

(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
2017年11月23日(23.11.2017)



(10) 国際公開番号

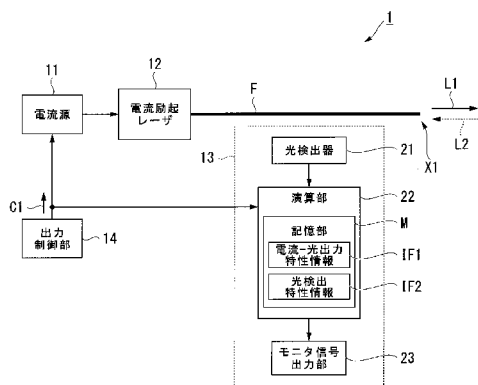
WO 2017/199508 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 3/067 (2006.01) G01J 1/42 (2006.01)
G01J 1/02 (2006.01) H01S 3/00 (2006.01)
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.);
〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/006624
- (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, 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.
- (22) 国際出願日: 2017年2月22日(22.02.2017)
- (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 2016-097630 2016年5月16日(16.05.2016) 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1丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (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,
- (72) 発明者: 横山 吉隆 (YOKOYAMA Yoshitaka);
〒2858550 千葉県佐倉市六崎1-4-0番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).

(54) Title: OPTICAL POWER MONITORING DEVICE, LASER DEVICE, AND LASER SYSTEM

(54) 発明の名称: 光パワーモニタ装置、レーザ装置、及びレーザシステム

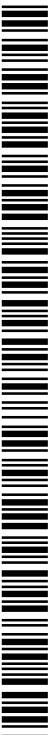
[図1]



- 11... CURRENT SOURCE
- 12... CURRENT EXCITED LASER
- 14... OUTPUT CONTROL UNIT
- 21... PHOTODETECTOR
- 22... CALCULATING UNIT
- 23... MONITORING SIGNAL OUTPUT UNIT
- M... STORAGE UNIT
- IF1... CURRENT-OPTICAL OUTPUT CHARACTERISTIC INFORMATION
- IF2... PHOTODETECTING CHARACTERISTIC INFORMATION

(57) Abstract: An optical power monitoring device of the present invention is an optical power monitoring device which monitors the power of reflected beams input to an optical fiber among reflected beams of output beams output from the optical fiber, and is provided with: a photodetector which is disposed near the optical fiber and detects a Rayleigh scattered beam from beams guided by the optical fiber; and a calculating unit which performs calculation for excluding a component corresponding to the output of the output beams from the detection result obtained from the optical detector, by using first information indicating a relationship between an output of the output beams obtained in advance in a situation where the reflected beams are not generated and a detection result of the photodetector.

(57) 要約: 本発明の光パワーモニタ装置は、光ファイバから出力される出力光の反射光のうち前記光ファイバに入力する反射光のパワーをモニタする光パワーモニタ装置であって、前記光ファイバの近傍に配置され、前記光ファイバによって導波される光のレイリー散乱光を検出する光検出器と、前記反射光が生じない状況下で予め得られた前記出力光の出力と前記光検出器の検出結果との関係を示す第1情報を用い、前記光検出器で得られた検出結果から前記出力光の出力に応じた成分を除外する演算を行う演算部とを備える。



WO 2017/199508 A1

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：

光パワーモニタ装置、レーザ装置、及びレーザシステム

技術分野

[0001] 本発明は、光パワーモニタ装置、レーザ装置、及びレーザシステムに関する。

本願は、2016年5月16日に日本に出願された特願2016-097630号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 近年、加工分野、自動車分野、医療分野等の様々な分野において、ファイバレーザが注目されている。このファイバレーザは、従来のレーザ装置（例えば、炭酸ガスレーザ装置）に比べて、ビーム品質及び集光性に優れている。このため、従来に比べて加工時間を短縮することができる、省エネルギーを図ることができる、質の高い微細加工を容易に行うことができる、等の優れた特徴を有する。また、ファイバレーザは、空間光学部品が不要なため、アライメント等の問題がない、メンテナンスが不要である、等の利点もある。

[0003] その一方で、ファイバレーザは、反射光（例えば、ワークの加工面からの反射光）がファイバレーザに戻ってしまうと発振状態が不安定になる。その結果、出力光のパワーが変動してしまい、加工特性が劣化する虞が考えられる。また、不安定な発振がランダムパルス発振になってしまうと、励起光源の故障、ファイバの破断等が引き起こされて、ファイバレーザが故障する可能性も考えられる。このような問題に対処するには、反射光のパワーをモニタして、発振状態が不安定になることを未然に防ぐ必要がある。

[0004] 以下の特許文献1には、反射光のパワーをモニタする従来の装置及び方法が開示されている。具体的に、以下の特許文献1には、光ファイバの融着接続点で漏れ出した出力光を検出する第1検出器と、融着接続点で漏れ出した

反射光を検出する第2検出器とを設け、反射光が生じない状況下で予め得られた第1検出器及び第2検出器の検出結果の關係を用い、第2検出器の検出結果から出力光の影響を排除する演算を行うことで、反射光のパワーをモニタする装置等が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本国特許第5865977号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、上述した特許文献1に開示された装置等を用いれば、簡易的に反射光の大小を検出することが可能であると考えられる。しかしながら、上述した特許文献1に開示された装置等では、実際にファイバレーザに戻ってくる反射光のパワーと第2検出器（反射光を検出する検出器）の検出結果との關係を求めている。このため、検出値に定量性がなく、今後、より高い精度が要求された場合には、その要求に応えることができない可能性も考えられる。

[0007] ここで、上述した特許文献1に開示された装置等において、上記の關係を予め求めてしまえば、上述した精度向上の要求に応えられるとも考えられる。しかしながら、ファイバレーザが完成した後に、ファイバレーザに対して光を反射光として入射させて、上記の關係を求めることは、イレギュラーな接続を行ったうえでの装置評価といった、少なくない追加工数が必要となることが考えられる。

[0008] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、簡素な構成で反射光のモニタ精度の向上を図ることが可能な光パワーモニタ装置、レーザ装置、及びレーザシステム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] 上記課題を解決するために、本発明の光パワーモニタ装置は、光ファイバ

(F、F10)から出力される出力光(L1、L11)の反射光のうち前記光ファイバに入力する反射光(L2、L12)のパワーをモニタする光パワーモニタ装置(13)において、前記光ファイバの近傍に配置され、前記光ファイバによって導波される光のレイリー散乱光を検出する光検出器(21)と、前記反射光が生じない状況下で予め得られた前記出力光の出力と前記光検出器の検出結果との関係を示す第1情報(IF2)を用い、前記光検出器で得られた検出結果から前記出力光の出力に応じた成分を除外する演算を行う演算部(22)と、を備える。

また、本発明の光パワーモニタ装置は、前記演算部が、前記反射光が生じない状況下で予め得られた前記出力光の励起光源に供給される電流と前記出力光の出力との関係を示す第2情報(IF1)を用い、前記励起光源に供給されている電流に基づいて前記出力光の出力を求める。

また、本発明の光パワーモニタ装置は、前記演算部が、前記第1情報及び前記第2情報を記憶する記憶部(M)を備える。

また、本発明の光パワーモニタ装置は、前記演算部が、前記反射光が生じない状況下で新たに得られた前記第2情報と、前記記憶部に記憶された前記第2情報との差分を求め、該差分を用いて演算結果を補正する。

また、本発明の光パワーモニタ装置は、前記演算部が、前記励起光源に対する電流の供給開始後の所定時間及び供給停止後の所定時間の少なくとも一方で前記光検出器の検出結果をマスクする。

また、本発明の光パワーモニタ装置は、前記光検出器が、前記光ファイバが接続点(P)を有するものである場合には、該接続点から前記光ファイバの長手方向に予め規定された距離だけ離間した位置に配置される。

本発明のレーザ装置は、光を伝送する伝送媒体として機能する伝送用光ファイバ(F)を備えるレーザ装置(1、2)において、前記伝送用光ファイバに入力する反射光(L2)のパワーを、前記光ファイバに入力する反射光のパワーとしてモニタする上記の何れかに記載の光パワーモニタ装置を備える。

また、本発明のレーザ装置は、前記レーザ装置が、励起光源（EL）と、前記励起光源から出力される光に対して増幅媒体として機能する増幅用光ファイバ（F1）と、を更に備え、前記増幅用光ファイバからの光を前記伝送用光ファイバによって伝送するファイバレーザ装置である。

本発明のレーザシステムは、複数のレーザ装置（31）と、該複数のレーザ装置から出力される光を合波する合波装置（32）と、該合波装置で合波された光を導波する出力光ファイバ（F10）と、を備えるレーザシステム（LS）において、前記出力光ファイバに入力する反射光（L12）のパワーを、前記光ファイバに入力する反射光のパワーとしてモニタする上記の何れかに記載の光パワーモニタ装置を備える。

また、本発明のレーザシステムは、前記光パワーモニタ装置でモニタされる前記反射光のパワーが、予め規定された閾値を超えた場合に、前記複数のレーザ装置の出力を低下させる制御を行う制御部（33）を更に備える。

また、本発明のレーザシステムは、前記複数のレーザ装置の各々が、上記のレーザ装置である。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、予め得られた第1情報（出力光の出力と光検出器の検出結果との関係を示す情報）を用いて、光検出器で得られた検出結果（レイリ散乱光の検出結果）から、出力光の出力に応じた成分を除外するようにしているため、簡素な構成で反射光のモニタ精度の向上を図ることができるという効果がある。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の第1実施形態によるレーザ装置の要部構成を示すブロック図である。

