

(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
2012年8月16日(16.08.2012)



(10) 国際公開番号

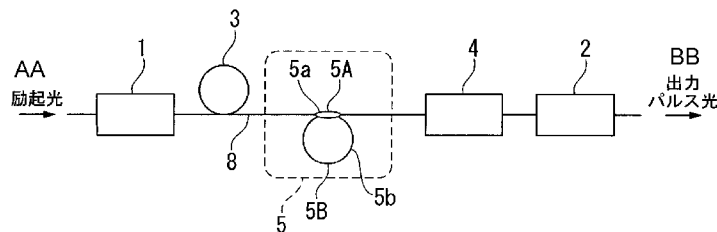
WO 2012/108248 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 3/06 (2006.01) H01S 3/17 (2006.01)
H01S 3/082 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/051210
- (22) 国際出願日: 2012年1月20日(20.01.2012)
- (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 2011-024833 2011年2月8日(08.02.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 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).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 三室 将邦(MIMURO Masakuni) [JP/JP]; 〒2858550 千葉県佐倉市六崎1-4-40番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).
- (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).
- (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: Q-SWITCHED FIBER LASER

(54) 発明の名称: Qスイッチ式ファイバレーザ

[図1]



AA Excitation light
BB Output pulsed light

(57) Abstract: This Q-switched fiber laser is equipped with a resonator-use optical fiber (8), rare earth-doped optical fiber (3) for optical pulse amplification, a Q-switching device (4), resonators (1, 2) for resonating emitted natural light or emitted stimulated light, a partial feedback optical path (5) that has a branching part (5A) and a propagation distance extending part (5B) and is provided between the resonators (1, 2). The branching part (5A) is configured such that light incident into the partial feedback optical path (5) is separated into light to be output into the resonator-use optical fiber (8) and light to be output into the propagation distance extending part (5B) at a pre-determined optical power ratio. The propagation distance extending part (5B) is configured such that by propagating the light incident into the partial feedback optical path (5) within a predetermined optical path length, the propagation distance of the light is extended before the light is emitted into the branching part (5A) again.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/108248 A1



本発明のＱスイッチ式ファイバレーザは、共振器用光ファイバ（８）と、光パルス増幅用の希土類添加光ファイバ（３）と、Ｑスイッチ装置（４）と、自然放出光または誘導放出光を共振させるための共振器（１，２）と、分岐部（５Ａ）及び伝搬距離延長部（５Ｂ）を有し、前記共振器（１，２）内に設けられた部分的フィードバック光路（５）とを備え、前記分岐部（５Ａ）は、前記部分的フィードバック光路（５）内に入射した光を、一定の光パワー比で、前記共振器用光ファイバ（８）に出射する光と、前記伝搬距離延長部（５Ｂ）に出射する光とに分離するように構成され、前記伝搬距離延長部（５Ｂ）は、前記部分的フィードバック光路（５）に入射した光を一定の光路長内で伝搬させることにより前記光の伝搬距離を延長して、再び前記分岐部（５Ａ）に入射させるように構成されている。

明 細 書

発明の名称： Qスイッチ式ファイバレーザ

技術分野

[0001] 本発明は、レーザ加工装置の光源などに使用される光パルスとして、パルスエネルギーが高く、しかも広いパルス幅（例えば100ns～500ns程度）である光パルスを生成するQスイッチ式ファイバレーザに関する。

本願は、2011年2月8日に出願された特願2011-024833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] 固体レーザからパルスエネルギーの高い出力光パルスを得る方法として、Qスイッチ法が知られている。Qスイッチ法においては、利得媒体内でポンピングの行われている間は、共振器の品質因子Qを低い値にすることにより、発振しない状態で高い利得が得られる。また、前記共振器の品質因子Qを高い値に戻すことにより、上位準位に励起されていた原子に蓄えられていたエネルギーが急激に共振器内の光子に変換され、高パルスエネルギーの出力光パルスを得ることができる。このようなQスイッチ法に基づいたQスイッチ式ファイバレーザは、工業用材料の溶接、切断、穴あけなどの加工、すなわちレーザ加工に広く使われている。このようなレーザ加工装置の光源として使用される光パルスとしては、パルスエネルギーが高く、かつパルス幅が100ns～500ns程度に広い光パルスが望まれる。

[0003] 高パルスエネルギーの光パルスを出力するQスイッチ式ファイバレーザを用いて出力光パルスのパルス幅を広くする方法としては、共振器長を長くすることにより、共振器内を伝搬する光パルスの周回時間を長くする方法が公知である。例えば、非特許文献1には、『レーザロッドが同じであり、共振器両端のミラーの反射率および励起光のパワーが等しく、共振器長が異なる2つのQスイッチ式レーザにおいては、共振器長が長いQスイッチ式レーザの方が、共振器の寿命時間が長くなり、パルス幅が広くなる』ことが記載さ

れている（非特許文献１の図２６．９参照）。

[0004] Qスイッチ式ファイバレーザの共振器長を長くすることにより共振器内を伝搬する光パルスの周回時間を長くする方法では、共振器出力パルス形状のパルス幅は比較的広くなるが、周回時間に対応した小信号光パルスが複数重ねあわされた形状となる。このため、周回時間が長い場合、周回時間に相当した周期で発生する小信号光パルスの足し合わせにより、パルス形状全体に山と谷の部分ができ、共振器出力パルス形状に比較的大きな変動（以下、“うねり”と記載する）が発生する（図１１）。この小信号光パルスの発生周期は、共振器内を光が周回する時間に相当する。

[0005] 前述のような、Qスイッチ式ファイバレーザから出射される出力光パルスに生じるうねりは、製品製造時における製品ごとの出力光パルスの特性のばらつきを大きくする。その結果、Qスイッチ式ファイバレーザ内に装着されている半導体レーザの励起光パワーを調節する作業に長時間を要し、また、製品の規格内に出力光パルスのパルス幅又は出力パワーを調整できない場合もある。

[0006] ところで、ファイバレーザの出力光パルスの安定化を図った公知文献に示される従来技術としては、光ソリトン効果により、パルス幅又は繰り返し周波数が変わらない超短光パルスを得る方法（例えば、特許文献１参照。）、光カップラで光パルスを分岐した後にファイバ長を変化させることによりパルス出力を得る方法（例えば、特許文献２参照。）、音響光学素子をQスイッチ装置として用いたファイバレーザにおいて、種光パルスが発生してから、パルス増幅までのタイミングを調整し、光パルスの安定化を図る方法（例えば、特許文献３参照。）、ポンプコンバイナを用いて励起光をパワー増幅部に効率的に導入することにより１０Ｗ級の出力光パルスを得る方法（例えば、非特許文献２参照。）が知られている。

[0007] しかしながら、上述の各文献に示されるいずれの従来技術においても、Qスイッチ式ファイバレーザで生成された出力光パルスに表れるうねりの発生を防止することは考慮されていなかったのが実情である。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開平5－102582号公報

特許文献2：特開平10－125983号公報

特許文献3：特開2007－234943号公報

非特許文献

[0009] 非特許文献1：「LASERS」、University Science Books、1986年、P1016

非特許文献2：「フジクラ技報」、株式会社フジクラ、2006年、P5

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 前述のように、従来のQスイッチ式ファイバレーザにおいては、出力光パルスのパルスエネルギーを高い状態に保ちながらQスイッチ式ファイバレーザの共振器長を長くすることにより、共振器内を伝搬する光パルスの周回時間を長くして、パルス幅を100ns～500ns程度まで広げようとした場合、出力光パルスにうねりが生じるという問題があった。

[0011] 本発明は、上述の事情を背景としてなされたもので、パルスパワーが高く、パルス幅が広い（例えば100ns～500ns）光パルスのパルス形状に現れるうねりをなくすことを課題とする。また、本発明は、このような光パルスを出力するQスイッチ式ファイバレーザを提供する。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明者らは、出力光パルスにうねりが発生することを防ぐことができる部分的フィードバック光路を、Qスイッチ式ファイバレーザの共振器内に設けることによって、前記課題を解決することとした。

