

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-228222
(P2004-228222A)

(43) 公開日 平成16年8月12日(2004.8.12)

(51) Int. Cl.⁷
H01S 3/113

F I
H01S 3/113

テーマコード(参考)
5FO72

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-12433 (P2003-12433)
(22) 出願日 平成15年1月21日(2003.1.21)

(71) 出願人 000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地
(74) 代理人 100077931
弁理士 前田 弘
(74) 代理人 100094134
弁理士 小山 廣毅
(74) 代理人 100110939
弁理士 竹内 宏
(74) 代理人 100110940
弁理士 嶋田 高久
(74) 代理人 100113262
弁理士 竹内 祐二
(74) 代理人 100115059
弁理士 今江 克実

最終頁に続く

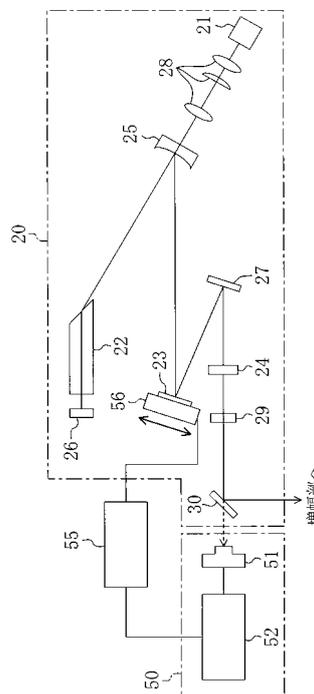
(54) 【発明の名称】 レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 入力レーザー光により照射された部分が劣化することで少なくとも出力レーザー光の強度が低下する光学素子(過飽和吸収体23)を備えたレーザー装置に対して、その光学素子から出力される出力レーザー光の強度を出来る限り安定させる。

【解決手段】 光学素子(過飽和吸収体23)に対する入力レーザー光の照射位置を、該入力レーザー光の照射により劣化していない部分に移動させる移動手段(コントローラ55及び可動ステージ56)を設ける。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力レーザー光により照射された部分が劣化することで少なくとも出力レーザー光の強度が低下する光学素子と、

上記光学素子に対する入力レーザー光の照射位置を、該入力レーザー光の照射により劣化していない部分に移動させる移動手段とを備えていることを特徴とするレーザー装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載のレーザー装置において、

移動手段は、光学素子に対する入力レーザー光の照射位置の移動を、該光学素子を移動させることを行うように構成されていることを特徴とするレーザー装置。

10

【請求項 3】

請求項 1 記載のレーザー装置において、

移動手段は、光学素子に対する入力レーザー光の照射位置の移動を、該光学素子に対する入力レーザー光の光軸を移動させることを行うように構成されていることを特徴とするレーザー装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のレーザー装置において、

移動手段は、光学素子に対する入力レーザー光の照射位置の移動を、連続的又は周期的に行うように構成されていることを特徴とするレーザー装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のレーザー装置において、

移動手段は、光学素子に対する入力レーザー光の照射位置の移動を、レーザー発振開始から所定時間経過後に行うように構成されていることを特徴とするレーザー装置。

20

【請求項 6】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のレーザー装置において、

光学素子から出力される出力レーザー光の強度を検出する強度検出手段を備え、移動手段は、上記強度検出手段により検出された出力レーザー光の強度が所定強度よりも小さくなったときに、光学素子に対する入力レーザー光の照射位置の移動を行うように構成されていることを特徴とするレーザー装置。

【請求項 7】

請求項 6 記載のレーザー装置において、

所定強度は、出力レーザー光の強度の初期値の 90%であることを特徴とするレーザー装置。

30

【請求項 8】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のレーザー装置において、

パルスレーザー光を生成して出力するレーザー発生部を備え、

光学素子は、上記レーザー発生部に配設されており、

上記パルスレーザー光においてノイズパルスの主パルスに対する強度比を検出する強度比検出手段を備え、

移動手段は、上記強度比検出手段により検出された強度比が所定値よりも大きくなったときに、光学素子に対する入力レーザー光の照射位置の移動を行うように構成されていることを特徴とするレーザー装置。

40

【請求項 9】

請求項 8 記載のレーザー装置において、

所定値は、2%であることを特徴とするレーザー装置。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 つに記載のレーザー装置において、ピコ秒パルスレーザー光を生成して出力するレーザー発生部を備えていることを特徴とするレーザー装置。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 つに記載のレーザー装置において、

光学素子は、過飽和吸収体であることを特徴とするレーザー装置。

50

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザ発生装置やレーザ加工装置等のレーザ装置に関し、特に、過飽和吸収体等のように、入力レーザ光により照射された部分が劣化することで少なくとも出力レーザ光の強度が低下する光学素子を備えたものの技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】

