

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5314275号  
(P5314275)

(45) 発行日 平成25年10月16日(2013.10.16)

(24) 登録日 平成25年7月12日(2013.7.12)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 3 K 26/00 (2006.01)	B 2 3 K 26/00 Q
B 2 3 K 26/06 (2006.01)	B 2 3 K 26/06 J
	B 2 3 K 26/06 Z

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2007-323688 (P2007-323688)	(73) 特許権者	000129253
(22) 出願日	平成19年12月14日(2007.12.14)		株式会社キーエンス
(65) 公開番号	特開2009-142867 (P2009-142867A)		大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番1
(43) 公開日	平成21年7月2日(2009.7.2)		4号
審査請求日	平成22年11月12日(2010.11.12)	(74) 代理人	100104949
前置審査			弁理士 豊栖 康司
		(74) 代理人	100074354
			弁理士 豊栖 康弘
		(72) 発明者	伊藤 貴章
			大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番1
			4号 株式会社キーエンス内
		審査官	大屋 静男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置、レーザ加工装置の異常検知方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

加工対象面に対してレーザ光を照射して、所望の加工を行うレーザ加工装置であって、  
基本周波数の基本波レーザ光を生成するためのレーザ媒質と、  
前記レーザ媒質を励起する励起光源と、  
前記レーザ媒質で生成される基本波レーザ光をQスイッチ周波数でON/OFF制御可能なQスイッチと、

前記Qスイッチからの基本波レーザ光を入射して、基本波レーザ光の波長に対して高調波の波長を有する高調波レーザ光を生成するための波長変換素子と、

レーザ光の光路上に設けられてレーザ光を遮断する閉状態と、レーザ光を通過させる開状態とを切り替え可能なシャッタ手段と、

前記波長変換素子から出力されるレーザ光のパワーを検出するための出力モニタ手段と、

前記シャッタ手段を閉状態としてレーザ光を遮断し外部へのレーザ出力を禁止させるとともに、前記QスイッチのQスイッチ周波数を、前記波長変換素子がピーク近傍の高い出力を示す特定の周波数域をQスイッチ周波数として、前記QスイッチをON/OFF動作させたときのレーザパワーを前記出力モニタ手段で検出し、所定値以上のレーザパワーを検出できない場合、異常と判定する異常判定手段と、  
を備え、

前記波長変換素子が、特定の周波数帯域で他の周波数帯域よりも高い出力を示す特性を

10

20

有しており、

該特定の周波数帯域において前記QスイッチをON/OFF制御して、前記出力モニター手段で検出されるレーザーパワーが、

第一の所定値よりも低く、かつ第二の所定値よりも高い場合、前記異常判定手段がレーザーパワー出力の低下と判定し、

第二の所定値よりも低い場合、前記異常判定手段がQスイッチの動作チェックエラーを出力することを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項2】

請求項1に記載のレーザー加工装置において、

前記レーザー加工装置の起動時に、前記異常判定手段で異常判定動作を実行することを特徴とするレーザー加工装置。

10

【請求項3】

加工対象面に対してレーザー光を照射して、所望の加工を行うレーザー加工装置であって、基本周波数の基本波レーザー光を生成するためのレーザー媒質と、

前記レーザー媒質を励起する励起光源と、

前記レーザー媒質で生成される基本波レーザー光をQスイッチ周波数でON/OFF制御可能なQスイッチと、

前記Qスイッチからの基本波レーザー光を入射して、基本波レーザー光の波長に対して高調波の波長を有する高調波レーザー光を生成するための波長変換素子と、

レーザー光の光路上に設けられてレーザー光を遮断する閉状態と、レーザー光を通過させる開状態とを切り替え可能なシャッタ手段と、

20

前記波長変換素子から出力されるレーザー光のパワーを検出するための出力モニター手段と、

前記シャッタ手段を開状態としてレーザー光を出力して加工を行う加工モードと、レーザーパワー出力の低下と前記Qスイッチの動作を検知する異常検知モードとを切り替え可能なモード切替手段と、

異常検知モードにおいて、前記シャッタ手段を閉状態としてレーザー光を遮断し外部へのレーザー出力を禁止させるとともに、前記QスイッチのQスイッチ周波数を、前記波長変換素子がピーク近傍の高い出力を示す特定の周波数域をQスイッチ周波数として、前記QスイッチをON/OFFさせると共に、このときのレーザーパワーを前記出力モニター手段で検出し、所定値以上のレーザーパワーを検出できない場合、異常と判定する異常判定手段と、を備え、

30

前記波長変換素子が、特定の周波数帯域で他の周波数帯域よりも高い出力を示す特性を有しており、

該特定の周波数帯域において前記QスイッチをON/OFF制御して、前記出力モニター手段で検出されるレーザーパワーが、

第一の所定値よりも低く、かつ第二の所定値よりも高い場合、前記異常判定手段がレーザーパワー出力の低下と判定し、

第二の所定値よりも低い場合、前記異常判定手段がQスイッチの動作チェックエラーを出力することを特徴とするレーザー加工装置。

40

【請求項4】

請求項1から3のいずれかーに記載のレーザー加工装置において、さらに、

前記波長変換素子の下流側に設けられ、レーザー光出力の一部を抽出して前記出力モニター手段に送出するための出力抽出手段を備えることを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項5】

請求項1から4のいずれかーに記載のレーザー加工装置において、

前記出力モニター手段で検出したレーザーパワーに基づいて、前記励起光源の出力を制御することを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項6】

請求項1から5のいずれかーに記載のレーザー加工装置において、

50

前記異常判定手段が、前記ＱスイッチがＯＮ／ＯＦＦ制御される間、ＱスイッチがＯＮ状態をまたはＯＦＦ状態を維持した状態を、Ｑスイッチの動作チェックエラーと判定することを特徴とするレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、レーザマーキング装置等、レーザ光を加工対象物に照射して印字等の加工を行うレーザ加工装置、レーザ加工装置の異常検知方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

レーザ加工装置は、レーザ光を所定の領域内において走査して、部品や製品等の加工対象物（ワーク）の表面に対しレーザ光を照射して印字やマーキング等の加工を行う。レーザ加工装置の構成の一例を図１に示す。この図に示すレーザ加工装置３００は、レーザ制御部１とレーザ出力部２と入力部３とを備える。レーザ制御部１のレーザ励起部６で発生される励起光を、レーザ出力部２のレーザ発振部５０で発振器を構成するレーザ媒質８に照射し、レーザ発振を生じさせる。レーザ発振光はレーザ媒質８の出射端面から出射され、Ｑスイッチ１９でＯＮ／ＯＦＦ制御される。さらにビームエキスパンダ５３でビーム径を拡大されて、必要に応じミラーなどの光学部材により反射されてレーザ光走査部９に導かれる。レーザ光走査部９は、レーザ光ＬＢをガルバノミラー等で反射させて所望の方向に偏光する。また、レーザ光走査部９の下方には、集光部１５が備えられる。集光部１５はレーザ光を作業領域に照射させるよう集光するための集光レンズで構成され、 $f$  レンズが使用される。集光部１５から出力されるレーザ光ＬＢは、ワークＷＫの表面で走査されて印字等の加工を行う。

【０００３】

このような基本波長のレーザ加工システムにおいては、異常検知を行う必要がある。この内、Ｑスイッチは故障するとレーザ光をＯＦＦできない、いわゆる開き放しの状態となる。このようなＱスイッチの異常検知方法としては、図２に示すようにＱスイッチの下流側にパワーモニタを設け、Ｑスイッチを閉じた状態でレーザ媒質を励起し、パワーモニタで漏れ光があるかどうかを検出する方法がある。この状態では、本来Ｑスイッチが閉じられた状態であるため、パワーモニタで漏れ光は検出されないはずであるが、Ｑスイッチが故障して開き放しになっていると、漏れ光が検出されて、異常を検知できる。例えば図２の回路で、Ｑスイッチ１９を閉じたままレーザパワー８０％相当の励起光をＬＤに投入する。このときのＬＤの電流値とパワーモニタで検出した出力を図３に示す。ここでパワーモニタで取得したパワーが０．８Ｗ以上のときは、Ｑスイッチ１９がレーザ出力を止めることができないとして、故障エラーと判定していた。

