

(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
2020年9月10日(10.09.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/179834 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 3/067 (2006.01) *H01S 3/0941* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/009233

(22) 国際出願日: 2020年3月4日(04.03.2020)

(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 2019-041789 2019年3月7日(07.03.2019) 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 1
- 5 - 1 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 亀山 喬史 (KAMEYAMA Takashi);
〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式
会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).

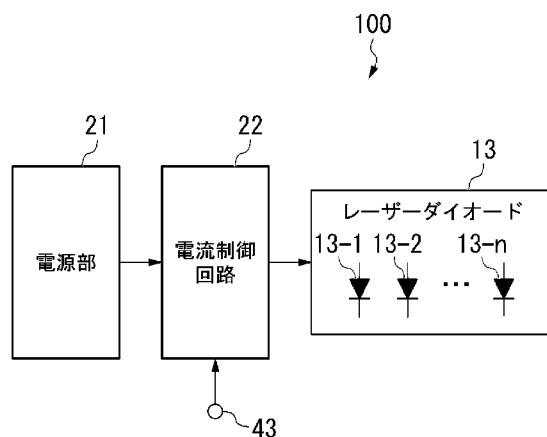
(74) 代理人: 棚井 澄雄, 外 (TANAI Sumio et al.);
〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁
目9番2号 Tokyo (JP).

(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,
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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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,

(54) Title: CONTROL DEVICE AND CONTROL METHOD FOR FIBER LASER

(54) 発明の名称: ファイバレーザの制御装置及び制御方法



13 Laser diode
21 Power supply part
22 Current control circuit

(57) Abstract: This control device for a fiber laser is provided with a laser diode that irradiates the fiber laser with excitation light, and a current control circuit that controls the laser diode to perform quasi-continuous-wave operation excitation by controlling current supplied to the laser diode.

(57) 要約: ファイバレーザの制御装置は、ファイバレーザに励起光を照射するレーザーダイオードと、レーザーダイオードに供給する電流を制御することによって、レーザーダイオードを疑似連続波動作の励起を行うように制御する電流制御回路と、を備える。

[続葉有]

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：ファイバレーザーの制御装置及び制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、ファイバレーザーの制御装置及び制御方法に関する。

本願は、2019年3月7日に日本に出願された特願2019-041789号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 電子部品のような加工対象物には、高反射材料である銅、銀、アルミニウムが主に使用されている。CW（CW：Continuous Wave Oscillation（連続波））動作のレーザー装置を用いてこのような高反射材料を加工する場合、レーザー光の一部が反射されてしまうため、数kW級の大きなパワーのレーザー光が必要となる場合がある。

[0003] また、特許文献1及び特許文献2には、レーザー光をQCW（Quasi Continuous Wave Oscillation（疑似連続波））動作させることで、高い出力ピークパワーを得られる技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2001-127366号公報

特許文献2：日本国特表2016-514055号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来、数kW級の大きなパワーのレーザー光をCW動作で発生させる場合、熱を処理するため、水冷にする必要がある。また、発熱する部品を疎に配置することで熱的負荷を分散する必要があるとともに、高出力化に伴い必要な電源容量が大きくなる傾向にあるため、装置が大型化するという問題がある。

[0006] 特許文献1では、YAGレーザーを用いている。YAGレーザーは、特にパワーを上げると、冷却が難しくなる。

[0007] 特許文献2には、QCWモードで動作させることで、高い出力ピークパワーを得ることが記載されている。しかしながら、特許文献2では、ポンプ源の電源をオン／オフしてQCW動作を行うため、電源の立ち上げ時間が必要になり、高い精度でレーザー装置の駆動タイミングを制御することは難しい。特に、大きなパワーの励起光を出力するために電源が大容量化すると装置が大型化してしまう。

[0008] 上述の課題を鑑み、本発明は、装置を小型化できるとともに、発熱を抑制してピークパワーを上げることができるファイバレーザーの制御装置及び制御方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上述の課題を解決するために、本発明の一態様に係るファイバレーザーの制御装置は、ファイバレーザーに励起光を照射するレーザーダイオードと、前記レーザーダイオードに供給する電流を制御することによって、前記レーザーダイオードを疑似連続波（QCW）動作の励起を行うように制御する電流制御回路とを備える。

[0010] 本発明の一態様に係るファイバレーザーの制御装置において、前記電流制御回路は、連続したパルスを独立して制御して前記レーザーダイオードを駆動するように構成されていてもよい。

[0011] 本発明の一態様に係るファイバレーザーの制御装置において、前記連続したパルスは、第1パルスと、前記第1パルスの後の第2パルスとを備え、前記電流制御回路は、パルスの高さを段階的に変化させるように前記第1パルスを制御するように構成されていてもよい。

[0012] 本発明の一態様に係るファイバレーザーの制御装置において、前記連続したパルスは、QCW（Quasi Continuous Wave Oscillation（疑似連続波））であるように構成されていてもよい。

[0013] 本発明の一態様に係るファイバレーザーの制御装置において、前記レーザ

ーダイオードの発光が休止されている間に、エネルギーを蓄積する充電部を、更に備えていてもよい。

[0014] 本発明の一態様に係るファイバレーザーの制御方法は、レーザーダイオードからの励起光によりレーザ光を発光させるファイバレーザーの制御方法であって、前記レーザーダイオードに供給する電流を制御することによって、前記レーザーダイオードを疑似連続波動作の励起を行う。

発明の効果

[0015] 本発明の上記態様によれば、ファイバレーザーに励起光を照射するレーザーダイオードに流れる電流を制御することによってレーザーダイオードを疑似連続波（QCW）動作させることで、平均エネルギーを抑制して、ピークパワーを上げることができる。これにより、装置を小型化できるとともに、発熱を抑制して、高反射材料を加工できる。また、本発明の上記態様によれば、励起光を照射するレーザーダイオードを電流制御で駆動しているので、レーザーダイオードを高速でオン／オフできるとともに、連続したパルスを独立して制御して、ファイバレーザーの発光状態を最適に制御できる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本実施形態が適用できるファイバレーザーシステムの概要の説明図である。

[図2]第1実施形態に係るファイバレーザーの制御装置の概要を示すブロック図である。

[図3]第1実施形態に係るファイバレーザーの制御装置の具体的な回路構成を示す接続図である。

[図4]第1実施形態の動作を説明するための波形図である。

[図5]CW動作時とQCW動作時とでチップの温度を比較したグラフである。

[図6]第1実施形態に係るファイバレーザーの制御装置におけるパルス波形の説明図である。

[図7]第2実施形態に係るファイバレーザーの制御装置の概要を示すブロック図である。

[図8]第2実施形態に係るファイバレーザの制御装置の具体的な回路構成を示す接続図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