近年、ピコ秒やフェムト秒といった非常に短いパルス幅を持つ超短パルスレーザ光を用いて被加工物を加工するレーザ加工技術に注目が集まっている。このような超短パルスレーザ光を用いた加工は、一般に、アブレーション加工と呼ばれており、他のレーザ加工方法による熱加工とは加工メカニズムが大きく異なる。

10

すなわち、アブレーション加工では、繰り返し周波数を適切な値に設定することにより、被加工物に熱を与えずに物質の表層だけを切削する、所謂コールドマシーニングが可能であり、これにより、エネルギー効率が良く、加工周囲への熱影響が小さいといった効果が得られる。

【0003】

上記のような超短パルスレーザ光を発生させるために、レーザ光を発振生成するレーザ発生部に、過飽和吸収体 (SESAM; Semiconductor saturable Absorber Mirror) が用いられている (例えば、特許文献1参照)。

この過飽和吸収体は、入力レーザ光の強度が所定の閾値以上であるときには、その入力レーザ光を反射又は透過させて出力レーザ光として出力する一方、上記閾値よりも小さいときには、入力レーザ光を吸収するという機能を有しており、この過飽和吸収体の機能により超短パルスレーザ光を容易に発生させることができるようになる。

20

【0004】

【特許文献1】

特表平11-505370号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記超短パルスレーザ光の1パルス当たりのパワーはギガワットやテラワットという極めて高いレベルに達するため、超短パルスレーザ光を長時間に亘って連続的に発生させるようにすると、上記過飽和吸収体において入力レーザ光により照射された部分がダメージを受けて徐々に劣化し、これにより、過飽和吸収体から出力される出力レーザ光の強度やレーザ品質が徐々に低下して、しまいには、レーザ加工装置として用いている場合には、加工精度がばらついたり加工不良が生じたりする。このような加工精度のばらつき等は、従来、ダストやレーザ発振部でのアライメントのずれ等といった外部要因が原因であると考えられていたため、このような過飽和吸収体の劣化に対する対策は何等とられてこなかった。

30

【0006】

また、上記のように入力レーザ光により照射された部分が劣化する現象は、過飽和吸収体において顕著であるが、レーザ光のパワーが更に大きくなると、波長変換素子や回折光学素子等の光学素子においても生じ、そのような光学素子から出力される出力レーザ光の強度の低下を招くという問題がある。

40

【0007】

本発明は斯かる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、過飽和吸収体を初め、波長変換素子や回折光学素子等のように、入力レーザ光により照射された部分が劣化することで少なくとも出力レーザ光の強度が低下する光学素子を備えたレーザ装置に対して、その構成に工夫を凝らすことによって、その光学素子から出力される出力レーザ光の強度を出来る限り安定させようとするところにある。

【0008】

50

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、請求項1の発明では、レーザ装置として、入力レーザ光により照射された部分が劣化することで少なくとも出力レーザ光の強度が低下する光学素子と、上記光学素子に対する入力レーザ光の照射位置を、該入力レーザ光の照射により劣化していない部分に移動させる移動手段とを備えるようにした。

【0009】

上記の構成により、光学素子において入力レーザ光により照射された部分が劣化しても、移動手段により、光学素子に対する入力レーザ光の照射位置を、入力レーザ光の照射により劣化していない部分（過去に照射されたことが全くない部分や、過去に照射されたことがあっても、劣化していないと判断される部分）に移動させることができ、光学素子から出力される出力レーザ光の強度を、劣化していないときと略同じ値に復帰させることができる。よって、出力レーザ光の強度やレーザ品質を安定させることができる。

10

【0010】

請求項2の発明では、請求項1の発明において、移動手段は、光学素子に対する入力レーザ光の照射位置の移動を、該光学素子を移動させることで行うように構成されているものとする。

【0011】

このことにより、1軸又は2軸ステージ等により光学素子を移動させることで、光学素子に対する入力レーザ光の照射位置の移動を容易に行うことができる。

【0012】

請求項3の発明では、請求項1の発明において、移動手段は、光学素子に対する入力レーザ光の照射位置の移動を、該光学素子に対する入力レーザ光の光軸を移動させることで行うように構成されているものとする。

20

【0013】

このことで、光学素子に対する入力レーザ光の光軸を、レンズや反射鏡の駆動等によって移動させることで、光学素子に対する入力レーザ光の照射位置の移動を容易に行うことができる。

【0014】

請求項4の発明では、請求項1～3のいずれか1つの発明において、移動手段は、光学素子に対する入力レーザ光の照射位置の移動を、連続的又は周期的に行うように構成されているものとする。

