

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3895160号

(P3895160)

(45) 発行日 平成19年3月22日(2007.3.22)

(24) 登録日 平成18年12月22日(2006.12.22)

(51) Int. Cl.

G02F 1/365 (2006.01)

F I

G02F 1/365

請求項の数 10 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2001-355481 (P2001-355481)	(73) 特許権者	503360115
(22) 出願日	平成13年11月21日(2001.11.21)		独立行政法人科学技術振興機構
(65) 公開番号	特開2003-156771 (P2003-156771A)		埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(43) 公開日	平成15年5月30日(2003.5.30)	(74) 代理人	100089635
審査請求日	平成15年7月24日(2003.7.24)		弁理士 清水 守
特許法第30条第1項適用	2001年9月11日 (社) 応用物理学会発行の「2001年(平成13年)秋季第62回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 第3分冊」に発表	(72) 発明者	後藤 俊夫
特許法第30条第1項適用	2001年10月26日 (社) 電気学会発行の「電気学会研究会資料 光・量子デバイス研究会 OQD-01-41」に発表	(72) 発明者	西澤 典彦
			愛知県名古屋市熱田区大宝2-4-43 白鳥住宅5-34
		審査官	三橋 健二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パルス光制御方法及びその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光ファイバ内に、波長が光ファイバの異常分散領域にある制御パルス光と、波長が光ファイバの正常分散領域にある被制御パルス光を、時間差を調整して前記制御パルス光を被制御パルス光より先行させて入射し、前記被制御パルス光を制御パルス光に前記光ファイバ内で衝突させ、前記制御パルス光が誘起する非線形屈折率変化によって、前記被制御パルス光を前記制御パルス光によって捕捉し、前記光ファイバ内を前記制御パルス光によって前記被制御パルス光を前記制御パルス光の後端に捕捉した状態で伝搬させ、前記被制御パルス光の波長は前記制御パルス光と同じ群速度となる波長にシフトすることを特徴とするパルス光制御方法。

【請求項2】

請求項1記載のパルス光制御方法において、前記制御パルス光がフェムト秒オーダーの超短パルス光であることを特徴とするパルス光制御方法。

【請求項3】

請求項1記載のパルス光制御方法において、前記制御パルス光がソリトンパルスであることを特徴とするパルス光制御方法。

【請求項4】

請求項1記載のパルス光制御方法において、前記制御パルス光によって前記被制御パルス光の時間波形を制御することを特徴とするパルス光制御方法。

【請求項5】

10

20

請求項 1 記載のパルス光制御方法において、前記制御パルス光によって前記被制御パルス光の出力時間を制御することを特徴とするパルス光制御方法。

【請求項 6】

(a) 光ファイバと、
(b) 該光ファイバに波長が光ファイバの異常分散領域にある制御パルス光を入射する手段と、
(c) 前記光ファイバに波長が光ファイバの正常分散領域にある被制御パルス光を入射する手段とを備え、
(d) 前記制御パルス光を被制御パルス光より先行させて入射し、前記制御パルス光と被制御パルス光を前記光ファイバ中で衝突させることにより、前記被制御パルス光を前記制御パルス光によって捕捉し、前記光ファイバ内を前記制御パルス光によって前記被制御パルス光を前記制御パルス光の後端に捕捉した状態で伝搬させ、前記被制御パルス光の波長は前記制御パルス光と同じ群速度となる波長にシフトすることを特徴とするパルス光制御装置。

10

【請求項 7】

請求項 6 記載のパルス光制御装置において、前記制御パルス光と被制御パルス光との時間差を生成する光遅延装置を具備することを特徴とするパルス光制御装置。

【請求項 8】

請求項 6 記載のパルス光制御装置において、前記制御パルス光がフェムト秒オーダーの超短パルス光を出力する超短パルス光源を具備することを特徴とするパルス光制御装置。

20

【請求項 9】

請求項 8 記載のパルス光制御装置において、前記制御パルス光を生成する偏波保持ファイバを具備することを特徴とするパルス光制御装置。

【請求項 10】

請求項 8 又は 9 記載のパルス光制御装置において、前記被制御パルス光を生成する偏波保持分散シフトファイバを具備することを特徴とするパルス光制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、パルス光制御方法及びその装置に係り、特に、光ファイバにおける非線形効果を用いて、制御パルス光と被制御パルス光を衝突させることにより被制御パルス光を制御パルス光によって捕捉し、被制御パルス光を制御するパルス光制御方法及びその装置に関するものである。