<第1実施形態>

図1は、本実施形態が適用できるファイバレーザシステム1の概要の説明図である。

図1において、光ファイバー11のコアにはYb（イッテルビウム）等の希土類元素がレーザ媒質としてドープされている。光ファイバー11の両端は、反射鏡12a及び12bで挟み込まれており、共振器が形成されている。反射鏡12a及び12bとしては、例えばFBG（Fiber Bragg Grating）が用いられる。

[0018] レーザダイオード13-1～13-n（nは任意の整数）は、光ファイバー11に励起光を照射するための光源である。レーザダイオード13-1～13-nからのレーザ光は、ポンプコンバイナ14で結合されて、光ファイバー11に入射される。レーザダイオード13-1～13-nからのレーザ光が光ファイバー11に入射されると、光ファイバー11のレーザ媒質が励起され、反射鏡12aと反射鏡12bとの間で反射を繰り返して増幅され、レーザ光が誘導放出される。

[0019] ファイバレーザシステム1で生成されたレーザ光は、製品の加工や切断、パターニング等、各種の用途に用いられている。本実施形態では、ファイバレーザシステム1で生成されたレーザ光は、銅、銀、アルミニウム等、高反射材料の加工に用いられる。高反射材料の加工には、大きなパワー、例えばCW動作では出力1kW以上のパワーが必要になる。

[0020] 本実施形態のファイバレーザシステム1は、レーザ光をQCW（Quasi Continuous Wave Oscillation（疑似連続波））動作させるのに用いられる。QCW動作は、励起レーザ光を所定のパルス幅で発光させた後、所定の時間出射を休止させ、再び所定のパルス

幅で励起レーザー光を発光させる。Q C W動作では、光学的には定常状態を保ちつつ、励起レーザー光を間欠的に駆動することから、励起用のレーザーダイオードに対する熱の影響が小さくなり、ピークパワーを上げることができる。そして、本実施形態では、励起光を発生するレーザーダイオードを電流制御で駆動することで、レーザーダイオードを高速でオン／オフできるように構成されている。このように、レーザーダイオードをオン／オフさせることで、レーザ光をQ C W動作させることができる。

[0021] 図2は、本実施形態に係るファイバレーザーの制御装置100の概要を示すブロック図である。図2に示すように、本発明の第1実施形態に係るファイバレーザーの制御装置100は、励起用のレーザーダイオード13（13-1～13-n）と、電源部21と、電流制御回路22とから構成される。

[0022] 電源部21は、レーザーダイオード13（13-1～13-n）を駆動させるための電源である。電流制御回路22は、レーザーダイオード13（13-1～13-n）の電流制御を行っている。電流制御回路22には、制御端子43から制御信号が供給される。この制御信号により、レーザーダイオード13（13-1～13-n）を流れる電流を制御してレーザーダイオード13（13-1～13-n）をオン／オフさせることで、レーザ光をQ C W動作させることができる。

[0023] 図3は、図2に示した本実施形態に係るファイバレーザーの制御装置100の具体的な回路構成を示す接続図である。

[0024] 図3において、M O S F E T（M e t a l - O x i d e - S e m i c o n d u c t o r

F i e l d - E f f e c t T r a n s i s t o r）41のソースは、抵抗42を介して、電源部21の負極に接続される。M O S F E T 41のゲートから、制御端子43が導出される。また、M O S F E T 41のドレインとソースとの間には、逆流防止ダイオード44が接続される。M O S F E T 41及び抵抗42は、図2における電流制御回路22に対応している。

[0025] レーザーダイオード13-1～13-nは、直列に接続されている。直列

接続されたレーザーダイオード13-1~13-nのアノードは、電源部21の正極に接続される。直列接続されたレーザーダイオード13-1~13-nのカソードは、MOSFET41のドレインに接続される。

[0026] このような構成ではMOSFET41は定電流回路となり、制御端子43からMOSFET41のゲートに供給された制御信号に応じて、MOSFET41に電流が流れる。また、レーザーダイオード13-1~13-nと、MOSFET41とは、直列に接続されている。したがって、レーザーダイオード13-1~13-nを流れる電流は、制御端子43に供給する制御信号により制御することができる。

[0027] 本実施形態では、レーザ光をQCW動作させる際に、制御端子43に制御パルスが供給される。これにより、レーザーダイオード13-1~13-nを流れる電流がオン／オフされ、レーザーダイオード13-1~13-nが間欠的に駆動される。レーザーダイオード13-1~13-nがオンとなる時のパルス幅は、ファイバレーザの光学的な定常状態を保てる長さであり、例えば0.01ms~100msのパルス幅である。これは、パルス幅が数ps~数nsのパルスレーザ装置に比べて、広いパルス幅である。例えば1kW以上のパワーで、0.01ms~100msのパルス幅を用いることで、銅、銀、アルミニウムのような高反射材料でも、十分に加工できる。なお、本実施形態において、QCW（疑似連続波）は、上記のように0.01ms~100msのパルス幅の連続波である。

[0028] 図4は、本実施形態の動作を説明するための波形図である。図4のパート（A）はQCW動作をさせているときを示し、図4のパート（B）はCW動作をさせているときを示す。

[0029] 図4のパート（A）に示すように、レーザ光をQCW動作をさせるときには、レーザ光の出射を所定時間行った後、レーザ光の出射を休止させるような動作を繰り返す。この例では、制御パルスのデューティ比を10%として、QCW動作を行っている。すなわち、1周期の時間を10Tとすると、1Tだけレーザ光を発光させた後、残りの9Tだけレーザ光の出射を

休止させるような動作を繰り返している。これに対して、CW動作をさせるときには、図4のパート（B）に示すように、レーザー光の出射が連続的に行われる。

[0030] また、QCW動作では、CW動作時に比べて、平均エネルギーを抑えて、ピークパワーを大きくすることができる。この例では、図4のパート（B）に示すように、CW動作時のピークパワーをPとすると、図4のパート（A）に示すように、QCW動作時のピークパワーは3Pに上げられている。ここで、QCW動作時の平均エネルギーとCW動作時の平均エネルギーとを比較すると、QCW動作では、デューティ比を10%、ピークパワーを3Pとすると、1周期（10T）での平均エネルギーは、 $3P \times T = 3PT$ （J）となる。これに対して、CW動作での同様の時間（10T）での平均エネルギーは、 $P \times 10T = 10PT$ （J）となる。