30

【0015】

こうすることで、照射位置の移動を連続的に行えば、出力レーザ光の強度を高レベルに安定させることができるとともに、周期的に行っても、その周期を適切な値に設定することで、出力レーザ光の強度が加工精度等に問題が生じるまで低下するのを防止することができる。

【0016】

請求項5の発明では、請求項1～3のいずれか1つの発明において、移動手段は、光学素子に対する入力レーザ光の照射位置の移動を、レーザ発振開始時から所定時間経過後に行うように構成されているものとする。

40

【0017】

すなわち、レーザ発振開始直後はQスイッチ発振（緩和発振）により、その後の安定発振時よりも数倍大きなパワーを有するレーザ光が光学素子に入力されるので、レーザ発振開始直後に光学素子がダメージを受け易く、このため、安定発振時には、既に照射部分が劣化していて出力レーザ光の強度が低下している可能性がある。したがって、レーザ発振開始から所定時間（数ms程度）経過後に照射位置の移動を行えば、出力レーザ光の強度を安定させることができる。

【0018】

請求項6の発明では、請求項1～3のいずれか1つの発明において、光学素子から出力される出力レーザ光の強度を検出する強度検出手段を備え、移動手段は、上記強度検出手段

50

により検出された出力レーザー光の強度が所定強度よりも小さくなったときに、光学素子に対する入力レーザー光の照射位置の移動を行うように構成されているものとする。

【0019】

このことで、出力レーザー光の強度のフィードバック制御により、該強度を所定強度以上に安定維持させることができる。

【0020】

請求項7の発明では、請求項6の発明において、出力レーザー光の強度の初期値の90%であるものとする。

【0021】

このことにより、出力レーザー光の強度を初期値（劣化していないときの値）の90%以上とすることで、特に加工精度を安定させることができ、レーザー加工装置として用いる場合に有効となる。

【0022】

請求項8の発明では、請求項1～3のいずれか1つの発明において、パルスレーザー光を生成して出力するレーザー発生部を備え、光学素子は、上記レーザー発生部に配設されており、上記パルスレーザー光においてノイズパルスの主パルスに対す強度比を検出する強度比検出手段を備え、移動手段は、上記強度比検出手段により検出された強度比が所定値よりも大きくなったときに、光学素子に対する入力レーザー光の照射位置の移動を行うように構成されているものとする。

【0023】

すなわち、レーザー発生部に配設された光学素子において入力レーザー光により照射された部分が劣化すると、レーザー発生部から出力されるパルスレーザー光は、主パルスの他にノイズパルスを含むようになる。特に光学素子が過飽和吸収体である場合には、主パルスの直前にブリパルスというノイズパルスが発生する。このようなノイズパルスは、加工部分の表面に多数の微少穴（凹部）を発生させる要因となる。しかし、この発明では、ノイズパルスの強度を、微少穴を発生させない程度に小さく抑えることができ、加工品質を良好に維持することができる。

【0024】

請求項9の発明では、請求項8の発明において、所定値は、2%であるものとする。こうすることで、加工部分の表面に微少穴を発生させないで、良好な加工品質が確実に得られる。

【0025】

請求項10の発明では、請求項1～9のいずれか1つの発明において、ピコ秒パルスレーザー光を生成して出力するレーザー発生部を備えているものとする。

【0026】

このことで、アブレーション加工により効率良く加工を行うことができる一方、このような超短パルスレーザー光のパワーは極めて高いので、そのパルスレーザー光が入力された光学素子は、照射された部分が劣化し易く、劣化すると加工精度がばらついたり加工不良が生じたりする。しかし、この発明では、照射された部分が劣化しても、移動手段により、劣化していない部分に移動させることができるので、加工精度のばらつきや加工不良の発生を抑制することができる。よって、請求項1の発明の作用効果を有効に発揮させることができる。

【0027】

請求項11の発明では、請求項1～10のいずれか1つの発明において、光学素子は、過飽和吸収体であるものとする。

【0028】

すなわち、過飽和吸収体は、入力レーザー光により照射された部分が非常に劣化し易く、劣化すると出力レーザー光の強度がかなり低下して加工精度のばらつき等が生じ易くなる。しかし、この発明では、照射された部分が劣化しても、移動手段により、劣化していない部分に移動させることができるので、加工精度のばらつき等を確実に抑制することができる

。よって、請求項 1 の発明の作用効果を有効に発揮させることができる。

【0029】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図 1 は本発明の実施形態に係るレーザー装置としてのレーザー加工装置 A を示し、このレーザー加工装置 A は、超短パルス幅のレーザー光（ピコ秒パルスレーザー光）を出力するレーザー発生部 1 を備えている。このレーザー光のパルス幅は、加工精度等の観点から、1 ps 以上 100 ps 以下であることが好ましい。