【０００４】

しかしながら、パワーモニタとして使用するサーモパイルは、本来的にレーザパワーが高い範囲での正確な出力値を検出するための素子であり、レーザパワーが低い範囲でも高性能な検出を行おうとすれば、分解能の高い高精度なサーモパイルが必要となり、部品コストが高騰する。

【０００５】

一方で、上記のようなＹＡＧやＹＶＯ<sub>４</sub>の固体レーザ結晶をレーザ媒質として用い、Ｑスイッチを介して発振する基本波長レーザ発振器の下流にＬＢＯ結晶等の波長変換素子を設けることで、第２次高調波を生成することができる（例えば特許文献１）。図４にこのようなレーザ加工装置のブロック図を示す。波長変換素子を用いてレーザ媒質から出射されるレーザ光の波長を変換すると、第２次高調波として基本波長の１／２の波長が得られる。また、複数の波長変換素子を用いて、第３次、第４次といったより高次の高調波を得る技術も知られている。

【０００６】

このような波長変換素子から出力される高調波の出力パワーは、周波数依存性を示すこ

10

20

30

40

50

とが知られている。図5に、このようなQスイッチ周波数に依存したLBO結晶の平均出力を示したグラフを示す。LBO結晶は、Qスイッチの特定の周波数に対して高い出力を示し、他の周波数領域では低い出力を示す。図5によれば、Qスイッチ周波数が30kHz近傍では、LBOは高い出力を得るものの、Qスイッチ周波数が0、すなわち「開き放し」のときは殆ど出力しないことが判る。

【0007】

しかしながら、このような特性を有する波長変換素子を利用した高次高調波を出力するレーザ加工システムでは、Qスイッチの異常検知を適切に行えないという問題がある。すなわち、Qスイッチ周波数が低い状態あるいは開き放しの状態では、LBOからの出力が殆ど無い状態となる。同様にQスイッチ周波数が高い状態、あるいは閉じ放しの状態でも、出力が低下する。このような低い出力をパワーモニタで正確に検出することは困難である上、Qスイッチが正常に動作している場合でもLBOを介したレーザパワーの最終出力が低くなるため、それがQスイッチの故障によるものか、周波数に依存したものであるかを判別することができなくなった。

【特許文献1】特開2001-144356号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、従来のこのような問題点を解決するためになされたものである。本発明の目的は、波長変換素子を用いたレーザ加工システムにおいて、Qスイッチの異常検知を確実に行うことのできるレーザ加工装置、レーザ加工装置の異常検知方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【0009】

第1発明に係るレーザ加工装置によれば、加工対象面に対してレーザ光を照射して、所望の加工を行うレーザ加工装置であって、基本周波数の基本波レーザ光を生成するためのレーザ媒質と、前記レーザ媒質を励起する励起光源と、前記レーザ媒質で生成される基本波レーザ光をQスイッチ周波数でON/OFF制御可能なQスイッチと、前記Qスイッチからの基本波レーザ光を入射して、基本波レーザ光の波長に対して高調波の波長を有する高調波レーザ光を生成するための波長変換素子と、レーザ光の光路上に設けられてレーザ光を遮断する閉状態と、レーザ光を通過させる開状態とを切り替え可能なシャッタ手段と、前記波長変換素子から出力されるレーザ光のパワーを検出するための出力モニタ手段と、前記シャッタ手段を閉状態としてレーザ光を遮断し外部へのレーザ出力を禁止させるとともに、前記QスイッチのQスイッチ周波数を、前記波長変換素子がピーク近傍の高い出力を示す特定の周波数域をQスイッチ周波数として、前記QスイッチをON/OFF動作させたときのレーザパワーを前記出力モニタ手段で検出し、所定値以上のレーザパワーを検出できない場合、異常と判定する異常判定手段とを備え、前記波長変換素子が、特定の周波数帯域で他の周波数帯域よりも高い出力を示す特性を有しており、該特定の周波数帯域において前記QスイッチをON/OFF制御して、前記出力モニタ手段で検出されるレーザパワーが、第一の所定値よりも低く、かつ第二の所定値よりも高い場合、前記異常判定手段がレーザパワー出力の低下と判定し、第二の所定値よりも低い場合、前記異常判定手段がQスイッチの動作チェックエラーを出力することができる。これにより、波長変換素子に固有の周波数特性を利用して、Qスイッチの動作チェックを精度よく行うことができる。また、従来の異常検知のように出力を出さない状態でもし出力が検知されたら異常と判定するとは逆に、本来出力が得られるはずの周波数領域でQスイッチを動作させて、出力が得られないことを異常と判定する構成としており、従来であれば異常検知が困難な周波数依存の波長変換素子を用いたレーザ加工装置においても、確実にQスイッチの動作を検知できる。加えて、出力モニタ手段にレーザパワーを検知させる領域を、レーザパワーが高い領域としたことで、出力モニタ手段の感度を高める必要が無く、これにより出力モニタ手段を構成する部品のコストを低減できる効果も得られる。

## 【 0 0 1 0 】

また第2発明に係るレーザ加工装置によれば、前記レーザ加工装置の起動時に、前記異常判定手段で異常判定動作を実行することができる。これにより、電源投入時に毎回異常検知動作を実行して、加工の信頼性を高めることができる。

## 【 0 0 1 1 】

さらに第3発明に係るレーザ加工装置によれば、加工対象面に対してレーザ光を照射して、所望の加工を行うレーザ加工装置であって、基本周波数の基本波レーザ光を生成するためのレーザ媒質と、前記レーザ媒質を励起する励起光源と、前記レーザ媒質で生成される基本波レーザ光をQスイッチ周波数でON/OFF制御可能なQスイッチと、前記Qスイッチからの基本波レーザ光を入射して、基本波レーザ光の波長に対して高調波の波長を有する高調波レーザ光を生成するための波長変換素子と、レーザ光の光路上に設けられてレーザ光を遮断する閉状態と、レーザ光を通過させる開状態とを切り替え可能なシャッタ手段と、前記波長変換素子から出力されるレーザ光のパワーを検出するための出力モニタ手段と、前記シャッタ手段を開状態としてレーザ光を出力して加工を行う加工モードと、レーザパワー出力の低下と前記Qスイッチの動作を検知する異常検知モードとを切り替え可能なモード切替手段と、異常検知モードにおいて、前記シャッタ手段を閉状態としてレーザ光を遮断し外部へのレーザ出力を禁止させるとともに、前記QスイッチのQスイッチ周波数を、前記波長変換素子がピーク近傍の高い出力を示す特定の周波数域をQスイッチ周波数として、前記QスイッチをON/OFFさせると共に、このときのレーザパワーを前記出力モニタ手段で検出し、所定値以上のレーザパワーを検出できない場合、異常と判定する異常判定手段とを備え、前記波長変換素子が、特定の周波数帯域で他の周波数帯域よりも高い出力を示す特性を有しており、該特定の周波数帯域において前記QスイッチをON/OFF制御して、前記出力モニタ手段で検出されるレーザパワーが、第一の所定値よりも低く、かつ第二の所定値よりも高い場合、前記異常判定手段がレーザパワー出力の低下と判定し、第二の所定値よりも低い場合、前記異常判定手段がQスイッチの動作チェックエラーを出力することができる。これにより、波長変換素子に固有の周波数特性を利用して、Qスイッチの動作チェックを精度よく行うことができる。また、従来の異常検知のように出力を出さない状態でもし出力が検知されたら異常と判定するとは逆に、本来出力が得られるはずの周波数領域でQスイッチを動作させて、出力が得られないことを異常と判定する構成としており、従来であれば異常検知が困難な周波数依存の波長変換素子を用いたレーザ加工装置においても、確実にQスイッチの動作を検知できる。加えて、出力モニタ手段にレーザパワーを検知させる領域を、レーザパワーが高い領域としたことで、出力モニタ手段の感度を高める必要が無く、これにより出力モニタ手段を構成する部品のコストを低減できる効果も得られる。

