

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-192046

(P2005-192046A)

(43) 公開日 平成17年7月14日(2005.7.14)

(51) Int. Cl.⁷H03K 3/42
G02F 1/03

F I

H03K 3/42 C
G02F 1/03 502

テーマコード (参考)

2H079

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2003-432922 (P2003-432922)

(22) 出願日 平成15年12月26日 (2003.12.26)

(出願人による申告) 平成14年度、経済産業省「フットニックネットワーク技術の研究開発」委託研究、産業再生法第30条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(74) 代理人 100074099

弁理士 大菅 義之

(74) 代理人 100067987

弁理士 久木元 彰

(72) 発明者 瀧田 裕

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 渡辺 茂樹

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パルス発生装置および方法

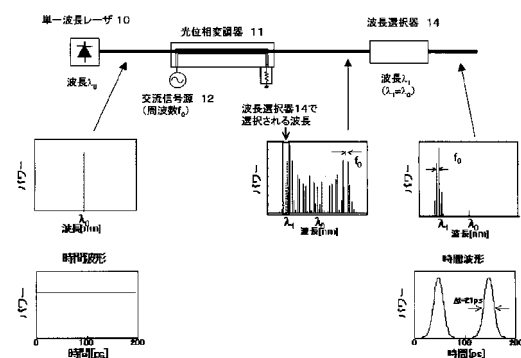
(57) 【要約】

【課題】 任意の繰返し周波数において正確にかつ安定に動作し、なお高OSNRを有し、かつRF変調周波数に制限されないピコ秒級の(デューティ比が高い)光パルスの生成方法および装置を提供する。

【解決手段】 単一波長レーザ光源10から出力された光を光位相変調器11で位相変調し、新しい変調スペクトル成分を生成する。これらの変調スペクトル成分の位相を位相調整器13でそろえることにより、時間領域でのパルス波を生成する。

【選択図】 図2

本発明の第二の実施形態を説明する図(その1)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

単一波長光を出力する光源と、
該光源からの光に位相変調をかけ、変調スペクトル成分を生成し、生成される光に含まれる該変調スペクトル成分の各波長の位相を調整することで光パルスを生成する光パルス生成手段と、
を備えることを特徴とする光パルス発生装置。

【請求項 2】

単一波長光を出力する光源と、
該光源からの光に位相変調をかけ、変調スペクトル成分を生成し、生成される光に含まれる該変調スペクトル成分で位相のそろっている波長で該光源とは異なる波長成分を波長選択九器で選択することで光パルスを生成する光パルス生成手段と、
を備えることを特徴とする光パルス発生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光パルスを生成する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光通信システムでは通信ビットレートが10ギガビット/秒 (Gb/s、ギカ： 10^9) もしくは40Gb/sの波長分割多重方式 (WDM: Wavelength division multiplexing) が現在採用されている。しかし、この方式では通信容量の増大に伴い波長数が膨大となるために、各波長の信号の管理が困難となる。また、異なる波長の信号光の同期をとり、リアルタイムに信号処理を行うシステムが必要になるが、この構成も大変煩雑になる。このような観点から、単一波長信号で、大容量の通信が可能である光時分割多重方式 (OTDM: Optical time division multiplexing) が有望である。ここで使用されるOTDMの通信用光源は、例えば10Gb/sの信号を160Gb/sに多重することを考えると、正確に10Gb/sでピコ秒級 (ps、ピコ： 10^{-12}) のパルス幅を有する光パルスを安定に生成できる必要がある。すなわちビットレートの周期時間に比べて十分に短い、すなわちデューティ比の高い時間幅の光パルスを正確なビットレートで安定に生成する必要がある。

【0003】

これに向けた従来の光パルスの発生技術は大きく分けて次の二つがある。

(1) モード同期レーザパルス光源を使った技術

(2) 直接変調型パルス光源を使った技術

図4は、モード同期レーザパルス光源を使った技術の基本構成を示す図である。

【0004】

具体的な例としては、半導体モード同期レーザ (図4 (a))、及びファイバモード同期レーザ (図4 (b)) がある。駆動用RF (Radio Frequency) 信号周波数、位相、利得励起用レーザ光のパワー、などのパラメータを制御することにより光信号対雑音比 (Optical Signal-to-Noise Ratio) が高くかつRF信号周波数の制限を受けずにデューティ比の高いサブピコ秒の光パルスが生成できる。しかし一方で、モード同期レーザパルス光源は構造上、光パルスの繰返し周波数を任意にかつ正確に実現できないという課題がある。

