

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年4月19日(19.04.2018)



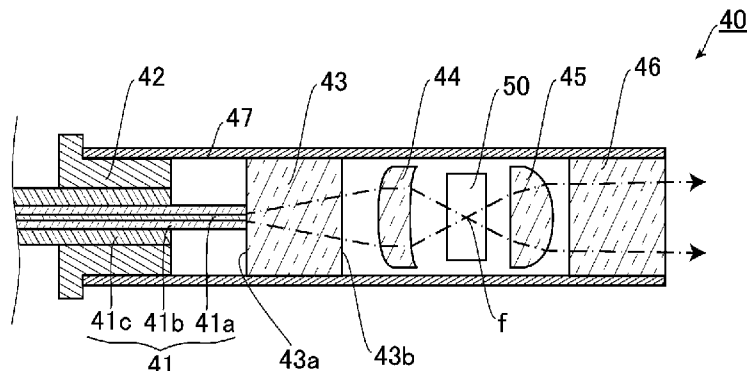
(10) 国際公開番号

WO 2018/070412 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 3/10 (2006.01) *G02F 1/37* (2006.01)
B23K 26/00 (2014.01) *H01S 3/067* (2006.01)
G02F 1/35 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/036795
- (22) 国際出願日: 2017年10月11日(11.10.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-200359 2016年10月11日(11.10.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.)
[JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 鈴木 れん (SUZUKI Ren); 〒2858550 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内 Chiba (JP). 高橋 尚平 (TAKAHASHI Shohei); 〒2858550 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 森村 靖 男, 外 (MORIMURA Yasuo et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町三丁目10番9号 秋葉原花岡ビル6階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) Title: LASER DEVICE

(54) 発明の名称: レーザ装置



(57) **Abstract:** A laser device is provided with a light source 10 which can output infrared light in a switchable manner between pulsed light and continuous light, and a wavelength conversion element 50 which converts the wavelength of infrared light with an intensity of a first threshold value or more into visible light. The pulsed light has an intensity of not less than the first threshold value. The continuous light has an intensity of less than the first threshold value. Laser light comprising infrared light is output via the wavelength conversion element 50, wherein, when a position for laser light irradiation is to be confirmed, the pulsed light is output, and during a laser light processing, the continuous light is output. Thus, visible light is output during confirmation of the laser light irradiation position, while during the laser light processing, an object to be processed is irradiated with the laser light in which wavelength conversion into visible light is suppressed.

(57) 要約: 赤外光をパルス光と連続光とに切り替えて出力可能な光源 10 と、第 1 の閾値以上の強度の赤外光を可視光に波長変換する波長変換素子 50 と、を備え、パルス光は第 1 の閾値以上の強度を有し、連続光は第 1 の閾値未満の強度を有し、赤外光からなるレーザ光が波長変換素子 50 を介して出力されることにより、レーザ光の照射位置を確認する際にはパルス光を出力し、レーザ光による加工時には連続光を出力することによって、レーザ光の照射位置を確認する際には可視光が出力され、レーザ光による加工時には可視光への波長変換が抑制されたレーザ光が加工対象物に照射される。

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： レーザ装置

技術分野

[0001] 本発明は、レーザ装置に関し、具体的には、レーザ光の照射位置を確認してからレーザ光による加工を行うことが容易なレーザ装置に関する。

背景技術

[0002] 金属材料等の加工において、加工精度や加工速度が優れていることから、レーザ光を用いる加工方法が普及している。このような加工に用いられるレーザ装置の中でも、エネルギー効率が良くレーザ光のスポット径が小さいことから、ファイバレーザ装置が注目されている。ファイバレーザ装置として、イッテルビウム（Yb）等の希土類元素が添加された増幅用光ファイバの両端にファイバブラッググレーティング（FBG）等の反射部材が設けられた共振器を備えており、当該共振器に励起光を入力させて信号光を発振させるものが知られている。また、高出力のファイバレーザ装置では、複数の光源からの励起光を光コンバイナによって合波させてから共振器に入力させる構造が一般的である。

[0003] このようなファイバレーザ装置の中には、赤外光領域のレーザ光を用いるものがある。しかし、赤外光はそのままでは視認できないため、レーザ光の照射位置を確認してからレーザ光による加工を行うことが難しい場合がある。このため、例えば下記特許文献1に開示されている光軸位置調整方法のような光軸位置を確認する方法が提案されている。下記特許文献1には、レーザ発振器から出力されるレーザ光の波長を波長変換素子によって可視波長領域に変換し、レーザ発振器とレーザ光入力対象物との間に配置されているミラーの反射角度を調整することによって不可視波長領域レーザ光の光軸位置を調整する方法が開示されている。

[0004] 特許文献1：特開2001-350166号公報

発明の概要

- [0005] 上記特許文献 1 に開示されている方法では、レーザ光の光軸位置を調整する際に用いる波長変換素子、当該波長変換素子に入力する光を集光する集光レンズ、当該波長変換素子から出力する光をコリメートするコリメートレンズ等を、レーザ光による加工時には取り除く必要がある。すなわち、上記特許文献 1 に開示されている方法では、レーザ光の光軸を調整するときには波長変換素子以外にもそのときにだけ用いる専用部材が必要であり、レーザ光による加工を行うときには波長変換素子やこれらの専用部材を移動させる必要があるので、手間がかかる。
- [0006] そこで本発明は、レーザ光の照射位置を確認してからレーザ光による加工を行うことが容易なレーザ装置を提供することを目的とする。
- [0007] 本発明のレーザ装置は、赤外光をパルス光と連続光とに切り替えて出力可能な光源と、前記赤外光が入力し、第 1 の閾値以上の強度の前記赤外光を可視光に波長変換する波長変換素子と、を備え、前記光源は、前記パルス光の少なくとも一部を前記第 1 の閾値以上の強度で出力し、前記連続光を前記第 1 の閾値未満の強度で出力することを特徴とする。
- [0008] 上記レーザ装置は、第 1 の閾値以上の強度のパルス光を波長変換素子によって可視光に波長変換し、第 1 の閾値未満の強度の連続光の可視光への波長変換を抑制することができる。このため、上記レーザ装置によれば、レーザ光の照射位置を確認する際には光源からパルス光を出力し、レーザ光による加工時には光源から連続光を出力することによって、レーザ光の照射位置を確認する際には可視光が出力され、レーザ光による加工時には可視光への波長変換が抑制された意図した波長の光が加工対象物に照射される。このように、上記レーザ装置によれば、可視光によってレーザ光の照射位置を確認する時とレーザ光による加工時とで部材の配置転換等を行う必要がなく、容易にレーザ光の照射位置を確認してからレーザ光による加工を行うことができる。なお、レーザ光の照射位置を確認する際には高強度のレーザ光が出力されることになるが、このレーザ光はパルス光であるため照射時間が短く、加工対象物が意図せず加工されることを抑制することができる。