[0013] 次に、本発明における第1～第8の態様のQスイッチ式ファイバレーザについて説明する。

[0014] 本発明の第1の態様のQスイッチ式ファイバレーザは、共振器用光ファイ

バと、光パルス増幅用の希土類添加光ファイバと、Qスイッチ装置と、自然放出光または誘導放出光を共振させるための共振器と、分岐部及び伝搬距離延長部を有し、前記共振器内に設けられた部分的フィードバック光路とを備える。ここで、前記分岐部は、前記部分的フィードバック光路内に入射した光を、一定の光パワー比で、前記共振器用光ファイバに出射する光と、前記伝搬距離延長部に出射する光とに分離するように構成されている。また、前記伝搬距離延長部は、前記部分的フィードバック光路に入射した光を一定の光路長内で伝搬させることにより前記光の伝搬距離を延長して、再び前記分岐部に入射させるように構成されている。

[0015] 上述の第1の態様のQスイッチ式ファイバレーザにおいては、共振器内部に分岐部と伝搬距離延長部を有する部分的フィードバック光路が設けられている。この構造により、部分的フィードバック光路に設けられた伝搬距離延長部にて、分岐部において伝搬距離延長部の方向に分岐された光の伝搬距離が延長される。この構造は、実質的に、光路長が異なる共振器を多重に配置されている構成と等価になる。その結果として、共振器内での周回時間に応じた周期で発生する複数の小信号光パルスが出力光パルスに重ね合わされ、出力光パルスのうねりの谷の部分がなくなり、Qスイッチ式ファイバレーザからうねりのないパルス形状の光パルスを得ることができる。

なお、本発明において、「うねりをなくす」とは、うねりを低減することを含む。

[0016] 本発明の第2の態様によるQスイッチ式ファイバレーザにおいては、前記部分的フィードバック光路の分岐部として、入射導波路及び出射導波路を有する光ファイバカプラが設けられ、伝搬距離延長部として光ファイバが設けられ、前記光ファイバの両端が前記入射導波路及び前記出射導波路に接続されていることが好ましい。

[0017] 第2の態様のQスイッチ式ファイバレーザにおいては、部分的フィードバック光路の分岐部および伝搬距離延長部として光ファイバカプラおよび光ファイバを設けることにより、構成が単純で、比較的安価に共振器を構成する

ことができる。

[0018] 本発明の第3の態様によるQスイッチ式ファイバレーザは、前記第2の態様のQスイッチ式ファイバレーザにおいて、前記光ファイバカプラから前記光ファイバに分岐される光のパワー比率は、 $60\% \pm 20\%$ の範囲内であることが好ましい。

[0019] 第3の態様のQスイッチ式ファイバレーザにおいては、部分的フィードバック光路の光ファイバカプラから、伝搬距離延長部用の光ファイバに分岐される光パルスのパワー比率を $60\% \pm 20\%$ の範囲内とすることにより、Qスイッチ式ファイバレーザから出力される光パルスの形状を、うねりのない滑らかなパルス形状にすることができる。

[0020] 本発明の第4の態様によるQスイッチ式ファイバレーザは、前記第1の態様のQスイッチ式ファイバレーザにおいて、前記部分的フィードバック光路の分岐部として、ファイバブラッググレーティングが設けられ、ファイバブラッググレーティングで反射され、前記共振器内を伝搬し、再びファイバブラッググレーティングに入射するまでの光の伝搬経路が伝搬距離延長部として機能していることが好ましい。

[0021] 第4の態様のQスイッチ式ファイバレーザにおいては、部分的フィードバック光路の分岐部としてファイバブラッググレーティングが設けられ、ファイバブラッググレーティングで反射され、前記共振器内を伝搬し、再びファイバブラッググレーティングに入射するまでの光の伝搬経路が伝搬距離延長部として機能している。このため、部分的フィードバック光路設置に必要なスペースが縮小され、Qスイッチ式ファイバレーザの共振器全体の小型化を実現できる。

[0022] 本発明の第5の態様によるQスイッチ式ファイバレーザは、前記第4の態様のQスイッチ式ファイバレーザにおいて、前記ファイバブラッググレーティングの反射率は、 $1\% \sim 10\%$ の範囲内であることが好ましい。

[0023] 第5の態様のQスイッチ式ファイバレーザにおいては、部分的フィードバック光路のファイバブラッググレーティングの反射率は $1\% \sim 10\%$ の範囲

内である。このため、Qスイッチ式ファイバレーザから出力される光パルスの形状を、うねりのない滑らかなパルス形状にすることができる。

[0024] 本発明の第6の態様によるQスイッチ式ファイバレーザは、前記第1の態様～第5の態様のいずれかのQスイッチ式ファイバレーザにおいて、Qスイッチ装置として音響光学素子を設けたことが好ましい。

[0025] 第6の態様のQスイッチ式ファイバレーザにおいては、Qスイッチ装置として音響光学素子が設けられている。このため、Qスイッチの損失を精密に制御することができ、さらに駆動時間を短くすることができるため、Qスイッチ式ファイバレーザから出射される出力光パルスの応答を高速にすることができる。

[0026] 本発明の第7の態様によるQスイッチ式ファイバレーザは、前記第1の態様～第6の態様のいずれかのQスイッチ式ファイバレーザにおいて、共振器としてファブリーペロー型共振器を設けたことが好ましい。

[0027] 第7の態様のQスイッチ式ファイバレーザにおいては、Qスイッチ式ファイバレーザにファブリーペロー型共振器を設けることにより、共振器のファイバ長を短くし、構成部品数を減らすことができる。

[0028] 本発明の第8の態様によるQスイッチ式ファイバレーザは、第1の態様～第3の態様のいずれかのQスイッチ式ファイバレーザにおいて、共振器としてリング型共振器を設けたことが好ましい。

[0029] 第8の態様のQスイッチ式ファイバレーザにおいては、Qスイッチ式ファイバレーザにおいて、リング型共振器を設けることにより、共振器内の損失を低くすることができる。

発明の効果

[0030] 本発明のQスイッチ式ファイバレーザによれば、パルス形状にうねりのない光パルスを発生させることができ、特にパルスエネルギーも高く、かつパルス幅が広い光パルスを得る場合でも、うねりのない光パルスを発生させることができる。そのため、Qスイッチ式ファイバレーザ製品を実際に製造した場合の製品ごとに調節するのに時間を要するという問題、又は製品の調節

が不可能になるという問題も解決する。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]本発明の第1の実施形態によるQスイッチ式ファイバレーザの全体構成を示す概略図である。

[図2]本発明の第2の実施形態によるQスイッチ式ファイバレーザの全体構成を示す概略図である。

[図3]本発明の第3の実施形態によるQスイッチ式ファイバレーザであって、部分的フィードバック光路の分岐部として光ファイバカプラが設けられ、前記部分的フィードバック光路の伝搬距離延長部として光ファイバが設けられたQスイッチ式ファイバレーザの全体構成を示す概略図である。

[図4]本発明の第3の実施形態によるQスイッチ式ファイバレーザであって、部分的フィードバック光路の分岐部としてファイバブラッググレーティングが設けられ、前記部分的フィードバック光路の伝搬距離延長部として前記ファイバブラッググレーティングで反射され、前記共振器内を伝搬し、再びファイバブラッググレーティングに入射するまでの光の伝搬経路を機能させたQスイッチ式ファイバレーザの全体構成を示す概略図である。

[図5]本発明の第4の実施形態によるQスイッチ式ファイバレーザにおいて、部分的フィードバック光路の分岐部として光ファイバカプラが設けられ、前記部分的フィードバック光路の伝搬距離延長部として光ファイバが設けられたQスイッチ式ファイバレーザの全体構成を示す概略図である。

[図6]実施例1で使用したQスイッチ式ファイバレーザの全体構成を示す概略図である。

[図7]実施例1におけるQスイッチ式ファイバレーザから出射される出力光パルスの時間に対する光パワーの関係を示したグラフである。

[図8A]実施例2におけるQスイッチ式ファイバレーザにおける出力光パルスの時間に対する光パワーの関係を示したグラフであり、部分的フィードバック光路に入射する入射光パルスに対する光遅延付加部に入射する入射光パルスのパワー分岐量が30%である場合を示している。

[図8B]実施例2におけるQスイッチ式ファイバレーザにおける出力光パルスの時間に対する光パワーの関係を示したグラフであり、部分的フィードバック光路に入射する入射光パルスに対する光遅延付加部に入射する入射光パルスのパワー分岐量が70%である場合を示している。

[図8C]実施例2におけるQスイッチ式ファイバレーザにおける出力光パルスの時間に対する光パワーの関係を示したグラフであり、部分的フィードバック光路に入射する入射光パルスに対する光遅延付加部に入射する入射光パルスのパワー分岐量が90%である場合を示している。