[0031] このように、QCW動作を行うと、ピークパワーはCW動作時の3倍まで上げているのに対して、平均エネルギーについては、 $10PT$ （J）から $3PT$ （J）に下げることができる。平均エネルギーの低下は、レーザーダイオード13-1～13-nの周辺の熱環境の改善をもたらす。レーザーダイオード13-1～13-nの周辺の熱環境が改善されると、レーザーダイオード13-1～13-nが配設されるチップの寿命が長くなるとともに、チップの小型化が図れ、さらには、チップに配設されるレーザーダイオードの数を増加させることができる。

[0032] 図5は、CW動作時とQCW動作時とで励起用のレーザーダイオードが配設されるチップの温度を比較したグラフである。図5において、横軸は励起用のレーザーダイオードの電流値であり、縦軸は励起用のレーザーダイオードが配設されるチップの温度である。

[0033] 図5に示すように、レーザー光がQCW動作を行った場合、チップの温度上昇は抑えられている。また、CW動作では、電流値が15Aを超える領域では温度上昇率が増加している。これは、チップの寿命を加速度的に短くする現象であり、ファイバレーザー装置全体の寿命を考慮すると、設計上のレー

レーザーダイオードの電流値の上限である。しかし、Q C W動作では、電流値が15 Aを超える大電流の領域でも、加速的な温度上昇は見られない。この結果より、熱的にはまだ余裕があるため、更に密にチップにレーザーダイオードを配置しても、寿命には影響が小さいと考えることができ、装置の小型化が可能である。

[0034] また、本実施形態では、レーザーダイオード13-1～13-nを電流制御でオン／オフしてQ C W動作を行っている。レーザーダイオード13-1～13-nを電流制御する利点は、レーザーダイオード13-1～13-nを高速でオン／オフできることである。

すなわち、レーザーダイオード13-1～13-nは、電源を投入してから、電流がしきい値に達し、レーザー光の誘導放出が始まるまでに、立ち上がり時間が必要になる。レーザーダイオード13-1～13-nを電流制御する場合には、立ち上がり時間が不要なため、レーザーダイオード13-1～13-nを高速でオン／オフできる。

[0035] また、本実施形態では、レーザーダイオード13-1～13-nを電流制御しているので、連続したパルス具有独立して任意の波形に制御できる。図6は、本実施形態に係るファイバレーザーの制御装置におけるパルス波形の説明図である。図6のパート(A)から図6のパート(C)において、横軸は時刻であり、縦軸はパルスの高さである。図6のパート(A)は、連続する第1パルスと第2パルスとで、デューティ比が異なるように制御した例である。この例では、図6(A)のパートに示すように、第1パルスはデューティ比10%、第2パルスはデューティ比20%となるように制御している。なお、パルスの幅の制御は電流制御回路22が行う。

[0036] 一般に溶接の場合は、高出力のレーザー光を照射するとスパッタが発生しやすく、加工不良となりやすい傾向がある。これに対して本実施形態では、図6のパート(A)のように、パルス幅をTから2Tに広げるように変化させることでパルスのエネルギーを徐々に上げていく。この結果、図6のパート(A)のパルスによれば、パルスのエネルギーを徐々に上げていくことで

、スパッタ発生を抑制することができる効果を得ることができる。なお、図6のパート（A）では、パルス幅を2段階に変化させる例を示したが、パルス幅の変化は3段階以上であってもよい。

[0037] 図6のパート（B）は、連続する第1パルスと第2パルスとで、ピークパワーが異なるように制御している。この例では、図6のパート（B）に示すように、第1パルスのピークパワーは3P、第2パルスのピークパワーは2Pとなるように制御した例である。勿論、連続する第1パルスと第2パルスとで、デューティ比とピークパワーとが共に異なるように制御することもできる。なお、パルスの高さの制御は電流制御回路22が行う。また、図6のパート（B）では、パルス高さを2段階に変化させる例を示したが、パルスの高さの変化は3段階以上であってもよい。

[0038] 図6のパート（C）は、連続する第1パルスと第2パルスとで、特有なパルスとなるように制御した例である。図6のパート（C）において、符号g11は第1パルスを示し、符号g12は第2パルスを示す。この例では、図6のパート（C）に示すように、第1パルスg11では最初に金属を溶かすためにパワーを上げ、溶けた後にパワーを下げるような2段階にパワーが変化するパルスとしている。具体的には、時刻t1～t2の期間は、パルスの高さを0から3Pに徐々にあげるように制御する。時刻t2～t3の期間は、パルスの高さを3Pに保つように制御する。時刻t3のとき、パルスの高さを3Pから2Pに下げようように制御する。そして、時刻t3～t4の期間は、パルスの高さを3Pに保つように制御する。時刻t4のとき、パルスの高さを2Pから0になるように制御する。第2パルスg12は、単純なパルスとしている。なお、パルスの高さの制御は電流制御回路22が行う。なお、図6のパート（C）では、第1パルスの高さを2段階に変化させる例を示したが、パルスの高さの変化は3段階以上であってもよい。

[0039] 一つのパルスの中で段階的にパワーを下げることによって、パルスのパワーが一定の場合と比べて被加工体に必要以上の発熱を抑えることができる。また、パルスパワーが変化しない場合は急激に被加工体の温度が下がること

で熱歪が生じるが、図6のパート(C)のパルス形状によれば徐々に被加工体の温度を下げることができるため、被加工体に生じる熱歪みを小さくできる。図6のパート(C)のパルス形状は、連続的に熱を印加する必要があるレーザー溶接に好適である。この結果、微細加工の領域でも溶接品質を向上させることができる。すなわち、図6のパート(C)のパルス形状によれば、パルスがゆっくり立ち上がっているため、溶接時のスパッタ発生を抑制することができる効果を得ることができる。

[0040] 以上説明したように、本発明の第1実施形態に係るファイバレーザーの制御装置100は、ファイバレーザーに励起光を照射するレーザーダイオード13(13a~13-n)と、レーザーダイオード13(13a~13-n)に電源を供給する電源部21と、レーザーダイオード13(13a~13-n)に供給する電流を制御することによって、QCW動作の励起を行うように制御する電流制御回路22とを備える。本実施形態では、レーザーダイオード13(13a~13-n)を0.01ms~100msのパルス幅でオン/オフして、レーザ光をQCW動作させることで、平均エネルギーを抑制して、ピークパワーを上げることができる。

[0041] また、本実施形態に係るファイバレーザーの制御装置100では、ファイバレーザーに励起光を照射するレーザーダイオード13(13a~13-n)を電流で制御している。これにより、レーザーダイオード13(13a~13-n)を高速にオン/オフすることができる。また、本発明の第1実施形態に係るファイバレーザーの制御装置100では、ファイバレーザーに励起光を照射するレーザーダイオード13(13a~13-n)を電流で制御することで、連続したパルスを独立して制御してレーザーダイオード13(13a~13-n)を駆動できる。これにより、パルス幅や繰り返し周波数だけでなく、連続する第1パルスと第2パルスとでデューティ比やピークパワーを独立して制御することで、ファイバレーザーの発光状態を最適に制御できる。