【0005】

モード同期レーザでは、光パルスの繰返し周波数 f_0 はレーザの共振器長 L との関係において、光速を c 、共振器媒質の屈折率を n 、 N を任意の整数として、

【0006】

【数 1】

$$f_0 = N \frac{c}{2nL} \quad (1)$$

【0007】

を満たさなければならない。

そのため、ある正確な繰返し周波数 f_0 、例えば10ギガヘルツ（GHz、ギガ： 10^9 ） ± 100 Hzの光パルスを生成するためには、Lを正確に作りこまなければならない。

10

【0008】

例えば、半導体モード同期レーザの場合を考えると、その共振器長は1センチメートル（cm）のオーダーであるがその誤差は1ナノメートル（ナノ： 10^{-9} ）以下に抑えなければならない。製品化における歩留まりを考えるとこの実現は困難である。一方、ファイバモード同期レーザにおいては共振器長が数十メートル単位であるため、Nを調整することで半導体モード同期レーザほど厳しい長さ調節は必要ないが、共振器長が長いために少々の温度変化などにより共振器長の変化が大きくなる。ゆえに、任意に、かつ正確な繰返し周波数で安定に動作させることは難しい。

【0009】

図5は、直接変調型パルス光源を使った技術の基本構成を示す図である。

20

具体的な例としては、たとえば電界吸収型光変調器（EAM：Electro-absorption modulator）を用いたパルス光源がある。単一波長レーザ光源、EAM、EAM駆動用RF信号源、及び直流電圧源で構成される。この方法ではEAM駆動用RF信号源の制御により任意の繰返し周波数において正確に安定な光パルスを生成可能である。しかし反面、EAMの光透過損失が大きいため、光増幅器を使用して出力パワーを増幅する場合、発生パルス光の光信号対雑音比（OSNR）が大幅に劣化するという問題がある。例えば、EAM自体の光透過損失は7デシベル（dB）程度であるが、光パルスを生成する際には、直流電圧源によりDCの負バイアス電圧をEAMに印加するため、光透過損失が20dB以上となりOSNRの劣化につながる。また、発生する光パルス波形はEAM駆動用RF信号源の波形に依存する為、変調周波数の周期時間と生成する光パルスの時間幅の比（デューティ比）が高い光パルスを生成することは難しいという短所もある。

30

【0010】

上記のような技術の参考文献として、非特許文献1がある。

【非特許文献1】IEEE Journal of Quantum electronics, VOL 24, No. February 1988, pp. 382-387, title"Optical pulse compression using high-frequency; electrooptic phase modulation"

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

前述の通り、モード同期レーザパルス光源では高OSNRでサブピコ秒の光パルスを安定に発生させることができるが、一方で正確な共振器長を有するモード同期レーザパルス光源を作製することは歩留まりの面からも困難であり、任意にかつ正確な繰返し周波数での安定動作は難しい。また、直接変調型パルス光源は、制御が簡単で、任意にかつ正確な繰返し周波数での光パルス生成が可能であるが、一方、（1）光強度変調器における光透過損失が大きいため、OSNRの劣化につながる、（2）パルスの幅は変調周波数に制限されるためデューティ比の高い光パルスの生成が難しい、などの短所がある。

40

【0012】

本発明の課題は、任意の繰返し周波数において正確にかつ安定に動作し、なお高OSNRを有し、かつRF変調周波数に制限されないピコ秒級の（デューティ比が高い）光パルスの生成方法および装置を提供することである。

50

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の光パルス発生装置は、単一波長光を出力する光源と、該光源からの光に位相変調をかけ、変調スペクトル成分を生成し、生成される光パルスに含まれる該変調スペクトル成分の各波長の位相を調整することで光パルスを生成する光パルス生成手段とを備えることを特徴とする。

