能である。

【００５５】

しかしながら、図１のレーザ光源２２で発生されるレーザ光の波長については、これらの一般的なレーザ光とは異なる波長であることから、新規にＦθレンズの設計が必要であり非常に高額となる。

【００５６】

また、Ｆθレンズ３３に代えて、球面レンズ３４，３５を集光レンズとして用いる方式であれば一般的な球面レンズを使用することはできるが３軸の制御が必要でありその分高コストとなる。

【００５７】

これに対して、図１のレーザ加工装置１１における集光レンズ２６については、上述したように比較的安価に作製可能な、曲率半径の比較的大きなレンズを採用することが可能である。また、集光レンズ２６を駆動する方式については、レーザ光の光軸に対して直交するインフォーカス面内をシフトさせるように駆動させるのみでよいため、比較的安価な駆動方式で集光レンズ駆動部２５を構成することが可能となる。

【００５８】

［集光レンズと加工対象物との距離、および集光レンズのシフト量の設定］

次に、集光レンズ２６と加工対象物であるワイヤ１２までの距離、および集光レンズ２６の中心を基準とする、光軸に直行するインフォーカス面におけるシフト量の設定方法について説明する。

【００５９】

ここで、図５の上段で示されるように、レーザ光Ｌの光軸ＬＸと同一の位置に中心が設定された集光レンズ２６を透過したレーザ光Ｌが合焦するＺ軸上の位置を焦点面Ｚ＝０とする。また、レーザ光Ｌによりワイヤ１２の金属製の被覆樹脂を除去するのに必要な加工品質が実現され得る限界位置となる、Ｚ軸方向に集光レンズ２６から最も近い、光軸ＬＸに直交する面を、インフォーカス面Ｚ＝－Ｚ１とする。また、焦点面Ｚ＝０からのＺ軸上の距離が同一で、かつ、インフォーカス面とはＺ軸上で逆方向となる、光軸ＬＸに直交する面をアウトフォーカス面Ｚ＝Ｚ１であるものとする。尚、以降において、加工品質が許容範囲内の限界となるインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ１については、特に、焦点深度とも称するものとする。

【００６０】

さらに、図５の下段で示されるように、レーザ光Ｌの光軸ＬＸから、集光レンズ２６の中心位置をＸ方向にシフト量Ｘ１、または－Ｘ１だけシフトさせたとき、レーザ光Ｌが集

光されることにより生成されたビームスポットにより許容範囲が限界となるＺ軸方向の位置をインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ２に設定する。すなわち、図５の上段において実線で示される集光レンズ２６が、光軸ＬＸに対して、例えば、図５の下段で示されるように、実線で示される集光レンズ２６’のように、その中心位置がＸ軸方向にシフト量Ｘ＝Ｘ１だけシフトすると、光軸ＬＸで入射したレーザ光Ｌは、図中の実線で示されるように集光されて、点線で示されるように、集光レンズ２６’を透過したのち光軸ＬＸ１となり、レーザスポット位置がインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ２に変化する。尚、図５の下段で示されるように、集光レンズ２６の光軸ＬＸに対する対称性から、シフト量Ｘ＝－Ｘ１だけ集光レンズ２６がシフトし、集光レンズ２６”となった場合、光軸ＬＸは、光軸ＬＸ２へと変化する。

【００６１】

すなわち、球面レンズとして構成されるものと想定した場合、レンズの曲率半径に対応して像面湾曲により、シフト量Ｘ１の大きさに応じたレーザスポットの形状に光学歪みが生じる。ここで、光学歪みとは、集光レンズ２６の収差により生じる歪みである。例えば、図６の左部で示されるように、集光レンズ２６の中心位置が光軸ＬＸと同一の位置である場合には、図６の中央部で示されるように、加工対象物であるワイヤ１２が存在することが仮定されるインフォーカス面Ｚにおいて、真円に近い形状のレーザスポットＳＰ１が構成される。一方、集光レンズ２６の中心位置が、光軸ＬＸから所定のシフト量だけシフトすると、図５の下部で示されるように、光軸が光軸ＬＸ１へと変化することにより、図６の右部で示されるようにレーザスポットＳＰ２が構成される。このように略真円のレーザスポットＳＰ１は、光学歪みが生じることにより、レーザスポットＳＰ２のような形状に変化している。

【００６２】

レーザ光Ｌによりワイヤ１２の金属製の被覆樹脂を除去するのに必要な加工品質は、このレーザスポットの光学歪みと、その大きさに応じて低下する。従って、このレーザスポットに基づいた加工品質が維持可能な焦点深度と、シフト量とに基づいて、集光レンズ２６と加工対象物であるワイヤ１２との距離を設定することができる。