[0009] また、上記レーザ装置は、前記第1の閾値よりも強い第2の閾値以上の強度の光からラマン散乱光を生じさせるラマン変換部を備え、前記光源は、前記パルス光の少なくとも一部を前記第2の閾値以上の強度で出力し、前記波長変換素子は、前記ラマン変換部において前記パルス光から生じる前記ラマン散乱光を可視光に波長変換することが好ましい。

[0010] 波長変換素子は、一般的に、波長変換し易い波長を有する。したがって、ラマン散乱光を可視光に波長変換する波長変換素子を用いる場合、ラマン散乱光とは波長が異なる連続光が波長変換素子によって波長変換されることを抑制することができる。このため、レーザ光による加工時には加工に必要な意図した波長の光を出力することができる。また、波長変換素子によってラマン散乱光とは波長が異なる連続光が波長変換されることを抑制できることによって、レーザ光による加工時に波長変換素子における光のロスを抑制することができる。

[0011] また、上記レーザ装置の前記光源は、前記励起光により励起される活性元素がコアに添加されている増幅用光ファイバと、前記増幅用光ファイバの一方側に設けられ、励起状態とされた前記活性元素が放出する光の少なくとも一部の波長の光を反射する第1ミラーと、前記増幅用光ファイバの他方側に設けられ、前記第1ミラーが反射する光のうち少なくとも一部の波長の光を前記第1ミラーより低い反射率で反射する第2ミラーと、を有する共振器を備えても良い。

[0012] また、上記共振器を備えるレーザ装置では、前記パルス光を出力するときに前記連続光を出力するときよりも前記励起光の強度が高くされることが好ましい。

[0013] 励起光の強度が高くされることによって、光源から出力される光の強度を高めやすくなる。したがって、パルス光を出力するときに連続光を出力するときよりも励起光の強度が高くされることによって、パルス光の強度と連続光の強度とに差をつけやすくなる。このため、パルス光を波長変換素子によって可視光に波長変換すると共に連続光の可視光への波長変換をより抑制す

ることができる。

[0014] また、上記共振器を備えるレーザ装置では、前記励起光の出力と停止とを繰り返すことで前記パルス光を出力することが好ましい。

[0015] 励起光の出力と停止とを繰り返すことで光源からの光の出力と停止とを繰り返すことができる。また、共振器を有する光源から光を出力させる場合、最初に強度の高い光が出力され易い。この強度の高い光によって、第1の閾値以上の強度を有するパルス光を形成することができる。従って、連続光を用いる場合よりも第1の閾値以上の強度を有する光を出力し易くすることができる。ところで、共振器を有する光源から光を出力させる場合、パルス光の尖頭値が連続光よりも高くなる傾向があるのは、Qスイッチを用いる場合も同様である。Qスイッチが用いられる場合、非常に多数の活性元素が励起状態になるまでQ値が低くされて光の発振が抑えられ、励起状態の活性元素が十分に多くなった後にQ値が高くなって光が発振される。Qスイッチを用いる場合は、上記のように共振器内に貯まったエネルギーを光に変換して一気に光として放出されるため、出力される光は尖頭値が高いパルス光となり易い。一方、上記のように、共振器を有する光源から光を出力させる場合に、励起光の出力と停止とを繰り返すことでパルス光を形成する場合、パルス光のうち第1の閾値以上の強度を有するのは最初の一部となるため、第1の閾値以上の強度を有する光のエネルギーが大きくなり過ぎることを抑制することができる。したがって、ピーク強度が高すぎる光が波長変換素子に入力することが抑制することができ、波長変換素子の損傷を抑制することができる。

[0016] また、上記共振器を備えるレーザ装置は、前記励起光源を複数備え、一部の前記励起光源と他の一部の前記励起光源とが交互に前記励起光を出力することが好ましい。

[0017] このように複数の励起光源から交互に励起光を出力させることによって、光源から出力されるパルス光の出力間隔を小さくすることができる。よって、パルス光が波長変換されることによって生じる可視光のちらつきを抑制す

ることができ、可視光によってレーザ光の照射位置を確認することがより容易になる。

[0018] また、上記レーザ装置は、前記赤外光を伝搬する光ファイバと、前記光ファイバの出力端に接続される石英ブロックと、前記石英ブロックから出力する前記赤外光を集光する集光レンズと、を備え、前記集光レンズの焦点と重なる位置に前記波長変換素子が設けられることが好ましい。

[0019] 赤外光が集光される位置に波長変換素子が設けられることによって、高強度のパルス光を波長変換素子に入力させ易くなる。このため、パルス光を波長変換素子によって可視光に波長変換させることが容易になる。したがって、可視光によってレーザ光の照射位置を確認することが容易になる。

[0020] また、上記レーザ装置は、前記赤外光を伝搬する光ファイバと、前記光ファイバの出力端に接続される石英ブロックと、前記光ファイバの出力端及び前記石英ブロックを収納する筐体と、を備え、前記筐体の外側において、前記赤外光が照射される位置に前記波長変換素子が設けられることが好ましい。

[0021] このように筐体の外側に波長変換素子が設けられることによって、波長変換素子の取り外しが容易になるため、メンテナンス等が容易になる。

[0022] 以上のように本発明によれば、レーザ光の照射位置を確認してからレーザ光による加工を行うことが容易なレーザ装置が提供される。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の第1実施形態に係るレーザ装置を示す概念図である。

[図2]図1に示す光デバイスの構造を概略的に示す断面図である。

[図3]図3（A）は励起光の強度と時間との関係の一例を示す図であり、図3（B）はパルス光及び連続光の強度と時間との関係の一例を示す図である。

[図4]本発明の第2実施形態に係るレーザ装置を示す概念図である。

[図5]パルス光及び連続光等の強度と周波数とを示す図である。

[図6]変形例に係る光デバイスの構造を概略的に示す断面図である。

[図7]図7（A）は励起光の強度と時間との関係の一例を示す図であり、図7

(B) はパルス光及び連続光の強度と時間との関係の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明に係るレーザ装置の好適な実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。以下に例示する実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良することができる。なお、理解の容易のため、それぞれの図のスケールと、以下の説明に記載のスケールとが異なる場合がある。

[0025] (第1実施形態)

図1は、本実施形態に係るレーザ装置1を示す概念図である。図1に示すように、本実施形態のレーザ装置1は、光源10と光源10から出力する光が入力する光デバイス40とを主な構成として備える。

[0026] 図1に示す光源10は、励起光源20a、20bと、光コンバイナ25a、25bと、増幅用光ファイバ26と、第1共振用ファイバ16と、第2共振用ファイバ17と、第1FBG(Fiber Bragg Grating)18と、第2FBG19と、光ファイバ11と、を主な構成として備える。

[0027] 励起光源20a、20bは、複数のレーザダイオード21とこれらのレーザダイオード21のそれぞれに接続される励起光用ファイバ22とを有する。励起光用ファイバ22としては、例えば、マルチモードファイバが挙げられる。この場合、レーザダイオード21から出力される励起光は、励起光用ファイバ22をマルチモード光として伝搬する。