30

【0002】

【従来の技術】

従来、パルスの波長や時間波形を変更するには、非線形光学結晶を用いた装置等による、大掛かりな物がほとんどであった。

【0003】

又、光通信の分野では、四光波混合などの非線形光学効果を用いた波長の変換手法が研究されているが、変換効率は小さいものであった。

40

【0004】

一方、発明者らは、光ファイバ中において、超短パルス光によってパルス光が捕捉される現象を初めて見出した。この現象を用いると、被制御パルス光の波長や時間波形、および出力時間を制御することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記したようなパルス光制御方法はいままでに提案されていない。

【0006】

本発明は、上記状況に鑑みて、光ファイバ中において、超短パルス光によってパルス光を捕捉し、被制御パルス光の波長や時間波形、および出力時間を制御することができるパ

50

ルス光制御方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕パルス光制御方法において、光ファイバ内に、波長が光ファイバの異常分散領域にある制御パルス光と、波長が光ファイバの正常分散領域にある被制御パルス光を、時間差を調整して前記制御パルス光を被制御パルス光より先行させて入射し、前記被制御パルス光を制御パルス光に前記光ファイバ内で衝突させ、前記制御パルス光が誘起する非線形屈折率変化によって、前記被制御パルス光を前記制御パルス光によって捕捉し、前記光ファイバ内を前記制御パルス光によって前記被制御パルス光を前記制御パルス光の後端に捕捉した状態で伝搬させ、前記被制御パルス光の波長は前記制御パルス光と同じ群速度となる波長にシフトすることを特徴とする。

10

【0008】

〔2〕上記〔1〕記載のパルス光制御方法において、前記制御パルス光がフェムト秒オーダーの超短パルス光であることを特徴とする。

【0009】

〔3〕上記〔1〕記載のパルス光制御方法において、前記制御パルス光がソリトンパルスであることを特徴とする。

【0010】

〔4〕上記〔1〕記載のパルス光制御方法において、前記制御パルス光によって前記被制御パルス光の時間波形を制御することを特徴とする。

20

【0011】

〔5〕上記〔1〕記載のパルス光制御方法において、前記制御パルス光によって前記被制御パルス光の出力時間を制御することを特徴とする。

【0012】

〔6〕パルス光制御装置において、光ファイバと、この光ファイバに波長が光ファイバの異常分散領域にある制御パルス光を入射する手段と、前記光ファイバに波長が光ファイバの正常分散領域にある被制御パルス光を入射する手段とを備え、前記制御パルス光を被制御パルス光より先行させて入射し、前記制御パルス光と被制御パルス光を前記光ファイバ中で衝突させることにより、前記被制御パルス光を前記制御パルス光によって捕捉し、前記光ファイバ内を前記制御パルス光によって前記被制御パルス光を前記制御パルス光の後端に捕捉した状態で伝搬させ、前記被制御パルス光の波長は前記制御パルス光と同じ群速度となる波長にシフトすることを特徴とする。

30

【0013】

〔7〕上記〔6〕記載のパルス光制御装置において、前記制御パルス光と被制御パルス光との時間差を生成する光遅延装置を具備することを特徴とする。

【0014】

〔8〕上記〔6〕記載のパルス光制御装置において、前記制御パルス光がフェムト秒オーダーの超短パルス光を出力する超短パルス光源を具備することを特徴とする。

【0015】

〔9〕上記〔8〕記載のパルス光制御装置において、前記制御パルス光を生成する偏波保持ファイバを具備することを特徴とする。

40

【0016】

〔10〕上記〔8〕又は〔9〕記載のパルス光制御装置において、前記被制御パルス光を生成する偏波保持分散シフトファイバを具備することを特徴とする。

【0017】

具体的には、制御パルス光と被制御パルス光を、時間差を調整して光ファイバに入力する。この時、被制御パルス光には制御パルス光より、群速度の近い波長のものを用意する。そして、制御パルス光の方が被制御パルス光よりも先に入射され、ファイバ中で制御パルス光が、被制御パルス光に追いつき、ぶつかり合うようにする。この時、制御パルス光