【００６３】

このようなレーザスポットの大きさおよび形状の歪みを評価するものとして、スポットダイアグラムが使用される。スポットダイアグラムとは、点光源より集光レンズに多数の光線追跡を行い、評価面における通過光線の座標分布を示したものである。すなわち、集光レンズ２６のスポットダイアグラムの場合、光学的に集光されるレーザ光の光学歪み収差を示す分布であり、例えば、図７で示されるようなものである。

【００６４】

図７の上段の３個のスポットダイアグラムは、いずれもシフト量Ｘ＝０であって、それぞれ左から、Ｚ軸方向にインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ１を評価面としたときのもの、Ｚ軸方向に焦点面Ｚ＝０を評価面としたときのもの、Ｚ軸方向にアウトフォーカス面Ｚ＝Ｚ１を評価面としたときのものである。図７の下段の３個のスポットダイアグラムは、それぞれ左から、Ｘ軸方向にシフト量Ｘ＝－Ｘ１ときのインフォーカス面Ｚ＝Ｚ２を評価面としたもの、Ｘ軸方向にシフト量Ｘ＝０を評価面としたときのインフォーカス面Ｚ＝Ｚ２を評価面としたもの、Ｘ軸方向にシフト量Ｘ＝Ｘ１としたときのインフォーカス面Ｚ＝Ｚ２を評価面としたものである。各スポットダイアグラムにおける、円周上の８点、および中心の１点で示されるスポット径が、スポットダイアグラムにより表現されるレーザスポットである。このレーザスポットの形状の面積が大きいほど、また形状の歪みが大きいほど、加工品質が低下することを示している。

【００６５】

ここで、図７のスポットダイアグラムは、レーザ光が、波長2.94μｍ、直径2㎜、焦点距離（集光レンズ２６から焦点面Ｚ＝０までの距離）が50㎜の単レンズにより集光した例であり、Ｚ１＝0.2㎜，Ｚ２＝0.1㎜，Ｘ１＝1㎜である場合の例を示している。

【００６６】

すなわち、例えば、図７の左上で示されるインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ１におけるレーザスポット径が、加工品質の最低限を満たしている場合、図７の下段で示される３個のスポットダイアグラムから、いずれにおいてもレーザスポットが、左上におけるインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ１における場合よりも小さいので、加工品質が満たされるものと見なすことができる。

【００６７】

従って、スポットダイアグラムを用いて、焦点面Ｚ＝０から、加工品質が最低限保証されるインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ１を求め、さらに、このときのレーザスポットに相当するレベルにまでレーザスポットが歪むシフト量Ｘ＝Ｘ１の範囲、およびこのときのインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ２を設定することで、加工範囲を設定することができる。すなわち、インフォーカス面Ｚ＝－Ｚ２上で、かつ、光軸を中心としてシフト量Ｘ＝Ｘ１までの加工範囲内であれば、異なる加工位置が設定されるような場合であっても、加工対象物であるワイヤ１２を移動させることなく、集光レンズ２６を移動させることで、加工位置を変化させて、複数の加工位置を加工することが可能となる。

【００６８】

［設定処理］

そこで、上述したインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ２、およびシフト量Ｘ＝Ｘ１の設定処理について説明する。尚、ここで、制御部２７は、集光レンズ２６のレンズデータに基づいてスポットダイアグラムを計算し、計算結果に基づいて設定処理を実行するものとするが、光学的な測定結果に基づいてスポットダイアグラムを生成して、設定処理を実行するようにしてもよい。

【００６９】

ステップＳ１において、制御部２７は、レンズデータに基づいてスポットダイアグラムを算出し、算出結果に基づいて、シフト量Ｘ＝０におけるインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ１を算出する。すなわち、制御部２７は、Ｚ軸方向に値を変化させながら、スポットダイアグラムを算出し、焦点面Ｚ＝０から最も遠い、集光レンズ２６よりの加工品質が最低限保証されるインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ１のスポットダイアグラムを記憶する。

【００７０】

ステップＳ２において、制御部２７は、レンズデータに基づいて、シフト量Ｘ、およびインフォーカス面Ｚを変化させながらスポットダイアグラムを算出し、算出結果に基づいて、インフォーカス面Ｚ＝－Ｚ１のスポットダイアグラムに基づいたビームスポットが、同一となるシフト量Ｘ＝Ｘ１を求めると共に、このときのインフォーカス面Ｚ＝Ｚ２を求める。