[0028] 増幅用光ファイバ26は、励起光源20a、20bから出力される励起光により励起されるイッテルビウム(Yb)等の活性元素を含むコアと、コアを被覆するクラッドと、クラッドを被覆する外側クラッドと、外側クラッドを被覆する被覆層と、から構成される。クラッドの屈折率はコアの屈折率よりも低く、外側クラッドの屈折率はクラッドの屈折率よりもさらに低くされている。

[0029] 第1共振用ファイバ16は、一方の端部が光コンバイナ25aを介して励起光源20aに接続されると共に他方の端部が増幅用光ファイバ26の一方の端部に接続される。第1共振用ファイバ16としては、例えば、シングルモードファイバが挙げられる。また、第1共振用ファイバ16は、コアとクラッドと外側クラッドとを有するダブルクラッドファイバとされる。このような第1共振用ファイバ16は、例えば、増幅用光ファイバ26と同様の構成でコアに活性元素が添加されない構成とされる。第1共振用ファイバ16のコアは増幅用光ファイバ26のコアと結合し、第1共振用ファイバ16のクラッドは増幅用光ファイバ26のクラッドと結合している。

[0030] また、第1共振用ファイバ16のコアには、第1ミラーとしての第1FBG18が設けられている。第1FBG18は、増幅用光ファイバ26のコアに添加されている上記活性元素が励起状態とされた状態で放出する光のうち少なくとも一部の波長の光を反射するように構成されている。第1FBG18の反射率は、後述の第2FBG19の反射率よりも高く、上記活性元素が放出する光のうち所望の波長の光を90%以上で反射することが好ましく、99%以上で反射することがより好ましい。なお、第1FBG18が反射する光の波長は赤外光領域とされ、上記活性元素がイッテルビウムである場合、第1FBG18が反射する光の波長は、例えば1060nmとされる。

[0031] 光コンバイナ25aは、第1共振用ファイバ16と励起光源20aのそれぞれの励起光用ファイバ22とを接続している。光コンバイナ25aにおいて、励起光用ファイバ22のコアは第1共振用ファイバ16のクラッドと結合している。このため、励起光源20aから出力される励起光は、光コンバイナ25aを介して第1共振用ファイバ16のクラッドに入力される。

[0032] 第2共振用ファイバ17は、一方の端部が光コンバイナ25bを介して励起光源20bに接続されると共に他方の端部が増幅用光ファイバ26の他方の端部に接続される。第2共振用ファイバ17としては、例えば、シングルモードファイバが挙げられる。また、第2共振用ファイバ17は、コアとクラッドと外側クラッドとを有するダブルクラッドファイバとされる。このよ

うな第2共振用ファイバ17は、例えば、コアに活性元素が添加されない以外は増幅用光ファイバ26と同様の構成とされる。第2共振用ファイバ17のコアは、増幅用光ファイバ26のコアと結合し、第2共振用ファイバ17のクラッドは増幅用光ファイバ26のクラッドと結合している。

[0033] また、第2共振用ファイバ17のコアには、第2ミラーとしての第2FBG19が設けられている。第2FBG19は、第1FBG18が反射する光のうち少なくとも一部の波長の光を第1FBG18より低い反射率で反射するように構成されている。第2FBG19は、第1FBG18が反射する光が入力する場合に、この光を例えば10%程度の反射率で反射する。

[0034] 光コンバイナ25bは、第2共振用ファイバ17と励起光源20bのそれぞれの励起光用ファイバ22とを接続している。光コンバイナ25bにおいて、励起光用ファイバ22のコアは第2共振用ファイバ17のクラッドと結合している。このため、励起光源20bから出力される励起光は、光コンバイナ25bを介して第2共振用ファイバ17のクラッドに入力される。

[0035] また、第2共振用ファイバ17の増幅用光ファイバ26側と反対側には、光コンバイナ25bを介して光ファイバ11が接続されている。光ファイバ11は、例えば、コアとコアを被覆するクラッドとクラッドを被覆する被覆層とから構成され、コアの直径が20 μ m程度であって、基本モードの光と例えば1個から5個程度の高次モードの光とを伝搬可能なフューモードファイバとされる。

[0036] 以上のように、光源10は、励起光源20a、20bと増幅用光ファイバ26と第1FBG18と第2FBG19とを有する共振器を備えている。この光源10は、増幅用光ファイバ26の前方側及び後方側の双方から励起光を入力する双方励起であって、第1FBG18と第2FBG19とで共振を行うファブリペロー型のファイバレーザ装置である。

[0037] このような光源10においては、まず、励起光源20a、20bのそれぞれのレーザダイオード21から励起光が出力される。そして、それぞれのレーザダイオード21から出力された励起光は、励起光用ファイバ22及び第

1 共振用ファイバ16を介して増幅用光ファイバ26の前方側から、又は、励起光用ファイバ22及び第2共振用ファイバ17を介して増幅用光ファイバ26の後方側から、増幅用光ファイバ26のクラッドに入力する。増幅用光ファイバ26のクラッドに入力した励起光は、当該クラッドを主に伝搬する。そして、増幅用光ファイバ26のコアを通過するときに当該コアに添加されている活性元素に吸収されて、活性元素を励起状態にする。

[0038] こうして励起光により励起状態とされた活性元素から自然放出光が放出され、この自然放出光を元にして第1FBG18と第2FBG19との間で光の共振が起こる。共振する光は、第1FBG18及び第2FBG19の反射波長と同じ波長であり、この共振する光が、被増幅光として増幅用光ファイバ26において励起された活性元素の誘導放出により増幅される。そして、増幅された光の一部が、第2FBG19を透過して光ファイバ11に入力される。なお、上記のように第1FBG18及び第2FBG19で反射される光の波長は例えば $0.80\mu\text{m}\sim 1.25\mu\text{m}$ 程度の赤外光領域とされ、上記のようにして光源10から出力される光は赤外光である。

[0039] また、光源10は、赤外光をパルス光と連続光とに切り替えて出力可能である。より具体的には、光源10は、パルス光を後述する第1の閾値以上の強度で出力し、連続光を当該第1の閾値未満の強度で出力するように構成される。

[0040] 図2は、図1に示す光デバイス40の一部を概略的に示す断面図であり、光ファイバ41の中心軸に平行な断面図である。図2に示すように、光デバイス40は、光ファイバ41、石英ブロック43、集光レンズ44、波長変換素子50、コリメートレンズ45、保護レンズ46、スペーサ42、及び筐体47を主な構成として備える。

[0041] 光ファイバ41は、上記光ファイバ11の一部または光ファイバ11に接続される他の光ファイバとされる。光ファイバ41は、コア41a、コア41aを囲うクラッド41b、およびクラッド41bを被覆する被覆層41cを有する。光ファイバ41の一方の端部では、被覆層41cが剥がされてお