[図2A]本発明の第1実施形態で用いられる特性情報の一例を示す図である。

[図2B]本発明の第1実施形態で用いられる特性情報の一例を示す図である。

[図3]本発明の第1実施形態において光検出器から出力されるモニタ信号出力の経時変化の一例を示す図である。

[図4A]本発明の第1実施形態において演算により求められた光強度の経時変化の一例を示す図である。

[図4B]本発明の第1実施形態において演算により求められた光強度の経時変化の一例を示す図である。

[図4C]本発明の第1実施形態において演算により求められた光強度の経時変化の一例を示す図である。

[図5]融着接続点からの距離を変えながら光検出器のモニタ出力信号を取得した結果の一例を示す図である。

[図6]本発明の第2実施形態によるレーザ装置の要部構成を示すブロック図である。

[図7]本発明の第2実施形態によるレーザシステムの要部構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、図面を参照して本発明の実施形態による光パワーモニタ装置、レーザ装置、及びレーザシステムについて詳細に説明する。

[0013] [第1実施形態]

図1は、本発明の第1実施形態によるレーザ装置の要部構成を示すブロック図である。

図1に示す通り、本実施形態のレーザ装置1は、伝送媒体として機能する光ファイバF（伝送用光ファイバ）、電流源11、電流励起レーザ12、光パワーモニタ装置13、及び出力制御部14を備える。このようなレーザ装置1は、出力制御部14の制御の下で、光ファイバFの出力端X1から出力光L1（レーザ光）を出力するとともに、出力光L1の反射光のうち、光ファイバFの出力端X1に入射する反射光L2のパワーを検出する。尚、レーザ装置1から射出される出力光L1の波長は、例えば1080[nm]である。

[0014] 光ファイバFは、コアと、コアを取り囲むクラッドとを備えるシングルクラッドファイバである。この光ファイバFとしては、例えばコアの径が50

[μm] であり、クラッドの径が400 [μm] である光ファイバを用いることができる。この光ファイバFは、一端が電流励起レーザ12と光学的に結合されており、他端が出力光L1の出力端X1とされている。

[0015] 電流源11は、出力制御部14の制御の下で、電流励起レーザ12を励起するための励起電流を電流励起レーザ12に供給する。具体的に、電流源11は、出力制御部14から出力される電流制御信号C1に応じた励起電流を電流励起レーザ12に供給する。尚、出力制御部14からの電流制御信号C1は、電流源11に出力されるとともに光パワーモニタ装置13にも出力される。

[0016] 電流励起レーザ12は、例えば複数の半導体レーザを備えており、電流源11から供給される励起電流によって励起されてレーザ光を出力する。尚、電流励起レーザ12に設けられる半導体レーザの種類及び数は、出力光L1の波長及びパワーに応じて適宜選択される。ここで、上述の通り、電流励起レーザ12の出力端には光ファイバFの一端が結合されているため、電流励起レーザ12から出力されたレーザ光は、光ファイバFに入射して光ファイバFによって導波される。

[0017] 光パワーモニタ装置13は、光検出器21、演算部22、及びモニタ信号出力部23を備えており、光ファイバFの出力端X1から出力される出力光L1の反射光のうち、光ファイバFの出力端X1に入射した反射光L2のパワーを検出する。つまり、光パワーモニタ装置13は、光ファイバF内を、出力光L1とは逆向きに（出力端X1から電流励起レーザ12に向けて）導波される反射光L2のパワーを検出する。

[0018] 光検出器21は、光ファイバFの近傍に配置され、光ファイバFによって導波される光のレイリー散乱光を検出する。ここで、レイリー散乱光は、光ファイバF内における光の導波方向とは関係なく、光ファイバFによって導波される光のパワーに応じたパワーを有する。このため、光検出器21は、光ファイバFによって導波される出力光L1のパワーに応じたレイリー散乱光、及び反射光L2のパワーに応じたレイリー散乱光を検出する。

[0019] 上記の光検出器21としては、例えばPINフォトダイオードを用いることができる。

光検出器21としてPINフォトダイオードを用いた場合には、光検出器21は、例えば光ファイバFの側面から（被覆樹脂から）数[m m]程度離間した位置に配置される。尚、光検出器21は、外乱（例えば、迷光等）に影響されることなく、光ファイバFによって導波される光のレイリー散乱光を検出できるのであれば、任意の位置に配置することが可能である。

[0020] 演算部22は、光検出器21で得られた検出結果に対して所定の演算を行って、光ファイバFの出力端X1に入射した反射光L2のパワーを検出する。具体的に、演算部22は、出力制御部14からの電流制御信号C1に基づいて出力光L1のパワーを求め、光検出器21で得られた検出結果から出力光L1のパワーに応じた成分を除外する演算を行って、反射光L2のパワーを検出する。演算部22は、不揮発性メモリ等の記憶部Mに記憶された電流－光出力特性情報IF1（第2情報）及び光検出特性情報IF2（第1情報）を用いて上記の演算を行う。

[0021] 図2A及び図2Bは、本発明の第1実施形態で用いられる特性情報の一例を示す図である。尚、図2Aが電流－光出力特性情報IF1の一例を示すグラフであり、図2Bが光検出特性情報IF2の一例を示すグラフである。図2Aに示す電流－光出力特性情報IF1は、電流励起レーザ12に供給される励起電流[A]と、レーザ装置1の光出力（出力光L1のパワー）[W]との関係を示す情報である。また、図2B(b)に示す光検出特性情報IF2は、レーザ装置1の光出力（出力光L1のパワー）[W]と、光検出器21の出力（モニタ信号出力）[V]との関係を示す情報である。尚、光検出特性情報IF2は、レーザ装置1の光出力と、光ファイバFで生ずるレイリー散乱光のモニタ結果との関係を示す情報ということもできる。

[0022] これらの特性情報は、出力光L1の反射光が生じない状況下において、例えばパワーモニタを用いて予め得られたものである。具体的には、出力光L1の反射光が生じない状況下において、レーザ装置1から実際に出力される

出力光L 1のパワーをモニタするパワーモニタを設置する。そして、出力制御部1 4からの電流制御信号C 1によって電流励起レーザ1 2に供給する励起電流を変化させながら、パワーモニタのモニタ結果と光検出器2 1の出力（モニタ出力信号）を得る。電流制御信号C 1とパワーモニタのモニタ結果とを対応づけると、図2 Aに示す電流－光出力特性情報I F 1が得られ、パワーモニタのモニタ結果と光検出器2 1の出力（モニタ出力信号）とを対応づけると、図2 B（b）に示す光検出特性情報I F 2が得られる。

[0023] 図2 Aを参照すると、励起電流と光出力とは以下の関係にある。つまり、励起電流がある閾電流（数[A]程度）以下である場合には、電流励起レーザ1 2でレーザ発振が起こらないため光出力は0である。励起電流が上記の閾電流よりも大になった場合には、電流励起レーザ1 2でレーザ発振が起こり、励起電流の大きさにほぼ比例して光出力が増大する。演算部2 2は、このような電流－光出力特性情報I F 1を用い、出力制御部1 4からの電流制御信号C 1に基づいて出力光L 1のパワーを求める。

[0024] 図2 Bを参照すると、光出力とモニタ信号出力とは、光出力の増大に伴ってモニタ信号出力も増大し、光出力の減少に伴ってモニタ信号出力も減少する関係にある。但し、光出力とモニタ信号出力との関係は、完全な比例関係にある訳ではなく、光検出器2 1の特性によって完全な比例関係からのずれが生じている。演算部2 2は、このような光検出特性情報I F 2を用い、光検出器2 1で得られた検出結果（モニタ信号出力）から出力光L 1のパワーに応じた成分を除外する演算を行って反射光L 2のパワーを求める。

[0025] モニタ信号出力部2 3は、演算部2 2で求められた反射光L 2のパワーを示す情報を外部に出力する。例えば、モニタ信号出力部2 3は、液晶表示装置等の表示装置を備えており、演算部2 2で求められた反射光L 2のパワーを示す情報を表示装置に表示する。或いは、モニタ信号出力部2 3は、外部出力端子を備えており、演算部2 2で求められた反射光L 2のパワーを示す信号（モニタ信号）を外部出力端子から外部に出力する。

[0026] 出力制御部1 4は、レーザ装置1から出力される出力光L 1のパワーを制

御する。具体的に、出力制御部 14 は、電流励起レーザ 12 に励起電流を供給する電流源 11 に対し、電流制御信号 C1 を出力することによってレーザ装置 1 から出力される出力光 L1 のパワーを制御する。尚、出力制御部 14 は、不図示の入力部から入力される指示に基づいて、レーザ装置 1 から出力される出力光 L1 のパワーを制御する。

[0027] 次に、上記構成におけるレーザ装置 1 の動作について説明する。出力制御部 14 に対する動作開始の指示等によって動作が開始されると、出力制御部 14 から電流源 11 に対して電流制御信号 C1 が出力され、電流制御信号 C1 に応じた励起電流が電流源 11 から電流励起レーザ 12 に供給される。電流励起レーザ 12 に供給される励起電流が上述した閾電流（数 [A] 程度）よりも大になると、電流励起レーザ 12 においてレーザ発振が起こり、電流励起レーザ 12 からレーザ光が出力される。

