

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6184798号
(P6184798)

(45) 発行日 平成29年8月23日(2017.8.23)

(24) 登録日 平成29年8月4日(2017.8.4)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 S 3/134 (2006.01) H O 1 S 3/134

請求項の数 5 (全 11 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-162581 (P2013-162581) (22) 出願日 平成25年8月5日(2013.8.5) (65) 公開番号 特開2015-32746 (P2015-32746A) (43) 公開日 平成27年2月16日(2015.2.16) 審査請求日 平成28年6月16日(2016.6.16)</p>	<p>(73) 特許権者 000002107 住友重機械工業株式会社 東京都品川区大崎二丁目1番1号 (74) 代理人 100105887 弁理士 来山 幹雄 (72) 発明者 萬 雅史 神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重 機械工業株式会社 横須賀製造所内 (72) 発明者 岡田 康弘 神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重 機械工業株式会社 横須賀製造所内 審査官 吉野 三寛</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスレーザー装置、パルスレーザービーム出力方法及びレーザー加工装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

無声放電励起方式のガスレーザーと、
 前記ガスレーザーに励起用の高周波電圧を印加する電源と、
 前記ガスレーザーに流れる電流を測定する電流センサと、
 前記電源から前記ガスレーザーへの高周波電圧の印加を制御する制御装置と
 を有し、

前記制御装置は、

前記ガスレーザーに、レーザー発振が生じない短い期間だけ、高周波電圧の先行パルスを印加すると共に、前記先行パルスが印加されている期間に、前記電流センサで測定された電流測定値を取得し、

取得された電流測定値が許容範囲内に収まっているか否かを判定し、

取得された電流測定値が前記許容範囲内に収まっている場合には、前記先行パルスの立ち下がり時点から、前記ガスレーザーの上位レーザー準位の寿命が経過する前に、前記ガスレーザーに高周波電圧の主パルスを印加してレーザー発振を生じさせ、

取得された電流測定値が前記許容範囲の下限値未満の場合には、前記先行パルスの立ち下がり時点から、前記ガスレーザーの上位レーザー準位の寿命が経過するまでの時間、前記ガスレーザーに高周波電圧を印加しないガスレーザー装置。

【請求項2】

前記制御装置は、

取得された電流測定値が前記下限値未満の場合には、前記先行パルスの立ち下がり時点から、前記ガスレーザの上位レーザ準位の寿命が経過した後、前記先行パルスの印加以降の手順を実行する請求項 1 に記載のガスレーザ装置。

【請求項 3】

無声放電励起方式のガスレーザに、レーザ発振が生じない短い期間だけ、高周波電圧の先行パルスを印加する工程と、

前記先行パルスが印加されている期間に、前記ガスレーザに流れる電流を測定して電流測定値を取得する工程と、

前記電流測定値が、許容範囲内に収まっているか否かを判定する工程と、

前記電流の測定値が、前記許容範囲内に収まっている場合には、前記先行パルスの立ち下がり時点から、前記ガスレーザの上位レーザ準位の寿命が経過する前に、前記ガスレーザに高周波電圧の主パルスを印加してレーザ発振を生じさせる工程と、

前記電流の測定値が、前記許容範囲の下限値未満の場合には、前記先行パルスの立ち下がり時点から、前記ガスレーザの上位レーザ準位の寿命が経過するまでの時間、前記ガスレーザに高周波電圧を印加しないパルスレーザビーム出力方法。

【請求項 4】

前記電流の測定値が前記下限値未満の場合には、前記先行パルスの立ち下がり時点から、前記ガスレーザの上位レーザ準位の寿命が経過した後、前記先行パルスを印加する工程に戻る請求項 3 に記載のパルスレーザビーム出力方法。

【請求項 5】

無声放電励起方式のガスレーザと、

前記ガスレーザに、励起用の高周波電圧を印加する電源と、

前記電源に、前記ガスレーザへの高周波電圧の印加を開始する開始指令と、高周波電圧の印加を停止する停止指令とを送出する制御装置と、

加工対象物を保持するステージと、

前記ガスレーザから出力されたレーザ光を、前記ステージに保持された加工対象物の表面に集光する集光光学系と

を有し、

前記ガスレーザに、レーザ発振が生じない短い期間だけ、高周波電圧の先行パルスを印加すると共に、前記先行パルスが印加されている期間に、前記ガスレーザに流れる電流を測定して電流測定値を取得し、