50

の誘起する非線形屈折率変化によって、被制御パルス光は捕捉され、制御パルス光とともに重なり合って伝搬する。また、捕捉されることにより被制御パルス光の時間波形も変更される。さらに、被制御パルス光の波長は制御パルス光と同じ群速度となる波長にシフトされる。制御パルス光の波長シフトの大きさは、制御パルス光の光強度やファイバ長によって制御する。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0019】

図1は本発明の第1実施例を示すソリトンパルスを用いたパルス光制御装置の模式図である。 10

【0020】

この図において、1は被制御パルス光、2はソリトンパルス光からなる制御パルス光、3は光遅延装置、4は光合波器、5はレンズ、6は光ファイバ、7はその光ファイバ6内の被制御パルス光1及び制御パルス光2である。

【0021】

このように、制御パルス光2と被制御パルス光1を光遅延装置3によって時間差を調整して光ファイバ6に入力すると、光ファイバ6において、制御パルス光2による被制御パルス光1の捕捉現象が現れ、被制御パルス光1を制御することができる。

【0022】

図2は本発明による被制御パルス光のパルス捕捉の現象の概念図である。 20

【0023】

まず、図2(a)に示すように、制御パルス光2と被制御パルス光1を、時間差を調整して光ファイバ6に入力する。この時、被制御パルス光1には制御パルス光2より、群速度の近い波長のものを用意する。そして、制御パルス光2の方が被制御パルス光1よりも先に入射される。

【0024】

制御パルス光の波長はラマンシフトにより長波長側にシフトし、群速度が遅くなる。そして、図2(b)に示すように、光ファイバ6中で制御パルス光2に、被制御パルス光1が追いつき、ぶつかり合う。 30

【0025】

この時、図2(c)に示すように、制御パルス2が誘起する非線形屈折率変化によって、被制御パルス光1は捕捉され、制御パルス光2の後端部に位置するとともに重なり合って伝搬する。また、被制御パルス光1が捕捉されることにより時間波形も圧縮される。さらに、被制御パルス光1の波長は制御パルス光2と同じ群速度となる波長にシフトされる。制御パルス光2の波長シフトの大きさは、制御パルス光2の光強度によって制御する。

【0026】

図3は本発明の第2実施例を示すソリトンパルスを用いたパルス光制御装置の模式図である。

【0027】

この図において、11は光源としての超短パルスファイバレーザー、12は光スプリッター、13, 15, 18, 20, 25, 27, 28はレンズ、14は偏波保持分散シフトファイバ(高非線形ファイバ)、16, 21は波長フィルタ、17は偏波保持分散シフトファイバ(高非線形ファイバ)14によって生成される被制御パルス光としてのアンチストークスパルス、19は細径偏波保持ファイバ、22は細径偏波保持ファイバ19によって生成される制御パルス光としてのソリトンパルス、23は光遅延装置、24は光合波器、26は被制御パルス光17と制御パルス光22が入射される高非線形光ファイバ、29は出力伝送用ファイバ、30は光スペクトルアナライザ、31, 33はPIN、32はデジタルオシロスコープである。

【0028】

光源には超短パルスファイバレーザー 11 を用い、細径偏波保持ファイバ 19 においてソリトンパルス 22 を生成し、制御パルス光として用いる。

【0029】

また、偏波保持分散シフトファイバ（高非線形ファイバ）14 においてアンチストークスパルス 17 を生成し、被制御パルス光として用いる。

【0030】

図 4 は本発明の実施例を示す光ファイバから出力されるパルス光の時間波形の測定結果を示す図であり、縦軸は信号強度、横軸は時間を示している。

【0031】

まず、図 4 (a) は、制御パルス光（ソリトンパルス）22 が被制御パルス光（アンチストークスパルス）17 よりも少し遅れて高非線形光ファイバ 26 に入射されたときの測定結果である。このときは、パルス間の衝突は起きず、二つのパルスは別々に出力される。