[図9A]実施例3におけるQスイッチ式ファイバレーザにおける出力光パルスの時間に対する光パワーの関係を示したグラフであり、部分的フィードバック光路におけるフィードバック長（ループ長）が1000mmある場合を示している。

[図9B]実施例3におけるQスイッチ式ファイバレーザにおける出力光パルスの時間に対する光パワーの関係を示したグラフであり、部分的フィードバック光路におけるフィードバック長が2000mmある場合を示している。

[図9C]実施例3におけるQスイッチ式ファイバレーザにおける出力光パルスの時間に対する光パワーの関係を示したグラフであり、部分的フィードバック光路におけるフィードバック長が3000mmある場合を示している。

[図10]実施例4におけるQスイッチ式ファイバレーザにおける出力光パルスの時間に対する光パワーの関係を示したグラフである。

[図11]従来のQスイッチ式ファイバレーザにおいて、共振器長を長くすることで、共振器内を伝搬する光パルスの周回時間を長くした場合の、出力光パルスの時間に対する光パワーの関係を示したグラフである。

発明を実施するための形態

[0032] 以下に、本発明の実施の形態について、図1～図5を参照して以下で説明する。

[0033] 図1には、本発明の第1の実施形態のQスイッチ式ファイバレーザを示す。このQスイッチ式ファイバレーザは、自然放出光または誘導放出光を共振

させるための共振器として、共振器用光ファイバ 8 に配置した高反射率構造 1 と低反射率構造 2 とから成るファブリーペロー型共振器を有する。高反射率構造 1 と低反射率構造 2 との間には、希土類添加光ファイバ 3 と、部分的フィードバック光路 5 と、Q スイッチ装置 4 とが設けられている。Q スイッチ装置 4 は、共振器内のエネルギーを十分に蓄えてから瞬間的に光パルスを放出させる。また、部分的フィードバック光路 5 は、分岐部 5 A 及び伝搬距離延長部 5 B を有する。分岐部 5 A としては、光ファイバカプラ 5 a が配置され、伝搬距離延長部 5 B としては光ファイバ 5 b が配置されている。光ファイバカプラ 5 a は、入射導波路と出射導波路とを有する。光ファイバカプラ 5 a の入射導波路には、共振器用光ファイバ 8 と、伝搬距離延長部 5 B の機能を有する光ファイバ 5 b の片端（第 1 端）が接続されている。光ファイバカプラ 5 a の出射導波路には、共振器用光ファイバ 8 と、伝搬距離延長部 5 B の機能を有する光ファイバ 5 b のもう一方の端（第 2 端）が接続されている。出射導波路と接続されている光ファイバ 5 b の端は、光ファイバカプラ 5 a の入射導波路に通じる構造を有する。

なお、実際の Q スイッチ式ファイバレーザにおいては、励起光源又は Q スイッチ装置に図示しないドライバ（駆動部）が設けられるが、そのドライバ自体の構成は、従来と同様であればよい。

光ファイバカプラ 5 a および光ファイバ 5 b が Q スイッチ式ファイバレーザに挿入される位置は、希土類添加光ファイバ 3 と Q スイッチ装置 4 との間、あるいは Q スイッチ装置 4 と低反射率構造 2 との間であれば、いずれでも良い。また、光ファイバカプラ 5 a および光ファイバ 5 b を、高反射率構造 1 と希土類添加光ファイバ 3 との間に挿入することもでき、その場合は分岐部における励起光の透過率が 100% に近いことが望ましい。

[0034] 次に、図 1 に示した第 1 の実施形態の Q スイッチ式ファイバレーザの動作および機能を説明する。Q スイッチ式ファイバレーザのファブリーペロー型共振器に入射した励起光は、共振器用光ファイバ 8 内を伝搬し、高反射率構造 1 を通り、Q スイッチ装置 4 により共振器の Q 値は低く設定された状態で

、希土類添加光ファイバ3に入射し、希土類添加光ファイバ3の希土類元素を励起する。希土類添加光ファイバの反転分布率が高くなった状態で、Qスイッチ装置4により共振器のQ値を高くすることにより、励起状態の希土類添加光ファイバ3で発生した自然放出光が、高反射率構造1または低反射率構造2により共振器内部へ反射される。その反射光が励起状態の希土類添加光ファイバ3へ入射することで誘導放出が発生し、光増幅され、部分的フィードバック光路5に入射する。部分的フィードバック光路5に入射した光パルスは、光ファイバカプラ5aにて、一定の光パワー比で光A（第1光）と光B（第2光）に分岐される。光Aは、共振器用光ファイバ8を介して、Qスイッチ装置4を通り、低反射率構造2で反射される。一方、光Bは部分的フィードバック光路5の光ファイバ5bに入射し、伝搬することにより光ファイバ5b一周分の伝搬距離が延長され、再び光ファイバカプラ5aに戻る。光ファイバカプラ5aに戻された光Bは、一定のパワー比で光C（第3光）と光D（第4光）に分岐され、光CはQスイッチ装置4に伝搬する。もう一方の光Dは、再度、光ファイバ5bに入射し、光ファイバ5b一周分の伝搬距離が延長され、再び光ファイバカプラ5aに戻る。この部分的フィードバック動作が繰り返され、フィードバック回数に応じて光の伝搬距離が延長される。そして、共振器内での周回時間に応じた周期で発生する複数の小信号光パルスが出力光パルスに重ね合わされた結果、共振器用光ファイバ8を介して、低反射率構造2からパルス形状にうねりのない光パルスが出力される。

[0035] なお、図1の実施形態において、光ファイバカプラ5aにおける、光ファイバ5bへ分岐する光のパワー比率（光ファイバカプラ5aに入射する光のパワーに対する分岐光のパワー比率）は、 $60\% \pm 20\%$ の範囲内であることが望ましい。前記パワー比率が $60\% \pm 20\%$ の範囲内であれば、Qスイッチ式ファイバレーザから出射される光パルスの形状が極めて滑らかになる。前記パワー比率が40%未満では、パルス形状のうねりが改善しない状態となり、80%を超えてもパルス形状のうねりが改善しない状態となる。

また、希土類添加光ファイバ3における反転分布率を高めることにより、光パルスの増幅が促進され、前記光パルスのパルスエネルギーが高まる。実施可能性から考えると、希土類元素の添加密度は $2.0 \times 10^{25} \sim 4.0 \times 10^{25} \text{ [1/m}^3\text{]}$ の範囲内とすることが望ましい。前記添加密度が低くなると、出力光パルスのパルスパワーが低下してしまう。

[0036] 図2には、本発明の第2の実施形態のQスイッチ式ファイバレーザを示す。なお、図2において、図1に示したQスイッチ式ファイバレーザと同一部材には同一符号を付して、その説明は省略または簡略化する。また、以下に説明する各図においても、同様に、図1に示したQスイッチ式ファイバレーザと同一部材には同一符号を付して、その説明は省略または簡略化する。

図2に示す第2の実施形態のQスイッチ式ファイバレーザにおいては、部分的フィードバック光路5の分岐部5Aとしてファイバブラッググレーティング5cが設けられている。また、第2の実施形態のQスイッチ式ファイバレーザは、ファイバブラッググレーティング5cで反射され、共振器内を伝搬して高反射率構造1で反射されて、再びファイバブラッググレーティング5cに入射するまでの光の伝搬経路が、伝搬距離延長部5Bとして機能させた構造を有する。なお、光ファイバブラッググレーティング5cがQスイッチ式ファイバレーザに挿入される位置は、Qスイッチ装置4と低反射率構造2との間でなければならない。

[0037] 次に、図2に示した第2の実施形態のQスイッチ式ファイバレーザにおける部分的フィードバック光路の動作および機能を説明する。部分的フィードバック光路5に入射した光は、ファイバブラッググレーティング5cの反射率に応じて、光E（第5光）と光F（第6光）に分岐され、光Eは、ファイバブラッググレーティング5cを透過し、低反射率構造2で反射される。光Fは、ファイバブラッググレーティング5cで反射され、共振器用光ファイバ8中を伝搬し、Qスイッチ装置4および希土類添加光ファイバ3を通して高反射率構造1で反射され、再び希土類添加光ファイバ3に入射する。そして、光Fは、希土類添加光ファイバ3で誘導放出光を発生させ、Qスイッチ