[0028] 電流励起レーザ 12 から出力されたレーザ光（出力光 L1）は、光ファイバ F の一端から光ファイバ F に入射し、光ファイバ F によって導波された後に、光ファイバ F の出力端 X1 から出力される。ここで、出力端 X1 の前方にワーク等が配置されている場合には、そのワークの加工面で生じた反射光の一部が、反射光 L2 として出力端 X1 から光ファイバ F に入力される。この反射光 L2 は、光ファイバ F によって出力光 L1 とは逆方向に導波される。

[0029] このとき、光ファイバ F によって、図 1 の紙面右方向に出力光 L1 が導波されるとともに、図 1 の紙面左方向に反射光 L2 が導波される。これにより、光ファイバ F の内部では、出力光 L1 のパワーに応じたレイリー散乱光、及び反射光 L2 のパワーに応じたレイリー散乱光が生ずる。このため、光パワーモニタ装置 13 の光検出器 21 では、出力光 L1 のパワーに応じたレイリー散乱光、及び反射光 L2 のパワーに応じたレイリー散乱光の双方が検出される。

[0030] 図 3 は、本発明の第 1 実施形態において光検出器から出力されるモニタ信号出力の経時変化の一例を示す図である。尚、図 3 に示すグラフは、横軸に時間を取り、縦軸にモニタ信号出力をとってある。レーザ装置 1 の動作が開

始された時点は、図3に示すグラフの時間0である。図3を参照すると、レーザ装置1の動作開始時点から数[$\mu\text{s e c}$]経過した時点でモニタ信号出力が急激に上昇し、レーザ装置1の動作開始時点から15[$\mu\text{s e c}$]程度経過した後はモニタ信号出力がほぼ一定(3.3[V]程度)になっているのが分かる。

[0031] このような経時変化を示すモニタ信号出力が演算部22に入力されると、演算部22では、記憶部Mに記憶された光検出特性情報IF2を用いて、光ファイバFによって導波される光の光強度(出力光L1及び反射光L2の光強度)を求める演算が行われる。また、演算部22では、記憶部Mに記憶された電流-光出力特性情報IF1を用いて、出力制御部14からの電流制御信号C1に基づいて出力光L1の光強度を求める演算が行われる。

[0032] そして、光検出特性情報IF2を用いて求められた光強度から、電流-光出力特性情報IF1を用いて求められた出力光L1の光強度を除外する演算が行われる。これにより、反射光L2の光強度(パワー)が求められる。このようにして求められた反射光L2の光強度(パワー)を示す情報は、演算部22からモニタ信号出力部23に出力され、モニタ信号出力部23に設けられた表示装置に表示され、或いはモニタ信号出力部23に設けられた外部出力端子から外部に出力される。

[0033] 図4A~図4Cは、本発明の第1実施形態において演算により求められた光強度の経時変化の一例を示す図である。図4Aは、光検出特性情報IF2を用いて求められた出力光L1及び反射光L2の光強度の経時変化を示す図である。図4Bは、電流-光出力特性情報IF1を用いて電流制御信号C1に基づいて求められた出力光L1の光強度の経時変化を示す図である。図4Cは、光検出特性情報IF2を用いて求められた光強度から、電流-光出力特性情報IF1を用いて求められた出力光L1の光強度を除外する演算により得られた反射光L2の光強度の経時変化を示す図である。尚、図4A~図4Cに示すグラフの横軸は、図3に示すグラフの横軸と同じである。

[0034] まず、図4Aを参照すると、出力光L1及び反射光L2の光強度は、レー

ザ装置 1 の動作開始時点から数 [μ s e c] 経過した時点で急激に上昇して最大で 9 5 0 [W] 程度になる。その後、出力光 L 1 及び反射光 L 2 の光強度は、8 0 0 [W] 程度まで低下して、レーザ装置 1 の動作開始時点から 1 5 [μ s e c] 程度経過した後はほぼ一定 (8 2 0 [W] 程度) になっている。このため、光検出特性情報 I F 2 を用いて演算部 2 2 で求められた出力光 L 1 及び反射光 L 2 の光強度の経時変化は、図 3 に示すモニタ信号出力とほぼ同様の経時変化となる。

[0035] 次に、図 4 B を参照すると、出力光 L 1 の光強度は、レーザ装置 1 の動作開始時点から数 [μ s e c] 経過した時点で急激に上昇し、レーザ装置 1 の動作開始時点から 5 [μ s e c] 程度経過した後はほぼ一定 (8 0 0 [W]) になっている。続いて、図 4 C を参照すると、反射光 L 2 の光強度は、出力光 L 1 の光強度が一定になる時点 (レーザ装置 1 の動作開始時点から 5 [μ s e c] 程度の時点) において上昇し始め、最大で 1 5 0 [W] になった後、レーザ装置 1 の動作開始時点から十数 [μ s e c] の時点でほぼ 0 になり。その後は、ほぼ一定 (約 3 0 [W]) になっている。

[0036] 図 4 C において、レーザ装置 1 の動作開始時点から 5 [μ s e c] 程度経過した時点で反射光 L 2 の光強度が上昇するのは、出力光 L 1 の強度が最大になるものの (図 4 B 参照) 、ワークが加工されておらずワークの表面状態が平面に近い状態であることから、多くの反射光 L 2 が出力端 X から光ファイバ F に入力されるためである。その後、反射光 L 2 の光強度が低下するのは、ワークが加工され始めることによってワークの表面状態が変化し、これにより出力端 X から光ファイバ F に入力される反射光 L 2 が減るためである。このように、本実施形態では、精度良く反射光 L 2 をモニタできていることが分かる。

[0037] 以上の通り、本実施形態では、光検出特性情報 I F 2 を用いて、光検出器 2 1 のモニタ出力信号から出力光 L 1 及び反射光 L 2 の光強度を求める演算を行い、電流-光出力特性情報 I F 1 を用いて、出力制御部 1 4 からの電流制御信号 C 1 に基づいて出力光 L 1 の光強度を求める演算を行っている。そ

して、光検出特性情報 I F 2 を用いて求められた光強度から、電流－光出力特性情報 I F 1 を用いて求められた出力光 L 1 の光強度を除外する演算を行うことで、反射光 L 2 の光強度（パワー）を求めるようにしている。これにより、高い精度で反射光 L 2 をモニタすることができるため、反射光 L 2 のモニタ精度を向上させることができる。

[0038] 尚、上記実施形態では、演算部 2 2 が、以下の (A) ~ (C) に示す演算を行って反射光 L 2 の光強度を求める例について説明した。

(A) 光検出特性情報 I F 2 を用いて光検出器 2 1 のモニタ出力信号から出力光 L 1 及び反射光 L 2 の光強度を求める演算

(B) 電流－光出力特性情報 I F 1 を用いて電流制御信号 C 1 に基づいた出力光 L 1 の光強度を求める演算

(C) 出力光 L 1 及び反射光 L 2 の光強度から出力光 L 1 の光強度を除外する演算

[0039] しかしながら、演算部 2 2 は、例えば以下の (a) ~ (d) に示す演算を行って、反射光 L 2 の光強度を求めても良い。

(a) 電流－光出力特性情報 I F 1 を用いて電流制御信号 C 1 に基づいた出力光 L 1 の光強度を求める演算

(b) 上記 (a) で得られた光強度の出力光 L 1 を光検出器 2 1 で検出したならば得られるであろうモニタ出力信号を、光検出特性情報 I F 2 を用いて求める演算

(c) 光検出器 2 1 のモニタ出力信号から上記 (b) で得られたモニタ出力信号を除外する演算

(d) 上記 (c) の演算結果を光強度に変換する演算

[0040] 次に、光ファイバ F の融着接続点（接続点）と光検出器 2 1 との位置関係について検討する。レイリー散乱光は、光ファイバ F の至るところで生じているため、融着接続点が存在しない場合には、光検出器 2 1 を光ファイバ F の長手方向における任意の位置に配置することが可能である。しかしながら、光ファイバ F の内部で生ずるレイリー散乱光は強度が低いため、融着接続

点が存在する場合には、光検出器 2 1 を大量の漏れ光が発生する融着接続点から離間させて配置する必要がある。

[0041] 図 5 は、融着接続点からの距離を変えながら光検出器のモニタ出力信号を取得した結果の一例を示す図である。尚、図 5 に示すグラフでは、横軸に融着接続点からの距離をとり、縦軸に光検出器 2 1 から得られるモニタ出力信号をとってある。また、図 5 に示すグラフにおいて、融着接続点からの距離が大きくなる方向（紙面左から右に向かう方向）は、出力光 L 1 が進む方向である。

[0042] 図 5 中に示す曲線 Q 1 は、光検出器から得られたモニタ出力信号の実測値を示す曲線である。紙面左から右に向かう方向に出力光 L 1 が進んでいるため、曲線 Q 1 は、図 5 に示す通り、融着接続点の位置（距離が 0 [mm] となる位置）から紙面右方向にずれた位置（図 5 に示す例では、距離が 4 [mm] 程度の位置）にピークが現れる。また、融着接続点からの漏れ光は、光ファイバ F によって導波されることはないため、図 5 に示す通り、数 [mm] 程度の距離で急激に減衰する。