また、本実施形態によれば、パルスを独立して制御することで、複数のパ

ルスそれぞれを独立に操作することで様々な条件でレーザー発振させることができ、複数の材料の組み合わせ（材質・厚さなど）で作られる部品の加工に有利である。例えば、銅とアルミの組み合わせで作られている電気電子部品などにおいて、銅－銅加工と銅－アルミ加工が混在する場合は、パルスのエネルギーを独立に変化させることで加工速度を上げられる。

これにより、本実施形態によれば、高反射材料を加工するのに十分にピークパワーを上げた場合でも、従来より装置を小型化でき、さらに従来の装置より発熱を抑制することができる。

[0042] <第2実施形態>

次に、第2実施形態について説明する。図7は、本実施形態に係るファイバレーザーの制御装置200を示すブロック図である。なお、第1実施形態と同一部分については、同一符号を付して、その説明を省略する。

[0043] 図7に示すように、本実施形態に係るファイバレーザーの制御装置200は、レーザーダイオード13（13-1～13-n）と、電源部21と、電流制御回路22とを備える構成に、更に、充電部50を追加したものである。QCW制御では、レーザーダイオード13（13-1～13-n）は間欠的に駆動されており、レーザーダイオード13（13-1～13-n）の発光が休止されている間が生じる。そこで、この実施形態では、充電部50を設け、レーザーダイオード13（13-1～13-n）の発光が休止されている間に、電源部21からのエネルギーを充電部50に蓄積し、レーザーダイオード13（13-1～13-n）が発光されるときに、充電部50に蓄積されていたエネルギーを使うように構成されている。これにより、装置外部からエネルギーを供給する電源の容量を小さくすることができる。

[0044] 図8は、本実施形態に係るファイバレーザーの制御装置200の具体的な回路構成を示す接続図である。図8に示すように、充電部50は、スイッチングトランジスタ51、コイル52、ダイオード53、コンデンサ54とから構成されている。コイル52の一端は、電源部21の正極に接続されている。コイル52の他端は、ダイオード53のアノードに接続されるとともに

、スイッチングトランジスタ51のコレクタに接続される。スイッチングトランジスタ51のエミッタは、電源部21の負極に接続される。ダイオード53のカソードは、レーザーダイオード13-1のアノードに接続されるとともに、ダイオード53のカソードと電源部21の負極との間に、コンデンサ54が接続される。

[0045] スwitchングトランジスタ51がオンのときには、電源部21の正極から、コイル52、スイッチングトランジスタ51を介して、電源部21の負極に電流が流れる。この電流により、コイル52に電磁エネルギーが蓄えられる。

[0046] スwitchングトランジスタ51がオフすると、コイル52に蓄えられた電磁エネルギーがダイオード53を介して放出され、コンデンサ54が充電される。スイッチングトランジスタ51のオン／オフを繰り返すことで、コンデンサ54に静電エネルギーが蓄積されていく。コンデンサ54の静電容量としては、例えば(4700 μ F $\times$ 8)程度のものが用いられる。

[0047] 本実施形態では、QCWレーザー発振させたいエネルギーに見合う静電容量のコンデンサ54を用意することによって、外部電源を小さくすることが可能である。例えば、電気光変換効率を50%とした場合、ピークパワー1500W、パルスエネルギー15J、デューティ比10%、繰り返し周波数を1kHzの条件でレーザー発振させるとき、充電部50に30J以上の静電エネルギーを蓄えることにより、外部電源の容量は1500W程度で問題ないことになる。これに対して、CWレーザー発振では、光変換効率を50%として、3000Wの電源が必要になる。

[0048] 以上説明したように、第2実施形態では、レーザーダイオード13(13-1 $\sim$ 13-n)の発光が休止されている間に、電源部21からのエネルギーを蓄積する充電部50を備える。これにより、装置外部からエネルギーを供給する電源の容量を小さくすることができる。

これにより、本実施形態によれば第1実施形態と同様に、高反射材料を加工するのに十分にピークパワーを上げた場合でも、従来より装置を小型化で

き、さらに従来の装置より発熱を抑制することができる。

[0049] 以上、この発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲

で種々の改変が可能である。改変としては、各実施形態における構成要素の追加、置換、省略、その他の変更が挙げられる。また、実施形態に用いられた構成要素を適宜組み合わせることも可能である。

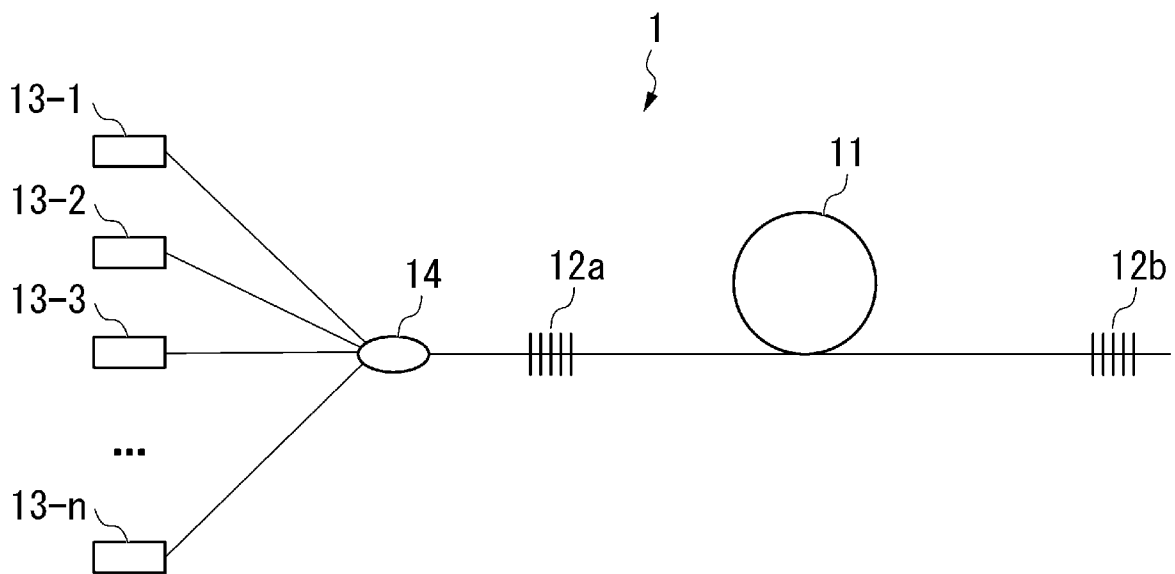
符号の説明

[0050] 1 1…光ファイバー、1 2 a, 1 2 b…反射鏡、1 3 - 1 ~ 1 3 - n…レーザーダイオード、1 4…ポンプコンバイナ、2 1…電源部、2 2…電流制御回路、5 0…充電部

