

【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を捕捉し、該被制御パルス光の波長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】 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 6】 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 7】 (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 7 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 9】 請求項 7 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。

【請求項 10】 請求項 9 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 11】 請求項 9 又は 10 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。

【0002】

10 【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。

【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

20

【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。

30

【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することを特徴とする。

40

【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を捕捉し、この被制御パルス光の波長を制御することを特徴とする。

50

【 0 0 1 1 】〔 5 〕上記〔 1 〕記載の Puls 光制御方法において、前記制御 Puls 光によって前記被制御 Puls 光の時間波形を制御することを特徴とする。

【 0 0 1 2 】〔 6 〕上記〔 1 〕記載の Puls 光制御方法において、前記制御 Puls 光によって前記被制御 Puls 光の出力時間を制御することを特徴とする。

【 0 0 1 3 】〔 7 〕 Puls 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 Puls 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 Puls 光を入射する手段とを備え、前記制御 Puls 光を被制御 Puls 光より先行させて入射し、前記制御 Puls 光と被制御 Puls 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 Puls 光を前記制御 Puls 光によって捕捉することを特徴とする。

【 0 0 1 4 】〔 8 〕上記〔 7 〕記載の Puls 光制御装置において、前記制御 Puls 光と被制御 Puls 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。

【 0 0 1 5 】〔 9 〕上記〔 7 〕記載の Puls 光制御装置において、前記制御 Puls 光がフェムト秒オーダーの超短 Puls 光を出力する超短 Puls 光源を具備することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】〔 1 0 〕上記〔 9 〕記載の Puls 光制御装置において、前記制御 Puls 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。

【 0 0 1 7 】〔 1 1 〕上記〔 9 〕または〔 1 0 〕記載の Puls 光制御装置において、前記被制御 Puls 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。

【 0 0 1 8 】具体的には、制御 Puls 光と被制御 Puls 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 Puls 光には制御 Puls 光より、群速度の近い波長のものを用意する。そして、制御 Puls 光の方が被制御 Puls 光よりも先に入射され、ファイバ中で制御 Puls 光が、被制御 Puls 光に追いつき、ぶつかり合うようにする。この時、制御 Puls 光の誘起する非線形屈折率変化によって、被制御 Puls 光は捕捉され、制御 Puls 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 Puls 光の時間波形も変更される。さらに、被制御 Puls 光の波長は制御 Puls 光と同じ群速度となる波長にシフトされる。制御 Puls 光の波長シフトの大きさは、制御 Puls 光の光強度やファイバ長によって制御する。

【 0 0 1 9 】

【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。

【 0 0 2 0 】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 Puls 光制御装置の模式図である。

【 0 0 2 1 】この図において、1 は被制御 Puls 光、2 はソリトンパルス光からなる制御 Puls 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 Puls 光 1 及び制御 Puls 光 2 である。

【 0 0 2 2 】このように、制御 Puls 光 2 と被制御 Puls 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 Puls 光 2 による被制御 Puls 光 1 の捕捉現象が現れ、被制御 Puls 光 1 を制御することができる。

【 0 0 2 3 】図 2 は本発明による被制御 Puls 光の Puls 捕捉の現象の概念図である。

【 0 0 2 4 】まず、図 2 (a) に示すように、制御 Puls 光 2 と被制御 Puls 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 Puls 光 1 には制御 Puls 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 Puls 光 2 の方が被制御 Puls 光 1 よりも先に入射される。

【 0 0 2 5 】制御 Puls 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 Puls 光 2 に、被制御 Puls 光 1 が追いつき、ぶつかり合う。

【 0 0 2 6 】この時、図 2 (c) に示すように、制御 Puls 光 2 が誘起する非線形屈折率変化によって、被制御 Puls 光 1 は捕捉され、制御 Puls 光 2 とともに重なり合って伝搬する。また、被制御 Puls 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 Puls 光 1 の波長は制御 Puls 光 2 と同じ群速度となる波長にシフトされる。制御 Puls 光 2 の波長シフトの大きさは、制御 Puls 光 2 の光強度によって制御する。

【 0 0 2 7 】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 Puls 光制御装置の模式図である。