[0043] 図 5 中に示す曲線 Q 2 は、モニタ出力信号の減衰部分（モニタ出力信号が低下する部分）をフィッティングして得られた曲線である。この曲線 Q 2 は、減衰係数を $4 \text{ [cm}^{-1}\text{]}$ としたときのものである。つまり、この曲線 Q 2 から、曲線 Q 1 の減衰部分における減衰係数は $4 \text{ [cm}^{-1}\text{]}$ であることが分かった。また、曲線 Q 2 を参照すると、融着接続点からの漏れ光は、ピーク位置から約 10 [mm] 程度以上離れた位置では強度がほぼ 0 になることが分かる。

[0044] また、図 5 に示す曲線 Q 1 を参照すると、モニタ出力信号が 0 になることはなく、図中破線で示す一定以上の値になっていることが分かる。これは、光ファイバ F の内部で生ずるレイリー散乱光の成分であると考えられる。以上から、光ファイバ F の融着接続点から、光ファイバ F の長手方向に数 [cm] 離間した位置（予め規定された距離だけ離間した位置）に光検出器 2 1 を配置すれば、融着接続点からの漏れ光の影響を受けることなく、レイリー

散乱光を精度良く検出することができると考えられる。

[0045] ここで、光ファイバFで生ずるレイリー散乱光は、光ファイバFのコア、クラッドを問わず、光ファイバFによって導波される光が光ファイバFの内部でレイリー散乱を受けることによって生ずるものである。尚、レイリー散乱光は、光の波長以下の微小な屈折率揺らぎに起因する散乱光で、方向性はなく、全方位に均一に発生する（但し、散乱光が導波モードに結合すれば、それは結果的に方向性を持つことになる）。

[0046] これに対し、上記の漏れ光は、融着接続点等の不連続点でコアからクラッドに漏れ出した光のうち、光ファイバの外部に漏れ出した光であり、光ファイバ中を導波されない光である。この漏れ光は、波長程度以上の屈折率不連続性に起因して導波光から非導波光となるものであり、その光強度の空間分布は不連続点付近に局在するものとなり、導波光の進行方向に応じた方向性がある。尚、レイリー散乱光の光強度は、例えば漏れ光のピーク値の1/10弱程度である。

[0047] 本実施形態では、光ファイバFのコアによって導波される導波光のレイリー散乱光を光検出器21で検出することを特徴としているが、この光検出器21は、漏れ光の影響を受けない位置に設置されることが好ましい。具体的には、光ファイバFの融着接続点等から光ファイバFの長手方向に十分離れた位置（例えば、融着接続点等から数[cm]離れた位置）に光検出器21を設置するのが好ましい。尚、前述した特許文献1（特許第5865977号公報）では、上述した漏れ光を検出しており、レイリー散乱光を検出する本実施形態とは、検出対象が本質的に異なると言える。

[0048] 〈第1変形例〉

前述したレーザ装置1では、電流励起レーザ12に供給される励起電流と、レーザ装置1の光出力（出力光L1のパワー）との関係を電流-光出力特性情報IF1として予め求めておき、この関係を用いて反射光L2のパワーを求めるようにしていた。レーザ装置1の特性の変化（例えば、経時変化）が生ずると、上記の関係が変化して反射光L2の検出精度が悪化する虞が考

えられる。本変形例は、このようなレーザ装置 1 の特性の変化が生じて、反射光 L 2 のモニタ精度を維持するようにしたものである。

[0049] 本変形例では、レーザ装置 1 の運用が開始された後に、出力光 L 1 の反射光が生じない状況下において、電流励起レーザ 1 2 に供給される励起電流と、レーザ装置 1 の光出力（出力光 L 1 のパワー）との関係を示す電流－光出力特性情報 I F 1 を新たに求めて演算部 2 2 の記憶部 M に記憶しておく。そして、前述した実施形態と同様の演算を行って反射光 L 2 のパワーを求めた後に、新たに求められた電流－光出力特性情報 I F 1 と元の電流－光出力特性情報 I F 1 との差分を求め、その差分を用いて反射光 L 2 のパワーを補正する演算を演算部 2 2 が行う。このような補正を行うことで、レーザ装置 1 の特性の変化が生じて、反射光 L 2 のモニタ精度が維持される。尚、新たに電流－光出力特性情報 I F 1 を求める処理は、定期的に行うのが望ましい。

[0050] <第 2 変形例>

前述したレーザ装置 1 では、動作が開始された直後の時点において、電流源 1 1 から電流励起レーザ 1 2 に対して大きな電流が供給され、これにより、図 4 B に示す通り、出力光 L 1 の光強度が急激に増加する。このような電流が急変する部分を用いて反射光 L 2 のパワーを求めるようにすると、反射光 L 2 のパワーが誤って検出される可能性が考えられる。本変形例は、このような電流の急変部分をマスクすることで、反射光 L 2 のパワーの誤検出を抑制するものである。

[0051] 具体的に、本変形例では、電流制御信号 C 1 の変化を検出し、変化量がある閾値を超えた場合に、演算部 2 2 は、電流制御信号 C 1 をマスクする処理を行う。或いは、電流励起レーザ 1 2 に対する電流の供給が開始された後の一定時間、及び電流の供給が停止された後の一定時間の少なくとも一方で、光検出器 2 1 から出力されるモニタ信号出力をマスクする処理を行う。尚、電流制御信号 C 1 がマスクされている間、或いはモニタ信号出力がマスクされている間は、演算部 2 2 で反射光 L 2 のパワーを求める演算は行われない。

。このような処理を行うことで、反射光L 2のパワーの誤検出を抑制することができる。

[0052] 〔第2実施形態〕

図6は、本発明の第2実施形態によるレーザ装置の要部構成を示すブロック図である。

尚、図6においては、図1に示す構成に相当する構成には、同一の符号を付してある。図6に示す通り、本実施形態のレーザ装置2は、増幅媒体として機能する光ファイバF 1（増幅用光ファイバ）、伝送媒体として機能する光ファイバF（伝送用光ファイバ）、励起光源EL、光パワーモニタ装置13、及び出力制御部14を備えるファイバレーザ装置である。このようなレーザ装置2は、光ファイバFの出力端X 1から出力光L 1（レーザ光）を出力するとともに、出力光L 1の反射光のうち、光ファイバFの出力端X 1に入射する反射光L 2のパワーを検出する。

[0053] 増幅媒体として機能する光ファイバF 1は、活性元素が添加されたコアと、コアを取り囲むクラッドとを備えるシングルクラッドファイバである。この光ファイバF 1は、励起光源ELから供給される励起光によって励起された活性元素により、光ファイバF 1のコアを伝播する光を増幅するものである。この光ファイバF 1には、コアの屈折率を周期的に変化させたファイバブラッググレーティングG 1、G 2が形成されている。このため、光ファイバF 1のコアを伝播する光は、これら2つのファイバブラッググレーティングG 1、G 2による反射が繰り返されつつ増幅される。尚、光ファイバF 1の一端は、光ファイバFの一端と融着接続されており、その接続点は融着接続点Pとされている。

[0054] 励起光源ELは、例えば複数の半導体レーザを備えており、出力制御部14の制御の下で光ファイバFに対して励起光を供給する。光パワーモニタ装置13は、図1に示す光パワーモニタ装置13と同じものである。但し、本実施形態では、光ファイバF 1と光ファイバF 2との融着接続点Pが存在するため、光パワーモニタ装置13は、融着接続点Pから、光ファイバFの長

手方向に予め規定された距離だけ離間した位置（例えば、数 [cm] 離間した位置）に配置される。具体的に、融着接続点 P と光パワーモニタ装置 13 との距離は、前述した (1) 式が成り立つ距離に設定される。出力制御部 14 は、図 1 に示す出力制御部 14 と同じものである。

[0055] 次に、上記構成におけるレーザ装置 2 の動作について説明する。出力制御部 14 に対する動作開始の指示等によって動作が開始されると、出力制御部 14 から励起光源 E L に対して電流制御信号 C 1 が出力され、これにより励起光源 E L からは励起光が出力される。

励起光源 E L から出力された励起光が光ファイバ F 1 に入射されると、光ファイバ F 1 のコアに添加された活性元素が励起される。光ファイバ F 1 のコアを伝播する光が、光ファイバ F 1 に形成されたファイバブラッググレーティング G 1, G 2 によって反射されつつ励起された活性元素により増幅されることによりレーザ発振が起こり、光ファイバ F 1 からはレーザ光である出力光 L 1 が出力される。

[0056] この出力光 L 1 は、光ファイバ F によって導波された後に出力端 X 1 から出力される。

ここで、出力端 X 1 の前方にワーク等が配置されている場合には、そのワークの加工面で生じた反射光の一部が、反射光 L 2 として出力端 X から光ファイバ F に入力される。この反射光 L 2 は、光ファイバ F によって出力光 L 1 とは逆方向に導波される。光ファイバ F の内部では、出力光 L 1 のパワーに応じたレイリー散乱光、及び反射光 L 2 のパワーに応じたレイリー散乱光が生じ、光パワーモニタ装置 13 の光検出器 21 で検出される。この検出結果は、演算部 22 に出力され、前述した第 1 実施形態と同様の演算が行われて、反射光 L 2 のパワーが求められる。

[0057] 以上の通り、本実施形態のレーザ装置 2 は、増幅媒体として機能する光ファイバ F 1 等を備えており、第 1 実施形態のレーザ装置 1 とは構成が若干異なっている。しかしながら、本実施形態のレーザ装置 2 は、第 1 実施形態のレーザ装置 1 が備える光パワーモニタ装置 13 と同様のものを備えており、