装置4を通り、ファイバブラッググレーティング5cに再び入射する。したがって、図2の実施形態の部分的フィードバック光路5における伝搬距離延長部5Bは、高反射率構造1の出射端面から、共振器用光ファイバ8を介して希土類添加光ファイバ3およびQスイッチ装置を通り、ファイバブラッググレーティング5cで反射される位置までの光の伝搬経路となる。また、延長される伝搬距離は、前記伝搬経路の往復距離となる。部分的フィードバック光路5における前述の動作により、フィードバック回数に応じて光の伝搬距離が延長される。そして、共振器内での周回時間に応じた周期で発生する複数の小信号光パルスが出力光パルスに重ね合わされた結果、共振器用光ファイバ8を介して、低反射率構造2からパルス形状にうねりのない光パルスが出力される。

[0038] なお、図2の実施形態において、ファイバブラッググレーティング5cの反射率（ファイバブラッググレーティング5cに入射する光のパワーに対する、ファイバブラッググレーティング5cで反射する光のパワーの比率）は、1%～10%の範囲内であることが望ましい。前記反射率が1%～10%の範囲内であれば、Qスイッチ式ファイバレーザから出射される光パルスの形状のうねりがなくなる。前記反射率が1%未満では、フィードバックの回数が少ないため、パルス形状のうねりが改善されない結果となる。一方、前記反射率が10%を超えれば、共振器出力パワーが低くなることによりパルスエネルギーの低下が生じることがある。

[0039] 図3には、本発明の第3の実施形態のQスイッチ式ファイバレーザを示す。

図3に示す第3の実施形態のQスイッチ式ファイバレーザは、Qスイッチ装置4として音響光学素子4aが配置された構成を有する。

[0040] 図3において、音響光学素子4aの材料に対応する高周波信号の振幅を変化させることによって、音響光学素子4aの回折効率が変化し、音響光学素子4aが含まれるモジュールの損失が変化する。音響光学素子4aに入射した光パルスのパワーは、前記モジュールの損失の制御状態に応じて変化し、

出射する。音響光学素子 4 a により共振器損失が高い状態になっているときに、希土類添加光ファイバ 3 が励起され、反転分布率が所定のレベルよりも高くなったときに、音響光学素子 4 a により共振器損失を低くすることで、パルスパワーが高い光パルスが出射される。

[0041] 次に、第 3 の実施形態の Q スイッチ式ファイバレーザの変形例について、図 4 を参照して説明する。

図 4 に示す Q スイッチ式ファイバレーザの変形例においては、図 3 に示す第 3 の実施形態の Q スイッチ式ファイバレーザにおける部分的フィードバック光路 5 の分岐部 5 A としてファイバブラッググレーティング 5 c が設けられ、ファイバブラッググレーティング 5 c で反射され、前記共振器内を伝搬し高反射率構造 1 で反射されて、再びファイバブラッググレーティングに入射するまでの光の伝搬経路が伝搬距離延長部 5 B として機能させている。なお、ファイバブラッググレーティング 5 c が Q スイッチ式ファイバレーザに挿入される位置は、図 4 に示すように音響光学素子 4 a と低反射率構造 2 との間でなければならない。

[0042] 図 5 は、本発明の第 4 の実施形態の Q スイッチ式ファイバレーザを示す。この Q スイッチ式ファイバレーザは、自然放出光または誘導放出光を共振させるための共振器として、共振器用光ファイバ 8 に配置した励起カプラ 1 a と出力カプラ 2 a から成るリング型共振器を有する。この Q スイッチ式ファイバレーザは、励起カプラ 1 a に近い側（位置）から、希土類添加光ファイバ 3 と、バンドパスフィルタ 6 と、Q スイッチ装置 4 と、分岐部 5 A としての光ファイバカプラ 5 a および伝搬距離延長部 5 B としての光ファイバ 5 b を有する部分的フィードバック光路 5 とが配置された構成を有する。

[0043] なお、この部分的フィードバック光路 5 が Q スイッチ式ファイバレーザに挿入される位置は、希土類添加光ファイバ 3 とバンドパスフィルタ 6 との間の位置、バンドパスフィルタ 6 と Q スイッチ装置 4 との間の位置、Q スイッチ装置 4 と出力カプラ 2 a との間の位置、出力カプラ 2 a と励起カプラ 1 a との間の位置のいずれかである。

この実施形態において、バンドパスフィルタ 6 と Q スイッチ装置 4 との配置を入れ替えても、本発明の効果が得られ、Q スイッチ装置 4 と出力カプラ 2 a の配置を入れ替えても、本発明の効果が得られる。

[0044] 次に、図 5 に示した第 4 の実施形態の Q スイッチ式ファイバレーザの動作および機能を説明する。このリング型共振器に入射した励起光は、励起カプラ 1 a を通り、希土類添加光ファイバ 3 に入射し、希土類元素を励起する。励起状態の希土類添加光ファイバ 3 で発生した光は、バンドパスフィルタ 6 および Q スイッチ装置 4 を通り、部分的フィードバック光路 5 に入射する。入射した光は、部分的フィードバック光路 5 の分岐部 5 A である光ファイバカプラ 5 a にて一定の光パワー比で光 A と光 B に分岐され、光 A は、出力カプラ 2 a に伝搬する。一方、光 B は、伝搬距離延長部 5 B である光ファイバ 5 b に入射し、一定の光路長を伝搬することにより、伝搬距離が延長され、再び光ファイバカプラ 5 a に戻る。光ファイバカプラ 5 a に戻された光 B は一定の光パワー比で光 C と光 D に分岐され、光 C は、出力カプラ 2 a に伝搬し、もう一方の光パルス D は再度、光ファイバ 5 b に入射し、一定の光路長を伝搬することにより、伝搬距離が延長され、再び光ファイバカプラ 5 a に戻る。また、出力カプラ 2 a に入射した光パルスは、一定の光パワー比で分岐され、一方の光パルス（第 1 光パルス）は、共振器から出射される出力光パルスとして出射し、もう一方の光パルス（第 2 光パルス）は再び励起カプラ 1 a を通り、希土類添加光ファイバ 3 に入射する。このとき、希土類添加光ファイバ 3 内で誘導放出光が発生し、誘導放出光がリング状の共振器用光ファイバ 8 内を励振する。共振器用光ファイバ 8 を伝搬する光が再び励起状態の希土類添加光ファイバ 3 へ入射することにより、光パルスが発生し、共振器内での周回時間に応じた周期で発生する複数の小信号光パルスが出力光パルスに重ね合わされた結果、パルス形状にうねりのない光パルスが出力される。

実施例

[0045] （実施例 1）

この実施例1で使用したQスイッチ式ファイバレーザの全体構成を図6に示す。このQスイッチ式ファイバレーザにおいては、第1の実施形態のQスイッチ式ファイバレーザの構成に基づき、高反射率構造1としての高反射ファイバブラッググレーティング1bと、低反射率構造2としての低反射ファイバブラッググレーティング2bと、希土類添加光ファイバ3としてのYb添加光ファイバ3aと、Qスイッチ装置4としての音響光学素子4aと、部分的フィードバック光路5の分岐部5Aとしての光ファイバカプラ5aと、部分的フィードバック光路5の伝搬距離延長部5Bとしての光ファイバ5bとが同一の共振器用光ファイバ8上に配置され、励起光用光源として半導体レーザ7が設けられている。なお、半導体レーザ7および音響光学素子4aは、図示しないドライバを装備している。

[0046] 図6に示すQスイッチ式ファイバレーザにおいては、半導体レーザ7から出射した励起光は、高反射ファイバブラッググレーティング1bを通り、音響光学素子4aでQ値が低く設定された状態で、Yb添加光ファイバ3aに入射し、Yb元素を励起する。これにより、Yb添加光ファイバ3aの反転分布が高くなり、この状態で音響光学素子4aにより共振器のQ値を高くすると、Yb添加光ファイバ3aで発生した自然放出光が、高反射ファイバブラッググレーティング1bと低反射ファイバブラッググレーティング2bにより、共振器内に反射される。前記反射光が励起状態のYb添加光ファイバ3aへ入射することで誘導放出光が発生し、前記誘導放出光が高反射ファイバブラッググレーティング1bと低反射ファイバブラッググレーティング2bにより、共振器内に反射される。前記反射光が再び励起状態のYb添加光ファイバ3aへ入射することで、光パルスが発生する。光パルスの発生途中で部分的フィードバック光路5に入射した光は、部分的フィードバック光路5の光ファイバカプラ5aにて一定の光パワー比で光Aと光Bに分岐され、光Aは、音響光学素子4aに伝搬する。一方、光Bは、部分的フィードバック光路5の光ファイバ5bに伝搬し、一定の光路長を伝搬することにより、伝搬距離が延長され、再び光ファイバカプラ5aに戻る。光ファイバカプラ