【００７１】

以上の処理により、制御部２７は、集光レンズ駆動部２５を制御して、集光レンズ２６を求めたインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ２上を、光軸ＬＸから集光レンズ２６の中心位置までのシフト量がＸ＝Ｘ１までの範囲で駆動させる。結果として、集光レンズ駆動部２５により集光レンズ２６が駆動可能な範囲内において、レーザ光を照射することが可能な範囲内に、加工対象物であるワイヤ１２を配置することで、加工対象物であるワイヤ１２を移動させることなく、複数の加工箇所を所定の加工品質で加工することが可能となる。このとき、加工対象物であるワイヤ１２は、複数であってもよく、それぞれ同一の加工位置であってもよいし、それぞれが異なる加工位置であってもよい。

【００７２】

［集光レンズ駆動部の第１の実施の形態の構成例］

次に、図９のブロック図を参照して、集光レンズ駆動部２５の第１の実施の形態の構成例について説明する。

【００７３】

図９の集光レンズ駆動部２５は、集光レンズ２６を支持し、レーザ光Ｌに対して直交する面内において、図中の左右方向に伸縮するステージ４１、およびステージ４１を支持し、図中の上下方向に伸縮するステージ４２を備えている。ステージ４１，４２は、それぞ

れがレーザ光Ｌに対して直交する面内において、直交する方向に伸縮することにより集光レンズ２６を駆動させる。

【００７４】

ステージ４１，４２は、図示せぬステッピングモータ、サーボモータ、またはボイスコイルモータなどにより駆動し、制御部２７がモータコントローラとして機能し、位置が制御される。

【００７５】

このような構成によりインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ２内の任意の位置に集光レンズ２６をシフトさせることが可能となり、結果として、インフォーカス面Ｚ＝－Ｚ２、およびシフト量Ｘ＝Ｘ１でシフト可能な範囲内において、任意の加工位置で加工処理を施すことが可能となる。尚、ステージ４１，４２の駆動方向は、インフォーカス面Ｚ＝－Ｚ２内の任意の位置に移動可能であって、かつ、同一方向でない限り、必ずしも直交していなくてもよい。

【００７６】

［集光レンズ駆動部の第２の実施の形態の構成例］

次に、図１０のブロック図を参照して、集光レンズ駆動部２５の第２の実施の形態の構成例について説明する。

【００７７】

図９の集光レンズ駆動部２５については、レーザ光の光軸に対して直交する２次元平面内の任意の位置に設定可能な構成例について説明してきたが、例えば、加工位置が特定の円周上に限られているような場合、集光レンズ２６を集光レンズ２６の中心とは異なる位置を中心として回転させるように駆動しても良い。

【００７８】

すなわち、図１０の集光レンズ駆動部２５は、図示せぬモータにより回転し、レーザ光を透過させる円板状の回転ステージ５１上に、回転ステージ５１の中心に、集光レンズ２６の所定の位置を固定し、図中の矢印で示されるように、回転させることで、集光レンズ２６，２６’，２６”で示されるような順序で移動させることにより駆動させる。このとき、回転ステージ５１の中心位置に固定される、集光レンズ２６の位置は、加工位置、および上述した設定処理により求められたシフト量Ｘ＝Ｘ１に応じて設定される。また、回転ステージ５１を回転させるモータは、ステッピングモータ、サーボモータ、またはボイスコイルモータなどからなり、制御部２７がモータコントローラとして機能し、位置が制御される。

【００７９】

このような構成によりインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ２内の所定の円周上の位置に集光レンズ２６をシフトさせることが可能となり、結果として、インフォーカス面Ｚ＝－Ｚ２、およびシフト量Ｘ＝Ｘ１でシフト可能な範囲内において、所定の円周上の任意の加工位置で加工処理を施すことが可能となる

【００８０】

［集光レンズ駆動部の第３の実施の形態の構成例］

次に、図１１のブロック図を参照して、集光レンズ駆動部２５の第３の実施の形態の構成例について説明する。

【００８１】

図１０の集光レンズ駆動部２５については、回転ステージ５１により回転されるとき構成される円周上の任意の位置に集光レンズ２６を駆動させることが可能な構成例について説明してきたが、例えば、加工位置が特定の円周上ではない場合、集光レンズ２６を乗せた回転ステージに対して所定の方向からテンションを掛けて、カムに当接させ、このカムを回転させることで集光レンズ２６を駆動させるようにしてもよい。