取得された電流測定値が許容範囲内に収まっているか否かを判定し、

取得された電流測定値が前記許容範囲内に収まっている場合には、前記先行パルスの立ち下がり時点から、前記ガスレーザの上位レーザ準位の寿命が経過する前に、前記ガスレーザに高周波電圧の主パルスを印加してレーザ発振を生じさせ、

取得された電流測定値が前記許容範囲の下限値未満の場合には、前記先行パルスの立ち下がり時点から、前記ガスレーザの上位レーザ準位の寿命が経過するまでの時間、前記ガスレーザに高周波電圧を印加しないレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パルスレーザビームを出力するガスレーザ装置、パルスレーザビーム出力方法、及びパルスレーザビームで加工を行うレーザ加工装置に関する。

【背景技術】

【0002】

レーザ装置からパルスレーザビームを出力する際に、レーザパルスが出力されるべき時にレーザパルスが出力されない現象（ミスパルス）、ピーク強度が設定値よりも小さいウィークパルス、及びピーク強度が設定値よりも大きいストロングパルス等の不良パルスが発生する場合がある。下記の特許文献 1 に、これらの不良パルスの発生を防止する技術が

10

20

30

40

50

開示されている。

【 0 0 0 3 】

特許文献 1 に開示された方法では、レーザパルスの立ち上がり部分の光強度がセンサで検知される。検知結果が正常であれば、当該レーザパルスを加工対象物に入射させ、検知結果が異常であれば、当該レーザパルスは加工対象物に入射させず、ビームダンパ等に入射させる。加工対象物に向かうビーム経路と、ビームダンパに向かうビーム経路とは、音響光学素子等の光路偏向器によって切り替えられる。これにより、不良パルスが加工対象物に入射することを防止することができる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

10

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 4 - 2 5 2 9 2 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 】

従来の方法では、加工対象物への異常パルスの入射を回避するために、音響光学素子等の光路偏向器が必要とされる。音響光学素子を備えることは、レーザ加工装置の製造コストの増加につながる。本発明の目的は、製造コストの増加を抑制することができ、かつ不良パルスが加工対象物に入射することを回避することが可能なガスレーザ装置及びレーザ加工装置を提供することである。本発明の他の目的は、不良パルスの発生を回避すること

20

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

本発明の一観点によると、
無声放電励起方式のガスレーザと、
前記ガスレーザに励起用の高周波電圧を印加する電源と、
前記ガスレーザに流れる電流を測定する電流センサと、
前記電源から前記ガスレーザへの高周波電圧の印加を制御する制御装置と
を有し、
前記制御装置は、
前記ガスレーザに、レーザ発振が生じない短い期間だけ、高周波電圧の先行パルスを印加すると共に、前記先行パルスが印加されている期間に、前記電流センサで測定された電流測定値を取得し、

30

取得された電流測定値が許容範囲内に収まっているか否かを判定し、
取得された電流測定値が前記許容範囲内に収まっている場合には、前記先行パルスの立ち下がり時点から、前記ガスレーザの上位レーザ準位の寿命が経過する前に、前記ガスレーザに高周波電圧の主パルスを印加してレーザ発振を生じさせ、
取得された電流測定値が前記許容範囲の下限値未満の場合には、前記先行パルスの立ち下がり時点から、前記ガスレーザの上位レーザ準位の寿命が経過するまでの時間、前記ガスレーザに高周波電圧を印加しないガスレーザ装置が提供される。

40

【 0 0 0 7 】

本発明の他の観点によると、
無声放電励起方式のガスレーザに、レーザ発振が生じない短い期間だけ、高周波電圧の先行パルスを印加する工程と、
前記先行パルスが印加されている期間に、前記ガスレーザに流れる電流を測定して電流測定値を取得する工程と、
前記電流測定値が、許容範囲内に収まっているか否かを判定する工程と、
前記電流の測定値が、前記許容範囲内に収まっている場合には、前記先行パルスの立ち下がり時点から、前記ガスレーザの上位レーザ準位の寿命が経過する前に、前記ガスレー