り、クラッド41bが露出している。また、光ファイバ41の一方の端面は、酸水素バーナ等によって石英ブロック43に融着されている。このような光ファイバ41は、例えば、コア41aの直径が100 μ m程度、クラッド41bの外径が360 μ m程度の光ファイバとされる。

[0042] 石英ブロック43は、光ファイバ41の外径より大きな外径を有する石英から成る柱状体である。石英ブロック43は、例えば、直径8mm程度、長さ23mm程度の石英から成る円柱状体とされる。石英ブロック43は、光ファイバ41の端面が接続される入力面43aおよび光ファイバ41から入力される光が出力される出力面43bを有している。入力面43aは光ファイバ41の端面より大きく、光ファイバ41の端面は入力面43aの中央部に融着される。

[0043] 集光レンズ44は、石英ブロック43の出力面43bから出力される光を集光するレンズである。集光レンズ44から出力する光は焦点fにおいて集光される。また、コリメートレンズ45は、集光レンズ44を透過した光を平行光とするレンズである。さらに、コリメートレンズ45で平行光とされた光は、保護レンズ46を介して出力される。保護レンズ46は、レーザ装置1の出力端を保護する部材である。

[0044] 本実施形態において、波長変換素子50は、上記焦点fに重なる位置に配置される。波長変換素子50は、第1の閾値以上の強度の赤外光を可視光に波長変換する。このような波長変換素子50としては、例えば、LiNbO₃ (LN)、LiTaO₃ (LT)、KTiOPO₄ (KTP) などが用いられる。

[0045] 筐体47は、光ファイバ41の出力端、石英ブロック43、集光レンズ44、波長変換素子50、コリメートレンズ45、及び保護レンズ46を収容する部材である。筐体47は筒状に形成されており、光ファイバ41の一方の端部が挿入される。また、筐体47の一方の端部は、保護レンズ46によって封止されている。また、筐体47の他方の端部は、スペーサ42によって封止されている。スペーサ42は、中心に貫通孔を有しており、当該貫通

孔に光ファイバ41が挿通される。

[0046] 次に、本実施形態のレーザ装置1の動作および作用について説明する。

[0047] <レーザ光の照射位置確認時>

光源10から赤外光が出力すると、当該赤外光は、光ファイバ11を伝搬し、光ファイバ11を介して光デバイス40から出力する。光デバイス40において、当該赤外光は波長変換素子50に入力する。

[0048] ここで、光源10は、上記のように、パルス光を第1の閾値以上の強度で出力し、連続光を第1の閾値未満の強度で出力する。また、波長変換素子50は、第1の閾値以上の強度の赤外光を可視光に波長変換する。したがって、レーザ光の照射位置を確認するときは、光源10から第1の閾値以上の強度でパルス光を出力することによって、当該パルス光が波長変換素子50によって可視光に波長変換され、可視光が加工対象物に照射されることによってレーザ光の照射位置を確認することができる。なお、レーザ光の照射位置を確認する際には高強度のレーザ光が出力されることになるが、これはパルス光であるため、照射時間が短く、加工対象物が意図せず加工されることを抑制することができる。

[0049] 本実施形態では、励起光源20a, 20bからの励起光の出力と停止とを繰り返すことによって、上記のように第1の閾値以上のパルス光を光源10から出力することができる。第1の閾値以上のパルス光を光源10から出力する方法について、図3(A)及び図3(B)を参照して以下に詳細に説明する。図3(A)は、励起光の強度と時間との関係の一例を示す図であり、横軸が時間、縦軸が光の強度である。図3(B)は、光源10から出力されるパルス光及び連続光の強度と時間との関係の一例を示す図であり、横軸が時間、縦軸が光の強度である。なお、図3(A)及び図3(B)はそれぞれ概念を示す図であり、光源10から出力される光及び励起光の波形とこれらの光の出力のタイミングとは、実際と異なる場合がある。

[0050] 図3(A)に示すように励起光の出力と停止とを繰り返すことで、図3(B)に示すように光源10からの光の出力と停止とが繰り返され、パルス光

L p が出力される。また、共振器を有する光源 10 から光を出力させる場合、図 3 (B) に示すように最初に強度の高い光が出力され易い。この強度の高い光によって、第 1 の閾値以上の強度を有するパルス光 L p を形成することができる。このようにして形成されるパルス光のうち第 1 の閾値以上の強度を有するのは最初の一部のみであるため、第 1 の閾値以上の強度を有する光のエネルギーが大きくなり過ぎることを抑制することができる。したがって、第 1 の閾値以上の強度を有する連続光が波長変換素子に入力する場合に比べて、波長変換素子 50 に入力する光のエネルギーを抑えることが抑制することができ、波長変換素子 50 の損傷を抑制することができる。なお、図 3 には第 1 の閾値を超えるパルス光 L p が複数出力される例が示されているが、第 1 の閾値を超えるパルス光 L p の数は特に限定されず、1 つでも良い。

[0051] <レーザ光による加工時>

レーザ光による加工時は、図 3 (B) に示すように、光源 10 から第 1 の閾値未満の強度で連続光 L c を出力することによって、波長変換素子 50 において、当該連続光が可視光に波長変換されることを抑制することができる。したがって、レーザ光による加工時には可視光への波長変換が抑制された意図した波長の光が加工対象物に照射される。なお、連続光 L c もパルス光 L p と同様に、最初に強度の高い光が出力され易い。この場合、この強度が高い光をパルス光 L p と捉えて、パルス光 L p に続けて連続光が出力していると理解することができる。ただし、この強度が高い光はパルス光 L p と同様に出力される時間が短いため、この強度が高い光がレーザ光による加工に及ぼす影響を抑制することができる。

[0052] 以上のように、レーザ装置 1 によれば、可視光によってレーザ光の照射位置を確認する時とレーザ光による加工時とで部材の配置転換等を行う必要がなく、容易にレーザ光の照射位置を確認してからレーザ光による加工を行うことができる。

[0053] また、本実施形態のレーザ装置 1 は、上記のように赤外光を集光する集光

レンズ４４を備えており、集光レンズ４４の焦点ｆと重なる位置に波長変換素子５０が設けられている。このように赤外光が集光される位置に波長変換素子５０が設けられることによって、高強度のパルス光を波長変換素子５０に入力させ易くなるので、パルス光を波長変換素子５０によって可視光に波長変換させることが容易になる。したがって、可視光によってレーザ光の照射位置を確認することがより容易になる。

[0054] （第２実施形態）

次に、本発明の第２実施形態について図４を参照して詳細に説明する。なお、第１実施形態と同一又は同等の構成要素については、特に説明する場合を除き、同一の参照符号を付して重複する説明は省略する。

[0055] 図４は、本実施形態に係るレーザ装置２を示す概念図である。図４に示すように、本実施形態のレーザ装置２は、ラマン変換部３５を備える点で、上記第１実施形態に係るレーザ装置１と異なる。