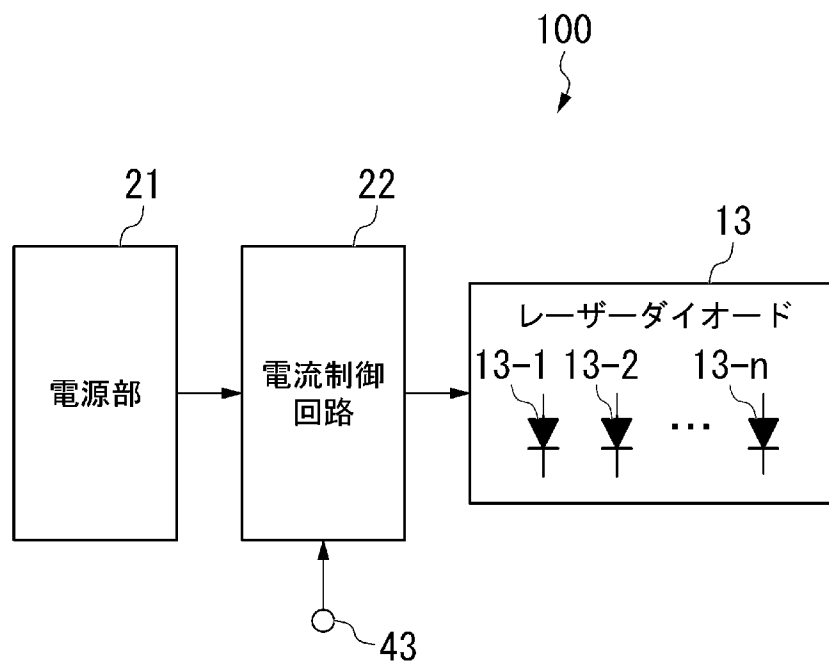
請求の範囲

- [請求項1] ファイバレーザーに励起光を照射するレーザーダイオードと、
前記レーザーダイオードに供給する電流を制御することによって、
前記レーザーダイオードを疑似連続波動作の励起を行うように制御する電流制御回路と、
を備えるファイバレーザーの制御装置。
- [請求項2] 前記電流制御回路は、連続したパルスを独立して制御して前記レーザーダイオードを駆動する、請求項1に記載のファイバレーザーの制御装置。
- [請求項3] 前記連続したパルスは、第1パルスと、前記第1パルスの後の第2パルスとを備え、
前記電流制御回路は、パルスの高さを段階的に変化させるように前記第1パルスを制御する、請求項2に記載のファイバレーザーの制御装置。
- [請求項4] 前記連続したパルスは、Q C W (Q u a s i C o n t i n u o u s W a v e O s c i l l a t i o n (疑似連続波)) である、請求項2または請求項3に記載のファイバレーザーの制御装置。
- [請求項5] 前記レーザーダイオードの発光が休止されている間に、エネルギーを蓄積する充電部を、更に備える、請求項2から請求項4のいずれか1項に記載のファイバレーザーの制御装置。
- [請求項6] レーザーダイオードからの励起光によりレーザー光を発光させるファイバレーザーの制御方法であって、
前記レーザーダイオードに供給する電流を制御することによって、
前記レーザーダイオードを疑似連続波動作の励起を行う
ファイバレーザーの制御方法。

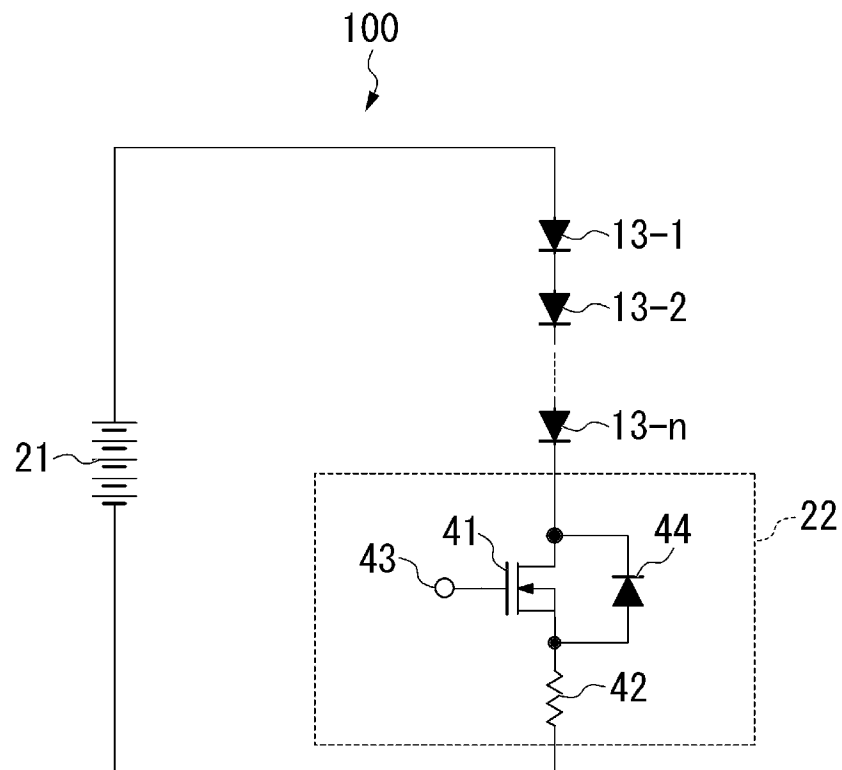
[図1]