50

に高周波電圧の主パルス印加してレーザ発振を生じさせる工程と、

前記電流の測定値が、前記許容範囲の下限値未満の場合には、前記先行パルスの立ち下がり時点から、前記ガスレーザの上位レーザ準位の寿命が経過するまでの時間、前記ガスレーザに高周波電圧を印加しないパルスレーザビーム出力方法が提供される。

【0008】

本発明のさらに他の観点によると、

無声放電励起方式のガスレーザと、

前記ガスレーザに、励起用の高周波電圧を印加する電源と、

前記電源に、前記ガスレーザへの高周波電圧の印加を開始する開始指令と、高周波電圧の印加を停止する停止指令とを送出する制御装置と、

加工対象物を保持するステージと、

前記ガスレーザから出力されたレーザ光を、前記ステージに保持された加工対象物の表面に集光する集光光学系と

を有し、

前記ガスレーザに、レーザ発振が生じない短い期間だけ、高周波電圧の先行パルス印加すると共に、前記先行パルスが印加されている期間に、前記ガスレーザに流れる電流を測定して電流測定値を取得し、

取得された電流測定値が許容範囲内に収まっているか否かを判定し、

取得された電流測定値が前記許容範囲内に収まっている場合には、前記先行パルスの立ち下がり時点から、前記ガスレーザの上位レーザ準位の寿命が経過する前に、前記ガスレーザに高周波電圧の主パルス印加してレーザ発振を生じさせ、

取得された電流測定値が前記許容範囲の下限値未満の場合には、前記先行パルスの立ち下がり時点から、前記ガスレーザの上位レーザ準位の寿命が経過するまでの時間、前記ガスレーザに高周波電圧を印加しないレーザ加工装置が提供される。

【発明の効果】

【0009】

先行パルスの印加時の放電電流が許容範囲に収まっていない場合に、先行パルスの立ち下がり時点から、ガスレーザの上位レーザ準位の寿命が経過するまでの時間、ガスレーザに高周波電圧を印加しないことにより、不良レーザパルスの発生を回避することができる。不良レーザパルスが発生しないため、音響光学素子等の光路偏向器を準備する必要がない。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、実施例によるレーザ加工装置の概略図である。

【図2】図2は、ガスレーザに收容されているレーザ媒質ガスのエネルギー準位図である。

【図3】図3は、実施例によるパルスレーザビーム出力方法のフローチャートである。

【図4】図4は、トリガ信号、高周波電圧、放電電流、反転分布密度、及びパルスレーザビームの時間変化の一例を示すグラフである。

【図5】図5A～図5Cは、実施例によるレーザ加工装置によって加工される加工対象物の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図1に、実施例によるレーザ加工装置の概略図を示す。レーザ加工装置のレーザ光源として、ガスレーザ装置が用いられている。ガスレーザ装置は、無声放電励起方式のガスレーザ10、電源15、電流センサ18、及び制御装置20を含む。ガスレーザ10には、例えば炭酸ガスレーザが用いられる。ガスレーザ10は、光共振器を構成する部分反射鏡12と全反射鏡13、及び一對の放電電極11を含む。一對の放電電極11の間に、レーザ媒質ガスが收容されている。

【0012】

10

20

30

40

50

電源 15 が、制御装置 20 から制御されて、ガスレーザ 10 に励起用の高周波電圧 V_{rf} を印加する。電源 15 は、インバータ 16 及びタイミング発生器 17 を含む。タイミング発生器 17 がインバータ 16 に、インバータ 16 のスイッチング素子のオンオフを制御するためのタイミング信号を送出する。インバータ 16 は、タイミング発生器 17 からのタイミング信号に基づいて、放電電極 11 に高周波電圧 V_{rf} を印加する。放電電極 11 に高周波電圧 V_{rf} が印加されると、放電電極 11 の間で放電が生じ、放電電流 I_{rf} が流れる。