【0030】

上記レーザー加工装置 A は、レーザー発生部 1 以外に、レーザー光の向きを変える 2 つの反射鏡 2, 3 と、レーザー光の透過及び遮断を制御するシャッター 4 と、ビームスプリッタ 5 a 及び波長板 5 b からなり、レーザー光の強度を調整するアテネータ 5 と、複数のレンズからなりレーザー光のビーム径を拡大するビームエキスパンダ 6 と、偏向方向を調整する波長板 7 と、P Z T を駆動源としてミラーの角度を変化させてレーザー光の反射方向を制御するスキャンミラー 8 と、入力レーザー光を複数（例えば 400）のレーザービームに分散して出力する回折光学素子 9（回折格子）と、この回折光学素子 9 によって分散された各レーザービームが被加工物 11 上で焦点を結ぶように集光するテレセントリックレンズ 10 とを備えている。

10

【0031】

上記レーザー加工装置 A において、レーザー発生部 1 から出力されたレーザー光（ピコ秒パルスレーザー光）は、反射鏡 2 によって反射されて向きを変えた後、シャッター 4 を通過して、アテネータ 5 により強度が調整され、続いて、別の反射鏡 3 によって反射されて向きを変えた後、ビームエキスパンダ 6 によりビーム径が拡大され、次いで、波長板 7 により偏向方向が調整された後、スキャンミラー 8 によって反射されて向きを変え、その後、回折光学素子 9 によって分散されて複数のレーザービームとなり、この各レーザービームがテレセントリックレンズ 10 によって被加工物 11 上に焦点を結ぶ。そして、上記スキャンミラー 8 を駆動することで、各レーザービームの被加工物に対する当接位置を変えて所望のパターンで加工を行う。

20

【0032】

上記レーザー発生部 1 は、レーザー光を発振生成する発振部 20 と、この発振部 20 で生成されたレーザー光を増幅する増幅部 35 と、上記発振部 20 で生成されたレーザー光の強度を検出する強度検出部 50 とからなっている。

30

【0033】

上記発振部 20 は、図 2 に示すように、ポンプレーザー 21、レーザー媒質 22、過飽和吸収体 23、パルスストレッチャー 24、3 つの反射鏡 25, 26, 27、レンズ群 28、出力カプラー 29 及び反射ミラー 30 で構成されている。上記過飽和吸収体 23 は、入力レーザー光の強度が所定の閾値以上であるときには、その入力レーザー光を反射又は透過させて出力レーザー光として出力する一方、上記閾値よりも小さいときには、入力レーザー光を吸収するという機能を有している。また、例えば、上記ポンプレーザー 21 としては 1 W 半導体レーザーダイオードが、レーザー媒質 22 としては Nd : YLF ロッドが、パルスストレッチャー 24 としては溶融シリカエタロンがそれぞれ用いられる。この構成により、波長 1053 nm、周期 80 MHz、パルス幅 15 ps、出力 35 mW のレーザー発振が得られ、このレーザー光が反射ミラー 30 により反射されて増幅部 35 へ向かうようになっている。

40

【0034】

一方、上記増幅部 35 は、図 3 に示すように、ポンプレーザー 36、レーザー媒質 37、ポッケルセル 38、偏向板 39、2 つの反射鏡 40, 41、2 つのレンズ 42, 43 及び出力カプラー 44 で構成された再帰型のものである。そして、上記発振部 20 で生成されたパルスレーザー光から、増幅部 35 において、或る周波数でパルスを切り出して増幅し、これをレーザー発生部 1 から出力する。例えば、上記ポンプレーザー 36 としては 16 W 半導体レーザーダイオードが、レーザー媒質 37 としては Nd : YLF ロッドが、偏向板 39 としては TFP (Thin Film Polarizer) がそれぞれ用いられる。上記ポ

50

ツケルスセル 38 と偏向板 39 との組み合わせによって、上記発振部 20 から入力されたレーザ光のうち特定のパルスだけを増幅するようになっており、これにより、出力カプラー 44 として 99% 反射ミラーを通して増幅部 35 (つまりレーザ発生部 1) から例えば 1 W のピコ秒パルスレーザ光が出力されることになる。尚、上記ポッケルスセル 38 の動作周波数を例えば 1 kHz に設定すると、最終出力の繰り返し周波数が 1 kHz となる。

【0035】

また、上記強度検出部 50 は、図 2 に示すように、フォトディテクター 51 及びオシロスコープ 52 で構成されている。このフォトディテクター 51 は、上記発振部 20 で生成されたレーザ光のうち上記反射ミラー 30 を透過した一部を入力して、その光子の数を計測して電気信号 (電圧値) に変換するようになっている。また、上記オシロスコープ 52 は、フォトディテクター 51 から出力された電気信号を入力して波形として出力するようになっている。