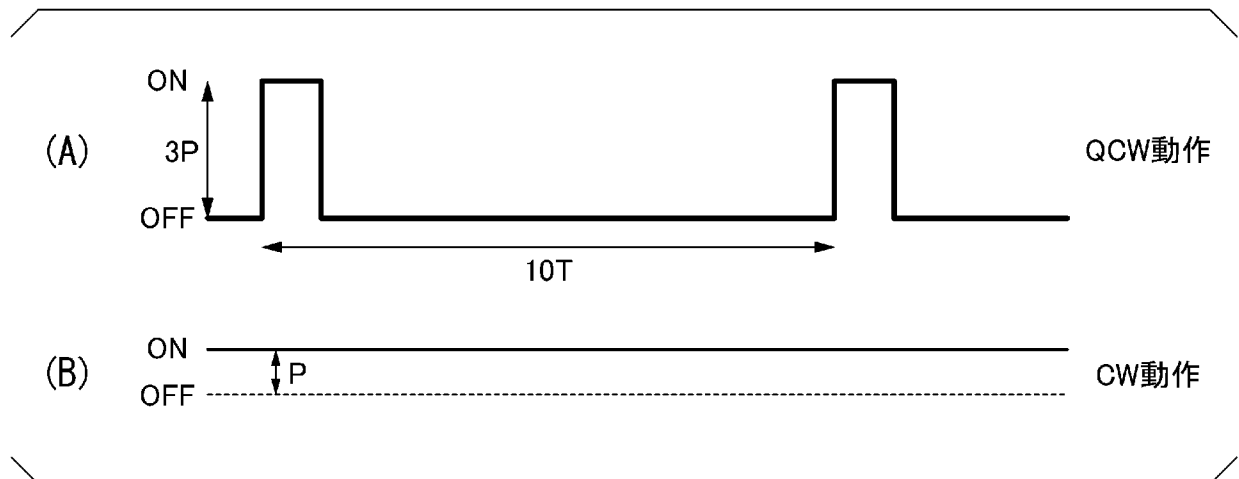
[図2]



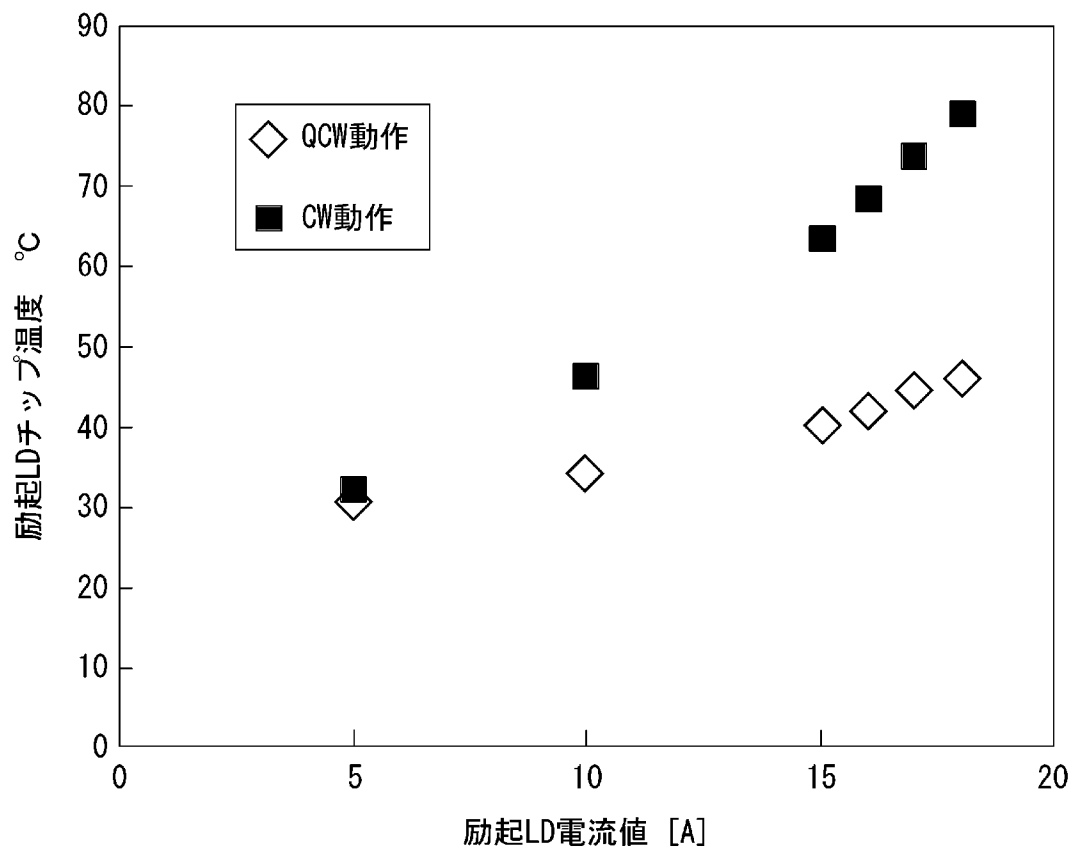
[図3]



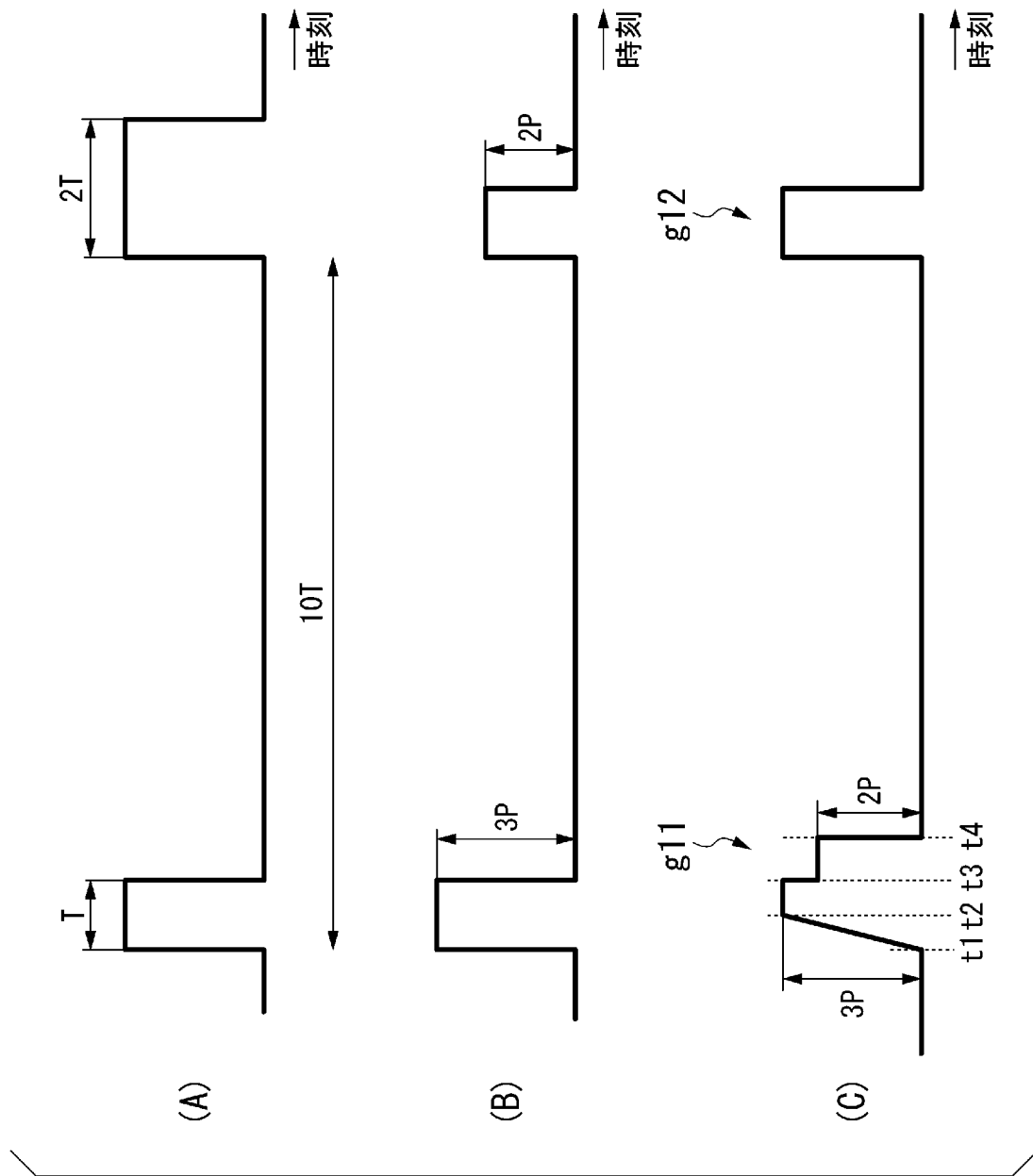
[図4]