【0013】

制御装置 20 が、タイミング発生器 17 にトリガ信号 Trg を送出的。トリガ信号 Trg は、ガスレーザ 10 への高周波電圧 V_{rf} の印加を開始する開始指令と、高周波電圧 V_{rf} の印加を停止する停止指令とを含む。一例として、トリガ信号 Trg の立ち上がり及び立ち下りが、それぞれ開始指令及び停止指令に相当する。

10

【0014】

電流センサ 18 が、ガスレーザ 10 に流れる放電電流 I_{rf} を測定する。電流センサ 18 の測定結果が制御装置 20 に入力される。

【0015】

ガスレーザ 10 に高周波電圧が印加されると、レーザ発振条件が満たされた時点で、ガスレーザ 10 からパルスレーザビーム LB が出力される。パルスレーザビーム LB は、折り返しミラー 31、ガルバノスキャナ 32、集光光学系 33 を経由して加工対象物 40 に入射する。ガルバノスキャナ 32 は、パルスレーザビーム LB を二次元方向に走査する。集光光学系 33 は、パルスレーザビーム LB を加工対象物 40 の表面に集光する。集光光学系 33 には、例えば f レンズが用いられる。加工対象物 40 は、ステージ 34 に保持されている。ステージ 34 は、加工対象物 40 を、その表面に平行な二次元方向に移動させる。

20

【0016】

図 2 に、ガスレーザ 10 に収容されているレーザ媒質ガスのエネルギー準位図を示す。炭酸ガスレーザにおいては、二酸化炭素分子の (001) 準位から (100) 準位または (020) 準位への遷移がレーザ発振に寄与する。 (001) 準位が上位レーザ準位 E_2 に相当し、 (100) 準位及び (020) 準位が下位レーザ準位 E_1 に相当する。ここで、カッコ内の 1 番目、2 番目、及び 3 番目の数字は、それぞれ対称伸縮モード、屈曲モード、及び非対称伸縮モードの量子数を意味する。レーザ媒質ガスには窒素分子が含まれている。励起状態 ($v=1$) の窒素分子が二酸化炭素分子に衝突することにより、窒素分子から二酸化炭素分子への振動エネルギーの移動が生じる。これにより、二酸化炭素分子が (001) 状態に励起される。

30

【0017】

下位レーザ準位 E_1 及び上位レーザ準位 E_2 の分子の密度を、それぞれ N_1 及び N_2 で表す。熱平衡状態においては、 $N_1 > N_2$ が成立する。レーザ媒質ガスを励起すると、反転分布状態、すなわち $N_1 < N_2$ の状態が得られる。反転分布密度、すなわち $N_2 - N_1$ が臨界値を超えると、レーザ発振が生じる。ここで、窒素分子から二酸化炭素分子へのエネルギー移動も含めた上位レーザ準位 E_2 の寿命を τ_2 で表すこととする。ここで、寿命 τ_2 は、上位レーザ準位 E_2 の分子の密度が、自然放出によって $1/e$ まで低下する時間を意味する。

40

【0018】

図 3 に、実施例によるパルスレーザビーム出力方法のフローチャートを示し、図 4 に、トリガ信号 Trg 、高周波電圧 V_{rf} 、放電電流 I_{rf} の実効値、反転分布密度 $N_2 - N_1$ 、及びパルスレーザビーム LB の時間変化の一例を示す。トリガ信号 Trg の立ち上がり、及び立ち下がりが、それぞれガスレーザ 10 への高周波電圧の印加の開始指令、及び停止指令に対応する。以下、図 1、図 3、及び図 4 を参照して、パルスレーザビーム LB の出力方法について説明する。

【0019】

50

ステップS 1 (図3)において、ガスレーザ10に高周波電圧の先行パルス V_{p1} を印加する。図4に示すように、時刻 t_1 から t_2 までの期間、先行パルス V_{p1} がガスレーザ10に印加される。