【００８２】

すなわち、図１１の集光レンズ駆動部２５は、図示せぬモータにより回転するカム６１の側面に、集光レンズ２６を同軸上に載せた、透明な回転ステージ６４の側面部が当接す

るようにバネ６２－１，６２－２，６３が、図中の右方向にテンションを掛けることにより、カム６１が図示せぬモータの回転に伴って、回転ステージ６４の側面部と当接する位置が変化することで、カム６１の断面形状に応じて、集光レンズ２６を駆動させるものである。尚、このカム６１の断面形状は、当接することにより駆動される回転ステージ６４上の集光レンズ２６が集光したレーザスポットが加工位置を通るように設定される。また、カム６１を回転させるモータは、ステッピングモータ、サーボモータ、またはボイスコイルモータなどからなり、制御部２７がモータコントローラとして機能し、位置が制御される。

【００８３】

このような構成によりインフォーカス面Ｚ＝－Ｚ２内のカム６１の形状により特定される軌道上の所定の位置に集光レンズ２６をシフトさせることが可能となり、結果として、インフォーカス面Ｚ＝－Ｚ２、およびシフト量Ｘ＝Ｘ１でシフト可能な範囲内において、カム６１の形状により特定される軌道上の任意の加工位置で加工処理を施すことが可能となる

【００８４】

［レーザ光源により発生されるレーザ光について］

次に、レーザ光源２２により発生されるレーザ光について説明する。

【００８５】

図１のレーザ加工装置１１は、加工対象物であるワイヤ１２に対して、構成する導電体からなる芯線を傷付けることなく、被覆樹脂を除去する加工処理を施すものである。従って、レーザ光に求められる条件は、被覆樹脂を確実に除去できるものであり、かつ、芯線に傷をつけないものであることが必須となる。

【００８６】

レーザ光における被覆樹脂の除去加工のメカニズムは、次のようなものである。すなわち、所定の周波数のレーザ光が照射されることにより、被覆樹脂が有機化合物の分子結合の振動と共鳴して、エネルギ吸収が生じ、これに伴った温度上昇が発生する。やがてこの熱により融点、および沸点に達すると、被覆樹脂は、瞬間的に気化、または昇華して分解することになるため、結果として除去されることになる。この被覆樹脂が瞬間的に気化、または昇華して分解する温度は、一般に熱分解点と呼ばれ、アブレーションとも呼ばれる。

【００８７】

ここで、吸湿性の高い被覆樹脂では、含有する水分の蒸発、体積膨張によって、樹脂構造自体を蒸散させるのに役立つ効果も生まれるため、より除去が容易となる。また、絶縁被膜である被覆樹脂を完全に除去して導電体の表面を露出させるためには、一定量以上の照射エネルギが必要であるが、導電体である金属の加工閾値以上、すなわち、金属の融点を超える温度上昇を発生させると、導電体表面の劣化が生じる。

【００８８】

そこで、芯線である導電体を劣化させることなく、被覆樹脂を確実に除去できるレーザ光は、導電体である金属の加工閾値を超えない照射エネルギで、被覆樹脂を除去可能なレーザ光である必要がある。

【００８９】

ワイヤ１２の芯線を構成する導電体は、一般に、銅、アルミ、鉄、スズメッキ、およびニッケルなどである。そこで、これらの加工閾値を超えないレーザ光として、これらの芯線を構成する導電体に吸収され難い波長のレーザ光を選択する必要がある。

【００９０】

図１２は、ワイヤ１２の芯線を構成する主な導電体であるアルミ、銅、鉄、ニッケル、およびスズの非酸化面におけるレーザ光の吸収率を、約1μm，約1.6μm，約2.4μm，約3乃至5μm，約8乃至14μmのそれぞれについてまとめたものである。

【００９１】

これらのことから、芯線を構成する主な導電体を構成する金属は、レーザ光が長波長で

あるほど吸収率が減少（反射率が上昇）することが明らかである。特に、これらの代表的な金属においては、波長が約1μmのレーザ光における吸収率は、波長が約3.0μmのレーザ光における吸収率と比較すると、1/2.5乃至1/1.5となることが明らかである。

【００９２】

一方、図１３は、ワイヤ１２の被覆樹脂を構成する主な成分であるポリアミド、ポリウレタン、ポリエステル、およびその他フェノール樹脂に含まれるアミド基、アミノ基、および水酸基に対する赤外線吸収スペクトルの吸収位置と強度をまとめたものである。

【００９３】

尚、吸収位置は、波長に対応するものであり、例えば、3550cm^{-1}は、波長が2.81μmであることに対応し、3400cm^{-1}は、波長が2.94μmであることに対応し、3030cm^{-1}は、波長が3.30μmであることに対応する。また、強度におけるvは、variableを示し、sはstrongを示し、mはmediumを示している。