10

【0032】

図 4 (b) は、制御パルス光 22 を被制御パルス光 17 よりも少し早く入射したときの時間波形の測定結果を表している。このときは、制御パルス光 22 によって被制御パルス光 17 が捕捉され、二つのパルス光は、ほぼ同時に重なって出力される。このとき、被制御パルス光 17 の時間幅は、図 4 (a) と比較して少し圧縮されている。

【0033】

図 5 は本発明の実施例を示す制御パルス光の光スペクトルの測定結果を示す図であり、左縦軸はスペクトル強度、右縦軸は伝搬時間、横軸は波長 (nm) を示している。

20

【0034】

まず、図 5 (a) は、高非線形光ファイバ 26 の入力における制御パルス光 22 のスペクトルを表している。波長フィルタ 21 を用いて励起光のスペクトル成分を除去し、ソリトンパルス光のみを抽出し、制御パルス光として用いる。

【0035】

図 5 (b) は、高非線形光ファイバ 26 の出力における制御パルス光 22 のスペクトルを表している。高非線形光ファイバ 26 におけるソリトン自己周波数シフトによって、波長が長波長側にシフトしている。制御パルス光の波長シフトの大きさは、制御パルス光の光強度によって制御することができる。

30

【0036】

図 6 は本発明の実施例を示す被制御パルス光の光スペクトルの測定結果を示す図であり、左縦軸はスペクトル強度、右縦軸は伝搬時間、横軸は波長 (nm) を示している。

【0037】

まず、図 6 (a) は、波長 1650 nm の制御パルス光を用いて被制御パルス光を捕捉したときの被制御パルス光のスペクトルを表している。このときは、制御パルス光と群速度の等しい波長に捕捉された成分のスペクトルが現れている。

【0038】

図 6 (b) は、制御パルス光の強度を増加させ、制御パルス光の波長を出力において 1725 nm までシフトさせた時の被制御パルス光のスペクトルを表している。制御パルス光は、ほぼ 100% 近く捕捉され、制御パルス光と群速度の等しい 1355 nm の辺りに波長がシフトしたスペクトルが現れている。

40

【0039】

図 7 は本発明の実施例を示す制御パルス光の強度を変化させたときの制御パルス光と被制御パルス光の波長の変化を示す図であり、図 7 (a) の縦軸は出力における制御パルス光の波長 (nm)、横軸は制御パルス光の入射光強度 (mW)、図 7 (b) の縦軸は出力における被制御パルス光の波長 (nm)、横軸は制御パルス光の入射光強度 (mW) を示している。

【0040】

制御パルス光の強度を増加させることによって、制御パルス光の波長が連続に長波長側

50

にシフトする。このとき、被制御パルス光の波長も連続に短波長側にシフトしていく。被制御パルス光の波長は、群速度が制御パルス光のものと等しい波長にシフトされる。

【0041】

図8は本発明の他の実施例を示す、光通信システムにおいて、パルス捕捉の現象を用いて伝送される信号光の一部を制御光源によって抽出する光分離システムの構成図である。

【0042】

この図において、41は信号光(被制御パルス光)、42は制御光源、43は制御パルス光、44は光合波器、45は光ファイバ、46は光ファイバ45に入射される被制御パルス光及び制御パルス光、47は波長フィルタ、48は出力パルス光である。

【0043】

このように、信号光(被制御パルス光)41と、制御パルス光43を光合波器44を介して、光ファイバ45に入射する。

【0044】

その光ファイバ45において、パルス捕捉が起こり、捕捉されたパルス光は波長がシフトする。また、光ファイバ45の出力に波長フィルタ47を設置し、元の信号光41の波長成分と制御パルス光43の波長成分を除去することによって、パルス捕捉した信号光のみを出力パルス光48として抽出することができる。

【0045】

図9は本発明の更なる他の実施例を示す、パルス捕捉の現象を用いて、パルス光の特性を調整することができる短パルス光源の構成図である。

【0046】

この図において、51は短パルス光源、52は短パルス光(被制御パルス光)、53は制御光源、54は制御パルス光、55は光合波器、56は光ファイバ、57は光ファイバ56に入射される被制御パルス光及び制御パルス光、58はパルス捕捉された被制御パルス光及び制御パルス光、59は波長フィルタ、60は出力パルス光である。