第1実施形態と同様の演算が行われている。このため、本実施形態においても、高い精度で反射光L2をモニタすることができるため、反射光L2のモニタ精度を向上させることができる。

[0058] 〔第3実施形態〕

図7は、本発明の第2実施形態によるレーザシステムの要部構成を示すブロック図である。図7に示す通り、本実施形態のレーザシステムLSは、複数のレーザ装置31、コンバイナ32（合波装置）、光ファイバF10（出力光ファイバ）、光パワーモニタ装置13、及び制御装置33（制御部）を備える。このようなレーザシステムLSは、光ファイバF10の出力端Xから出力光L11（レーザ光）を出力するとともに、出力光L11の反射光のうち、光ファイバFの出力端Xに入射する反射光L12のパワーを検出する。

[0059] レーザ装置31は、制御装置33の制御の下で、レーザ光を出力する装置である。このレーザ装置31としては、図1に示すレーザ装置1及び図6に示すレーザ装置2の何れのレーザ装置を用いることもできる。尚、レーザ装置31としては、図1に示すレーザ装置1及び図6に示すレーザ装置2に限られる訳ではなく、レーザ光を出力するものであれば、任意のものを用いることができる。

[0060] コンバイナ32は、複数のレーザ装置31から出力される複数の出力光L1を光学的に結合する。具体的に、コンバイナ32の内部では、レーザ装置31の各々から延びる光ファイバFが束ねられて1本にされており（熔融延伸により1本にされており）、その1本にされた光ファイバが光ファイバF10の一端に融着接続されている。光ファイバF10は、伝送媒体として機能する光ファイバであり、出力光L11（レーザ装置31の各々から出力される複数の出力光L1をコンバイナ32で光学的に結合して得られる光）を導波する。尚、光ファイバF10によって導波された出力光L1は、光ファイバF10の出力端Xから出力される。

[0061] 光パワーモニタ装置13は、図1に示す光パワーモニタ装置13と同じも

のである。但し、上述の通り、コンバイナ32の内部には融着接続点が存在するため、光パワーモニタ装置13は、コンバイナ32の内部の融着接続点から、光ファイバFの長手方向に予め規定された距離だけ離間した位置（例えば、数[cm]離間した位置）に配置される。具体的に、融着接続点Pと光パワーモニタ装置13との距離は、前述した(1)式が成り立つ距離に設定される。

[0062] 制御装置33は、光パワーモニタ装置13でモニタされる反射光L12のパワーを参照しつつ、出力端Xから出力される出力光L11のパワーが一定となるように複数のレーザ装置31を。また、制御装置33は、光パワーモニタ装置13でモニタされる反射光L2のパワーが、予め規定された閾値を超えた場合には、レーザ装置31を保護するために、レーザ装置31の出力を低下させる制御を行う。尚、図7に示すレーザシステムLSの動作は、複数のレーザ装置31から出力された出力光L1がコンバイナ32で光学的に結合されて出力されるL11とされる点を除いては、第1実施形態のレーザ装置1の動作及び第2実施形態のレーザ装置2の動作とほぼ同じであるため、説明を省略する。

[0063] 以上の通り、本実施形態のレーザシステムLSは、第1実施形態のレーザ装置1及び第2実施形態のレーザ装置2が備える光パワーモニタ装置13と同様のものを備えており、光ファイバF10の内部で生ずるレイリー散乱光を検出して第1実施形態及び第2実施形態と同様の演算が行われている。このため、本実施形態においても、高い精度で反射光L12をモニタすることができるため、反射光L12のモニタ精度を向上させることができる。

[0064] このように、上述した第1～第3実施形態では、予め得られた光検出特性情報IF2（出力光の出力と光検出器の検出結果との関係を示す情報）を用いて、光検出器で得られた検出結果（レイリー散乱光の検出結果）から、出力光の出力に応じた成分を除外するようにしているため、簡素な構成で反射光のモニタ精度の向上を図ることができる。また、光検出特性情報IF2を用いていることから、定量的な反射光検出が可能である。

また、上述した第1～第3実施形態では、予め得られた電流－光出力特性情報 I F 1（電流と出力光の出力との関係を示す情報）を用いて、出力光の出力を求めているため、追加の構成を必要とすることなく、容易に出力光の出力を得ることができる。

[0065] また、上述した第1～第3実施形態では、予め得られた電流－光出力特性情報 I F 1 及び光検出特性情報 I F 2 が記憶部に記憶されているため、装置が設置されて運用が開始された時点から直ちに、反射光を高い精度でモニタすることができる。

また、上述した第1～第3実施形態では、記憶部に記憶された電流－光出力特性情報 I F 1 と新たに得られた電流－光出力特性情報 I F 1 との差分を用いて演算部の演算結果を補正しているため、電流と光出力との関係の経時変化が生じた場合でも、精度を維持することができる。

また、上述した第1～第3実施形態では、電流の急変部分をマスクするようにしているため、誤検出を抑制することができる。

[0066] また、上述した第1～第3実施形態では、光ファイバの接続点から予め規定された距離だけ離間した位置に光検出器を配置しているため、光検出器で受光される漏れ光の影響を少なくすることができ、これによりモニタ精度を維持することができる。

また、上述した第1～第3実施形態では、励起光源及び第1，第2光ファイバを備える光ファイバレーザ装置に入力される反射光のモニタ精度の向上を図ることができる。

[0067] また、上述した第3実施形態では、モニタされる反射光のパワーが閾値を超えた場合には、ファイバレーザ装置の出力を低下させているため、発振状態が不安定になることを未然に防ぐことができ、ファイバレーザが故障する事態を防止することができる。

また、上述した第3実施形態では、ファイバレーザ装置の各々でも反射光をモニタすることができるため、ファイバレーザ装置の各々に入力される反射光の量を特定することが可能である。

[0068] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に制限されることなく、本発明の範囲内で自由に変更が可能である。例えば、上述した第2実施形態では、光ファイバF1が、活性元素が添加されたコアと、コアを取り囲むクラッドとを備えるシングルクラッドファイバである場合について説明した。しかしながら、光ファイバF1が、活性元素が添加されたコアと、コアを取り囲む内側クラッドと、内側クラッドを取り囲む外側クラッドとを備えるダブルクラッドファイバである場合も、本発明を適用することが可能である。

[0069] また、本発明の光パワーモニタ装置は、上述した第1～第3実施形態によるレーザ装置以外のレーザ装置にも適用可能である。例えば、半導体レーザ（DDL: Direct Diode Laser）やディスクレーザのように、共振器が光ファイバ以外で構成され、共振器から射出されるレーザ光を光ファイバに集光するレーザ装置にも適用可能である。

符号の説明

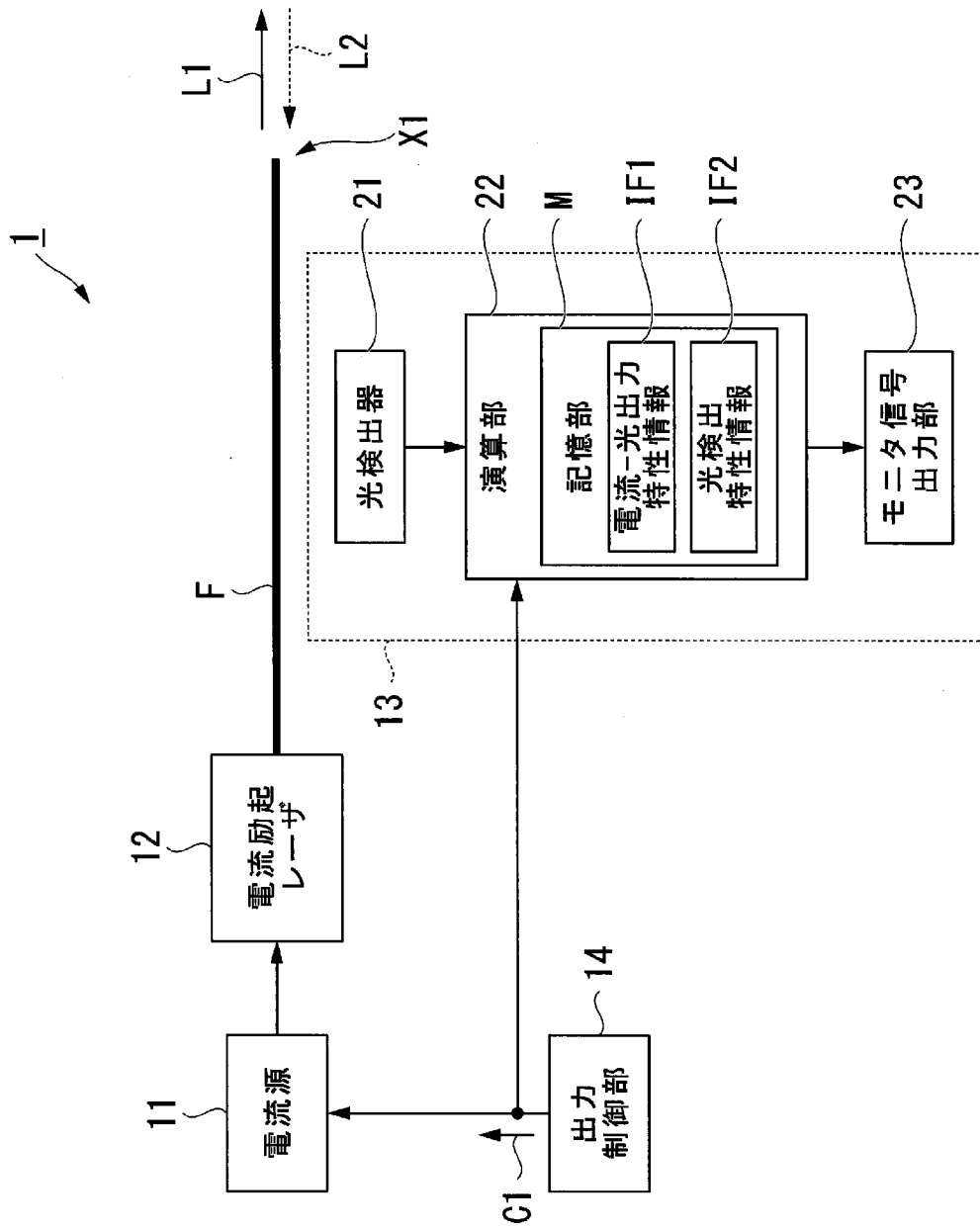
[0070] 1, 2…レーザ装置、13…光パワーモニタ装置、21…光検出器、22…演算部、31…レーザ装置、32…コンバイナ、33…制御装置、EL…励起光源、F, F1, F10…光ファイバ、IF1…電流－光出力特性情報、IF2…光検出特性情報、L1, L11…出力光、L2, L12…反射光、LS…レーザシステム、M…記憶部、P…融着接続点