10

【0036】

上記オシロスコープ 52 の出力は、該オシロスコープ 52 と接続されたコントローラ 55 に入力されるようになっている。このコントローラ 55 は、上記レーザ発生部 1 における発振部 20 に配設された過飽和吸収体 23 を移動させるための可動ステージ 56 を制御するものである。すなわち、過飽和吸収体 23 は、該過飽和吸収体 23 に入力される入力レーザ光により照射された部分が劣化することで少なくとも出力レーザ光の強度が低下するものであるが、この強度が上記フォトディテクター 51 及びオシロスコープ 52 により検出されて、コントローラ 55 が、上記強度が所定強度よりも小さくなったと判断したときに、過飽和吸収体 23 に対する入力レーザ光の照射位置の移動を行うために可動ステージ 56 を移動させる。上記所定強度は、出力レーザ光の強度の初期値 (劣化していないときの値) の 90% であることが好ましい。

20

【0037】

上記可動ステージ 56 は、1 軸のものであって、図 4 に示すように、過飽和吸収体 23 の表面に沿った方向に移動することで、過飽和吸収体 23 において入力レーザ光により照射された部分を、二点鎖線で示すように、入力レーザ光の照射により劣化していない部分 (過去に照射されたことが全くない部分や、過去に照射されたことがあっても、劣化していないと判断される部分) に移動させるようになっている。尚、上記可動ステージ 56 は、2 軸のもの (XY ステージ) であってもよく、回転ステージであってもよい。

30

【0038】

図 5 は、上記レーザ発生部 1 でレーザ光を発生させたときに、過飽和吸収体 23 において入力レーザ光により照射された部分が劣化する前と劣化した後のオシロスコープ 52 の出力波形を示す。このように入力レーザ光により照射された部分が劣化すると、主パルスの最大電圧が低下し、最終的には Q スイッチモードロックとなる。

【0039】

図 6 は、過飽和吸収体 23 の或る照射位置 (position 1, 2) に対して照射開始からの経過日数とオシロスコープ 52 の出力波形における主パルスの最大電圧との関係を示す。これによると、過飽和吸収体 23 に対する入力レーザ光の照射位置が同じ位置にあると、経過日数が大きくなるに連れて最大電圧が低下していくことが判る。そして、上記照射位置を position 1 から position 2 へと劣化していない部分に移動させると、最大電圧が初期値に復帰することが判る。つまり、過飽和吸収体 23 から出力される出力レーザ光の強度が、劣化していないときと略同じ値に復帰する。

40

【0040】

図 7 は、オシロスコープ 52 の出力波形における主パルスの最大電圧と加工精度との関係を示す。この加工精度は、本レーザ加工装置 A により、図 8 に示すように、板材 71 に、テーパ部 72a とストレート部 72b (直径 20 μm) とからなる貫通孔 72 を形成したときの該ストレート部 72b の孔径のばらつき (標準偏差) である。このことより、主パルスの最大電圧が低下しても初期値の 90% 以上であれば、加工ばらつきは劣化する前

50

と同等のレベルを維持できることが判る。尚、上記貫通孔 7 2 の加工は、ミリング加工により行う。具体的には、或る径を出発として径を減少させながら中心に向かってらせん状に描くと所定深さの層が除去され、最外径を徐々に小さくしながら一層一層加工するとテーパ形状となり、テーパ部 7 2 a が得られる。そして、最後に所望の径で円周上に加工すると、ストレート部 7 2 b が得られる。

【 0 0 4 1 】

上記実施形態において、入力レーザー光により照射された部分が劣化することで少なくとも出力レーザー光の強度が低下する光学素子は、レーザー発生部 1 の発振部 2 0 に配設された過飽和吸収体 2 3 であり、コントローラ 5 5 及び可動ステージ 5 6 が、その光学素子（過飽和吸収体 2 3）に対する入力レーザー光の照射位置を、該入力レーザー光の照射により劣化していない部分に移動させる移動手段を構成することになる。また、強度検出部 5 0 におけるフォトディテクター 5 1 及びオシロスコープ 5 2 が、上記光学素子から出力される出力レーザー光の強度を検出する強度検出手段を構成することになる。

10

【 0 0 4 2 】

したがって、上記実施形態では、過飽和吸収体 2 3 から出力される出力レーザー光の強度を検出して、その強度が所定強度よりも小さくなったときに、過飽和吸収体 2 3 に対する入力レーザー光の照射位置を、入力レーザー光の照射により劣化していない部分に移動させるべく、可動ステージ 5 6 により過飽和吸収体 2 3 を移動させるようにしたので、過飽和吸収体 2 3 において入力レーザー光により照射された部分が劣化して出力レーザー光の強度が低下しても、加工精度が低下する前に、出力レーザー光の強度を劣化していないときと略同じ値に復帰させることができる。よって、過飽和吸収体 2 3 から出力される出力レーザー光、つまりレーザー発生部 1 から出力されるピコ秒パルスレーザー光の強度を安定させて、加工精度を高レベルに安定させることができる。