【0047】

このように、信号光としての短パルス光(被制御パルス光)52と、制御パルス光54を光合波器55を介して光ファイバ56に入射する。この光ファイバ56において、パルス捕捉が起こり、信号光(短パルス光)52は制御パルス光54によって捕捉される。このとき、制御パルス光54によって信号光52の時間幅の狭搾化や波長の変換を行うことができる。また、信号光52の出力する時間も調整することができる。

【0048】

また、光ファイバ56の出力に波長フィルタ59を設置し、制御パルス光54を除去することによって、信号光52のみを抽出することができる。

【0049】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0050】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

【0051】

(A) 制御パルス光によって、被制御パルス光を制御することができる。

【0052】

(B) 光ファイバの正常分散領域にあるパルス光の波長を連続に変化させることができる。

【0053】

(C) 光ファイバの正常分散領域にあるパルス光の時間波形と出力時間を制御することができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【図 1】 本発明の第 1 実施例を示すソリトンパルスを用いたパルス光制御装置の模式図である。

【図 2】 本発明による被制御パルス光のパルス捕捉の現象の概念図である。

【図 3】 本発明の第 2 実施例を示すソリトンパルスを用いたパルス光制御装置の模式図である。

【図 4】 本発明の実施例を示す光ファイバから出力されるパルス光の時間波形の測定結果を表す図である。

【図 5】 本発明の実施例を示す制御パルス光の光スペクトルの測定結果を示す図である。

【図 6】 本発明の実施例を示す被制御パルス光の光スペクトルの測定結果を示す図である。 10

【図 7】 本発明の実施例を示す制御パルス光の強度を変化させたときの制御パルス光と被制御パルス光の波長の変化を示す図である。

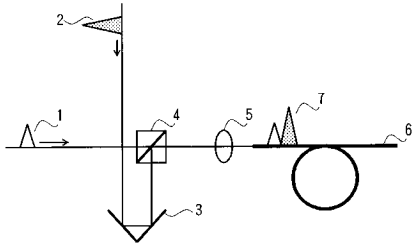
【図 8】 本発明の他の実施例を示す光通信システムにおいて、パルス捕捉の現象を用いて伝送される信号光の一部を制御光源によって抽出する光分離システムの構成図である。

【図 9】 本発明の更なる他の実施例を示す、パルス捕捉の現象を用いて、パルス光の特性を調整することができる短パルス光源の構成図である。

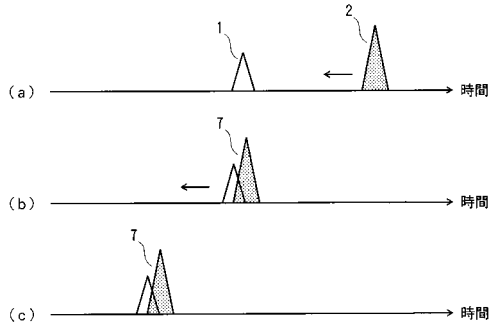
【符号の説明】

- | | | |
|-------------------------------|----------------------------|----|
| 1 | 被制御パルス光 | |
| 2 | ソリトンパルス光からなる制御パルス光 | 20 |
| 3, 23 | 光遅延装置 | |
| 4, 24, 44, 55 | 光合波器 | |
| 5, 13, 15, 18, 20, 25, 27, 28 | レンズ | |
| 6, 45, 56 | 光ファイバ | |
| 7 | 光ファイバ内の被制御パルス光及び制御パルス光 | |
| 11 | 超短パルスファイバレーザー（光源） | |
| 12 | 光スプリッター | |
| 14 | 偏波保持分散シフトファイバ（高非線形ファイバ） | |
| 16, 21, 47, 59 | 波長フィルタ | |
| 17 | アンチストークスパルス（被制御パルス光） | 30 |
| 19 | 細径偏波保持ファイバ | |
| 22 | 制御パルスとしてのソリトンパルス（制御パルス光） | |
| 26 | 高非線形光ファイバ | |
| 29 | 出力伝送用ファイバ | |
| 30 | 光スペクトルアナライザ | |
| 31, 33 | P I N | |
| 32 | デジタルオシロスコープ | |
| 41 | 信号光（被制御パルス光） | |
| 42, 53 | 制御光源 | |
| 43, 54 | 制御パルス光 | 40 |
| 46, 57 | 光ファイバに入射される被制御パルス光及び制御パルス光 | |
| 48, 60 | 出力パルス光 | |
| 51 | 短パルス光源 | |
| 52 | 短パルス光（被制御パルス光） | |
| 58 | パルス捕捉された被制御パルス光及び制御パルス光 | |