[0056] ラマン変換部３５には、光ファイバ１１から出力する光が入力する。ラマン変換部３５は、光ファイバから成り、第１の閾値よりも強い第２の閾値以上の強度の光が入力する場合にラマン散乱光を生じるように構成される。また、ラマン変換部３５から出力する光は、光デバイス４０に入力する。

[0057] 本実施形態のレーザ装置２では、光源１０は、第２の閾値以上の強度を有するパルス光を出力するように構成される。したがって、光源１０から出力されるパルス光はラマン変換部３５においてラマン散乱光を生じる。一方、光源１０から出力される連続光は、第１の閾値未満の強度であるため、第２の閾値未満の強度となる。よって、光源１０から出力される連続光からラマン散乱光が生じることを抑制することができる。また、本実施形態の波長変換素子５０は、このようにしてパルス光から生じるラマン散乱光を可視光に波長変換する。これらの光の波長と強度との関係を図５に示す。図５は、縦軸が光の強度であり、横軸が光の周波数である。

[0058] 図５に示すＬ１は光源１０から出力されるパルス光、Ｌ２はラマン変換部３５においてパルス光Ｌ１から生じるラマン散乱光、Ｌ３は波長変換素子５

0でラマン散乱光L2が変換されて生じる可視光、L4は光源10から出力される連続光である。図5に示すように、光源10から出力されるパルス光L1は第2の閾値より高い強度を有しており、パルス光L1の一部はラマン変換部35においてラマン散乱光L2となる。また、ラマン散乱光L2は第1の閾値より高い強度を有しており、ラマン散乱光L2の一部は波長変換素子50において可視光L3に波長変換される。光源10から出力される連続光L4は第1の閾値及び第2の閾値より小さな強度を有しており、ラマン変換部35及び波長変換素子50において連続光L4からは波長の異なる光を生じることが抑制される。

[0059] 波長変換素子50は、一般的に、波長変換し易い波長を有する。したがって、上記のようにラマン散乱光を可視光に波長変換する波長変換素子50を用いる場合、ラマン散乱光とは波長が異なるパルス光や連続光が波長変換素子50によって波長変換されることを抑制することができる。このため、レーザ光による加工時には加工に必要な意図した波長の光を出力することができる。また、波長変換素子50によってラマン散乱光とは波長が異なる連続光が波長変換されることを抑制できることによって、レーザ光による加工時に波長変換素子50における光のロスを抑制することができる。ただし、波長変換素子50の種類によっては、上記パルス光L1のうち第1の閾値を超える強度を有する光が波長変換素子50によって波長変換される場合がある。この場合、パルス光L1の一部が可視光L3よりも波長が小さな可視光もしくは紫外光に変換される。

[0060] 本実施形態の波長変換素子50としては、例えば、光源10から出力される赤外光の波長を1000～1100nmとし、光源10から出力されるパルス光からラマン変換部35において生じるラマン散乱光の波長を1050～1150nmとする場合、 LiNbO_3 (LN)、 LiTaO_3 (LT)、 KTiOPO_4 (KTP) などが用いられる。

[0061] 以上、本発明について、第1、第2実施形態を例に説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0062] 上記実施形態では、集光レンズ44の焦点fに重なる位置に波長変換素子50が設けられる例を挙げて説明した。しかし、本発明は当該実施形態に限定されず、レーザ装置から出力される赤外光が波長変換素子50を介して加工対象物に照射されるように、波長変換素子50が配置されれば良い。例えば、石英ブロック43と集光レンズ44との間に波長変換素子50が設けられても良く、コリメートレンズ45と保護レンズ46との間に波長変換素子50が設けられても良い。これらのように波長変換素子50が設けられる場合は、焦点fに重なる位置に設けられる場合に比べて波長変換素子50に入力する光のエネルギー密度が低くなるため、波長変換素子50の破損を抑制し易くなる。さらに、波長変換素子50は、図6に示すように筐体47の外側に設けられても良い。図6は変形例に係るレーザ装置の出力端を図2と同じ視点で示す断面図である。図6において、図2と同一又は同等の構成要素については同一の参照符号を付して重複する説明は省略する。図6に示す例では、筐体47の外側において、赤外光が照射される位置に取付マウント51によって波長変換素子50が設けられる。このように波長変換素子50が筐体47の外側に設けられることによって、波長変換素子50の取り外しが容易になるため、メンテナンス等が容易になる。

[0063] また、上記実施形態では、励起光源20a, 20bからの励起光の出力と停止とを繰り返すことでパルス光を出力する方法を例示したが、本発明は係る形態に限定されない。例えば、光源10からパルス光を出力するときは連続光を出力するときよりも励起光源20a, 20bから出力される励起光の強度が高くされることによっても、上記のように第1の閾値以上のパルス光を出力することができる。図7(A)及び図7(B)を参照して以下に詳細に説明する。図7(A)は、励起光の強度と時間との関係の他の例を示す図であり、横軸が時間、縦軸が光の強度である。図7(B)は、光源10から出力されるパルス光及び連続光の強度と時間との関係の他の例を示す図であり、横軸が時間、縦軸が光の強度である。なお、図7(A)及び図7(B)はそれぞれ概念を示す図であり、光源10から出力される光及び励起光の波

形とこれらの光の出力のタイミングとは、実際と異なる場合がある。

[0064] 図7（A）に示すように励起光源20a, 20bから出力される励起光の強度が高くされることによって、図7（B）に示すように光源10から出力される光の強度を高めやすくなる。したがって、パルス光Lpを出力するときに連続光Lcを出力するときよりも励起光の強度が高くされることによって、パルス光Lpの強度と連続光Lcの強度とに差をつけやすくなる。このため、パルス光Lpを波長変換素子50によって可視光に波長変換すると共に連続光Lcの可視光への波長変換を抑制することが容易になる。

[0065] また、Qスイッチを設け、当該Qスイッチによって第1の閾値以上のパルス光と第1の閾値未満の連続光とが出力されるようにすることもできる。

[0066] また、これまでの説明では、パルス光が間隔を開けて出力される例を挙げて説明したが、パルス光の間隔が狭められる、またはパルス光が重なるように光源10から出力されても良い。例えば、複数の励起光源20a, 20bのうち一部の励起光源と他の一部の励起光源とが交互に励起光を出力することによって、光源10から出力されるパルス光の出力間隔を小さくすることができる。この例として、励起光源20aと励起光源20bとが交互に励起光を出力することが挙げられる。このように複数の励起光源から交互に励起光を出力させることによって、光源10から出力されるパルス光が波長変換素子50において波長変換されることによって生じる可視光のちらつきを抑制することができ、可視光によってレーザ光の照射位置を確認することがより容易になる。

[0067] また、上記実施形態では、一つの光源10を備える形態を例示して説明したが、光源の数は特に限定されず、光源は複数であっても良い。また、光源は固体レーザ等であっても良い。

[0068] 以上説明したように、本発明によれば、レーザ光の照射位置を確認してからレーザ光による加工を行うことが容易なレーザ装置が提供され、レーザを用いる加工方法等の分野で利用することが期待される。