## 【 0 0 1 2 】

さらにまた第4発明に係るレーザ加工装置によれば、さらに前記波長変換素子の下流側に設けられ、レーザ光出力の一部を抽出して前記出力モニタ手段に送出するための出力抽出手段を備えることができる。これにより、出力モニタ手段でレーザ光出力の一部を取得でき、効果的なパワーモニタリングが行える。

## 【 0 0 1 3 】

さらにまた実施の形態に係るレーザ加工装置によれば、前記波長変換素子を、LBO、BBO、KTPの内少なくともいずれかとできる。

## 【 0 0 1 4 】

さらにまた第5発明に係るレーザ加工装置によれば、前記出力モニタ手段で検出したレーザパワーに基づいて、前記励起光源の出力を制御することができる。これにより、現実には得られたレーザパワーに基づいたフィードバック制御が実現される。

## 【 0 0 1 5 】

さらにまた実施の形態に係るレーザ加工装置によれば、波長変換素子に固有の周波数特性を利用して、Qスイッチの動作チェックと励起光源の出力低下を同時に精度よく行うことができる。

【 0 0 1 6 】

【 0 0 1 7 】

さらにまた第6発明に係るレーザ加工装置によれば、前記異常判定手段が、前記QスイッチがON/OFF制御される間、QスイッチがON状態をまたはOFF状態を維持した状態を、Qスイッチの動作チェックエラーと判定することができる。

【 0 0 1 8 】

さらにまた実施の形態に係るレーザ加工装置の異常検知方法によれば、QスイッチでON/OFF制御可能とした基本波レーザ光を、波長変換素子に入射して、基本波レーザ光の波長に対して高調波の波長を有する高調波レーザ光を加工対象面に照射して、所望の加工を行うレーザ加工装置の異常検知方法であって、レーザ光の光路上に設けられたシャッタ手段を閉状態としてレーザ光が外部に出力されるのを遮断した状態で、異常を検知する異常検知モードに切り替えると共に、前記Qスイッチがレーザ光のON/OFFを行うQスイッチ周波数を、前記波長変換素子がピーク近傍の高い出力を示す特定の周波数域をQスイッチ周波数に設定する工程と、該Qスイッチ周波数で前記QスイッチをON/OFFしてレーザ光を発振させると共に、波長変換素子から出力されるレーザ光のパワーを出力モニタ手段で検出する工程と、前記出力モニタ手段で所定値以上のレーザパワーを検出できない場合、異常と判定する工程とを含むことができる。これにより、波長変換素子に固有の周波数特性を利用して、Qスイッチの故障を精度よく行うことができる。

10

【 0 0 1 9 】

さらにまた実施の形態に係るレーザ加工装置の異常検出プログラムによれば、QスイッチでON/OFF制御可能とした基本波レーザ光を、波長変換素子に入射して、基本波レーザ光の波長に対して高調波の波長を有する高調波レーザ光を加工対象面に照射して、所望の加工を行うレーザ加工装置の異常検出プログラムであって、レーザ光の光路上に設けられたシャッタ手段を閉状態としてレーザ光が外部に出力されるのを遮断した状態で、前記Qスイッチがレーザ光のON/OFFを行うQスイッチ周波数を、前記波長変換素子がピーク近傍の高い出力を示す特定の周波数域をQスイッチ周波数に設定する機能と、該Qスイッチ周波数で前記QスイッチをON/OFFしてレーザ光を発振させると共に、波長変換素子から出力されるレーザ光のパワーを出力モニタ手段で検出する機能と、前記出力モニタ手段で所定値以上のレーザパワーを検出できない場合、異常と判定する機能とをコンピュータに実現させることができる。これにより、波長変換素子に固有の周波数特性を利用して、Qスイッチの故障を精度よく行うことができる。

20

30

【 0 0 2 0 】

さらにまた実施の形態に係るコンピュータで読み取り可能な記録媒体は、上記プログラムを格納したものである。記録媒体には、CD-ROM、CD-R、CD-RWやフレキシブルディスク、磁気テープ、MO、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD+R、DVD-RW、DVD+RW、Blu-ray、HD DVD(AOD)等の磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、半導体メモリその他のプログラムを格納可能な媒体が含まれる。またプログラムには、上記記録媒体に格納されて配布されるものの他、インターネット等のネットワーク回線を通じてダウンロードによって配布される形態のものも含まれる。さらに記録媒体にはプログラムを記録可能な機器、例えば上記プログラムがソフトウェアやファームウェア等の形態で実行可能な状態に実装された汎用もしくは専用機器を含む。さらにまたプログラムに含まれる各処理や機能は、コンピュータで実行可能なプログラムソフトウェアにより実行してもよいし、各部の処理を所定のゲートアレイ(FPGA、ASIC)等のハードウェア、又はプログラムソフトウェアとハードウェアの一部の要素を実現する部分的ハードウェアモジュールとが混在する形式で実現してもよい。

40

【 0 0 2 1 】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施の形態は、本発明の技術思想を具体化するためのレーザ加工装置、レーザ加工装置の異常検知方法を例示するものであって、本発明はレーザ加工装置、レーザ加工装置の異常検知方法を

50

以下のものに特定しない。また、本明細書は特許請求の範囲に示される部材を、実施の形態の部材に特定するものでは決してない。特に実施の形態に記載されている構成部材の寸法、材質、形状、その相対的配置等は特に特定の記載がない限りは、本発明の範囲をそのみに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。なお、各図面が示す部材の大きさや位置関係等は、説明を明確にするため誇張していることがある。さらに以下の説明において、同一の名称、符号については同一もしくは同質の部材を示しており、詳細説明を適宜省略する。さらに、本発明を構成する各要素は、複数の要素を同一の部材で構成して一の部材で複数の要素を兼用する態様としてもよいし、逆に一の部材の機能を複数の部材で分担して実現することもできる。また、一部の実施例、実施形態において説明された内容は、他の実施例、実施形態等に利用可能なものもある。

10

#### 【0022】

本明細書においてレーザ加工装置とこれに接続される操作、制御、入出力、表示、その他の処理等のためのコンピュータ、プリンタ、外部記憶装置その他の周辺機器との接続は、例えばIEEE1394、RS-232x、RS-422、RS-423、RS-485、USB、PS2等のシリアル接続、パラレル接続、あるいは10BASE-T、100BASE-TX、1000BASE-T等のネットワークを介して電氣的に接続して通信を行う。接続は有線を使った物理的な接続に限られず、IEEE802.1x、OFDM方式等の無線LANやBluetooth（登録商標）等の電波、赤外線、光通信等を利用した無線接続等でもよい。さらに加工パターンのデータ保存や設定の保存等を行うための記録媒体には、メモ리카ードや磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、半導体メモリ等が利用できる。

20

#### 【0023】

以下の実施の形態では、本発明を具現化したレーザ加工装置の一例として、レーザマーカについて説明する。ただ、本明細書においてレーザ加工装置は、その名称に拘わらずレーザ応用機器一般に利用でき、例えばレーザ発振器や各種のレーザ加工装置、穴あけ、マーキング、トリミング、スクライビング、表面処理等のレーザ加工や、レーザ光源としてのレーザ応用分野、例えばDVDやBlu-ray（登録商標）等の光ディスクの高密度記録再生用光源や通信用の光源、印刷機器、照明用光源、ディスプレイ等の表示装置用の光源、医療機器等において、好適に利用できる。