【0020】

以下、ステップS 1の動作について説明する。時刻 t_1 において、トリガ信号 Trg が立ち上がり、時刻 t_2 において、トリガ信号 Trg が立ち下がる。時刻 t_1 よりも前は、ガスレーザ10のレーザ媒質ガスは熱平衡状態である。このとき、反転分布は生じておらず、反転分布密度 $N_2 - N_1$ は0または負である。

【0021】

制御装置20から電源15にトリガ信号 Trg が送出されることにより、時刻 t_1 から t_2 の間、電源15からガスレーザ10に、高周波電圧 V_{rf} の先行パルス V_{p1} が印加される。先行パルス V_{p1} の印加が開始された後、ガスレーザ10で放電が生じると、放電電流 I_{rf} が流れ始める。ガスレーザ10で放電が生じると、レーザ媒質ガスが励起され、上位レーザ準位 E_2 (図2)の分子の密度 N_2 、及び反転分布密度 $N_2 - N_1$ が増加する。

10

【0022】

時刻 t_2 において、先行パルス V_{p1} の印加が停止されることにより、放電電流 I_{rf} が0になる。レーザ媒質ガスの分子のエネルギー準位が上位レーザ準位 E_2 から下位レーザ準位 E_1 に遷移することにより、反転分布密度 $N_2 - N_1$ が低下する。

【0023】

先行パルス V_{p1} は、レーザ発振が生じない程度の短い時間だけ、ガスレーザ10に印加される。具体的には、先行パルス V_{p1} の印加が停止される時刻 t_2 の時点では、反転分布密度 $N_2 - N_1$ は、レーザ発振に至る臨界値 Th を超えていない。

20

【0024】

ステップS 2 (図3)において、制御装置20が、時刻 t_1 から t_2 までの期間、電流センサ18から放電電流 I_{rf} の測定値を取得する。ステップS 3 (図3)において、制御装置20は、取得された放電電流 I_{rf} の測定値に基づいて、放電状態の正常性を判定する。例えば、時刻 t_1 から t_2 までの放電電流 I_{rf} が許容範囲に収まっている場合には、放電状態が正常であると判定され、放電電流 I_{rf} が許容範囲に収まっていない場合には、放電状態が異常であると判定される。放電電流 I_{rf} が許容範囲に収まっているか否かは、放電電流 I_{rf} のピーク値に基づいて判定される。放電電流 I_{rf} のピーク値の絶対値が、判定しきい値 I_t 以上になった場合、放電状態が正常であると判定される。

30

【0025】

放電状態が正常であると判定された場合には、ステップS 4 (図3)において、ガスレーザ10に高周波電圧の主パルス V_{p2} を印加する。

【0026】

以下、ステップS 4の動作について説明する。図4に示すように、時刻 t_3 でトリガ信号 Trg が立ち上がり、時刻 t_5 でトリガ信号 Trg が立ち下がる。時刻 t_3 から t_5 までの間、ガスレーザ10に高周波電圧 V_{rf} の主パルス V_{p2} が印加される。主パルス V_{p2} が印加されると、放電が生じて、放電電流 I_{rf} が流れ始める。ガスレーザ10で放電が発生することにより、上位レーザ準位 E_2 の分子の密度 N_2 が増加し、反転分布密度 $N_2 - N_1$ が増加する。

40

【0027】

時刻 t_4 で、反転分布密度 $N_2 - N_1$ が臨界値 Th を超えると、レーザ発振が開始され、パルスレーザビームLBのレーザパルスが立ち上がる。レーザパルスの波形はガスレーザ10の特性に依存する。図4では、レーザパルスの立ち上がり時に、光強度がピークを示し、その後、ほぼ一定の光強度が維持される例を示している。

【0028】

時刻 t_5 において、トリガ信号 Trg が立ち下ると、ガスレーザ10への主パルス V_{p2} の印加が停止する。これにより、放電電流 I_{rf} が0になり、反転分布密度 $N_2 - N$