20

【 0 0 4 3 】

尚、上記実施形態では、過飽和吸収体 2 3 に対する入力レーザー光の照射位置の移動を、可動ステージ 5 6 により該過飽和吸収体 2 3 を移動させることで行うようにしたが、例えば反射鏡 2 7（過飽和吸収体 2 3 からの出力レーザー光をパルスストレッチャー 2 4 に向けて反射させるとともに、パルスストレッチャー 2 4 の側から戻ってきたレーザー光を反射させて、入力レーザー光として過飽和吸収体 2 3 に入力させる役割を有している）の角度を変更して過飽和吸収体 2 3 に対する入力レーザー光の光軸を移動させるようにしてもよい。

30

【 0 0 4 4 】

また、上記実施形態では、過飽和吸収体 2 3 から出力される出力レーザー光の強度を検出して、その強度が所定強度よりも小さくなったときに、過飽和吸収体 2 3 に対する入力レーザー光の照射位置の移動を行うようにしたが、上記強度の検出は行わないで、過飽和吸収体 2 3 に対する入力レーザー光の照射位置の移動を、連続的又は周期的（周期を、主パルスの最大電圧が初期値の 9 0 % に低下するまでの時間以下に設定する）に行うようにしても、上記強度を安定維持させることができる。

【 0 0 4 5 】

さらに、過飽和吸収体 2 3 に対する入力レーザー光の照射位置の移動を、レーザー発振開始から所定時間（数 m s 程度）経過後に行うようにしてもよい。すなわち、図 9 に示すように、レーザー発振開始直後は Q スイッチ発振（緩和発振）により、その後の安定発振時よりも数倍大きなパワーを有するレーザー光が過飽和吸収体に入力されるので、レーザー発振開始直後に照射部分がダメージを受け易く、このため、安定発振時には、既に照射部分が劣化していて出力レーザー光の強度が低下している可能性がある。したがって、レーザー発振開始から所定時間経過後に照射位置の移動を行えば、レーザー発生部 1 から出力されるレーザー光の強度を安定させることができる。

40

【 0 0 4 6 】

また、過飽和吸収体 2 3 から出力される出力レーザー光の強度を検出する代わりに、レーザー発生部 1 から出力されるレーザー光（ピコ秒パルスレーザー光）においてノイズパルスの主パルスに対する強度比を検出するようにしてもよい。具体的には、反射鏡 2 に入力されたレ

50

ーザ光のうちの一部を透過させて、その透過光が、上記実施形態と同様のフォトディテクターに入力するように構成しておき、そのフォトディテクターの出力を上記実施形態と同様のオシロスコープに入力させ、そのオシロスコープの出力をコントローラ55に入力させるようにする。そして、上記フォトディテクター及びオシロスコープによって、上記ノイズパルスの主パルスに対する強度比を検出するようにし、コントローラ55が、その検出された強度比が所定値(2%であることが好ましい)よりも大きいと判断したときに、可動ステージ56により過飽和吸収体23の移動を行うようにする。すなわち、過飽和吸収体23において入力レーザー光により照射された部分が劣化すると、図10に示すように、レーザー発生部1から出力されるパルスレーザー光は、主パルスの他にノイズパルスを含むようになる。このノイズパルスは主パルスの直前に現れるため、プリパルスと呼ばれており、このノイズパルスの主パルスに対する強度比(つまりノイズパルスの最大電圧 V_f /主パルスの最大電圧 V_s)が2%よりも大きくなると、加工部分の表面(例えば図8に示す貫通孔72の場合にはそのテーパ部72aの表面)に多数の微少穴(凹部)を生じさせる。しかし、上記のように強度比が所定値よりも大きいときに、可動ステージ56により過飽和吸収体23に対する入力レーザー光の照射位置の移動を行うようにすることで、ノイズパルスの強度を、微少穴を発生させない程度に小さく抑えることができ、加工品質を良好に維持することができる。この場合、上記フォトディテクター及びオシロスコープが、ノイズパルスの主パルスに対す強度比を検出する強度比検出手段を構成することになる。

10

【0047】

図11は、上記ノイズパルスの主パルスに対する強度比(V_f/V_s)と不正孔の発生率との関係を示す。この不正孔とは、図8に示す貫通孔72を152個形成した場合においてテーパ部72aの表面に1つでも微少穴が生じた貫通孔72のことであり、その不正穴の数の全体(152個)に対する割合を不正孔の発生率という。この結果、ノイズパルスの主パルスに対する強度比(V_f/V_s)が2%よりも大きくなると、全ての貫通孔72のテーパ部72aの表面に微少穴が生じ、2%以下では微少穴が殆ど生じないことが判る。