請求の範囲

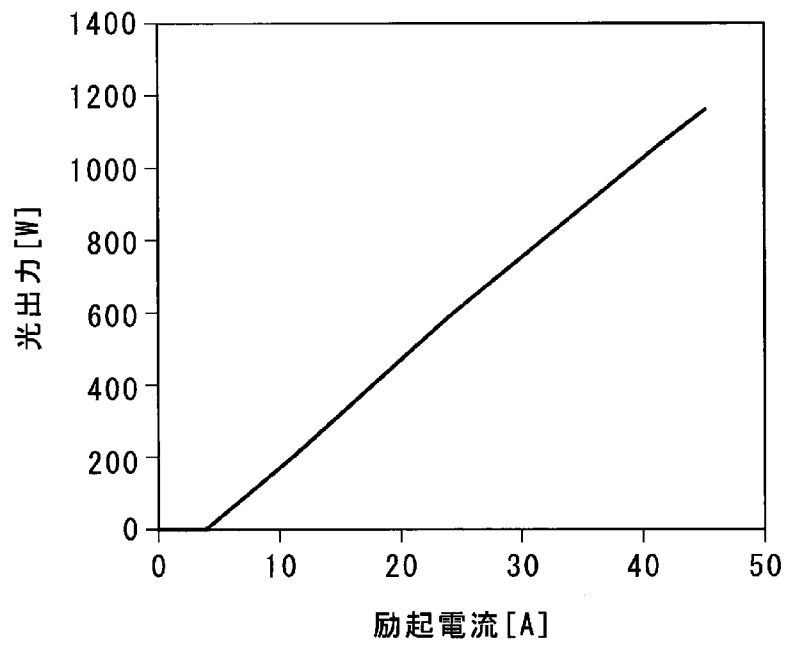
- [請求項1] 光ファイバから出力される出力光の反射光のうち前記光ファイバに入力する反射光のパワーをモニタする光パワーモニタ装置において、
前記光ファイバの近傍に配置され、前記光ファイバによって導波される光のレイリー散乱光を検出する光検出器と、
前記反射光が生じない状況下で予め得られた前記出力光の出力と前記光検出器の検出結果との関係を示す第1情報を用い、前記光検出器で得られた検出結果から前記出力光の出力に応じた成分を除外する演算を行う演算部と、
を備える光パワーモニタ装置。
- [請求項2] 前記演算部は、前記反射光が生じない状況下で予め得られた前記出力光の励起光源に供給される電流と前記出力光の出力との関係を示す第2情報を用い、前記励起光源に供給されている電流に基づいて前記出力光の出力を求める、請求項1に記載の光パワーモニタ装置。
- [請求項3] 前記演算部は、前記第1情報及び前記第2情報を記憶する記憶部を備える、請求項2に記載の光パワーモニタ装置。
- [請求項4] 前記演算部は、前記反射光が生じない状況下で新たに得られた前記第2情報と、前記記憶部に記憶された前記第2情報との差分を求め、該差分を用いて演算結果を補正する、請求項3に記載の光パワーモニタ装置。
- [請求項5] 前記演算部は、前記励起光源に対する電流の供給開始後の所定時間及び供給停止後の所定時間の少なくとも一方で前記光検出器の検出結果をマスクする、請求項2又は請求項3に記載の光パワーモニタ装置。
- [請求項6] 前記光検出器は、前記光ファイバが接続点を有するものである場合には、該接続点から前記光ファイバの長手方向に予め規定された距離だけ離間した位置に配置される、請求項1から請求項5のいずれか一項に記載の光パワーモニタ装置。

- [請求項7] 光を伝送する伝送媒体として機能する伝送用光ファイバを備えるレーザ装置において、
- 前記伝送用光ファイバに入力する反射光のパワーを、前記光ファイバに入力する反射光のパワーとしてモニタする請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の光パワーモニタ装置を備えるレーザ装置。
- [請求項8] 前記レーザ装置は、励起光源と、
- 前記励起光源から出力される光に対して増幅媒体として機能する増幅用光ファイバと、を更に備え、
- 前記増幅用光ファイバからの光を前記伝送用光ファイバによって伝送するファイバレーザ装置である、請求項7に記載のレーザ装置。
- [請求項9] 複数のレーザ装置と、該複数のレーザ装置から出力される光を合波する合波装置と、該合波装置で合波された光を導波する出力光ファイバと、を備えるレーザシステムにおいて、
- 前記出力光ファイバに入力する反射光のパワーを、前記光ファイバに入力する反射光のパワーとしてモニタする請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の光パワーモニタ装置を備えるレーザシステム。
- [請求項10] 前記光パワーモニタ装置でモニタされる前記反射光のパワーが、予め規定された閾値を超えた場合に、前記複数のレーザ装置の出力を低下させる制御を行う制御部を更に備える請求項9に記載のレーザシステム。
- [請求項11] 前記複数のレーザ装置の各々は、請求項7又は請求項8に記載のレーザ装置である請求項9又は請求項10に記載のレーザシステム。

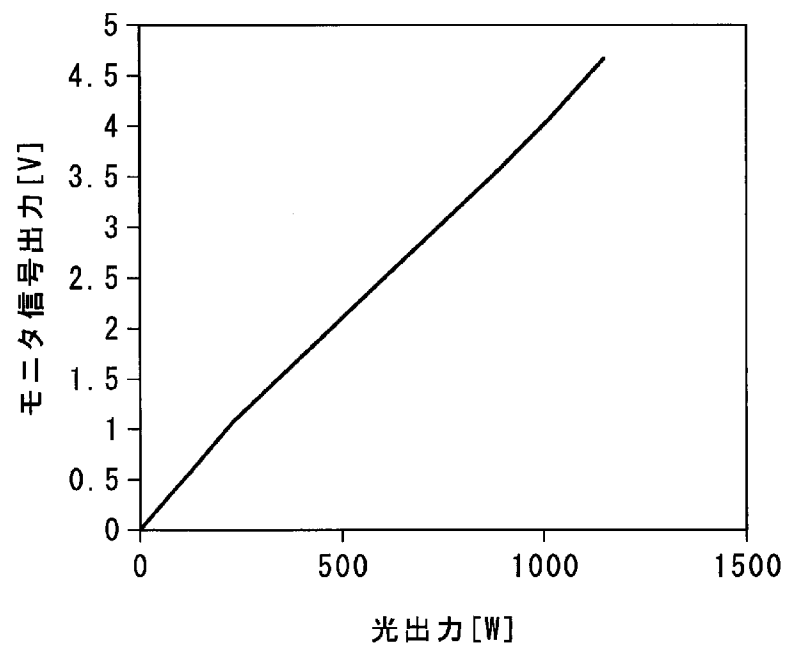
[図1]



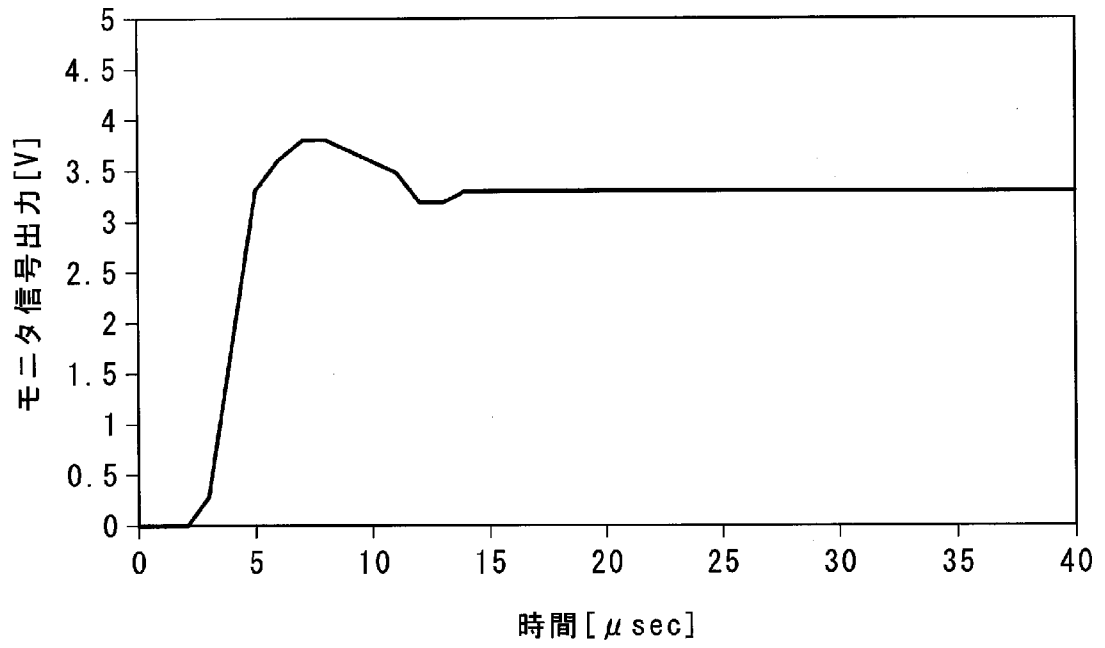
[図2A]