5 aに戻された光Bは一定の光パワー比で光Cと光Dに分岐され、光Cは音響光学素子4 aに伝搬する。もう一方の光Dは再度、光ファイバ5 bに伝搬され、一定の光路長を伝搬することにより、伝搬距離が延長され、再び光ファイバカプラ5 aに戻る。この部分的フィードバック動作が繰り返され、フィードバック回数に応じて光の伝搬距離が延長される。前述のQスイッチ式ファイバレーザの動作により、共振器内での周回時間に応じた周期で発生する複数の小信号光パルスが出力光パルスに重ね合わされた結果、低反射ファイバブラッググレーティング2 bから、パルス形状にうねりのない光パルスが出力される。

[0047] 図6に示すQスイッチ式ファイバレーザにおいて、表1に示す光学特性の光部品を配置して構成したときに得られた出力光パルスを図7に示す。

[0048] [表1]

光部品	光学特性			動作条件
励起LD	発振波長 976nm	3dB帯域幅 0.5nm	出力パワー 220mW	シングルモード発振
高反射 ファイバブラッグ グレーティング	反射率 100%	3dB帯域幅 7.4nm	中心波長 1036.5nm	
Yb ドープファイバ	コア吸収量 400dB/m (波長976nm)	ファイバ長 550mm	コア径 4.0 μ m	分岐光パワー比が 高いポートを部分的 フィードバック光路と 接続
部分的 フィードバック光路 (光ファイバカプラ、 光ファイバ)	分岐光 パワー比 3:7	ループ長 1000mm		
音響光学素子	透過損失 1.80dB (波長1032nm)	3dB帯域幅 70nm	中心波長 1036.4nm	透過光は100kHz、 デューティー比 30%の矩形形状
低反射 ファイバ ブラッグ グレーティング	反射率 4%	3dB帯域幅 6.1nm	中心波長 1038.1nm	共振器長 2000mm

[0049] 以上のように実施例1の部分的フィードバック光路が設けられたQスイッチ式ファイバレーザによれば、パルスパワーが高く、パルス幅が100ns～500nsであり、かつ小信号パルス又はうねりのない滑らかなパルス形

状を有する光パルスが生成されることが確認された。

[0050] (実施例 2)

実施例 1 と同様の構成を有する Q スイッチ式ファイバレーザを用いた。部分的フィードバック光路 5 の光ファイバカップラ 5 a において、伝搬距離延長部 5 B である光ファイバ 5 b に分岐される光パワーを、部分的フィードバック光路 5 に入射する光パルスの 30%、70%、90% と変化させたときの、出力光パルス波形を図 8 A ～ 図 8 C に示す。また、共振器用光ファイバ 8 に側圧を加えたときの出力光パルスのパルス幅の変動、および平均パワーの変動の測定結果を表 2 に示す。

[0051] [表 2]

部分的フィードバック光路への 入射光パルスに対する 伝搬距離延長部への 光パルスの光パワー分岐量	出力光パルスの パルス幅の変動	出力光パルスの 平均パワーの変動
30%	10%	10%
70%	1.0%	0.1%
90%	5.0%	5.0%

[0052] 以上の実施例 2 に示すように、Q スイッチ式ファイバレーザの部分的フィードバック光路における部分的フィードバック光路へ入射する光に対する伝搬距離延長部へ入射する光のパワー分岐量を 70% とすることにより、出力光パルスのパルス幅のうねり、および平均パワーの側圧に対する変動を著しく小さくし得ることが確認された。

[0053] (実施例 3)

実施例 1 と同様の構成を有する Q スイッチ式ファイバレーザを用いた。部分的フィードバック光路 5 の光ファイバカップラ 5 a において、伝搬距離延長部 5 B である光ファイバ 5 b に分岐される光パワーを、部分的フィードバック光路 5 に入射する光パルスの 70% に固定し、光ファイバ 5 b の長さ（フィードバック長）を 1000 mm、2000 mm、3000 mm と変化させ

たときの、出力光パルス波形を図 9 A～図 9 C に示す。Q スイッチ式ファイバレーザの部分的フィードバック光路の光ファイバ 5 b の長さを 1 0 0 0 m m、2 0 0 0 m m、3 0 0 0 m m と変化させたときのいずれの出力光パルス波形においても、中心のパワーのピークが崩れることなく、大きなうねりも発生していない。

さらに、共振器用光ファイバ 8 に側圧を加えたときの出力光パルスのパルス幅の変動、および平均パワーの変動の測定結果を表 3 に示す。出力光パルスの平均パワーの変動は、Q スイッチ式ファイバレーザの共振器長 2 0 0 0 m m に対して、部分的フィードバック光路の光ファイバ 5 b の長さを 1 0 0 0 m m としたときに著しく低くなっている。

[0054] [表3]

部分的フィードバック光路 におけるフィードバック長	出力光パルスの パルス幅の変動	出力光パルスの 平均パワーの変動
1000mm	1.0%	0.1%
2000mm	10%	0.5%
3000mm	10%	0.5%

[0055] 以上の実施例 3 に示すように、Q スイッチ式ファイバレーザの部分的フィードバック光路において、伝搬距離延長部 5 B である光ファイバ 5 b に分岐される光パワーが部分的フィードバック光路 5 に入射する光パルスの 7 0 % である場合には、フィードバック長によらず、うねりのない出力光パルスが得られた。特に、共振器長 2 0 0 0 m m に対して部分的フィードバック光路のフィードバック長を 1 0 0 0 m m とすることにより、出力光パルス形状を極めて滑らかにし、出力光パルスの平均パワーの側圧に対する変動を著しく小さくし得ることが確認された。なお、共振器長 2 0 0 0 m m に対して部分的フィードバック光路のフィードバック長は 5 0 0 m m ～ 1 5 0 0 m m の範囲内が好適であることが確認されているが、共振器長が異なる場合には、フィードバック長はその共振器長に応じて適切に選択する必要がある。

[0056] (実施例4)

実施例4で使用したQスイッチ式ファイバレーザの構成は、第2の実施形態のQスイッチ式ファイバレーザの構成に基づいている。具体的に、部分的フィードバック光路の分岐部として反射率4%のファイバブラッググレーティングが設けられ、ファイバブラッググレーティング5cで反射され、共振器内を伝搬して高反射率構造1で反射されて、再びファイバブラッググレーティング5cに入射するまでの光の伝搬経路を伝搬距離延長部5Bとして機能させている。このQスイッチ式ファイバレーザから得られた出力光パルス波形を図10に示す。

[0057] 図10に示すように、実施例4の場合も出力光パルス形状のうねりがなくなることが確認された。

符号の説明

- [0058] 1 高反射率構造
1 a 励起カプラ
1 b 高反射ファイバブラッググレーティング
2 低反射率構造
2 a 出力カプラ
2 b 低反射ファイバブラッググレーティング
3 希土類添加光ファイバ
3 a Y b 添加光ファイバ
4 Qスイッチ装置
4 a 音響光学素子
5 部分的フィードバック光路
5 A 分岐部
5 B 伝搬距離延長部
5 a 光ファイバカプラ
5 b 光ファイバ
5 c ファイバブラッググレーティング

- 6 バンドパスフィルタ
- 7 半導体レーザ
- 8 共振器用光ファイバ

請求の範囲

[請求項1]

Qスイッチ式ファイバレーザであって、
共振器用光ファイバと、
光パルス増幅用の希土類添加光ファイバと、
Qスイッチ装置と、
自然放出光または誘導放出光を共振させるための共振器と、
分岐部及び伝搬距離延長部を有し、前記共振器内に設けられた部分的フィードバック光路と、
を備え、
前記分岐部は、前記部分的フィードバック光路内に入射した光を、
一定の光パワー比で、前記共振器用光ファイバに出射する光と、前記
伝搬距離延長部に出射する光とに分離するように構成され、
前記伝搬距離延長部は、前記部分的フィードバック光路に入射した
光を一定の光路長内で伝搬させることにより前記光の伝搬距離を延長
して、再び前記分岐部に入射させるように構成されている
ことを特徴とするQスイッチ式ファイバレーザ。

[請求項2]