30

#### 【0024】

また、本明細書においては加工の代表例として印字について説明するが、上述の通り印字加工に限られず、溶融や剥離、表面酸化、切削、変色等のレーザ光を使ったあらゆる加工処理においても利用できる。また印字とは文字や記号、図形等のマーキングの他、上述した各種の加工も含む概念で使用する。

（高調波出力レーザ加工装置）

#### 【0025】

図6に、レーザ加工装置100のレーザ光出力部分のブロック図を示す。この図に示すレーザ加工装置100は、コントローラ部1Aとヘッド部で構成され、コントローラ部1Aがレーザ制御部1、ヘッド部がレーザ出力部2に該当する。

40

#### 【0026】

コントローラ部1Aは、レーザ励起部6であるLD素子と、LD素子に供給する駆動電流を制御するレーザ駆動制御部4と、レーザ駆動制御部4にLD駆動電流値を指示するコントローラ演算部30と、ヘッド部の増幅回路28からコントローラ演算部30に送られるレーザパワーに関する信号をA/D変換するためのA/Dコンバータ31とを備える。コントローラ部1Aとヘッド部は、ケーブル部を介して接続されており、ケーブル部にはLD素子から出力される励起光をヘッド部に伝達する光ファイバケーブル13、及び電気信号をやりとりする信号線や電力をヘッド部側に電力を供給するための電力線（図示せず）等を含む。さらにコントローラ部1Aには、ユーザが各種設定や操作を行うための入力部3と、操作画面を表示し入力内容を確認するための表示部82が接続される。

（入力部3；表示部82）

50

## 【 0 0 2 7 】

入力部 3 はコントローラ演算部に接続され、レーザ加工装置を操作するための必要な設定を入力してレーザ制御部 1 に送信する。設定内容はレーザ加工装置の動作条件や具体的な印字内容等である。入力部 3 はキーボードやマウス、コンソール等の入力デバイスである。また、入力部 3 で入力された入力情報を確認したり、レーザ制御部 1 の状態等を表示する表示部 8 2 を別途設けることもできる。表示部 8 2 は L C D やブラウン管等のモニタが利用できる。またタッチパネル方式を利用すれば、入力部と表示部を兼用することもできる。これによって、コンピュータ等を外部接続することなく入力部でレーザ加工装置の必要な設定を行うことができる。またこの入力部 3 は、所望の加工パターンに加工する加工条件として、レーザ光出力条件と加工パターンを設定するための加工条件設定部としても機能する。

10

## 【 0 0 2 8 】

またヘッド部は、光ファイバで伝達される励起光でレーザ発振を生じさせるレーザ媒質 8 と、レーザ媒質 8 から出射されるレーザ発振光を所定の周波数で O N / O F F 制御するための Q スイッチ 1 9 と、Q スイッチ 1 9 から出射される発振光を波長変換するための波長変換素子 2 0 と、波長変換された発振光から必要に応じて特定波長成分をカットするフィルタ手段 2 4 と、フィルタ手段 2 4 でフィルタされた発振光がレーザ光出力としてヘッド部から出射されるのを遮断するためのシャッタ手段 2 5 と、レーザ光出力の一部を抽出するための出力抽出手段と、出力抽出手段 2 6 で抽出されたレーザパワーを測定するための出力モニタ手段 2 7 と、出力モニタ手段 2 7 で検出されたレーザパワーに関する信号を必要に応じて増幅するための増幅回路 2 8 とを備える。また波長変換素子 2 0 には、波長変換素子 2 0 の温度を測定し、調整するための温度調整手段 2 1 と、温度調整手段 2 1 の温調動作を制御するための温度制御手段 2 2 が固定される。温度制御手段 2 2 は、コントローラ部 1 A のコントローラ演算部 3 0 と接続されており、温度調整手段 2 1 で測定された温度をコントローラ演算部 3 0 に送出して、所定の温度に制御するよう温度調整手段 2 1 を制御するフィードバック制御を行う。一方で、増幅回路 2 8 は信号線を介してコントローラ部 1 A の A / D コンバータ 3 1 と接続されて、レーザパワーに関する信号をコントローラ演算部 3 0 に送出する。

20

(レーザ励起部 6 )

## 【 0 0 2 9 】

レーザ励起部 6 は、光学的に接合されたレーザ励起光源 1 0 とレーザ励起光源集光部 1 1 を備える。レーザ励起部 6 の内部の一例を図 7 の斜視図に示す。この図に示すレーザ励起部 6 は、レーザ励起光源 1 0 とレーザ励起光源集光部 1 1 をレーザ励起部ケーシング 1 2 内に固定している。レーザ励起部ケーシング 1 2 は、熱伝導性の良い銅等の金属で構成され、レーザ励起光源 1 0 を効率よく外部に放熱する。レーザ励起光源 1 0 は半導体レーザ ( Laser Diode : L D ) や励起ランプ等で構成される。図 7 の例では、複数の半導体レーザダイオード素子を直線状に並べたレーザダイオードアレイを使用しており、各素子からのレーザ発振がライン状に出力される。レーザ発振はレーザ励起光源集光部 1 1 の入射面に入射されて、出射面から集光されたレーザ励起光として出力される。レーザ励起光源集光部 1 1 はフォーカシングレンズ等で構成される。レーザ励起光源集光部 1 1 からのレーザ励起光は光ファイバケーブル 1 3 等によりレーザ出力部 2 のレーザ媒質 8 に入射される。レーザ励起光源 1 0 とレーザ励起光源集光部 1 1 、光ファイバケーブル 1 3 は、空間あるいは光ファイバを介して光学的に結合されている。

30

40

(レーザ出力部 2 )

## 【 0 0 3 0 】

レーザ出力部 2 は、レーザ発振部 5 0 を備える。レーザ光 L B を発生させるレーザ発振部 5 0 は、レーザ媒質 8 と、レーザ媒質 8 が放出する誘導放出光の光路に沿って所定の距離を隔てて対向配置された出力ミラー及び全反射ミラーと、これらの間に配されたアパーチャ、Q スイッチ 1 9 等を備える。Q スイッチ 1 9 はレーザ媒質 8 から出射されるレーザの光軸上に位置するよう一方の端面に面して配設されている。Q スイッチ 1 9 を用いるこ

50



とで連続発振を尖頭出力値（ピーク値）の高い高速繰返しパルス発振に変えることが可能となる。またQスイッチ19には、これに印加するRF信号を生成するQスイッチ制御回路29が接続されている。このレーザ発振部50は、レーザ媒質8が放出する誘導放光を、出力ミラーと全反射ミラーとの間での多重反射により増幅し、Qスイッチ19の動作により短周期にて通断しつつアパーチャによりモード選別して、出力ミラーを経てレーザ光LBを出力する。レーザ媒質8は光ファイバケーブル13を介してレーザ励起部6から入射されるレーザ励起光で励起されて、レーザ発振される。レーザ媒質8はロッド状の一方の端面からレーザ励起光を入力して励起され、他方の端面からレーザ光LBを出射する、いわゆるエンドポンピングによる励起方式を採用している。

（レーザ媒質8）

10

【0031】

上記の例では、レーザ媒質8としてロッド状のNd:YVO<sub>4</sub>結晶を用いた。また固体レーザ媒質の励起用半導体レーザの波長は、このNd:YVO<sub>4</sub>の吸収スペクトルの中心波長である808nmに設定した。YVO<sub>4</sub>結晶で得られるレーザ光の波長は、1064nmとなる。ただ、この例に限らず他の固体レーザ媒質として、例えば希土類をドープしたYAG、LiSrF、LiCaF、YLF、NAB、KNP、LNP、NYAB、NPP、GGG等も用いることもできる。