50

1が低下し始め、パルスレーザビームLBのレーザパルスが立ち下がる。

【0029】

先行パルス V_{p1} の印加停止時刻 t_2 から、主パルス V_{p2} の印加開始時刻 t_3 までの経過時間は、ガスレーザ10の上位レーザ準位E2の寿命 τ_2 よりも短い。このため、時刻 t_3 の時点で、上位レーザ準位E2に十分多くの分子が残存している。これにより、主パルス V_{p2} の印加開始時刻 t_3 から極短時間で、反転分布密度 $N_2 - N_1$ を臨界値 T_h に到達させることができる。また、先行パルス V_{p1} の印加時にガスレーザ10に供給された励起エネルギーを有効に利用することができる。

【0030】

先行パルス V_{p1} の印加時に、放電状態の正常性が確認されているため、主パルス V_{p2} の印加時にも、高い確率で放電状態の正常性が担保される。

10

【0031】

ステップS3(図3)で、放電状態が異常であると判定された場合には、ステップS5(図3)において、上位レーザ準位E2の寿命 τ_2 よりも長い時間、高周波電圧 V_{rf} を印加することなく待機する。

【0032】

以下、ステップS5(図3)の動作について説明する。図4に示した時刻 t_{10} にトリガ信号 Trg が立ち上がり、時刻 t_{11} にトリガ信号 Trg が立ち下がる。時刻 t_{10} から t_{11} までの間、ガスレーザ10に高周波電圧 V_{rf} の先行パルス V_{p1} が印加され、放電電流 I_{rf} が流れる。図4の時刻 t_{10} から t_{11} までの放電電流 I_{rf} の測定値は、許容範囲に収まっていない。図4では、放電電流 I_{rf} の測定値が許容範囲の下限値よりも小さい例が示されている。このため、時刻 t_{11} において、反転分布密度 $N_2 - N_1$ が目標値に達していない。放電状態が異常と判定された場合、制御装置20は、高周波電圧の主パルス V_{p2} を印加することなく、上位レーザ準位E2の寿命 τ_2 よりも長い時間待機する。その後、ステップS1(図3)に戻る。

20

【0033】

先行パルス V_{p1} の印加によって流れる放電電流 I_{rf} の測定値が、許容範囲の下限値より小さい場合、その後主パルス V_{p2} を印加すると、異常なレーザ発振が生じ、ピークパワーの小さなウィークパルスが出力される可能性が高い。逆に、先行パルス V_{p1} の印加によって流れる放電電流 I_{rf} の測定値が、許容範囲の上限値より大きい場合、その後主パルス V_{p2} を印加すると、異常なレーザ発振が生じ、ピークパワーの大きなストロングパルスが出力される可能性が高い。実施例においては、高周波電圧 V_{rf} の先行パルス V_{p1} を印加することによって異常放電を検知することによって、不良レーザパルスの出力を防止することができる。

30

【0034】

図5A~図5Cを参照して、実施例によるレーザ加工装置を用いた加工方法について説明する。図5Aに、加工前の加工対象物の断面図を示す。加工対象物として、例えばビルドアップ基板が用いられる。下側の樹脂層41の上に、第1の金属膜42が形成されている。第1の金属膜42及び下側の樹脂層41の上に、上側の樹脂層43が形成されている。樹脂層43の上に、第2の金属膜44が形成されている。樹脂層41、43には、例えばガラス繊維を含んだポリイミドが用いられる、第1の金属膜42及び第2の金属膜44には、例えば銅が用いられる。なお、銅以外の金属を用いてもよい。

40

【0035】

図5Bに示すように、第1の金属膜42の上の樹脂層43及び第2の金属膜44に、第1のレーザパルス L_{p1} を入射させることにより、第2の金属膜44に開口45を形成し、樹脂層43に凹部46を形成する。凹部46の側面は、深くなるに従って平断面が小さくなるように傾斜している。図5Bでは、凹部46が第1の金属膜42まで達していない例を示しているが、凹部46の底面に第1の金属膜42の一部が露出するようにしてもよい。この場合にも、凹部46の側面が傾斜する。このため、第1の金属膜42が露出した部分の面積は、開口45の面積よりも小さい。凹部46の深さは、第1のレーザパルスL