【 0 0 2 8 】この図において、1 1 は光源としての超短 Puls ファイバレーザ、1 2 は光スプリッター、1 3 , 1 5 , 1 8 , 2 0 , 2 5 , 2 7 , 2 8 はレンズ、1 4 は偏波保持分散シフトファイバ (高非線形ファイバ) 、1 6 , 2 1 は波長フィルタ、1 7 は偏波保持分散シフトファイバ (高非線形ファイバ) 1 4 によって生成される被制御 Puls 光としてのアンチストークスパルス、1 9 は細径偏波保持ファイバ、2 2 は細径偏波保持ファイバ 1 9 によって生成される制御 Puls 光としてのソリトンパルス、2 3 は光遅延装置、2 4 は光合波器、2 6 は被制御 Puls 光 1 7 と制御 Puls 光 2 2 が入射される高非線形ファイバ、2 9 は出力伝送用ファイバ、3 0 は光スペクトルアナライザ、3 1 , 3 3 は PIN、3 2 はデジタルオシロスコープである。

【 0 0 2 9 】光源には超短 Puls ファイバレーザ 1 1 を用い、細径偏波保持ファイバ 1 9 においてソリトンパルス 2 2 を生成し、制御 Puls 光として用いる。

【 0 0 3 0 】また、偏波保持分散シフトファイバ (高非線形ファイバ) 1 4 においてアンチストークスパルス 1 7 を生成し、被制御 Puls 光として用いる。

【0031】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。

【0032】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。

【0033】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。

【0034】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。

【0035】まず、図5(a)は、高非線形ファイバ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。

【0036】図5(b)は、高非線形ファイバ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。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。

【0037】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。

【0038】まず、図6(a)は、波長1650nm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。

【0039】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1725nm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1355nmの辺りに波長がシフトしたスペクトルが現れている。

【0040】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。

【0041】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。

【0042】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。

【0043】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。

【0044】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。

【0045】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。

【0046】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。

【0047】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。

【0048】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の時間幅の狭窄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。

【0049】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。

【0050】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。

【0051】

【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。

【0052】(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。

【0053】(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。

【0054】(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】

【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。

【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。

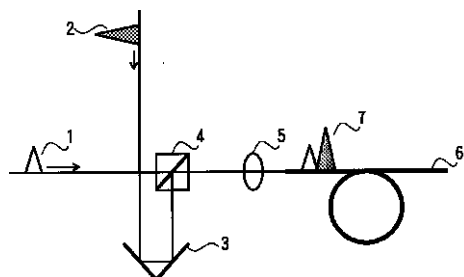
【図8】本発明の他の実施例を示す光通信システムにおいて、パルス捕捉の現象を用いて伝送される信号光の一部を制御光源によって抽出する光分離システムの構成図である。

【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。

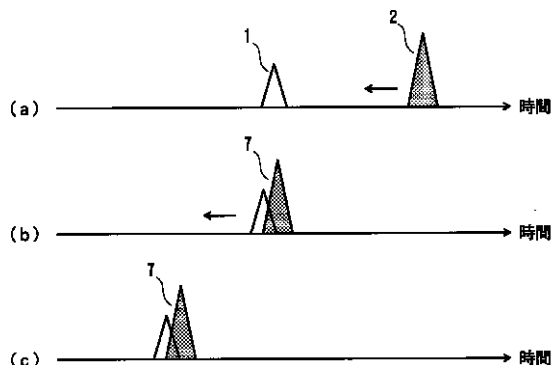
【符号の説明】

- 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
- 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(光源)
- 10 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)
- 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 高非線形ファイバ
- 29 出力伝送用ファイバ
- 20 30 光スペクトルアナライザ
- 31, 33 PIN
- 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
- 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
- 30 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