（波長変換素子20）

【0032】

固体レーザ媒質に波長変換素子20を組み合わせ、出力されるレーザ光の波長を任意の波長に変換する。変換素子としては非線形光学結晶が利用でき、例えばKTP（KTiPO<sub>4</sub>）、有機非線形光学材料や他の無機非線形光学材料、例えばKN（KNbO<sub>3</sub>）、KAP（KAsPO<sub>4</sub>）、BBO（BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub>）、LBO（LiB<sub>3</sub>O<sub>5</sub>）や、バルク型の分極反転素子（LiNbO<sub>3</sub>（Periodically Polled Lithium Niobate：PPLN）、LiTaO<sub>3</sub>等）が利用できる。また、Ho、Er、Tm、Sm、Nd等の希土類をドープしたフッ化物ファイバを用いたアップコンバージョンによるレーザの励起光源用半導体レーザを用いることもできる。ここでは、波長変換素子20としてLBOを使用した。これによって発生される第2次高調波の波長は、532nmとなる。

20

【0033】

また波長変換素子20は一のみならず、複数使用することもできる。これにより第2次高調波発生（Second Harmonic Generation：SHG）に限られず、第3次高調波発生（Third Harmonic Generation：THG）や第4次高調波発生（Fourth Harmonic Generation：FHG）、第5次高調波発生（Fifth Harmonic Generation：FIHG）、和調波発生（Sum Frequency Generation：SFG）、パラメトリック発振（Optical Parametric Oscillation：OPO）、差調波発生（Differential Frequency Generation：DFG）などを利用することもできる。

30

【0034】

なお、固体レーザ媒質としてバルクに代わってファイバーを発振器として利用した、いわゆるファイバーレーザにも適用可能である。また固体レーザ媒質を使用せず、言い換えるとレーザ光を発振させる共振器を構成せず、波長変換のみを行う波長変換素子を使用することもできる。この場合は、半導体レーザの出力光に対して波長変換素子で波長変換を行う。このように、本実施の形態においてはレーザ発生源として様々なタイプを適宜利用できる。

40

（2方向励起方式）

【0035】

固体レーザ媒質を励起する構成としては、固体レーザ媒質を励起する励起光を一方の端面のみから入射して励起させ、他方の端面からレーザ光を出射する、いわゆるエンドポンピングによる1方向励起方式が利用できる。また、固体レーザ媒質の前後の端面から各々励起光を照射する2方向励起方式も採用できる。2方向励起においては、各端面に励起光源であるLDを各々配置する構成の他、単一のLDからの励起光を光ファイバ等で分岐し

50

て、固体レーザ媒質の両端面からポンピングする構成等が利用できる。

【0036】

特に固体レーザ媒質を励起するレーザ加工装置では、量子効率の限界から、励起パワーのうち3割～4割が熱となり失われてしまう。そのため極限的な性能を発揮させるためには、強励起により顕在化する熱複屈折や熱レンズ、熱複レンズ、更には熱による破壊等の様々な熱問題を解決する必要がある。特にLD励起固体レーザ加工装置においては、固体レーザ媒質の励起光吸収に伴う発熱が結晶そのものにレンズ効果を誘起し、熱レンズを生じさせる。熱レンズはレーザ共振器の安定性を著しく阻害し、共振器の設計の大きな障害となる。2方向励起方式を採用することで、このような問題を軽減できる。また2方向励起方式においては、レーザ励起部6として一の励起光源を使用し、これを分岐して各端面から投入する構成とすることで、熱レンズ等の発生を抑制することもできる。加えて、励起波長に対する安定性や立ち上がり特性の改善の効果も得られる。

(温度計測手段23; 温度調整手段21; 温度制御手段22)

【0037】

波長変換素子20には、温度計測手段23と温度調整手段21が固定されている。またこれら温度計測手段23と温度調整手段21は、温度制御手段22に接続されて制御される。さらに温度制御手段22は、コントローラ演算部30により制御される。コントローラ演算部30に制御される温度制御手段22は、温度計測手段23で計測された温度にしたがって、波長変換素子20が所定の温度になるよう温度調整手段21を制御する。温度計測手段23は、熱電対等、波長変換素子20の温度を測定可能な部材で構成される。また温度調整手段21は、波長変換素子20を加熱又は冷却してその温度を調整する部材であり、ペルチェ素子が好適に利用できる。なお温度計測手段23や温度調整手段21は、好ましくは波長変換素子20と直接接触させることが好ましいが、何らかの部材を介在させて熱伝導状態に接続することもできる。

【0038】

また、温度計測と別に、周囲の環境温度を計測するために環境温度取得手段を備えることもできる。ただ、温度計測手段23で計測された波長変換素子20の温度を、周囲環境温度として代用することもできる。この場合は環境温度取得手段を温度計測手段23で兼用して、必要な部品点数を減らし、さらに制御を簡素化できる。

(フィルタ手段24)

【0039】

レーザ光出力の光軸上には、フィルタ手段24と出力抽出手段26が配置される。フィルタ手段24は、波長変換素子20から出射されるレーザ光出力の内、加工に必要な波長域のみを透過させ、他の波長成分をカットする。例えば固体レーザ媒質としてNd:YVO<sub>4</sub>結晶、波長変換素子20としてLBOを用いた場合のレーザ光出力は、Nd:YVO<sub>4</sub>から出射される基本波である1064nmとLBOで波長変換された第2次高調波である532nmの光が混在しているが、この内532nmのみを取り出し、1064nmの成分をフィルタ手段24でカットする。

(出力抽出手段26)

【0040】

出力抽出手段26は、フィルタ手段24でフィルタされたレーザ光出力の大部分を透過させる一方で、レーザ光出力の一部を出力モニタ手段27側に反射させる。これによりレーザ光出力の一部を取り出して、この値からレーザパワーを測定することができる。このように出力抽出手段26はビームサンプラとして機能し、例えばレーザ光出力の1%～数%を反射させる部分反射ミラーが利用できる。

(シャッタ手段25)

【0041】

シャッタ手段25は、レーザ光出力の遮断、通過を切り替えるための部材である。シャッタ手段25はレーザ光の光路上に設けられてレーザ光を遮断する閉状態と、レーザ光を通過させる開状態とを切り替え可能としている。後述する温度探索を行う場合は、戻り光

10

20

30

40

50

の影響を受けないようにするため、シャッタ手段 25 を閉状態とする。

(出力モニタ手段 27)

【0042】

出力モニタ手段 27 は、出力抽出手段 26 で偏向されたレーザ光出力を受光して、その出力値を検出する。好適には、レーザパワーのエネルギーを電気量に変換するパワーメータであり、サーモパイルや焦電素子が利用できる。ここではサーモパイルを利用している。サーモパイルは、複数の熱電対を直列に接続した赤外線受光部(温接点)を備える。サーモパイルの赤外線受光部に赤外線が入射すると、入射した赤外線の量に応じて温接点と冷接点との間に温度差が生じ、その差に応じた熱起電力が発生する。この熱起電力が測定対象物の温度すなわち赤外線エネルギーに対応する。このようにしてサーモパイルから得られた電気信号を、必要に応じて増幅回路 28 で増幅し、予め ROM 等のメモリ手段に格納されたテーブルを参照してワット数等のエネルギー量に換算する。換算されたエネルギー量を示す信号値は、信号線でヘッド部からコントローラ部 1A に送出される。コントローラ部 1A では、A/D コンバータ 31 で電気信号を A/D 変換した後、コントローラ演算部 30 に入力される。

(コントローラ演算部 30)