符号の説明

- [0069] 1, 2 . . . レーザ装置
10 . . . 光源
11 . . . 光ファイバ
18 . . . 第1 F B G
19 . . . 第2 F B G
20 a, 20 b . . . 励起光源
21 . . . レーザダイオード
22 . . . 励起光用ファイバ
26 . . . 増幅用光ファイバ
35 . . . ラマン変換部
44 . . . 集光レンズ
47 . . . 筐体
50 . . . 波長変換素子
L p . . . パルス光
L c . . . 連続光

請求の範囲

- [請求項1] 赤外光をパルス光と連続光とに切り替えて出力可能な光源と、
前記赤外光が入力し、第1の閾値以上の強度の前記赤外光を可視光に波長変換する波長変換素子と、
を備え、
前記光源は、前記パルス光の少なくとも一部を前記第1の閾値以上の強度で出力し、前記連続光を前記第1の閾値未満の強度で出力することを特徴とするレーザ装置。
- [請求項2] 前記第1の閾値よりも強い第2の閾値以上の強度の光からラマン散乱光を生じさせるラマン変換部を備え、
前記光源は、前記パルス光の少なくとも一部を前記第2の閾値以上の強度で出力し、
前記波長変換素子は、前記ラマン変換部において前記パルス光から生じる前記ラマン散乱光を可視光に波長変換することを特徴とする請求項1に記載のレーザ装置。
- [請求項3] 前記光源は、
励起光を出力する励起光源と、
前記励起光により励起される活性元素がコアに添加されている増幅用光ファイバと、
前記増幅用光ファイバの一方側に設けられ、励起状態とされた前記活性元素が放出する光の少なくとも一部の波長の光を反射する第1ミラーと、
前記増幅用光ファイバの他方側に設けられ、前記第1ミラーが反射する光のうち少なくとも一部の波長の光を前記第1ミラーより低い反射率で反射する第2ミラーと、
を有する共振器を備える
ことを特徴とする請求項1または2に記載のレーザ装置。
- [請求項4] 前記パルス光を出力するときに前記連続光を出力するときよりも前