請求項1に記載のQスイッチ式ファイバレーザにおいて、
前記部分的フィードバック光路の分岐部として、入射導波路及び出
射導波路を有する光ファイバカプラが設けられ、
伝搬距離延長部として光ファイバが設けられ、
前記光ファイバの両端が前記入射導波路及び前記出射導波路に接続
されている
ことを特徴とするQスイッチ式ファイバレーザ。

[請求項3]

請求項2に記載のQスイッチ式ファイバレーザにおいて、
前記光ファイバカプラから前記光ファイバに分岐される光のパワー
比率は、 $60\% \pm 20\%$ の範囲内である
ことを特徴とするQスイッチ式ファイバレーザ。

[請求項4]

請求項1に記載のQスイッチ式ファイバレーザにおいて、

前記部分的フィードバック光路の分岐部として、ファイバブラッググレーティングが設けられ、

ファイバブラッググレーティングで反射され、前記共振器内を伝搬し、再びファイバブラッググレーティングに入射するまでの光の伝搬経路が伝搬距離延長部として機能している

ことを特徴とする光Qスイッチ式ファイバレーザ。

[請求項5]

請求項4に記載のQスイッチ式ファイバレーザにおいて、

前記ファイバブラッググレーティングの反射率は、1%～10%の範囲内である

ことを特徴とするQスイッチ式ファイバレーザ。

[請求項6]

請求項1～請求項5のうちのいずれかの請求項に記載のQスイッチ式ファイバレーザにおいて、

前記Qスイッチ装置として、音響光学素子を設けたことを特徴とするQスイッチ式ファイバレーザ。

[請求項7]

請求項1～請求項6のうちのいずれかの請求項に記載のQスイッチ式ファイバレーザにおいて、

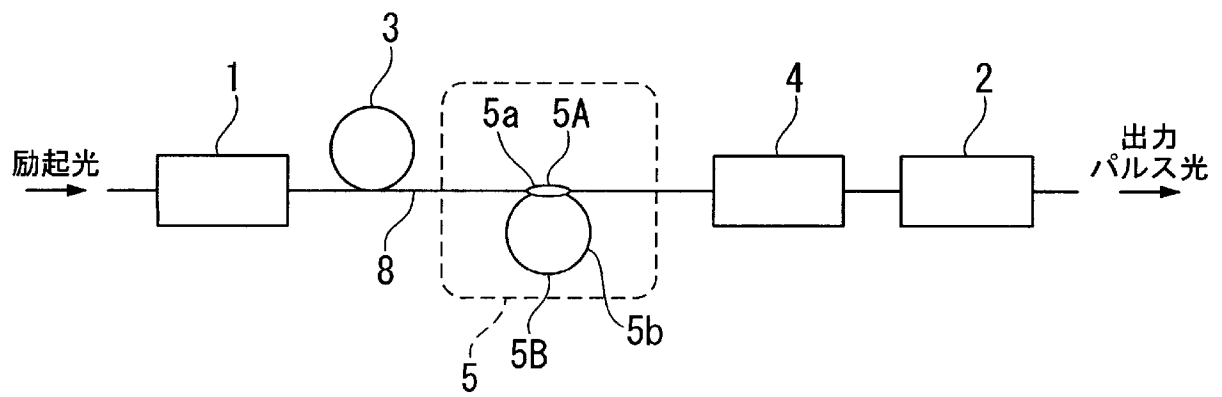
前記共振器として、ファブリーペロー型共振器を設けたことを特徴とするQスイッチ式ファイバレーザ。

[請求項8]

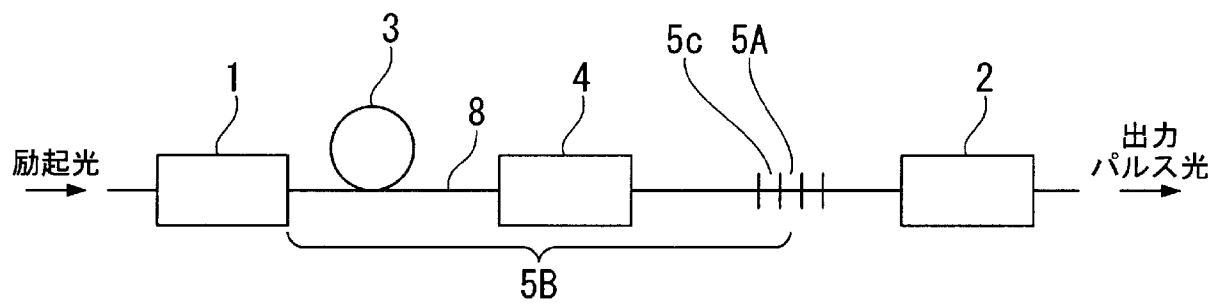
請求項1～請求項3のうちのいずれかの請求項に記載のQスイッチ式ファイバレーザにおいて、

前記共振器として、リング型共振器を設けたことを特徴とするQスイッチ式ファイバレーザ。

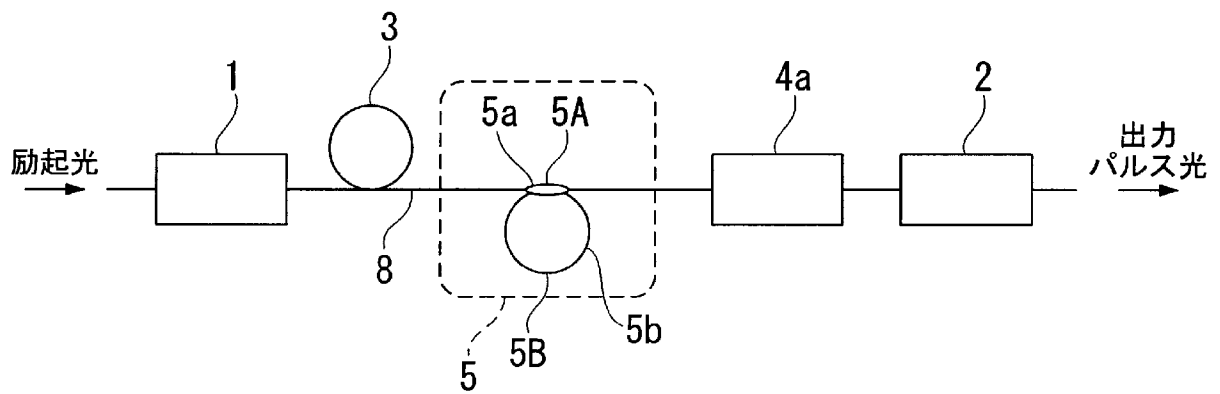
[図1]



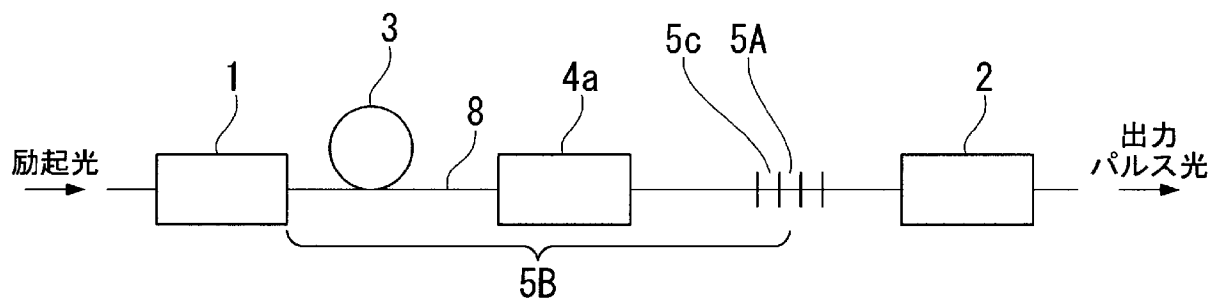
[図2]