【0043】

コントローラ演算部 30 は、出力モニタ手段 27 からのフィードバックによりレーザ光出力の ON/OFF やレーザパワー等の発振状態を検出することができる。さらにコントローラ演算部 30 は、波長変換素子 20 の温度制御を行う温度制御手段 22 の制御も行う。温度調整手段 21 は、温度計測手段 23 で検出された波長変換素子 20 の温度が、目標温度となるように温度制御手段 22 で制御する。この温度調整手段 21 に対し、波長変換素子 20 の目標温度を指示し、一方で波長変換素子 20 の現在の温度を温度調整手段 21 から受領する。またコントローラ演算部 30 は、指定された Q スイッチ周波数で Q スイッチ 19 を ON/OFF 動作させるよう、Q スイッチ制御回路 29 の制御も行う。

【0044】

さらにコントローラ演算部 30 は、Q スイッチを ON/OFF 動作させたときのレーザパワーを出力モニタ手段で検出し、所定値以上のレーザパワーを検出できない場合に異常と判定する異常判定手段と、温度調整手段 21 によって波長変換素子 20 の温度を所定の範囲内で変化させ、各温度における波長変換素子 20 から出射されるレーザ光のパワーを測定する温度探索を実行し、該温度探索の結果レーザパワーが最大値を示すときの該レーザパワー最大値、及び波長変換素子 20 の温度を、該波長変換素子 20 の最適温度として設定する最適温度設定を行う温度探索手段、又は波長変換素子 20 の温度を変化させて、各温度におけるレーザパワーを測定する温度探索を行い、レーザパワーが最大となるときの出力モニタ手段 27 で検出されたレーザパワー最大値、及び温度計測手段 23 で計測される波長変換素子 20 の温度を保持する温度保持手段と、温度保持手段に保持されたレーザパワーが最大となる波長変換素子 20 の温度を、波長変換素子 20 の最適温度として設定する最適温度設定を行う温度設定手段と、温度調整手段 21 で波長変換素子 20 の温度を変化させて温度探索を行う開始温度を、初期設定温度記憶手段に記憶された初期設定時の環境温度に基づいて設定すると共に、該開始温度よりも高い温度又は低い温度のいずれに向かって温度探索を行うかを、環境温度取得手段で取得された環境温度に基づいて設定する探索範囲設定手段と、初期設定温度記憶手段に記憶された初期設定時の環境温度と、環境温度取得手段で取得された環境温度との温度差が、予め設定された基準値を超える場合に、温度探索を実行すべきと判定する温度探索判定手段の機能を実現する。このようなコントローラ演算部 30 は、CPU などによって構成される。

【0045】

またコントローラ演算部 30 は、メモリ部 5 を備える。メモリ部 5 は、温度設定手段によって設定された最適温度を保存する温度保存手段、初期設定時の環境温度を記憶する初期設定温度記憶手段として機能する。なお波長変換素子 20 の温度は、測定点すべての温度を記録する必要はない。温度設定手段は、少なくともレーザパワーの最大値を保存すべ

ば足りる。例えば波長変換素子 20 の温度をスweepしたとき、各温度に対するレーザパワーをすべて記録せず、少なくとも現在までのレーザパワーの最大値をホールドし、次に計測されたレーザパワーをこの最大値と比較して、このときのレーザパワーの方が大きければ上書きするようにしてもよい。もちろんすべてのデータを記録して、記録終了後にレーザパワーの最大値を特定し、そのときの温度を最適温度として設定するようにしてもよい。

(波長変換素子 20 の温度制御)

【0046】

以上のレーザ加工装置は、レーザパワーをモニタリングする出力モニタ手段 27 で、波長変換素子 20 の最適温度、すなわちレーザ光出力が最も大きくなる温度を探索する。波長変換素子 20 は温度調整手段 21 によって温度が制御される。低温から高温、あるいは高温から低温に向かって所定の範囲で温度をスweepし、各温度における波長変換素子 20 のレーザパワーを出力モニタ手段 27 でモニタリングする。所定の範囲のスweepが完了したときに、レーザパワーの最大値を記録した温度を、波長変換素子 20 の最適温度としてメモリ部 5 に記憶する。

(異常検知機能)

【0047】

さらにこのレーザ加工装置は、シャッタ手段を開状態としてレーザ光を出力して加工を行う加工モードと、Qスイッチ又は励起光源の異常を検知する異常検知モードとを切り替え可能としている。この切替はモード切替手段 3Lで行う。モード切替手段 3Lは、入力部 3で操作される。異常検知モードにおいては、シャッタ手段を閉状態としてレーザ光を遮断し外部へのレーザ出力を禁止させるとともに、QスイッチのQスイッチ周波数を、高いレーザパワーを得られる特定の周波数に設定してQスイッチをON/OFFさせる。このときのレーザパワーを出力モニタ手段で検出し、所定値以上のレーザパワーを検出できない場合は、異常判定手段がQスイッチは異常であると判断する。

【0048】

従来の、基本波レーザ光を出力するレーザ加工装置のQスイッチの異常検知においては、例えば図3(a)に示すようにQスイッチを閉じたままレーザパワーを80%で出力するよう、励起光源のLD素子に投入する。このときの出力モニタ手段で検出した出力が図3(b)に示すように0.8W以下のときは正常すなわち「OK」と判定し、これよりも大きいときはQスイッチがレーザ出力を停止させていない、開き放し状態にあるとして、故障すなわち「エラー」と判定していた。

【0049】

また、Qスイッチが正常と判断された後、励起光源の劣化が生じていないかどうかのチェックを行う。ここでは図8(a)に示すように、Qスイッチを開いたまま、レーザパワーを80%で出力し、図8(b)に示すように、出力モニタ手段で50%相当未満のレーザパワーしか検出できなかった場合は、レーザパワーが低下したとして警告を出力していた。このように、従来はQスイッチの異常検知の後に励起光源の劣化チェックを別途行っていた。

【0050】

しかしながら、基本波レーザ光を波長変換素子で高次高調波に変換するレーザ加工装置においては、この方法では正確なQスイッチの異常検知ができない。なぜなら、波長変換素子は周波数依存特性があり、特定の周波数域で高い出力を示す反面、低い周波数域(開き放し状態又は閉じ放し状態)や高い周波数域(開き放し状態又は閉じ放し状態)では、出力が特定の周波数域に比べ低くなる傾向がある。図5に、このようなLBO結晶の周波数特性のグラフを示す。この図の場合、周波数が0又は30kHzを超えた領域では、出力が0に向かって減少する傾向がある。このため、特定の周波数域以外の領域では、たとえQスイッチが正常な状態でも特定の周波数域に比べ出力が低下する傾向を示すため、故障が発生した場合にその判定を確実に行えないおそれがある。なお、本実施の形態に用いたLBO結晶では、上述の高いレーザ出力を得る特定周波数域が30kHz近傍の領域で

あるが、すべてのＬＢＯ結晶あるいは他の波長変換素子のこのような特定周波数域が３０kHz近傍とは限らない。これは、ＬＢＯ結晶の製法や成分、並びに周波数におけるＯＮ状態とＯＦＦ状態の比率で変化することはいうまでもないことである。

#### 【００５１】

そこで本実施の形態においては、Ｑスイッチと波長変換素子を組み合わせた構成において、従来と逆にＱスイッチをＯＮ動作させて、出力が得られない場合を異常と判定する構成とした。具体的には、異常検知モードにおいて、まずシャッタ手段を閉状態とし、印字点にはレーザ出力が漏れずに、出力モニタ手段で計測できる状況にする。次に図９（ａ）に示すように、レーザパワーを８０％、Ｑスイッチ周波数に３０kHzに設定してレーザ発振を行う。定格６Ｗのレーザを使用している場合、この状態で $6\text{ W} \times 80\% = 4.8\text{ W}$ の出力が、理論上は出力モニタ手段で計測されることになる。