【００９４】

すなわち、これらのことからワイヤ１２の被覆樹脂は、およそ2.8μm乃至3.0μmの波長のレーザ光により吸収され易いことが分かる。

【００９５】

これらのことから、ワイヤ１２の加工用のレーザ光としては、樹脂の吸収率が相対的に低く、導電体の吸収率が高い、波長が1.0μm付近よりも短波長となる帯域が不適であり、樹脂への吸収率が相対的に高く、導電体の吸収率が低い2.8μmに近い範囲から3.0μm程度の波長のものが適正であるものと考えられる。また、樹脂材料の分子結合の伸縮振動による光吸収は1.7μm付近以上にも存在をしており、1.0μm付近よりも短波長のレーザ光と比較して、被覆樹脂と導電体の吸収率の違いを利用した加工特性の効果が得られる場合もある。

【００９６】

そこで、図１のレーザ光源２２については、1.9μm乃至3.0μm程度の波長のレーザ光を発生する構成としている。このため、レーザ光源２２は、例えば、Er:YAGレーザ光（波長：2.94μm）、Cr,Tm,Ho:YAGレーザ光（波長：2.08μmまたは2.01μmなど）、およびTmファイバレーザ光（波長：1.95μm）などを採用することができる。

【００９７】

また、レーザ光源２２においては、余分な熱影響による加工品質の劣化を抑制するため、パルス発振レーザ光を発生する構成としている。

【００９８】

このようなレーザ光源２２により発生されるレーザ光は、加工に必要なエネルギ自体が低く、被覆樹脂層での吸収が強いため導電体に到達する残留光が少ない。このため、例えば、Nd:YAGレーザ（波長：1.064μm）などの短波長のレーザ光と比較すると金属への吸収率が低いという理由から、導電体表面の劣化を生じ難くすることが可能となる。

【００９９】

図１４は、レーザ光源２２として、Nd:YAGレーザ（波長：1.064μm）と、Er:YAGレーザ光（波長：2.94μm）とを採用して、ワイヤ１２の芯線が銅であり、被覆樹脂が厚さ0.1mmのポリイミドであり、これをビームスポット径0.3mmで、かつ、パルス幅100μmのレーザ光を１パルスした場合の照射パルスエネルギと樹脂温度上昇、および金属温度上昇の関係を計算により求められた結果として示している。ここで、図１４の左部が、Nd:YAGレーザ（波長：1.064μm）の関係を示しており、図１４の右部が、Er:YAGレーザ光（波長：2.94μm）の関係を示したものである。また、実線がポリイミドの表面温度を、点線がポリイミドの底面温度を、一点鎖線が銅の表面温度を、太線が銅の融点温度をそれぞれ示している。

【０１００】

尚、ポリイミドは約500℃にて熱分解が始まり、約800℃以上で炭化、昇華し、レーザによる除去が行われる。Nd:YAGレーザ（波長：1.064μm）の場合、約100mJを閾値として加工が開始される。このとき銅表面は融点1350℃に達していないが、完全に樹脂を除去する

には更に十分なエネルギの投入が必要であるにもかかわらず、銅の加工開始エネルギに達してしまう。

【０１０１】

また、この計算では完全な均一強度分布のレーザを仮定しているが、実際のレーザ光は強度分布を有しており数倍の強度差を有しているため、銅表面を劣化させずに樹脂のみを完全に除去することは困難である。

【０１０２】

一方、Er:YAGレーザ光（波長：2.94μm）の場合は、樹脂の吸収率が低いため、より低いエネルギで除去加工されるが、残留光により銅が融点に達するまで十分な余裕があり、銅の劣化なしに樹脂のみの完全除去が可能である。

【０１０３】

［レーザ加工装置の変形例］

以上においては、ワイヤ１２に対して一方向からレーザ光を照射する構成例について説明してきたが、例えば、図１５で示されるように、ワイヤ１２に対して対向する２方向からレーザ光を照射するような構成とするようにしてもよい。

【０１０４】

尚、図１５のレーザ加工装置１１においては、図１のレーザ加工装置１１と同一の機能を備えた構成については、同一の名称、および同一の符号（「－」が付加された符号は複数に存在するが同一の機能を備えた構成であることを示す符号である）を付しており、その説明は省略するものとする。図１５のレーザ加工装置１１において、図１のレーザ加工装置１１と異なるのは、レーザ光を分光するためのハーフミラー１１１が設けられた点のみであり、その他の構成については同様であるので、その説明は省略する。