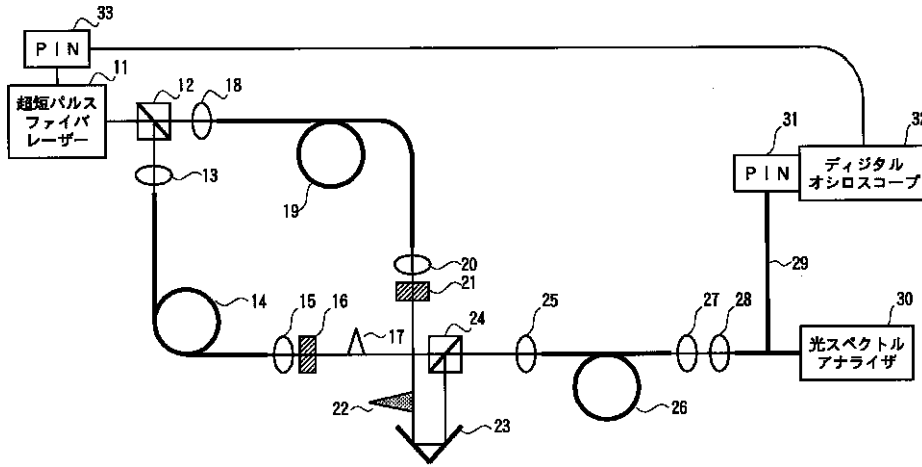
【図1】



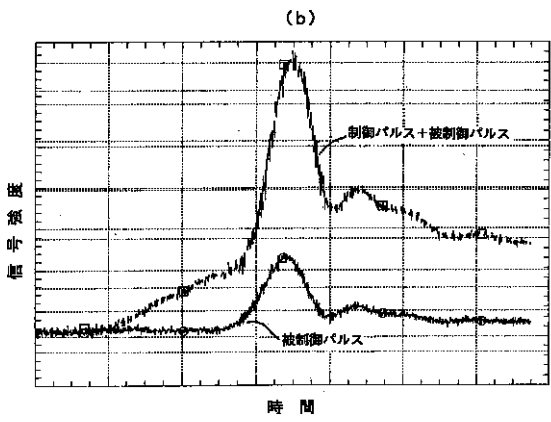
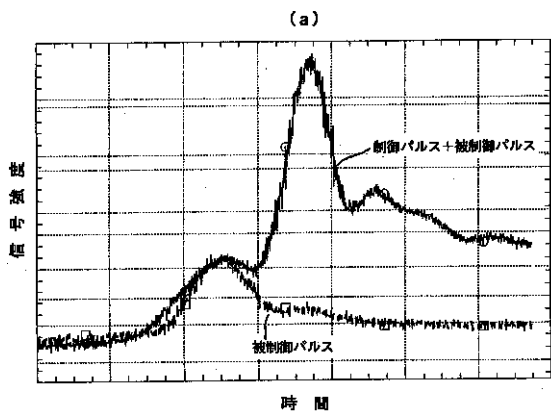
【図2】



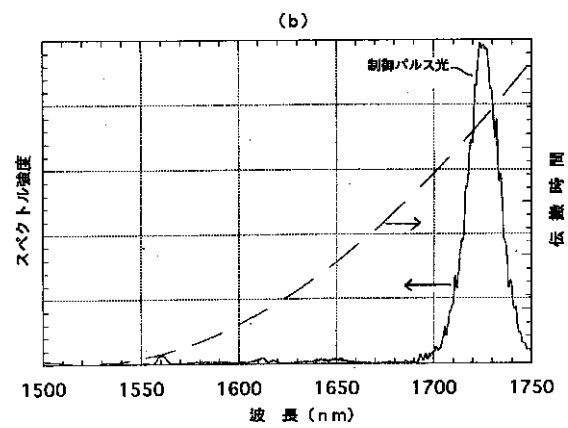
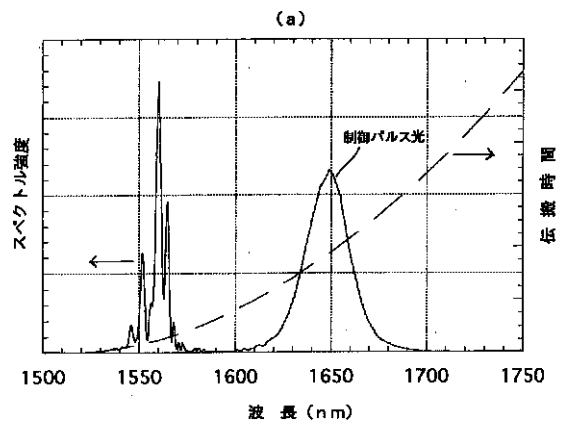
【 図 3 】