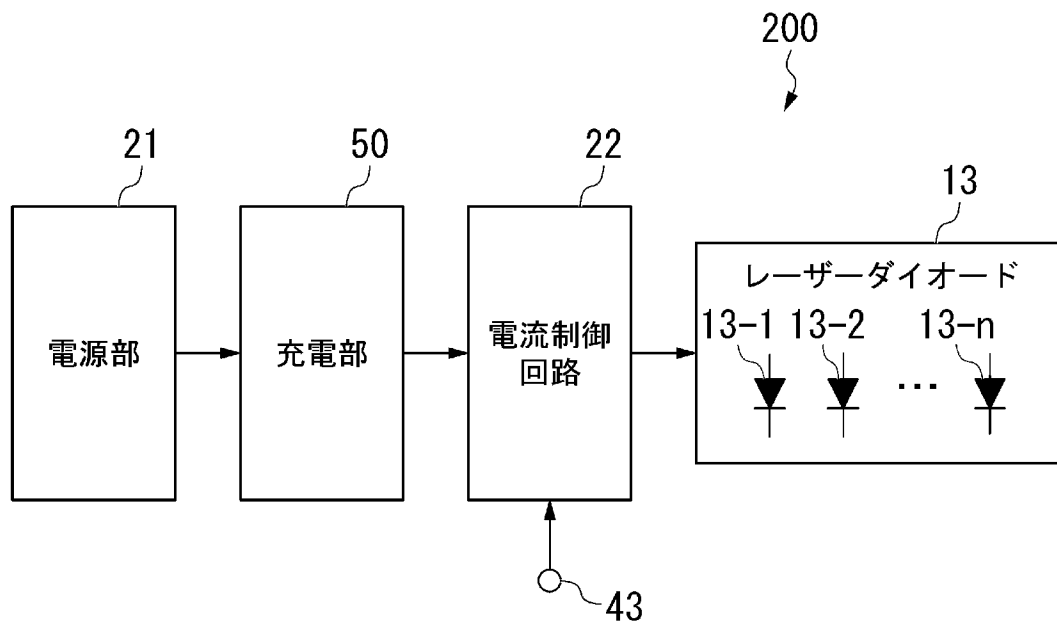
[図5]



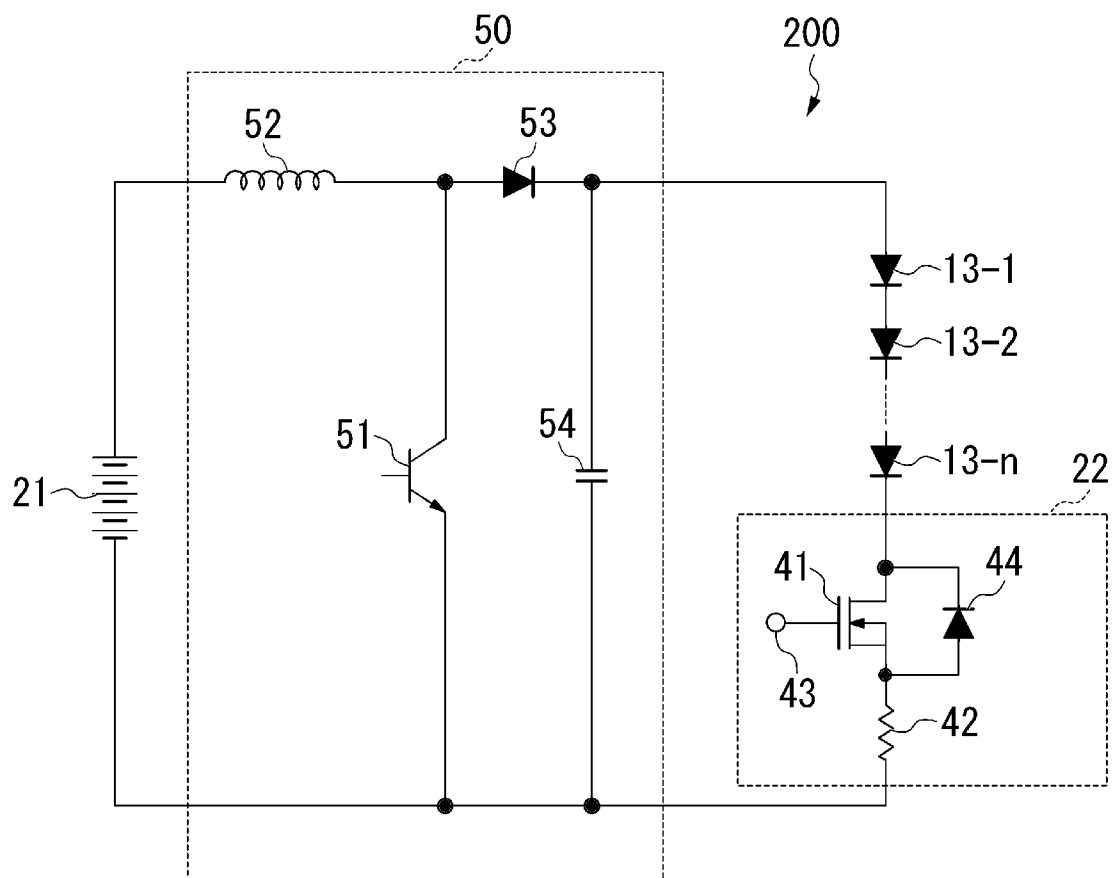
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/009233