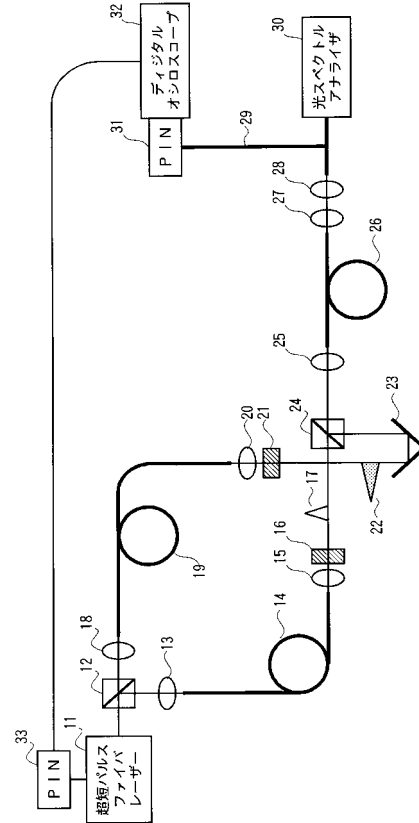
【 図 1 】



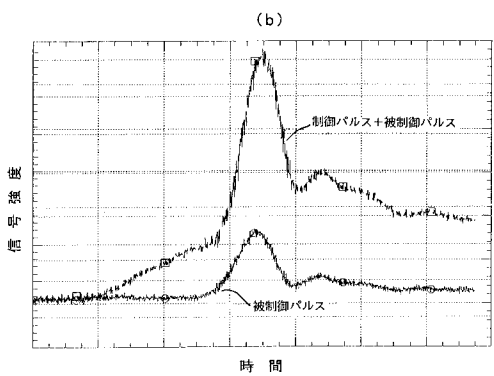
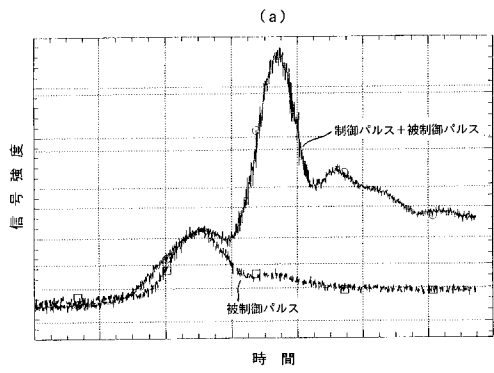
【 図 2 】



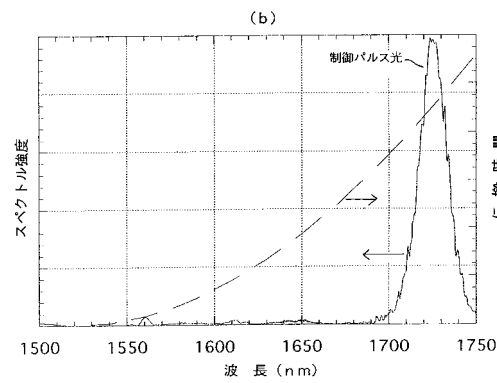
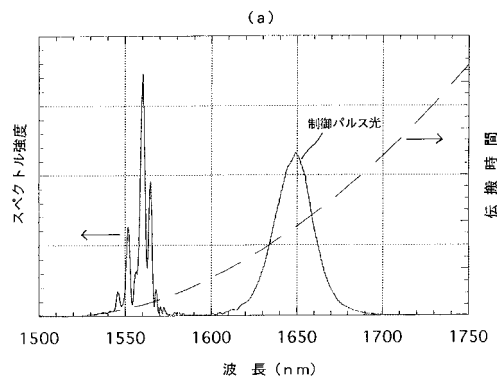
【 図 3 】