10

#### 【００５２】

この状態で、異常判定手段が異常判定動作を実行する。具体的には、図９（ｂ）に示すように、出力モニタ手段が取得するレーザパワーが０．８Ｗ以下であればＱスイッチが故障しているとしてエラーと判定する。エラーが出力されると、レーザ加工装置は動作可能なレディ状態とならずに、エラー表示をしたまま停止する。一方で、Ｑスイッチ故障エラーでないときは、レーザ加工装置をレディ状態にする。ただし、出力モニタ手段が取得するパワーが３Ｗ以下０．８Ｗ以上のときは、励起光源の出力が低下しているとしてパワー低下警告を表示する。

#### 【００５３】

20

これにより、第２次高調波の性質とエラー状態をリンクさせて、エラー状態を確実に検知できる。また一度の異常判定でＱスイッチ故障検出とレーザパワーの低下警告とを同時に行うことができる。特にＱスイッチが故障しているということは、単に印字品質に影響するだけでなく、意図しないレーザの照射からユーザを保護するという点で安全面の観点からも好ましい。

（異常判定動作説明）

#### 【００５４】

次に、このような異常判定動作の具体的な手順の一例を、図１０のフローチャートに基づいて説明する。まずステップＳ１で、異常判定動作の設定を行う。ここでは励起ＬＤ電流を、レーザパワーが８０％になるように設定し、またＱスイッチ周波数が３０kHzになるようＱスイッチ制御回路２９を設定する。この状態でシャッタ手段を閉状態として、レーザ発振を行う。次にステップＳ２で、５秒経過するまで待機する。５秒経過後、ステップＳ３に移行し、出力モニタ手段で得られた検出値に相当するレーザパワーのワット数を計算する。ワット数の計算は、上述の通りメモリ手段に格納されたテーブルを参照して行われる。

30

#### 【００５５】

そしてステップＳ４で、得られたレーザパワーのワット数を判定する。レーザパワーが４Ｗ以上の場合は、正常と判定されステップＳ６に進み、レーザ加工装置が動作可能なレディ状態に移行する。一方、レーザパワーが０．８Ｗ以上４Ｗ未満の場合は、レーザパワー出力低下警告を出力する。例えば、表示部８２に、ＬＤ素子の出力が低下している旨のメッセージを表示させたり、警告音や音声ガイダンス等で、ユーザに対してＬＤ素子の電流値調整や励起光源の交換といった対応策を促す。この場合は、レーザ加工動作を中止とせず、そのままステップＳ６に進み、レディ状態に移行する。

40

#### 【００５６】

また一方、レーザパワーが０．８Ｗ以下の場合は、ステップＳ５－２でＱスイッチ動作チェックエラーを出力する。この場合は、レディ状態に移行しないので、ユーザはレーザ加工動作を実行できない。よって修理やメンテナンス、製造メーカーに問い合わせといった具体的な作業が必要となる。異常のようにして、Ｑスイッチ故障検出又はレーザパワーの低下チェック動作を終了する。

#### 【００５７】

50

なお、上記の場合分けは一例であって、レーザパワーの出力や判定の閾値などは、適宜設定できることはいうまでもない。例えばレーザパワー出力低下警告の場合も、レーザ加工を中止させるよう設定してもよい。

#### 【 0 0 5 8 】

このようにして、異常検知を確実に実行できる。異常検知の目的の一は、本来レーザ光が出力されるべきでない状態において、意図せずレーザ光が出力されてしまう事態を回避することにもある。このような観点から従来は、レーザ光を出力しない状態を意図的に作り出した上で、それでもレーザ光が検知されれば、異常が発生していると判断することとしていた。しかしながらこの方法では、LBOなどの波長変換素子を用いたレーザ加工装置においては、LBOの周波数依存性のため、正常な状態でもレーザ光の出力が極めて低い、もしくは出力されない状態が存在し、このためQスイッチの異常が発生している状況と区別が困難になるという問題が生じた。

10

#### 【 0 0 5 9 】

そこで本実施の形態では、従来の異常検知とは真逆のアプローチ、すなわちレーザ光を意図的に出力する状況を作り出した上で、レーザ光の出力が所定値よりも低い場合を異常と判定するようにしている。これにより、Qスイッチの異常を確実に検出できる。また、従来のように低いレーザパワーを検知するのではなく、比較的高いレーザパワーを検出する構成のため、サーモパイル等の出力モニタ手段の検出精度を、低い領域で高める必要が無く、部品コストも低減できる。加えて、Qスイッチ異常と同時にLDなどの励起光源の出力低下も同時に判定できる。このように、本実施の形態に係る異常検知方法は従来の異常

20

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【 0 0 6 0 】

本発明のレーザ加工装置、レーザ加工装置の異常検知方法は、例えばマーキング、穴あけ、トリミング、スクライピング、表面処理等、立体形状を有する立体の表面にレーザ照射を行う処理において、立体形状の設定に広く適用可能である。なお、3次元印字が可能なレーザマーカの例について説明したが、本発明は2次元印字が可能なレーザマーカに対しても好適に適用できる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【 0 0 6 1 】

30

【図1】レーザ加工装置の構成を示すブロック図である。

【図2】レーザ加工装置の異常検出動作を示すブロック図である。

【図3】図2の回路で、QスイッチをOFF状態としてレーザ発振させた場合のLDの電流値とパワーモニタで検出した出力を示すグラフである。

【図4】波長変換素子を備えるレーザ加工装置の異常検出動作を示すブロック図である。

【図5】LBO結晶のQスイッチ周波数に対する平均出力特性を示すグラフである。

【図6】本発明の一実施の形態に係るレーザ加工装置を示すブロック図である。

【図7】図1のレーザ励起部の内部構造を示す斜視図である。

【図8】QスイッチをON状態としてレーザ発振させた場合のLDの電流値と出力モニタ手段で検出した出力を示すグラフである。

40

【図9】図6の回路で、QスイッチをON状態としてレーザ発振させた場合のLDの電流値と出力モニタ手段で検出した出力を示すグラフである。

【図10】異常判定動作の手順を示すフローチャートである。

#### 【符号の説明】

#### 【 0 0 6 2 】

100、300...レーザ加工装置

1...レーザ制御部；1A...コントローラ部；2...レーザ出力部

3...入力部

3L...モード切替手段

4...レーザ駆動制御部；5...メモリ部

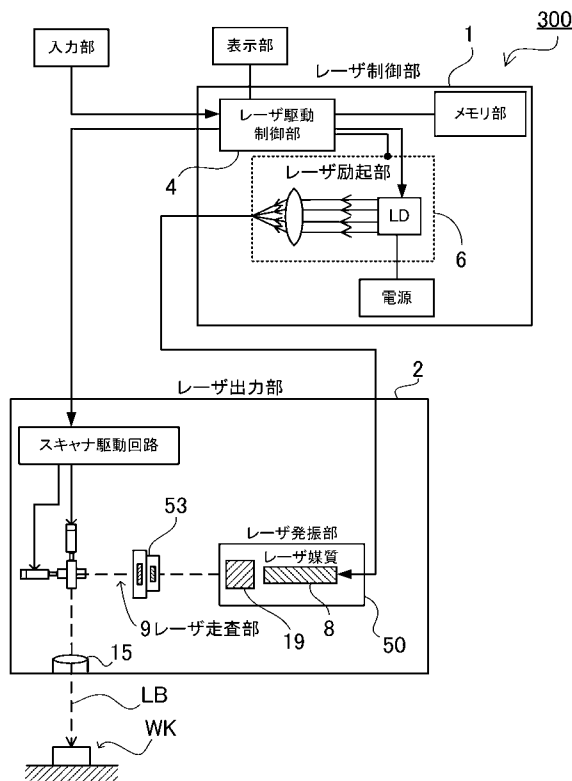
50

6 ... レーザ励起部 ; 8 ... レーザ媒質 ; 9 ... レーザ光走査部  
 10 ... レーザ励起光源 ; 11 ... レーザ励起光源集光部  
 12 ... レーザ励起部ケーシング ; 13 ... 光ファイバケーブル  
 15 ... 集光部 ; 19 ... Qスイッチ  
 20 ... 波長変換素子  
 21 ... 温度調整手段  
 22 ... 温度制御手段  
 23 ... 温度計測手段  
 24 ... フィルタ手段  
 25 ... シャッタ手段  
 26 ... 出力抽出手段  
 27 ... 出力モニタ手段  
 28 ... 増幅回路  
 29 ... Qスイッチ制御回路  
 30 ... コントローラ演算部  
 31 ... A/Dコンバータ  
 50 ... レーザ発振部  
 53 ... ビームエキスパンダ  
 82 ... 表示部 ;  
 LB ... レーザ光  
 WK ... ワーク