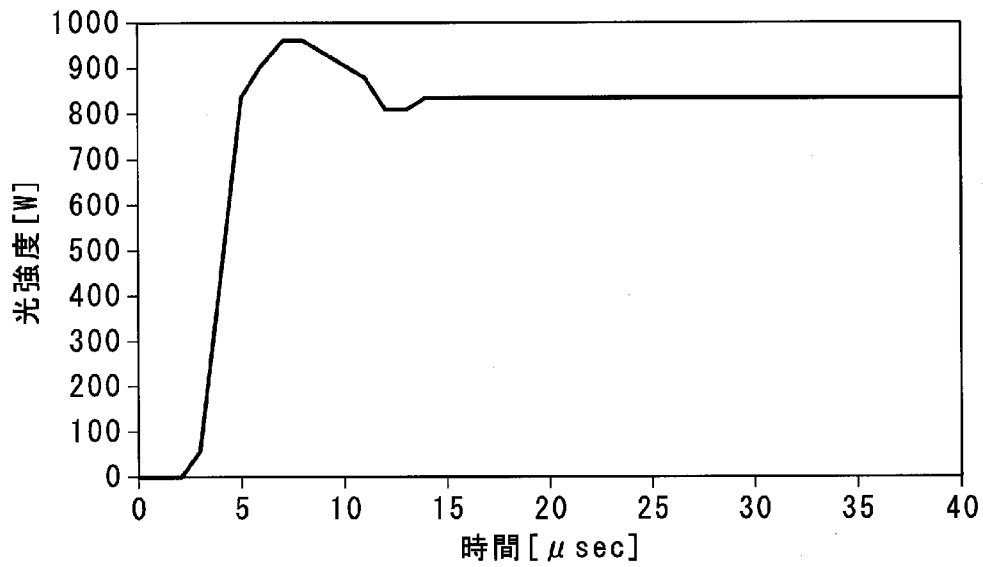
[図2B]



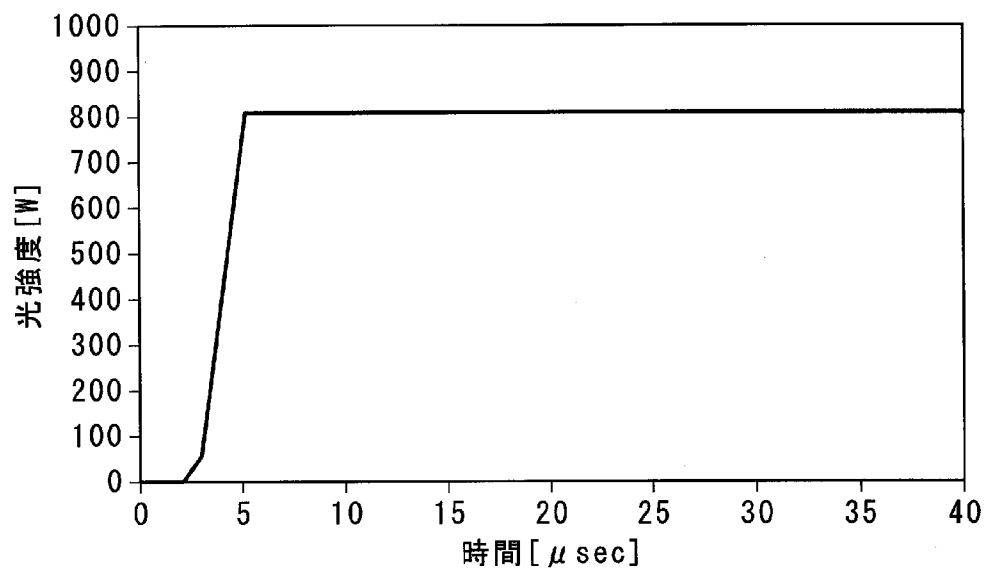
[図3]



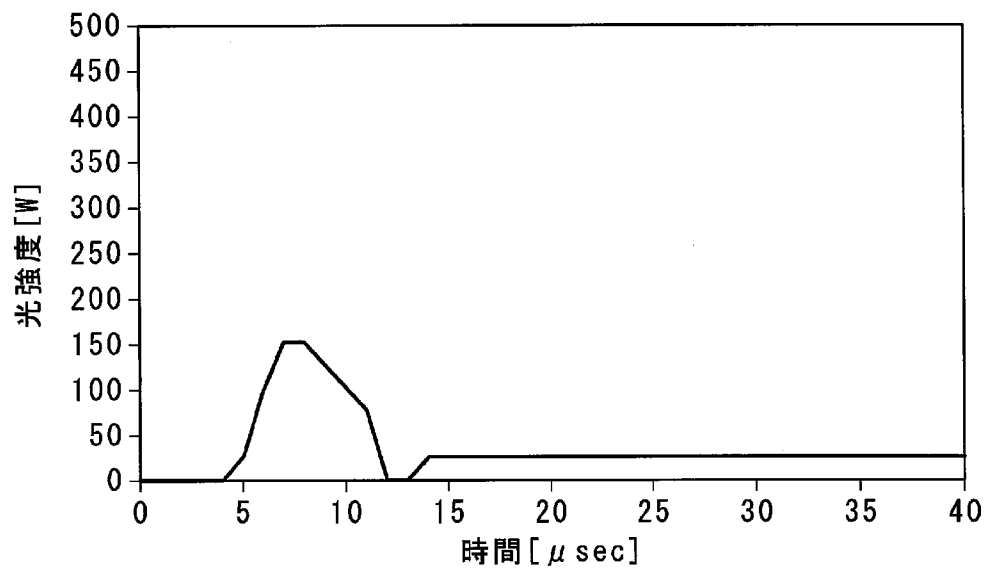
[図4A]



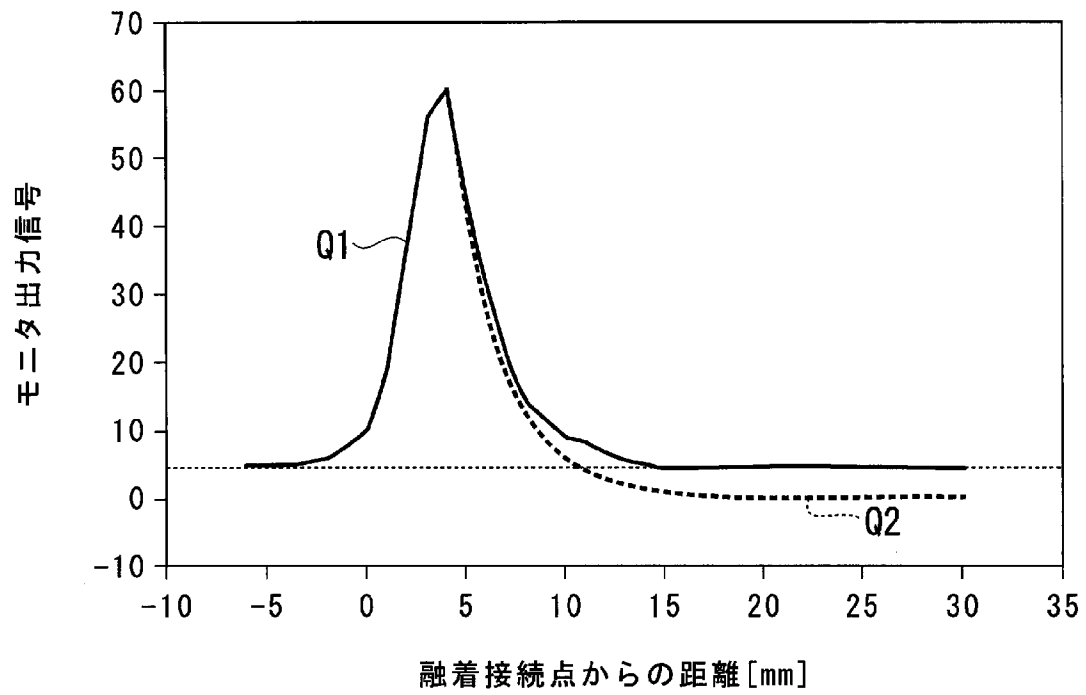
[図4B]