20

【0048】

加えて、上記実施形態では、レーザー発生部1の発振部20に配設された過飽和吸収体23が、入力レーザー光により照射された部分が劣化することで少なくとも出力レーザー光の強度が低下する光学素子であるとして、その過飽和吸収体23に対する入力レーザー光の照射位置を移動させるようにしたが、このような光学素子は、過飽和吸収体23に限定されるものではなく、上記レーザー加工装置Aにおいては回折光学素子9であってもよく、波長変換素子やフィルター等を用いるレーザー装置においては、該波長変換素子やフィルター等であってもよい。この場合、これら光学素子を、上記実施形態と同様に、可動ステージ56により移動させたり、光学素子に対する入力レーザー光の光軸を移動させたりするようにすればよい。

30

【0049】

また、本発明は、レーザー加工装置に限らず、どのようなレーザー装置にも適用することができるとともに、レーザー発生部1は、ピコ秒パルスレーザー光を出力するものに限らず、どのようなレーザー光を出力するものであってもよい。

40

【0050】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明のレーザー装置によると、入力レーザー光により照射された部分が劣化することで少なくとも出力レーザー光の強度が低下する光学素子と、上記光学素子に対する入力レーザー光の照射位置を、該入力レーザー光の照射により劣化していない部分に移動させる移動手段とを備えるようにしたことにより、出力レーザー光の強度やレーザー品質の安定化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るレーザー装置としてのレーザー加工装置を示す概略構成図である。

50

【図2】 レーザ発生部の発振部の詳細を示す構成図である。

【図3】 レーザ発生部の増幅部の詳細を示す構成図である。

【図4】 可動ステージによる過飽和吸収体の移動により入力レーザー光の照射位置が移動する様子を説明するための斜視図である。

【図5】 過飽和吸収体において入力レーザー光により照射された部分が劣化する前と劣化した後のオシロスコープの出力波形を示す図である。

【図6】 過飽和吸収体の或る照射位置 (position 1 , 2) に対して照射開始からの経過日数とオシロスコープの出力波形における主パルスの最大電圧との関係を示すグラフである。

【図7】 オシロスコープの出力波形における主パルスの最大電圧と加工精度との関係を示すグラフである。

【図8】 レーザ加工装置により実際に加工した貫通孔の形状を示す板材の断面図である。

【図9】 レーザ発振開始からのレーザーパワーの変化を示す図である。

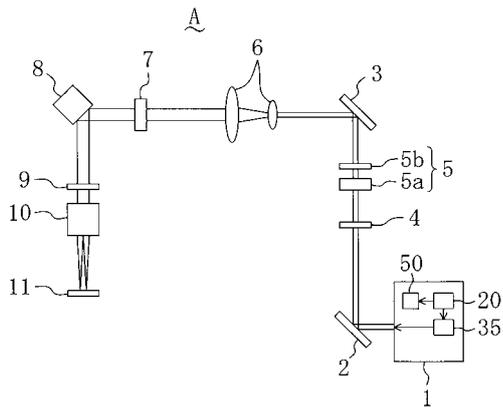
【図10】 オシロスコープの出力波形においてノイズパルスと主パルスとの関係を示す図である。

【図11】 ノイズパルスの主パルスに対する強度比 (V_f / V_s) と不正孔の発生率との関係を示すグラフである。

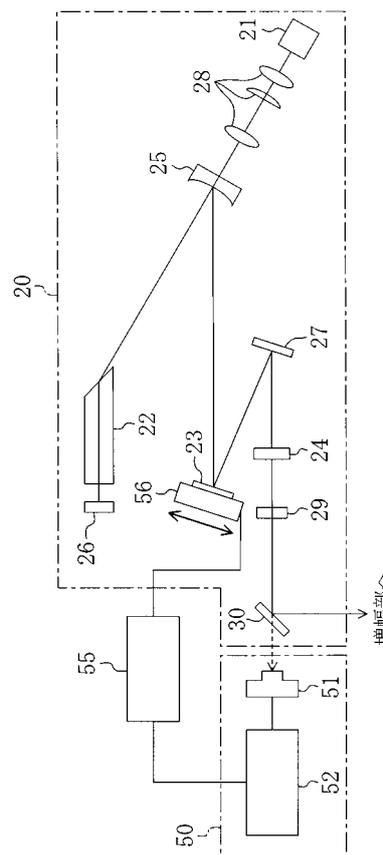
【符号の説明】

- A レーザ加工装置
- 1 レーザ発生部
- 2 3 過飽和吸収体 (光学素子)
- 5 1 フォトディテクター (強度検出手段)
- 5 2 オシロスコープ (強度検出手段)
- 5 5 コントローラ (移動手段)
- 5 6 可動ステージ (移動手段)