【０１０５】

以上のような構成により、図１のレーザ加工装置によれば、金属の導電体上にある被覆樹脂（絶縁被膜）の除去加工において、導電体の表面の劣化を抑えて、被覆樹脂（絶縁被膜）の完全な除去を実現することが可能となる。

【０１０６】

また、加工に必要な照射エネルギを低く抑えられるため、レーザ光源の出力を低減し、小型化、低コスト化、および低消費電力化を実現することが可能となる。

【０１０７】

さらに、複合した材料の選択的な加工のために必要となる、高精度なエネルギのコントロールや、照射強度の分布を均一にするための高価な光学系（例えば、ホモジナイザ、光ファイバ等）を必須構成としないため、低コストを実現することが可能となる。

【０１０８】

また、導電体の表面の変色、焦げなどの劣化がないため、被覆樹脂除去後の他の導電体との接合（例えば、半田付け、またはレーザ溶接等）を行った場合に、接合面の強度不良、電気的接触不良を低減させることが可能となる。

【０１０９】

さらに、以上においては、加工対象物がワイヤ１２である例について説明してきたが、上述した導電体に、上述したような被覆樹脂が被覆された構成であれば、ワイヤ１２以外のものを加工対象物とするようにしてもよい。

【０１１０】

尚、上述のフローチャートで説明した各ステップは、１つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

【０１１１】

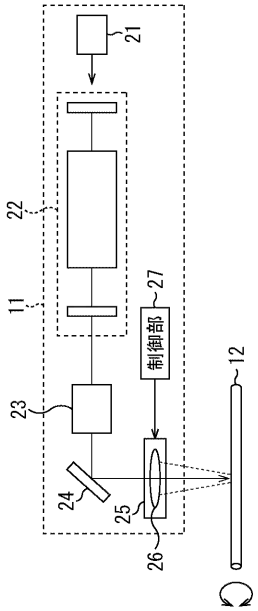
また、１つのステップに複数の処理が含まれる場合には、その１つのステップに含まれる複数の処理は、１つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

【符号の説明】

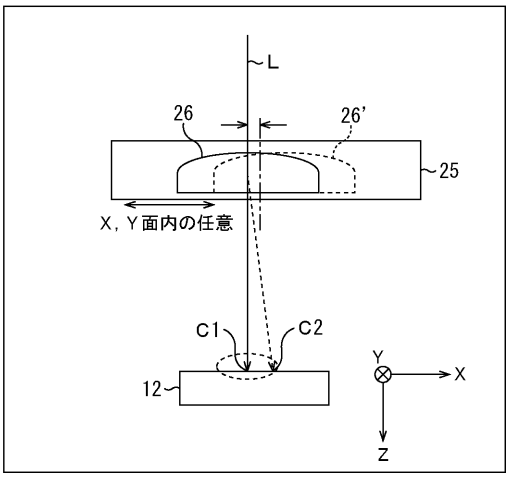
【０１１２】

１１　レーザ加工装置，　１２　ワイヤ，　２１　ガイド用可視光レーザ光源，　２２　レーザ光源，　２３　ビームエキスパンダ，　２４，２４－１乃至２４－３　ミラー，　２５，２５－１，２５－２　集光レンズ駆動部，　２６，２６－１，２６－２　集光レンズ，　２７　制御部，　４１，４２　ステージ，　５１　回転ステージ，　６１　カム，　１１１　ハーフミラー