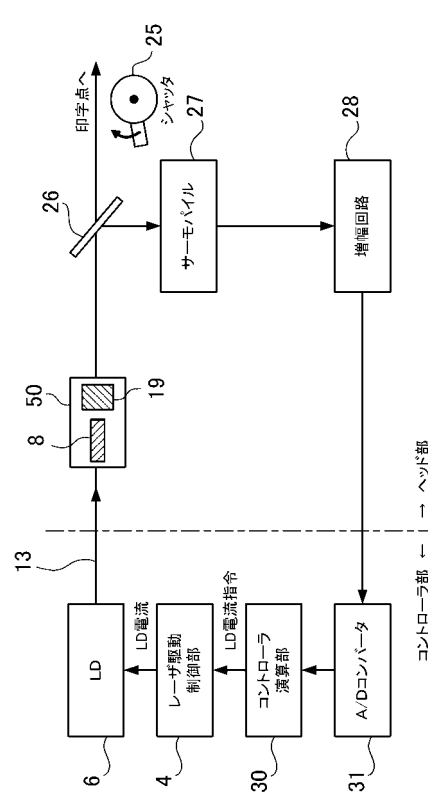
10

20

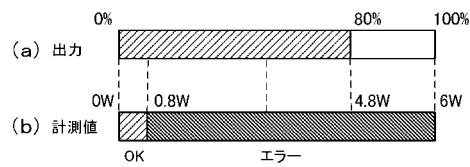
【図1】



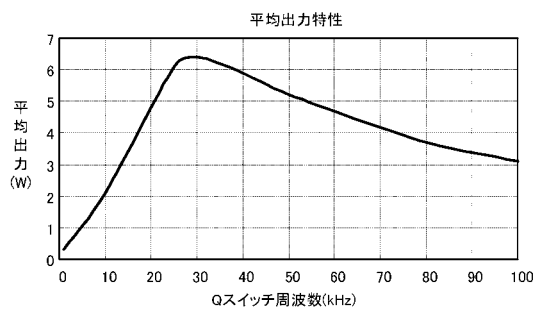
【図2】



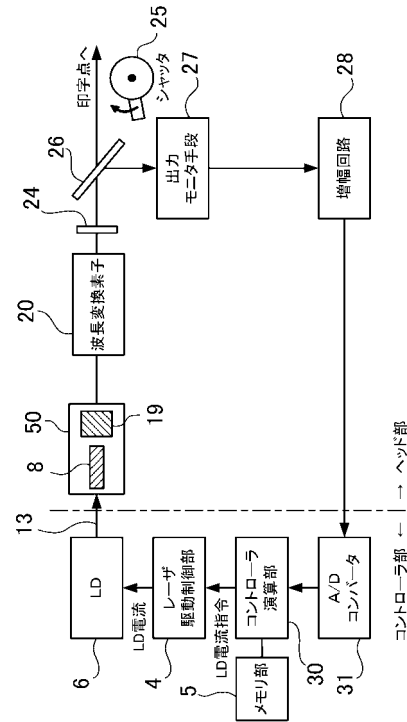
【図 3】



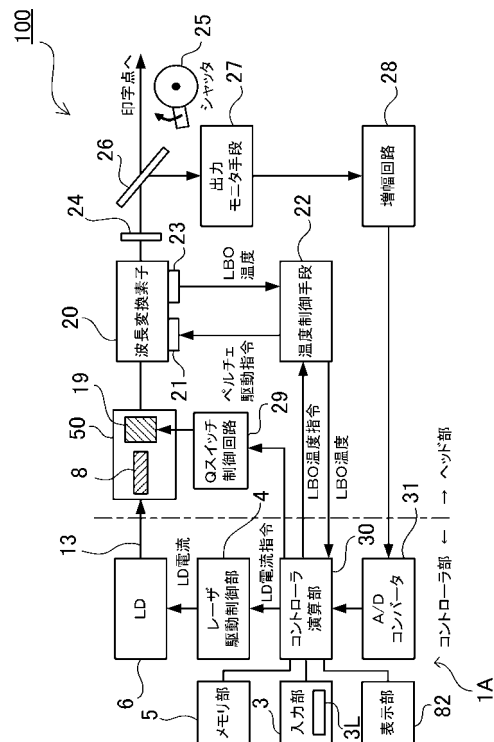
【図 5】



【図 4】

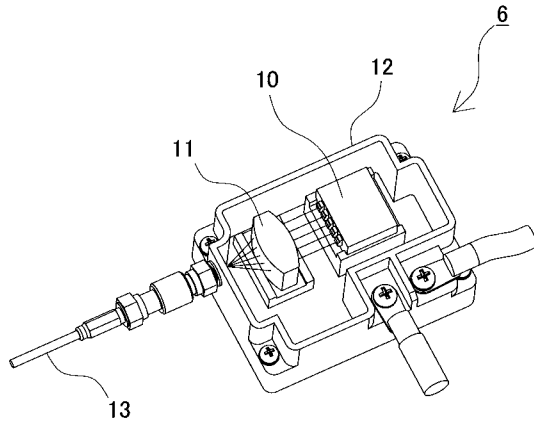


【図 6】

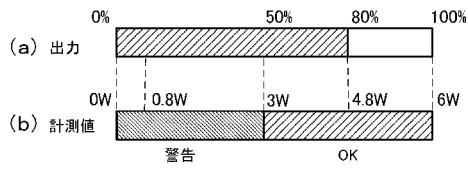




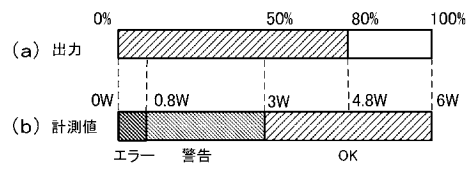
【図 7】



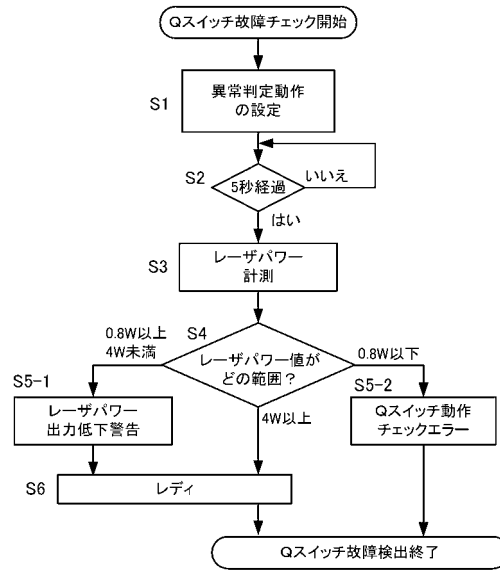
【図 8】



【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-275881(JP,A)  
特開昭59-039081(JP,A)  
特開2005-199323(JP,A)  
特開昭62-227587(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B23K 26/00 - 26/42