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S3/067 (2006.01) i; H01S3/0941 (2006.01) i
FI: H01S3/0941; H01S3/067

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)

H01S3/00-3/30; H01S5/00-5/50; B23K26/00-26/70

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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	JP 2015-530251 A (ROFIN-LASAG AG) 15.10.2015	1, 6
Y	(2015-10-15) paragraphs [0020], [0039], fig. 1	2-5
X	US 2014/0333995 A1 (PRINCETON OPTRONICS INC.)	1, 6
Y	13.11.2014 (2014-11-13) paragraphs [0006], [0020], [0080]-[0084], fig. 8, 10	2-5
Y	JP 2015-199114 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.)	2-5
	12.11.2015 (2015-11-12) paragraphs [0029]-[0032], fig. 11-12	
Y	JP 2014-514754 A (ELECTRO SCIENTIFIC INDUSTRIES, INC.) 19.06.2014 (2014-06-19) paragraphs [0031]-[0033], [0053]-[0055], fig. 5, 11	2-5



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

“T” 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
27 May 2020 (27.05.2020)

Date of mailing of the international search report
09 Jne 2020 (09.06.2020)

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/JP2020/009233

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2016/0308330 A1 (LIFFRAN et al.) 20.10.2016 (2016-10-20) paragraphs [0017]-[0035], fig. 1, 2	5
A	JP 2016-514055A (IPG PHOTONICS CORPORATION) 19.05.2016 (2016-05-19) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2002-76479 A (KEYENCE CORP.) 15.03.2002 (2002-03-15) entire text, all drawings	1-6
A	JP 63-60084 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 16.03.1988 (1988-03-16) entire text, all drawings	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/009233

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2015-530251 A	15 Oct. 2015	US 2015/0190882 A1 paragraphs [0023], [0042], fig. 1 WO 2014/023828 A2 CN 104619453 A	
US 2014/0333995 A1	13 Nov. 2014	US 2014/0247841 A1 US 8824519 B1 EP 2772996 A2 CN 104022433 A	
JP 2015-199114 A	12 Nov. 2015	(Family: none)	
JP 2014-514754 A	19 Jun. 2014	US 2011/0298156 A1 paragraphs [0075]- [0077], [0100]- [0103], fig. 5, 11 US 2009/0245302 A1 US 2010/0276405 A1 WO 2012/135036 A2 WO 2009/137174 A1 WO 2011/123449 A2 CN 103477427 A KR 10-2014-0006032 A CA 2720057 A1 CN 101983421 A KR 10-2011-0007117 A CN 103081067 A KR 10-2013-0051441 A	
US 2016/0308330 A1	20 Oct. 2016	WO 2014/167068 A1 FR 3004592 A1	
JP 2016-514055 A	19 May 2016	US 2016/0001398 A1 WO 2014/134470 A1 KR 10-2015-0119941 A CN 105142853 A	
JP 2002-76479 A	15 Mar. 2002	(Family: none)	
JP 63-60084 A	16 Mar. 1988	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01S 3/067(2006.01)i; H01S 3/0941(2006.01)i FI: H01S3/0941; H01S3/067														
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）） H01S3/00-3/30; H01S5/00-5/50; B23K26/00-26/70														
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														
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020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	JP 2015-530251 A (ロフィンーラザーク アクチエンゲゼルシャフト) 15.10.2015 (2015-10-15) [0020], [0039], 図1	1, 6												
Y		2-5												
X	US 2014/0333995 A1 (PRINCETON OPTRONICS INC.) 13.11.2014 (2014-11-13) [0006], [0020], [0080]-[0084], FIG. 8, FIG. 10	1, 6												
Y		2-5												
Y	JP 2015-199114 A (三菱電機株式会社) 12.11.2015 (2015-11-12) [0029]-[0032], 図11-12	2-5												
Y	JP 2014-514754 A (エレクトロ サイエントフィック インダストリーズ イン コーポレーテッド) 19.06.2014 (2014-06-19) [0031]-[0033], [0053]-[0055], 図5, 11	2-5												
Y	US 2016/0308330 A1 (LIFFRAN et al.) 20.10.2016 (2016-10-20) [0017]-[0035], FIG. 1, FIG. 2	5												
☒ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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）</td> <td>"&" 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"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	"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	"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	"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）	"&" 同一パテントファミリー文献	"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"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													
"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	"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													
"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）	"&" 同一パテントファミリー文献													
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 27.05.2020	国際調査報告の発送日 09.06.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 百瀬 正之 2K 4084 電話番号 03-3581-1101 内線 3255													

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
A	JP 2016-514055 A (アイピージー フォトニクス コーポレーション) 19.05.2016 (2016 - 05 - 19) 全文, 全図	1-6
A	JP 2002-76479 A (株式会社キーエンス) 15.03.2002 (2002 - 03 - 15) 全文, 全図	1-6
A	JP 63-60084 A (三菱電機株式会社) 16.03.1988 (1988 - 03 - 16) 全文, 全図	1-6

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/009233

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2015-530251	A	15.10.2015	US	2015/0190882	A1	
					[0023], [0042], FIG. 1		
				WO	2014/023828	A2	
				CN	104619453	A	
US	2014/0333995	A1	13.11.2014	US	2014/0247841	A1	
				US	8824519	B1	
				EP	2772996	A2	
				CN	104022433	A	
JP	2015-199114	A	12.11.2015	(ファミリーなし)			
JP	2014-514754	A	19.06.2014	US	2011/0298156	A1	
					[0075]-[0077], [0100]-[0103], FIG. 5, FIG. 11		
				US	2009/0245302	A1	
				US	2010/0276405	A1	
				WO	2012/135036	A2	
				WO	2009/137174	A1	
				WO	2011/123449	A2	
				CN	103477427	A	
				KR	10-2014-0006032	A	
				CA	2720057	A1	
				CN	101983421	A	
				KR	10-2011-0007117	A	
				CN	103081067	A	
				KR	10-2013-0051441	A	
US	2016/0308330	A1	20.10.2016	WO	2014/167068	A1	
				FR	3004592	A1	
JP	2016-514055	A	19.05.2016	US	2016/0001398	A1	
				WO	2014/134470	A1	
				KR	10-2015-0119941	A	
				CN	105142853	A	
JP	2002-76479	A	15.03.2002	(ファミリーなし)			
JP	63-60084	A	16.03.1988	(ファミリーなし)			