記励起光の強度が高くされる

ことを特徴とする請求項 3 に記載のレーザ装置。

[請求項5] 前記励起光の出力と停止とを繰り返すことで前記パルス光を出力する

ことを特徴とする請求項 3 または 4 に記載のレーザ装置。

[請求項6] 前記励起光源を複数備え、

一部の前記励起光源と他の一部の前記励起光源とが交互に前記励起光を出力する

ことを特徴とする請求項 3 から 5 のいずれか 1 項に記載のレーザ装置

。

[請求項7] 前記赤外光を伝搬する光ファイバと、

前記光ファイバの出力端に接続される石英ブロックと、

前記石英ブロックから出力する前記赤外光を集光する集光レンズと

、

を備え、

前記集光レンズの焦点と重なる位置に前記波長変換素子が設けられる

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のレーザ装置

。

[請求項8] 前記赤外光を伝搬する光ファイバと、

前記光ファイバの出力端に接続される石英ブロックと、

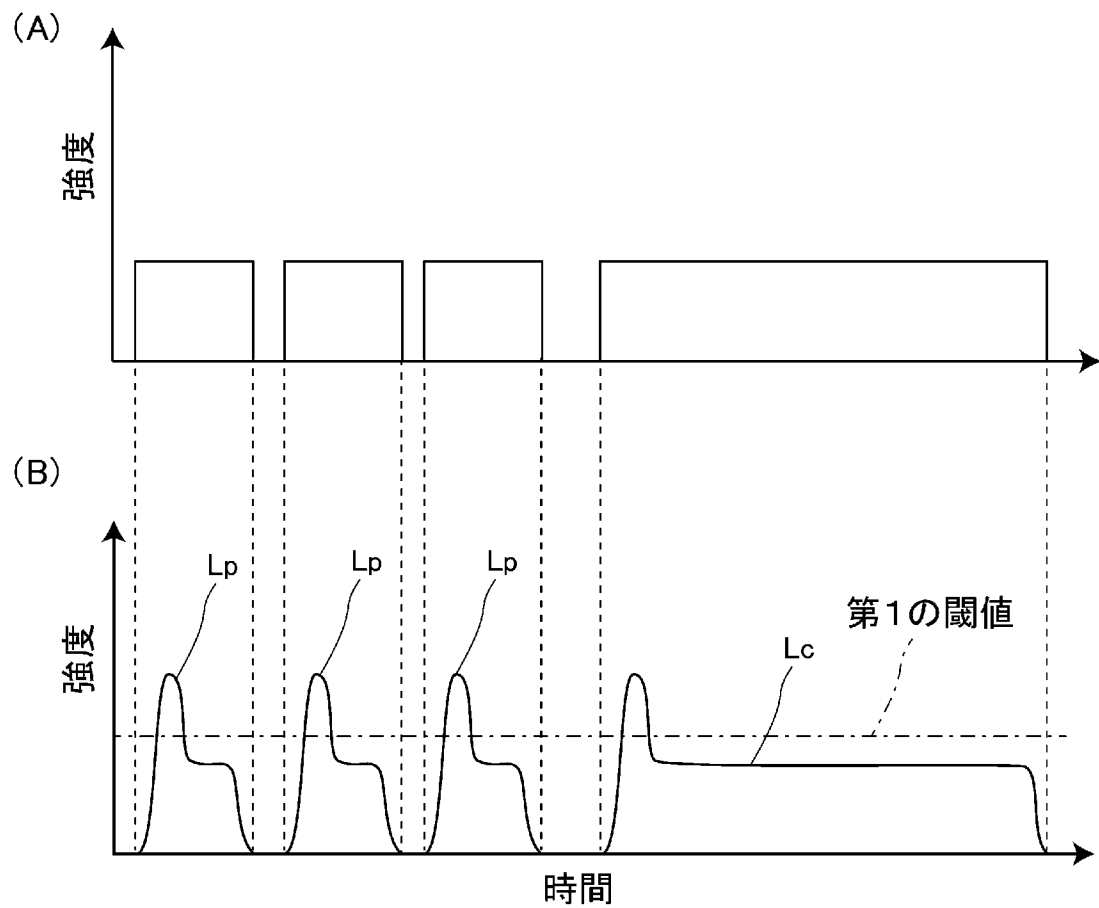
前記光ファイバの出力端及び前記石英ブロックを収納する筐体と、
を備え、

前記筐体の外側において、前記赤外光が照射される位置に前記波長変換素子が設けられる

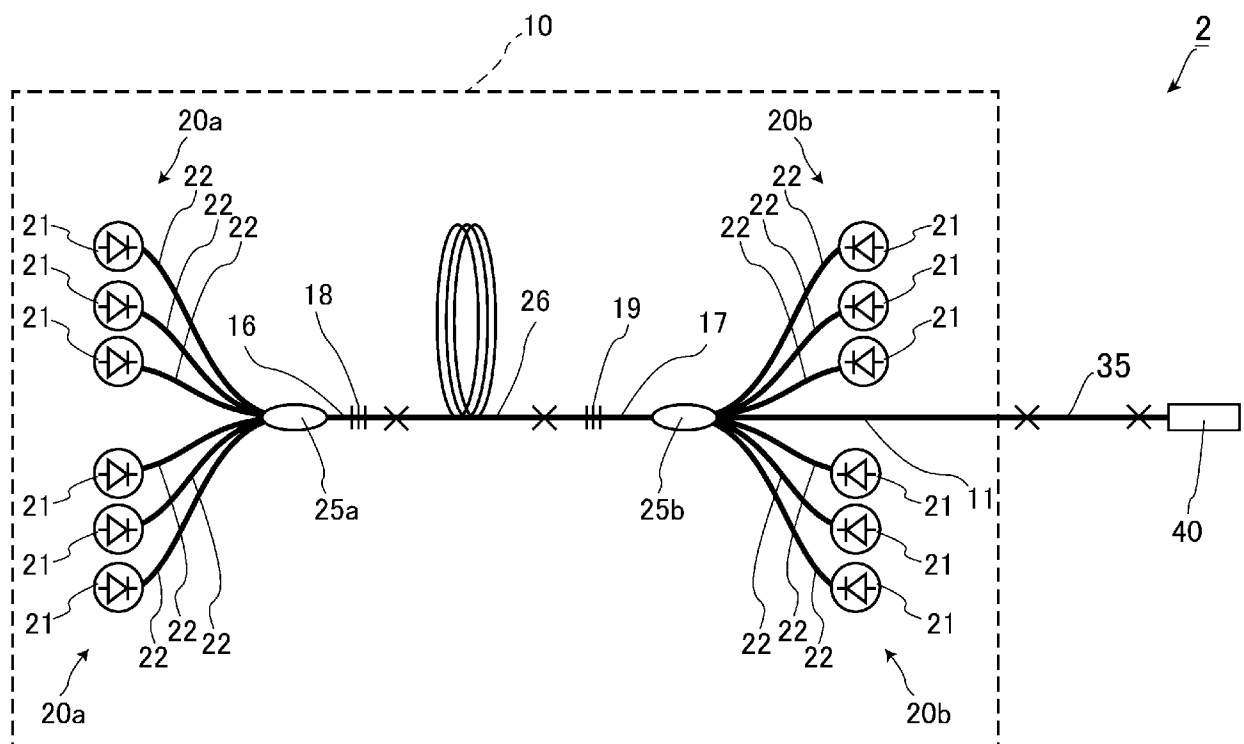
ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のレーザ装置

。

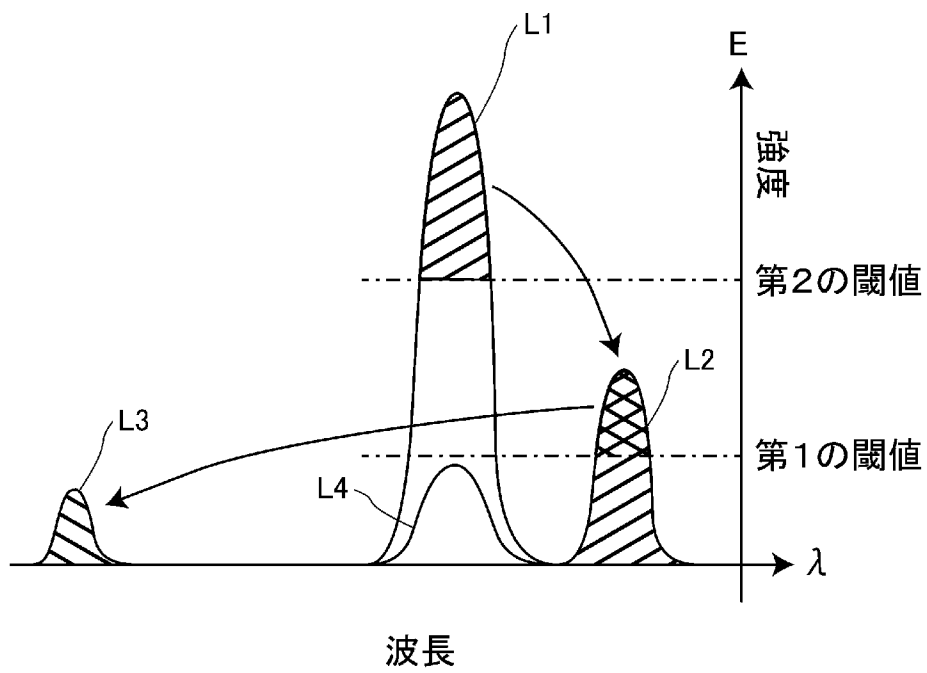
[図3]



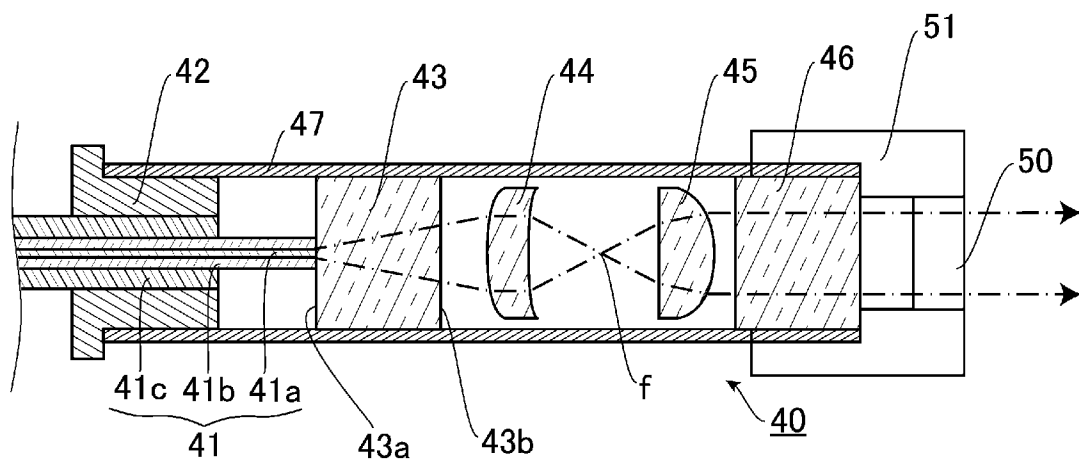
[図4]