50

p 1 のパルスエネルギー密度に依存する。

【 0 0 3 6 】

図 5 C に示すように、凹部 4 6 に、複数の第 2 のレーザーパルス L p 2 を入射させる。第 2 のレーザーパルス L p 2 の各々のパルス幅は、第 1 のレーザーパルス L p 1 のパルス幅より短い。第 2 のレーザーパルス L p 2 の入射により、凹部 4 6 の側面及び底面の樹脂層 4 3 が除去され、凹部 4 6 の底面に第 1 の金属膜 4 2 が露出する。図 5 B に示した段階で、凹部 4 6 の底面に第 1 の金属膜 4 2 が露出していた場合には、第 2 のレーザーパルス L p 2 の入射によって、第 1 の金属膜 4 2 が露出する領域が大きくなる。

【 0 0 3 7 】

第 1 のレーザーパルス L p 1 及び第 2 のレーザーパルス L p 2 は、図 3 及び図 4 に示した実施例によるパルスレーザービーム L B の出力方法により生成される。このため、不良レーザーパルスの発生を未然に回避し、加工品質の低下を防止することができる。

10

【 0 0 3 8 】

さらに、実施例によるレーザー加工装置は、ガスレーザー 1 0 から出力されたパルスレーザービーム L B の、加工対象物 4 0 への入射を妨げるための音響光学素子等の光偏向器を準備する必要がない。このため、レーザー加工装置の製造コスト削減を図ることが可能になる。