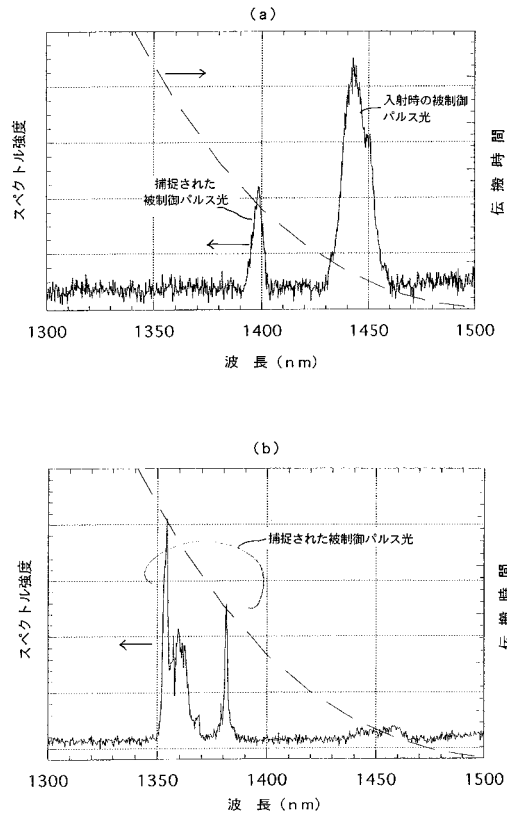
【 図 4 】



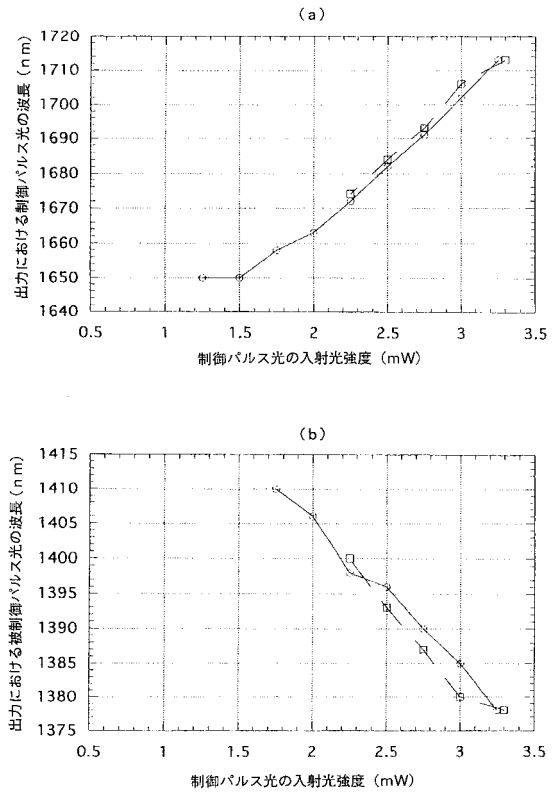
【 図 5 】



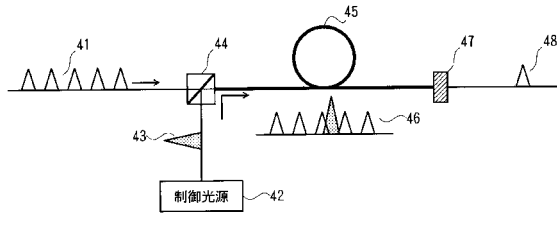
【 図 6 】



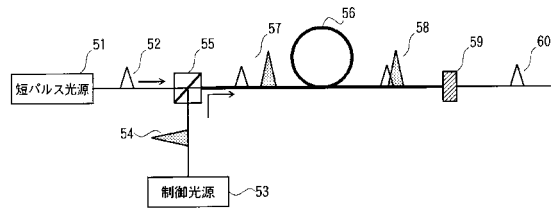
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平04 - 265956 (JP, A)

特開平04 - 229836 (JP, A)

特開平03 - 185430 (JP, A)

西澤典彦,他,光ファイバーにおける非線形効果を用いた広帯域波長可変超短パルス光の発生,
応用物理, 2001年11月10日, 第70巻, 第11号, pp.1313-1316

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/365

IEEE

JSTPlus(JDream2)