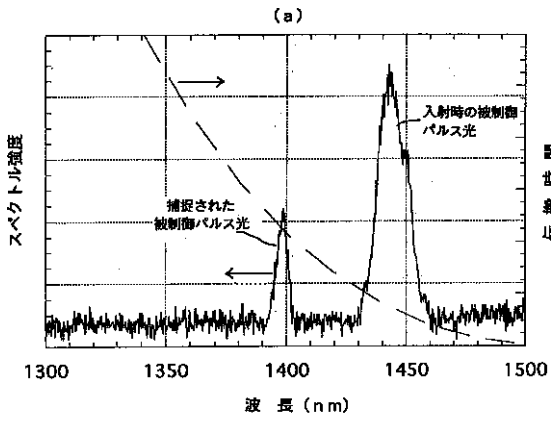
【 図 4 】



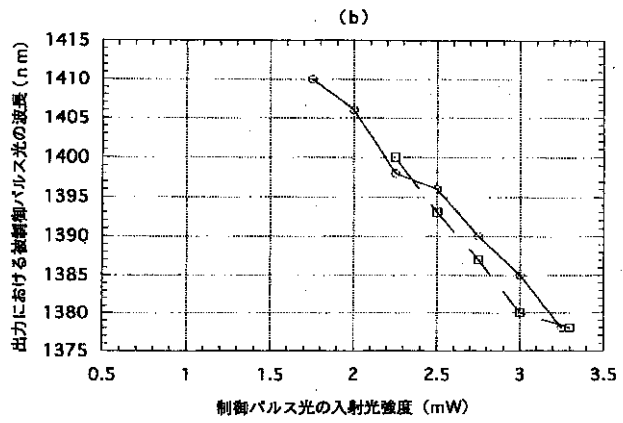
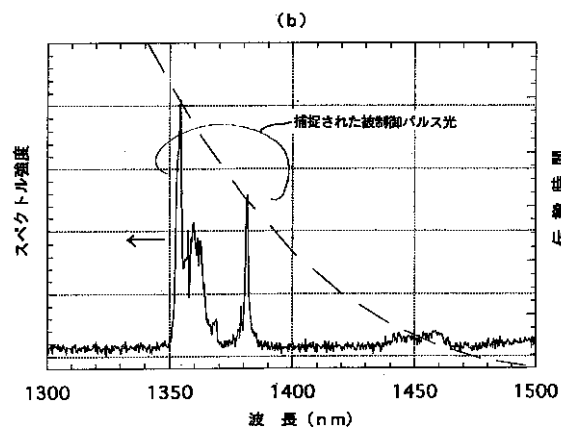
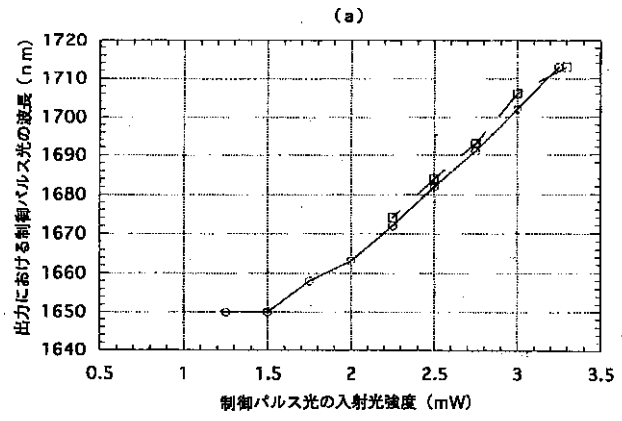
【 図 5 】



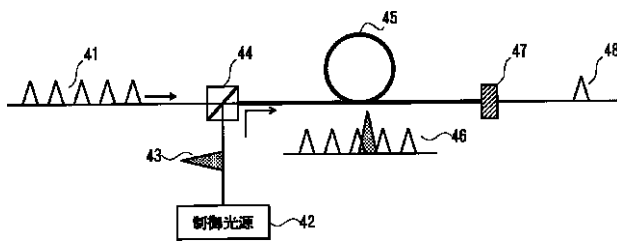
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