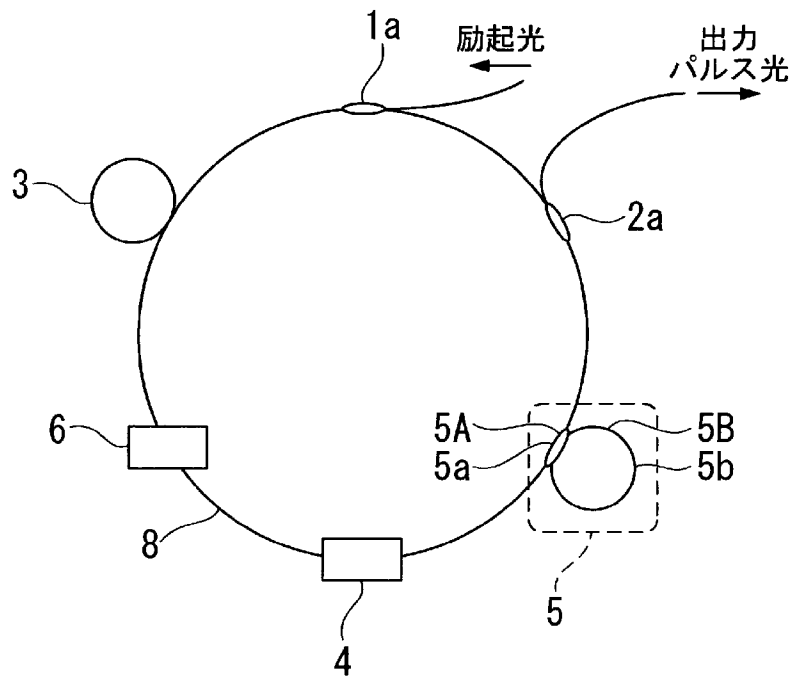
[図3]



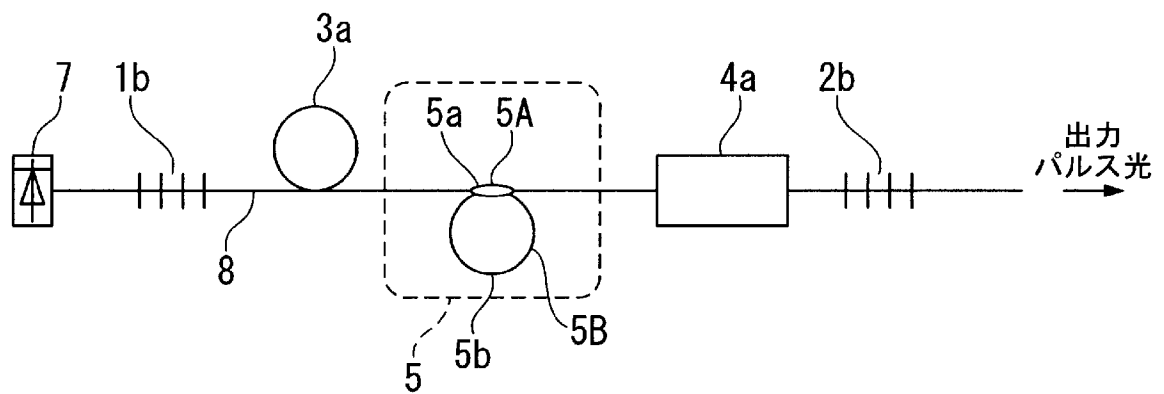
[図4]



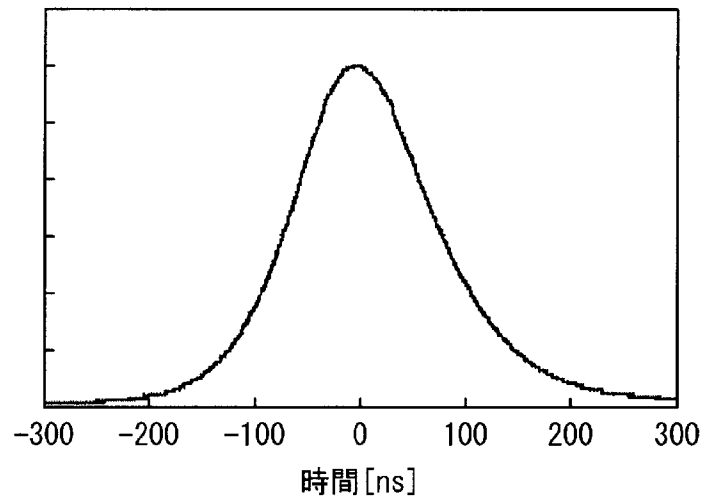
[図5]



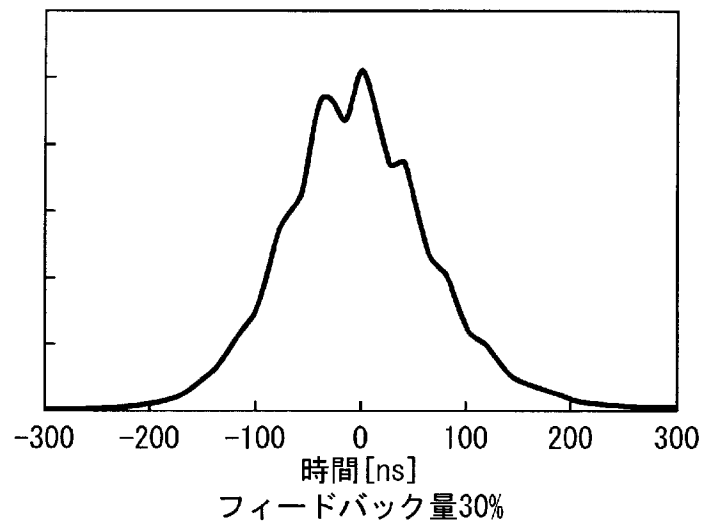
[図6]



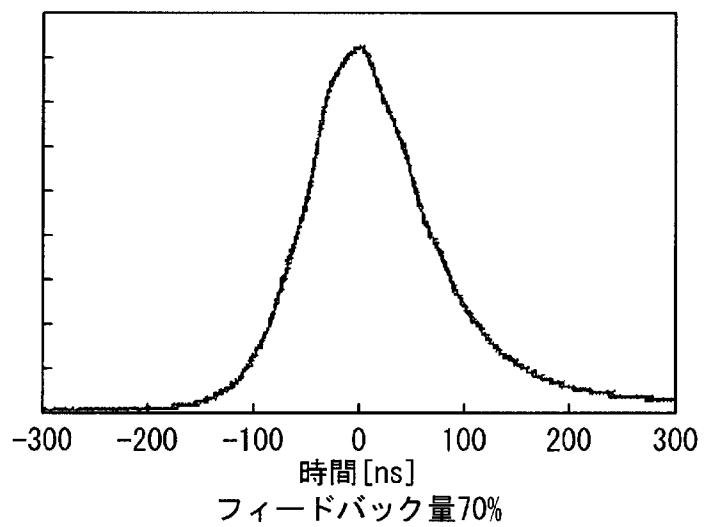
[図7]



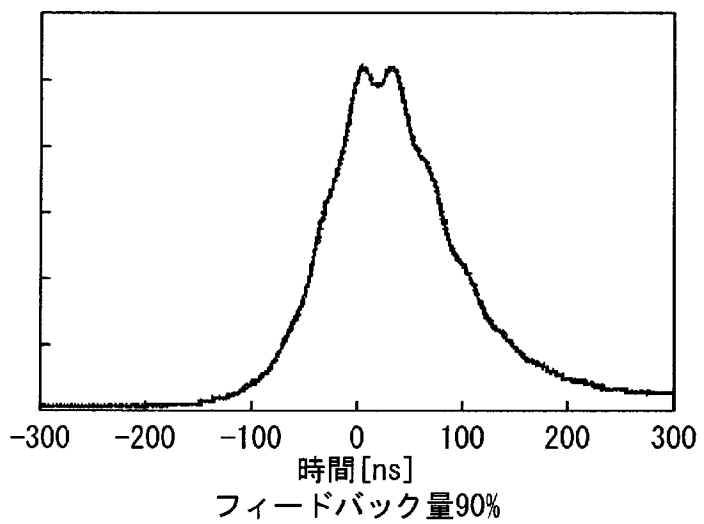
[図8A]



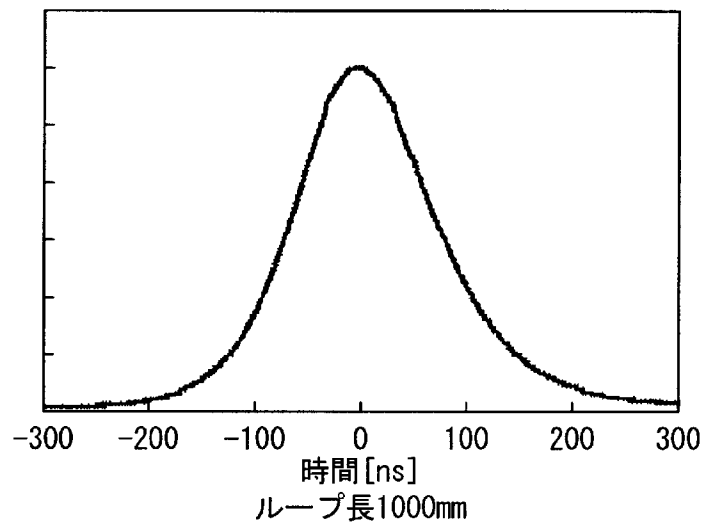
[図8B]