【 0 0 3 9 】

以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【 符号の説明 】

20

【 0 0 4 0 】

1 0 ガスレーザー

1 1 放電電極

1 2 部分反射鏡

1 3 全反射鏡

1 5 電源

1 6 インバータ

1 7 タイミング発生器

1 8 電流センサ

2 0 制御装置

30

3 1 折り返しミラー

3 2 ガルバノスキャナ

3 3 集光光学系

3 4 ステージ

4 0 加工対象物

4 1 樹脂層

4 2 第 1 の金属膜

4 3 樹脂層

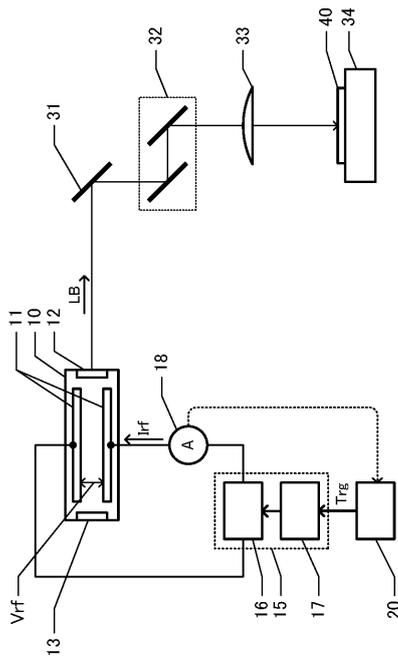
4 4 第 2 の金属膜

4 5 開口

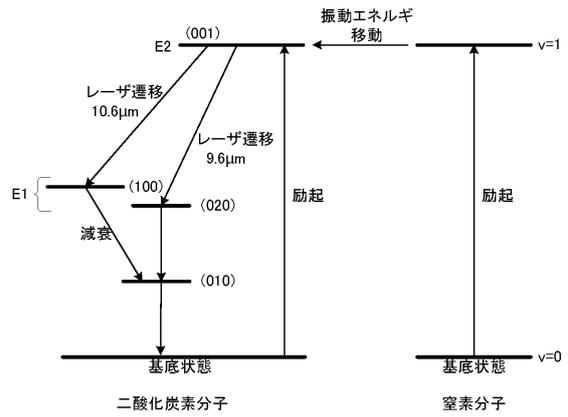
40

4 6 凹部

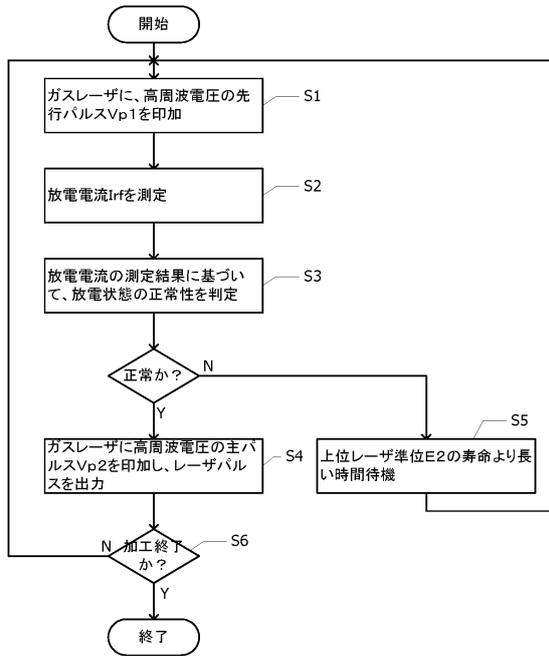
【図1】



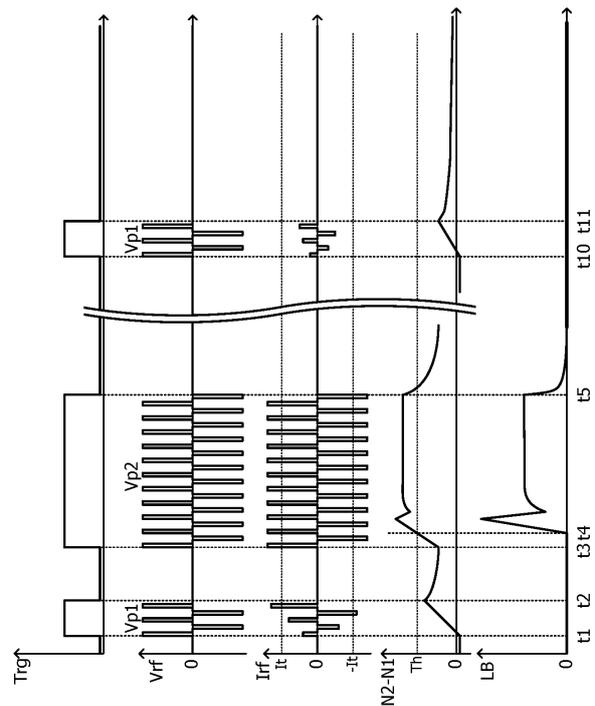
【図2】



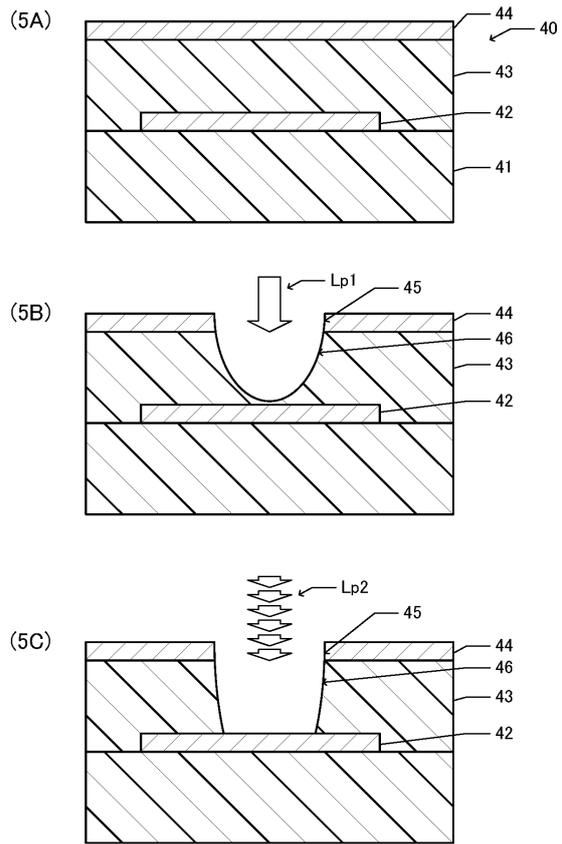
【図3】



【図4】



【 図 5 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-022251(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 3/00-3/30