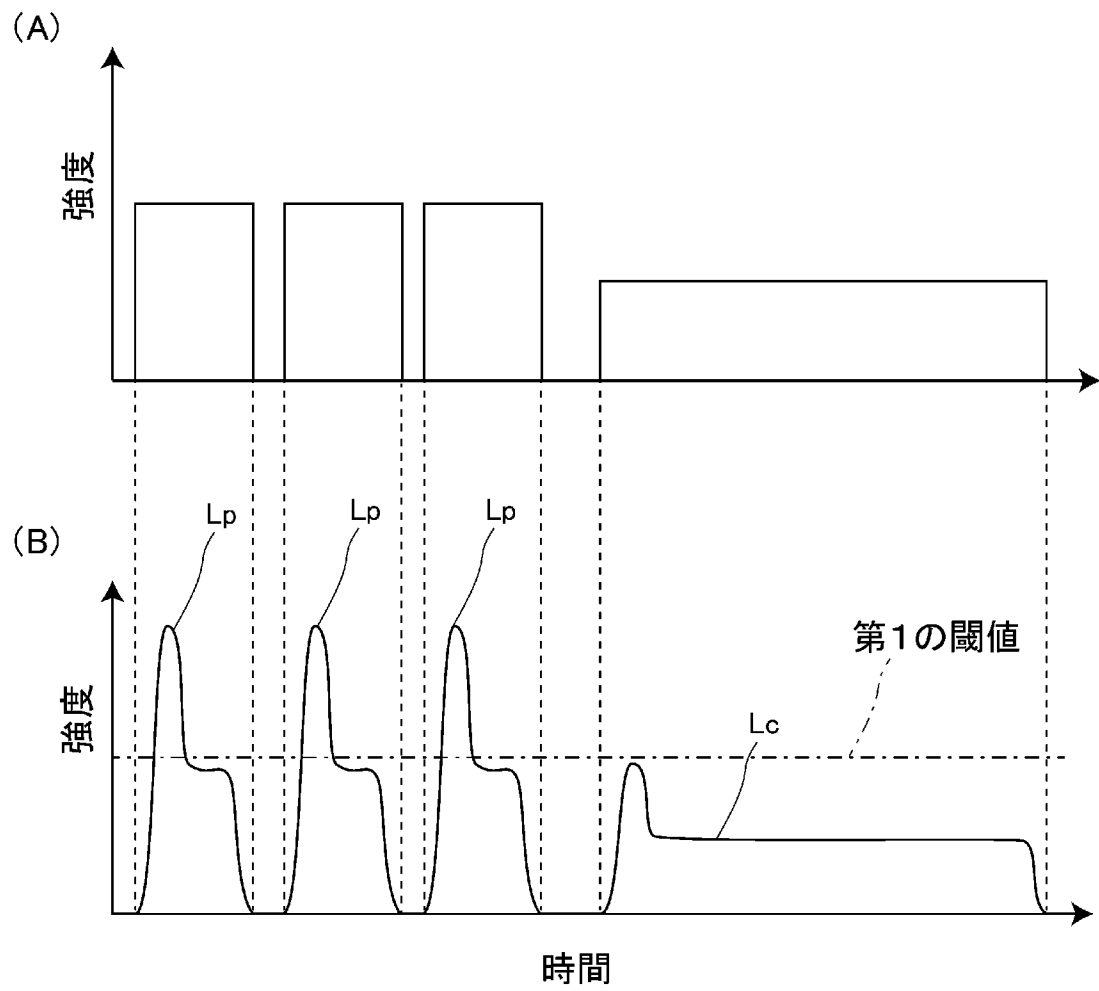
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/036795

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01S3/10 (2006.01) i, B23K26/00 (2014.01) i, G02F1/35 (2006.01) i,
G02F1/37 (2006.01) i, H01S3/067 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H01S3/00-3/02, H01S3/04-3/0959, H01S3/098-3/102, H01S3/105-3/131,
H01S3/136-3/213, H01S3/23-4/00, B23K26/00-26/70, G02F1/00-1/125,
G02F1/21-7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2017
Registered utility model specifications of Japan	1996-2017
Published registered utility model specifications of Japan	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2014-085519 A (CITIZEN HOLDINGS CO., LTD.) 12 May 2014, paragraphs [0019]-[0044], fig. 1-3 (Family: none)	1 3-6 2, 7-8
Y A	JP 2012-156175 A (PANASONIC CORP.) 16 August 2012, paragraphs [0030]-[0054], fig. 4 (Family: none)	3-6 2, 7-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 December 2017 (06.12.2017)

Date of mailing of the international search report
19 December 2017 (19.12.2017)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/036795

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2015-126036 A (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 06 July 2015, paragraphs [0020]-[0025], fig. 1 (Family: none)	3-6 2, 7-8
A	JP 2011-100954 A (FUJIKURA LTD.) 19 May 2011, entire text, all drawings & US 2012/0263198 A1, entire text, all drawings & WO 2011/055812 A1 & EP 2500999 A1 & CN 102598437 A	1-8
A	JP 2015-507348 A (MACQUARIE UNIVERSITY) 05 March 2015, entire text, all drawings & US 2014/0269787 A1, entire text, all drawings & WO 2013/067599 A2 & EP 2777109 A2 & CA 2854652 A	1-8
A	JP 2004-288840 A (FUJIKURA LTD.) 14 October 2004, entire text, all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2013-102007 A (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 23 May 2013, entire text, all drawings (Family: none)	1-8
A	US 2011/0058250 A1 (LIU, et al.) 10 March 2011, entire text, all drawings & WO 2013/102033 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01S3/10(2006.01)i, B23K26/00(2014.01)i, G02F1/35(2006.01)i, G02F1/37(2006.01)i,
H01S3/067(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01S3/00-3/02, H01S3/04-3/0959, H01S3/098-3/102, H01S3/105-3/131, H01S3/136-3/213, H01S3/23-4/00,
B23K26/00-26/70, G02F1/00-1/125, G02F1/21-7/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2014-085519 A (シチズンホールディングス株式会社) 2014.05.12, 段落[0019]-[0044], 図 1-3 (ファミリーなし)	1 3-6 2, 7-8
Y A	JP 2012-156175 A (パナソニック株式会社) 2012.08.16, 段落[0030]-[0054], 図 4 (ファミリーなし)	3-6 2, 7-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

06.12.2017

国際調査報告の発送日

19.12.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大西 孝宣

2 K

6 0 0 6

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2015-126036 A (古河電気工業株式会社) 2015.07.06, 段落[0020]-[0025], 図 1 (ファミリーなし)	3-6 2, 7-8
A	JP 2011-100954 A (株式会社フジクラ) 2011.05.19, 全文, 全図 & US 2012/0263198 A1, 全文, 全図 & WO 2011/055812 A1 & EP 2500999 A1 & CN 102598437 A	1-8
A	JP 2015-507348 A (マッコーリー ユニバーシティー) 2015.03.05, 全文, 全図 & US 2014/0269787 A1, 全文, 全図 & WO 2013/067599 A2 & EP 2777109 A2 & CA 2854652 A	1-8
A	JP 2004-288840 A (株式会社フジクラ) 2004.10.14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2013-102007 A (古河電気工業株式会社) 2013.05.23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	US 2011/0058250 A1 (LIU et al.) 2011.03.10, 全文, 全図 & WO 2013/102033 A1	1-8