【図1】



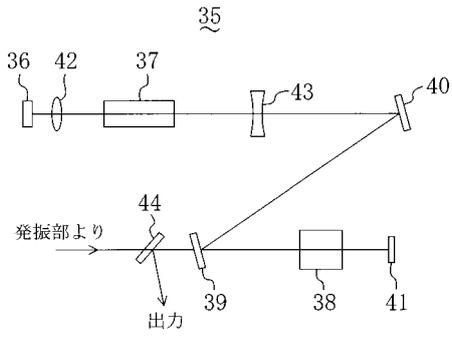
【図2】



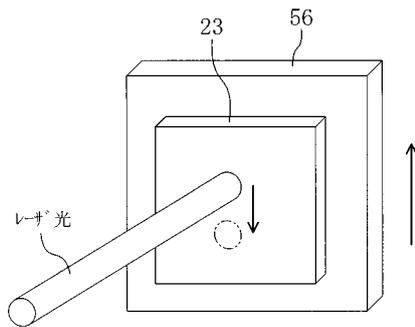
10

20

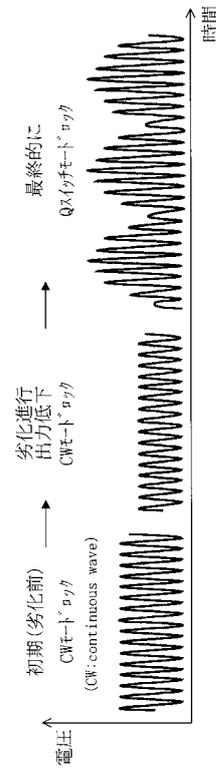
【 図 3 】



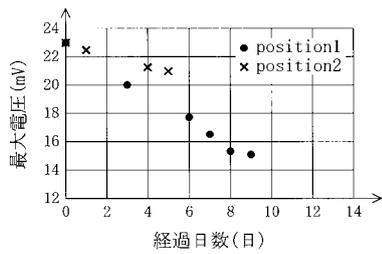
【 図 4 】



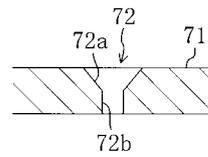
【 図 5 】



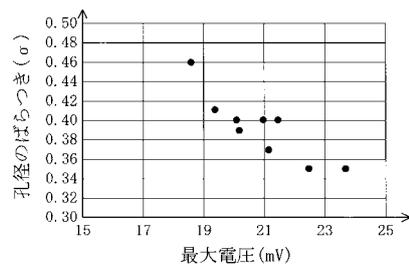
【 図 6 】



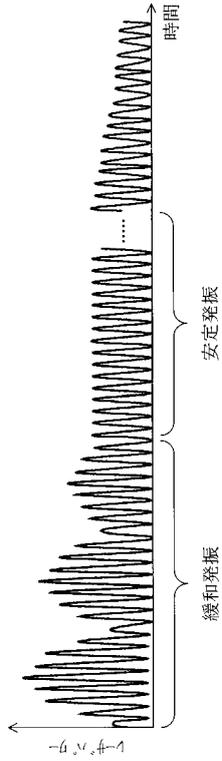
【 図 8 】



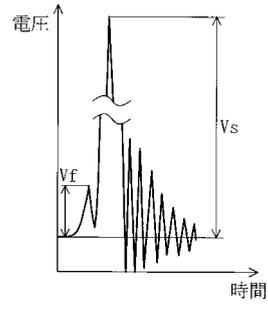
【 図 7 】



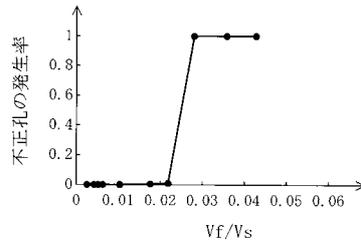
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100115691
弁理士 藤田 篤史
- (74)代理人 100117581
弁理士 二宮 克也
- (74)代理人 100117710
弁理士 原田 智雄
- (74)代理人 100121500
弁理士 後藤 高志
- (74)代理人 100121728
弁理士 井関 勝守
- (72)発明者 西村 和夫
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 豊福 洋介
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 江島 義紀
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 近藤 昌樹
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 曾我美 淳
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 立川 雅一郎
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- Fターム(参考) 5F072 AB15 JJ03 JJ09 KK01 MM17 PP07 QQ02 QQ20 SS08 YY06