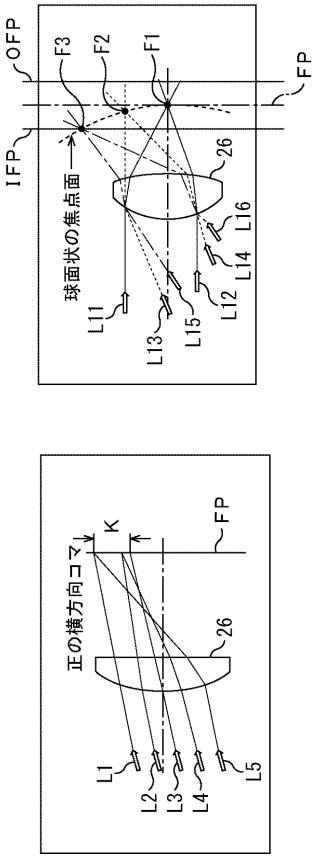
【図１】
図1



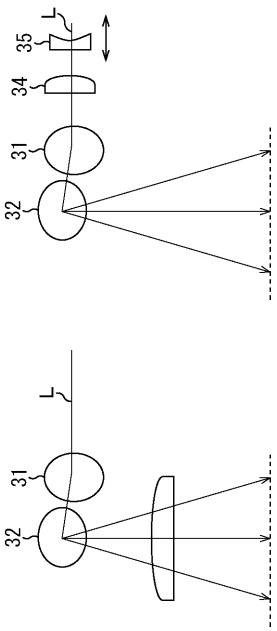
【図２】
図2



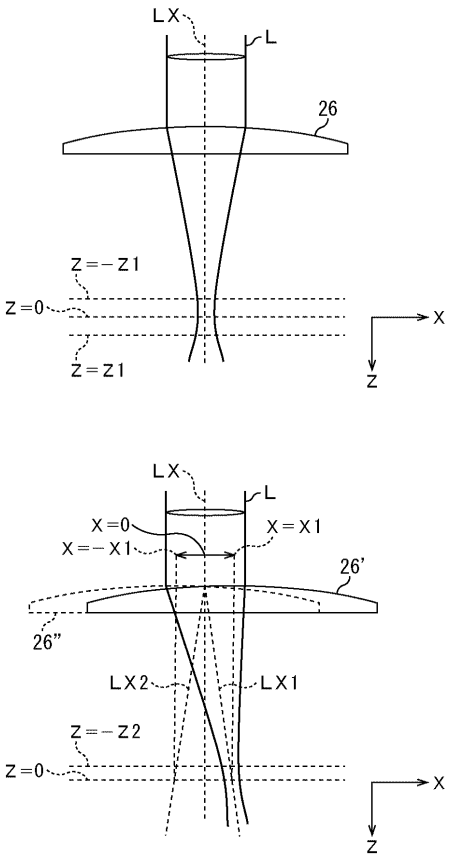
【図３】
図3



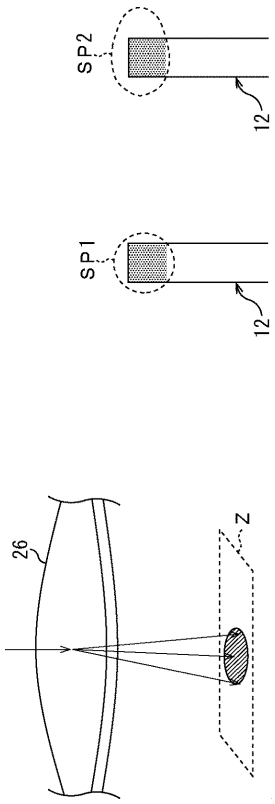
【図４】
図4



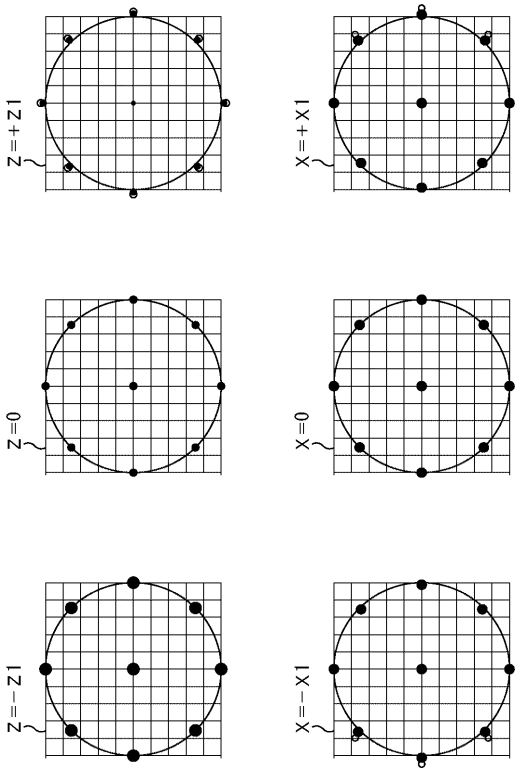
【図５】
図5



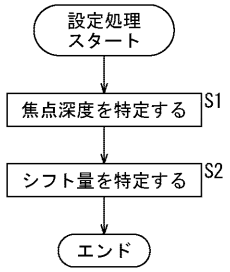
【図６】
図6



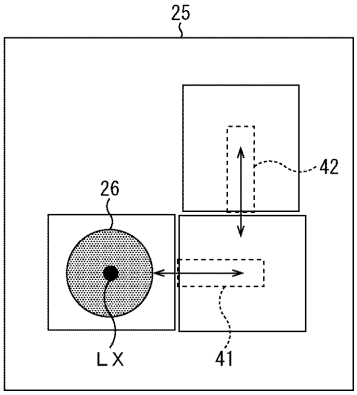
【図７】
図7



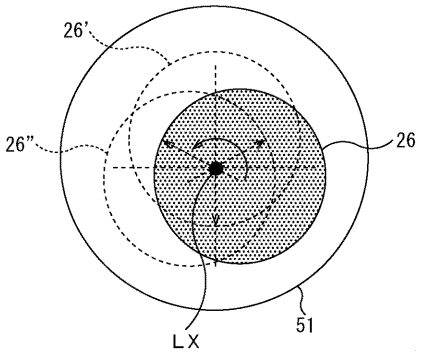
【図８】
図8



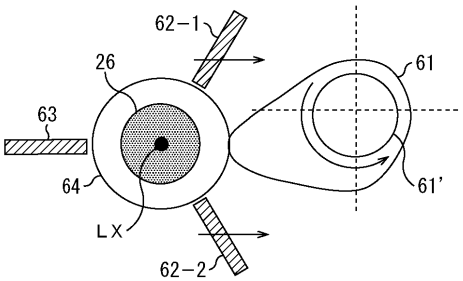
【図９】
図9



【図１０】
図10



【図１１】
図11



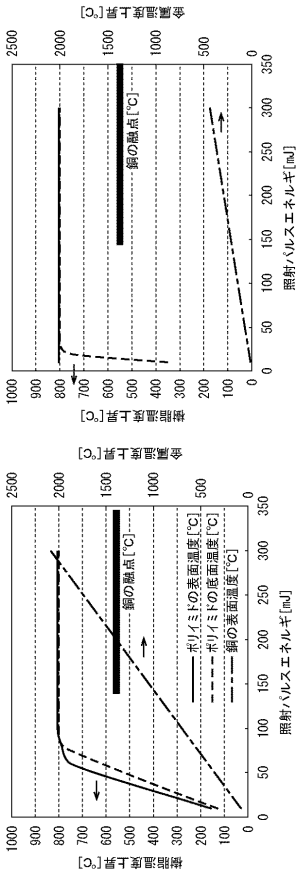
【図１２】
図12

物質名	波長に対する放射率（＝吸収率）						備考
	約1μm	約1.6μm	約2.4μm	3〜5μm	8〜14μm		
アルミ 非酸化面	0.13	0.09	0.08	0.05	0.025		
銅 非酸化面	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03		
鉄 非酸化面	0.35	0.30		0.18	0.10		
ニッケル 非酸化面	0.35	0.25		0.15	0.04		
すず 非酸化面	0.40	0.28	0.12	0.09	0.06		

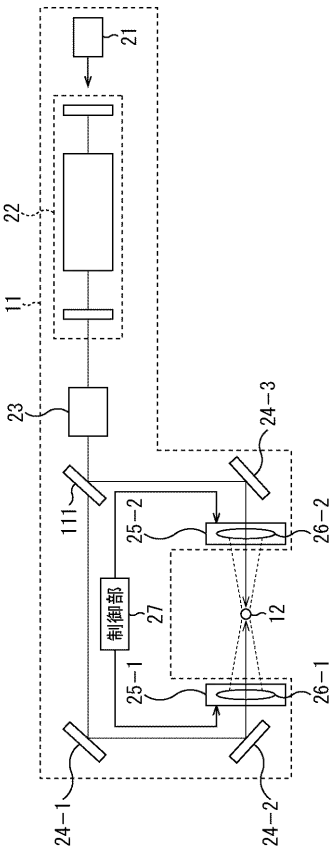
【図１３】
図13

官能基	吸収位置（cm^{-1}）	強度	特徴	
フェノール	3650−3600	V	鋭い吸収	水酸基
2分子間水素結合	3650−3450	V	鋭い吸収	
多分子間水素結合	3400−3200	S	幅広い吸収（希薄溶液を用い会合を防ぐ）	
分子内水素結合	3570−3450	V	鋭い吸収	
$-NH_2$	3500−3300	m		アミノ基
	1640−1550	m		
>NH	3450−3300	m		
$-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-NH_2$	3500−3400	m	遊離	アミド基
	3350−3100	m	会合	
$-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-\underset{H}{N}-R$	3460−3440	m	遊離	
	3320−3270	m	会合	

【図１４】
図14



【図１５】
図15



フロントページの続き

審査官　青木　正博

(56)参考文献　特開２００７－１４３２８０（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１５１３４５（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－２４４５２６（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２５８３３６（ＪＰ，Ａ）
特表２００３－５１４６８４（ＪＰ，Ａ）
特開平７－２１８９２（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２７９７６１（ＪＰ，Ａ）
特開平６－８７０８９（ＪＰ，Ａ）

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