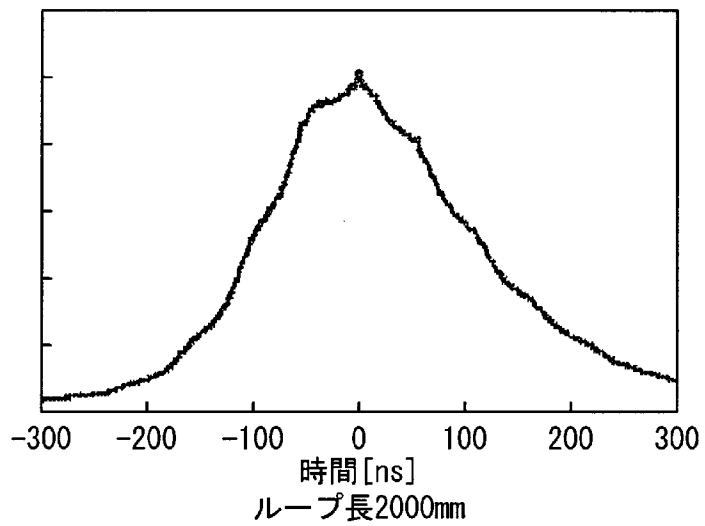
[図8C]



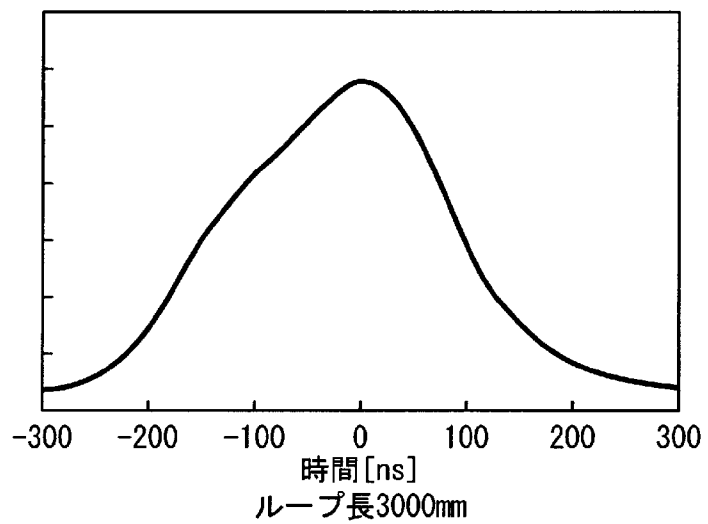
[図9A]



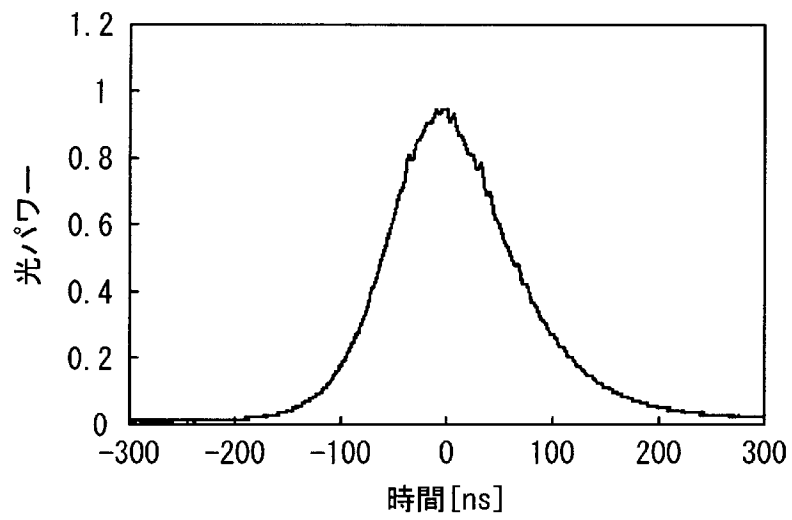
[図9B]



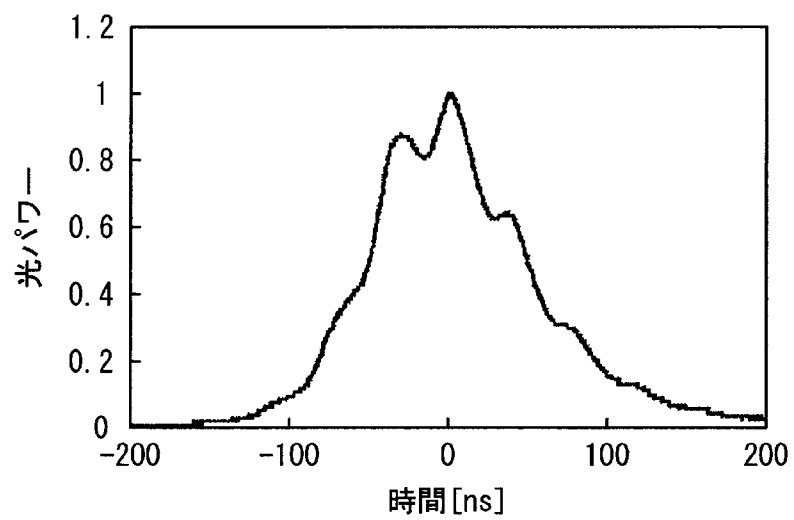
[図9C]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/051210

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S3/06(2006.01)i, H01S3/082(2006.01)i, H01S3/117(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)

H01S3/00-5/50

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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

WPI, JSTPlus (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2004-356485 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 16 December 2004 (16.12.2004), paragraphs [0014] to [0024]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1, 6-8 2-5
Y	JP 6-291395 A (Ando Electric Co., Ltd.), 18 October 1994 (18.10.1994), paragraphs [0012] to [0019]; fig. 1 (Family: none)	2, 3
Y	JP 4-287384 A (General Instrument Corp.), 12 October 1992 (12.10.1992), paragraph [0024]; fig. 7 & US 5134620 A & US 5151908 A & EP 486930 A2	4, 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
02 February, 2012 (02.02.12)

Date of mailing of the international search report
14 February, 2012 (14.02.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/051210

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2-260479 A (Toshiba Corp.), 23 October 1990 (23.10.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2005-500705 A (Gendron, Denis J.), 06 January 2005 (06.01.2005), entire text; all drawings & US 2004/0190563 A1 & US 2005/0213617 A1 & US 2007/0189342 A1 & WO 2003/019739 A2 & CA 2456445 A	1-8
A	JP 2008-235340 A (Fujikura Ltd.), 02 October 2008 (02.10.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01S3/06(2006.01)i, H01S3/082(2006.01)i, H01S3/117(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（I P C））

Int.Cl. H01S3/00 - 5/50

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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）

WPI, JSTPlus(JDreamII)

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 2004-356485 A (石川島播磨重工業株式会社) 2004. 12. 16, 【0014】 - 【0024】, 図 1-6 (ファミリーなし)	1, 6-8
Y		2-5
Y	JP 6-291395 A (安藤電気株式会社) 1994. 10. 18, 【0012】 - 【0019】, 図 1 (ファミリーなし)	2, 3

☒ 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
「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
「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）
「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

「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 2 . 0 2 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 4 . 0 2 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

傍島 正朗

2 K

3 7 1 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

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	JP 4-287384 A (ジェネラル インストラメント コーポレーション) 1992. 10. 12, 【0024】, 図 7 & US 5134620 A & US 5151908 A & EP 486930 A2	4, 5
A	JP 2-260479 A (株式会社東芝) 1990. 10. 23, 全文全図 (ファミリー なし)	1-8
A	JP 2005-500705 A (ジェンドロン、デニス、ジェイ.) 2005. 01. 06, 全文全図 & US 2004/0190563 A1 & US 2005/0213617 A1 & US 2007/0189342 A1 & WO 2003/019739 A2 & CA 2456445 A	1-8
A	JP 2008-235340 A (株式会社フジクラ) 2008. 10. 02, 全文全図 (フ ァミリーなし)	1-8