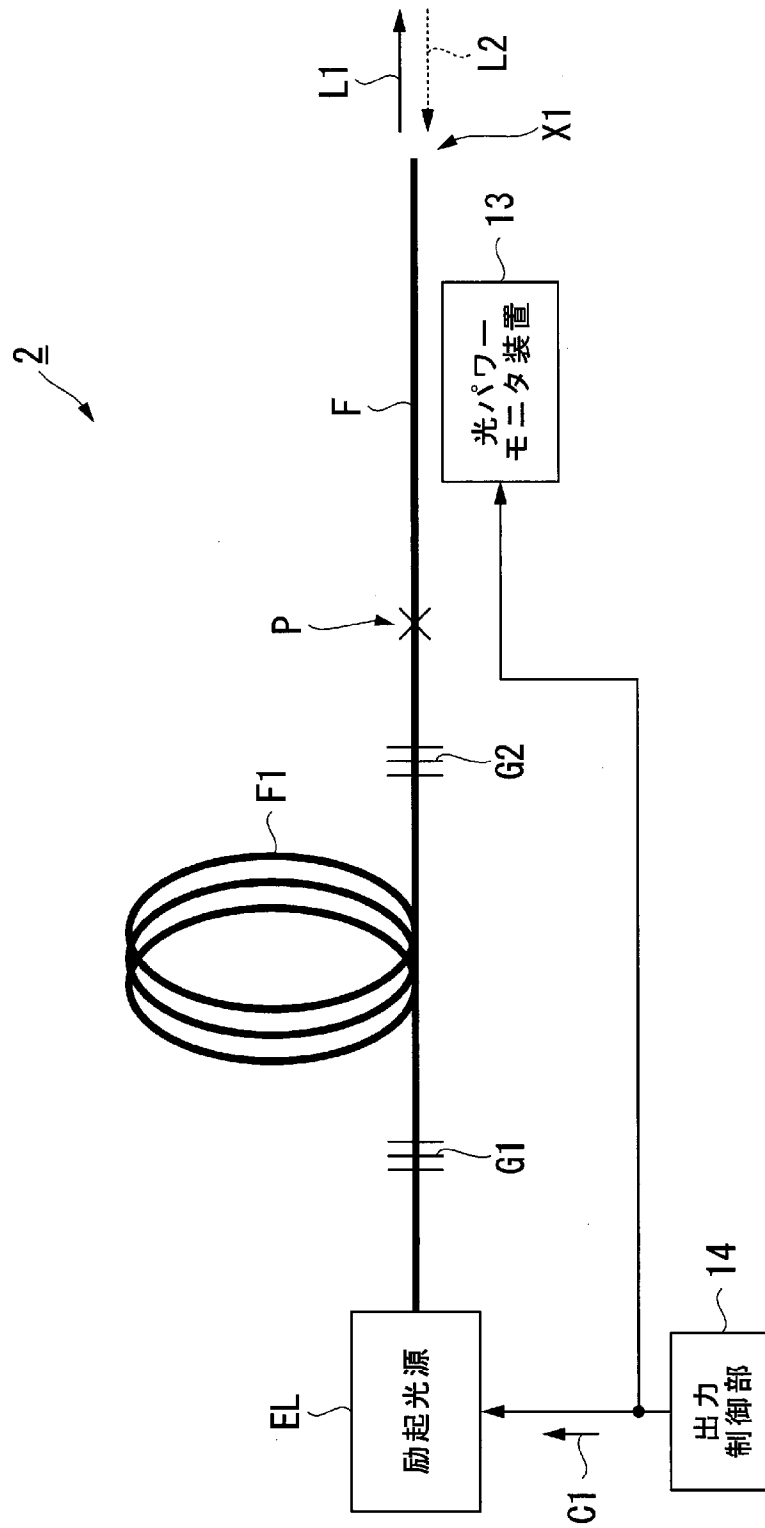
[図4C]



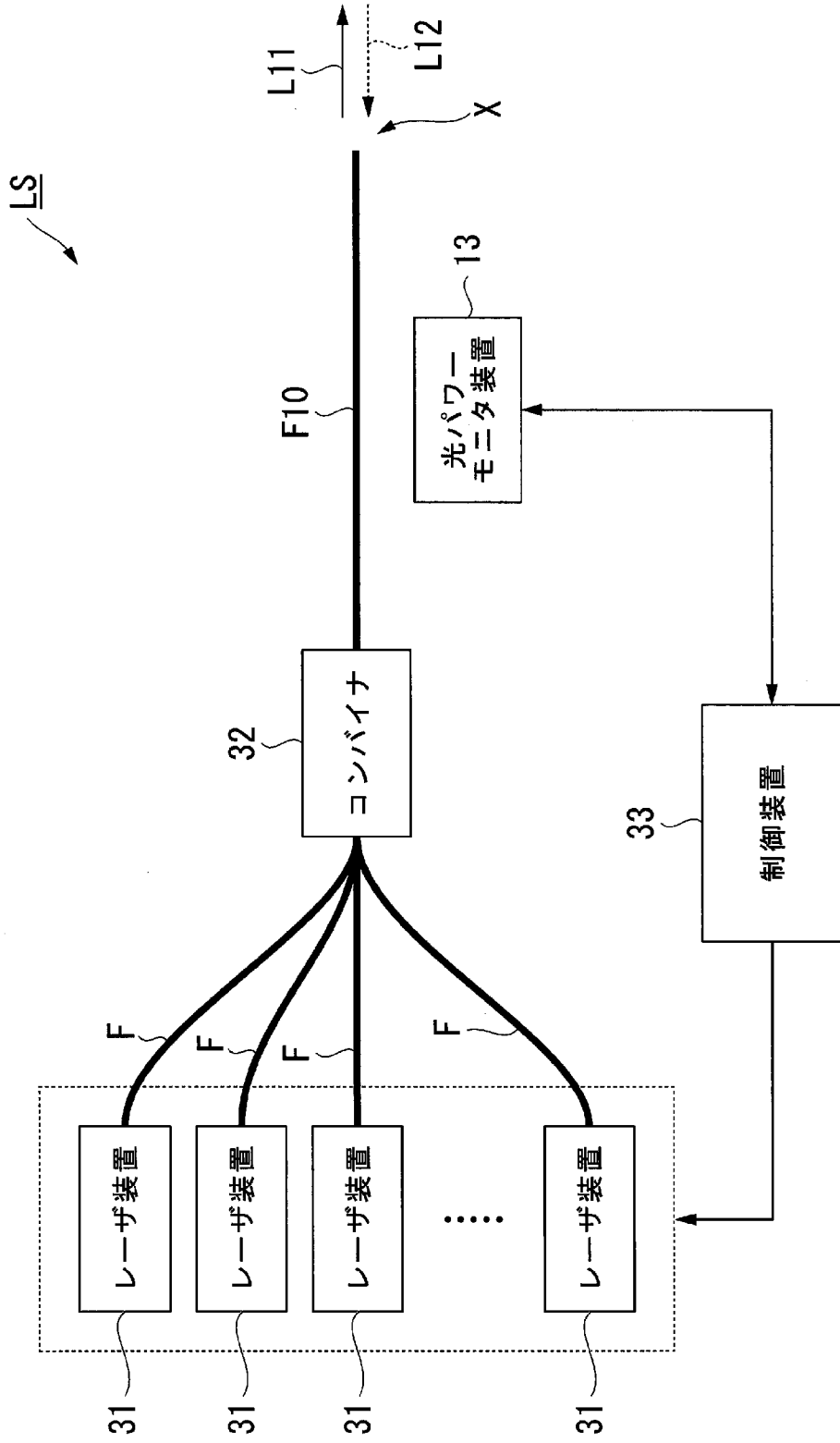
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/006624

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01S3/067(2006.01)i, G01J1/02(2006.01)i, G01J1/42(2006.01)i, H01S3/00(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)
H01S3/00-3/02, 3/04-3/0959, 3/098-3/102, 3/105-3/131, 3/136-3/213, 3/23-5/50, G01J1/00-1/60, 11/00, G02B6/26-6/27, 6/30-6/34, 6/42-6/43

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	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.
A	JP 2016-76598 A (Fujikura Ltd.), 12 May 2016 (12.05.2016), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2015-525342 A (IPG Photonics Corp.), 03 September 2015 (03.09.2015), entire text; all drawings & WO 2014/035505 A2 entire text; all drawings & EP 2856092 A2 & CN 104335018 A & KR 10-2015-0020281 A	1-11
A	US 2013/0242379 A1 (DOGAN Atlas), 19 September 2013 (19.09.2013), entire text; all drawings & EP 2639898 A1	1-11

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 17 April 2017 (17.04.17)	Date of mailing of the international search report 09 May 2017 (09.05.17)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01S3/067(2006.01)i, G01J1/02(2006.01)i, G01J1/42(2006.01)i, H01S3/00(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, 3/04-3/0959, 3/098-3/102, 3/105-3/131, 3/136-3/213, 3/23-5/50, G01J1/00-1/60, 11/00, G02B6/26-6/27, 6/30-6/34, 6/42-6/43

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
A	JP 2016-76598 A（株式会社フジクラ）2016.05.12, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2015-525342 A（アイピージー フォトニクス コーポレーション）2015.09.03, 全文, 全図 & WO 2014/035505 A2, 全文, 全図 & EP 2856092 A2 & CN 104335018 A & KR 10-2015-0020281 A	1-11

☑ 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

17.04.2017

国際調査報告の発送日

09.05.2017

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）

高椋 健司

2K

3715

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
A	US 2013/0242379 A1 (DOGAN Atlas) 2013.09.19, 全文, 全図 & EP 2639898 A1	1-11