【0014】

本発明の光パルス発生方法は、単一波長光を出力する発光ステップと、該発光ステップからの光に位相変調をかけ、変調スペクトル成分を生成し、生成される光パルスに含まれる該変調スペクトル成分の各波長の位相を調整することで光パルスを生成する光パルス生成ステップとを備えることを特徴とする。

10

【0015】

本発明によれば、従来とは異なり、光パルスを生成するのに位相変調を行い、位相変調された結果得られる変調スペクトル成分の各波長の位相をそろえることにより、光パルスを生成する。

【発明の効果】

【0016】

本発明により、制御が簡単で、任意の繰り返し周波数において正確かつ安定に動作し、なおかつ変調信号周波数に制限されず、デューティ比の高いピコ秒級のパルス幅を有する光パルスの生成が可能となる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

本発明の実施形態においては、次の手段により課題を解決する。

まず、単一波長レーザ光源（周波数 f ）から出射される光に周波数 f_0 の位相変調を加える。この時、 w ($w = 2\pi f$) を単一波長レーザ光源の角周波数、 p を変調角周波数 ($p = 2\pi f_0$) の角周波数、 m は位相変調度、 J_v は v 次の第一種ベッセル関数とすると、位相変調の結果生成される光の実部は (2) の式で表される。

【0018】

【数 2】

$$f(t) = A \cos(\omega t + m \cos(pt))$$

$$= A \sum_{v=-\infty}^{\infty} J_v(m) \cos[(\omega + vp)t + v \frac{\pi}{2}] \quad (2)$$

30

【0019】

この式においては、変調角周波数 p （すなわち周波数間隔 f_0 ）毎に新しい波長成分（ v 次のモード）が生成されていることが示されている。以降、これを変調スペクトル成分と呼ぶ。ここで、使用する周波数 f 及び変調周波数 f_0 の具体的数値について述べる。単一波長レーザ光源の周波数 f は、光ファイバ通信では波長が 1.5 マイクロメートル（ μm 、マイクロ： 10^{-6} ）帯であるので、周波数では 200 テラヘルツ（THz、テラ： 10^{12} ）帯となる。変調周波数 f_0 は、光パルスを光通信の送信用光源として使用する際にはビットレートに相当するため、すなわち 10 ギガヘルツ（GHz、ギガ： 10^9 ）、もしくは 40 GHz となる。

40

【0020】

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態を説明する図である。図 1 (a) は全体の構成を示す図である。

単一波長レーザ光源 10 から出射される光に位相変調器 11 で位相変調をかけると変調スペクトル成分が生成される。しかしこの位相変調された光の変調スペクトル成分におけるそれぞれの波長成分の位相は揃っておらず、時間波形としては連続光の状態である。光パルスを生成するためには、変調スペクトル成分の波長成分の位相を位相調整器 13 でそろえる必要がある。

50

【0021】

位相変調をかける装置(位相変調器11)は、例えば LiNbO_3 光位相変調器(LN光位相変調器)を使用すればよい。この光変調器はすでに実用化されている。変調信号は例えば汎用の交流信号発振器(シンセサイザ)を使用すればよい。位相変調がかけられた光の変調スペクトル成分の位相関係を調整するには、平面ブレード・グレーティングを使用すればよい。位相調整の原理を図1(b)中に示す。二つの平面ブレード・グレーティングで構成されており、第一の平面ブレード・グレーティング13-1で、光ビームは波長に応じた回折角度に分光される。次に、分光されたビームを第二の平面ブレード・グレーティング13-2で、再び平行光に変換する。一連の操作により、各波長成分の経路に差が生じるために、図中に示すように波面aに対して波面bが波長に応じて時間差が発生し波面がずれる。すなわち、波長に応じた位相調整を与えることが可能になる。

【0022】

単一波長レーザ光源10には、波長1550nm(周波数193.4145THz)のレーザ光源を使用する。これを光位相変調器11に入射し変調スペクトル成分を生成する。ここでは、変調度5pの正弦波位相変調を施している。変調度5pの位相変調はOptical Fiber Communication Conferenceで報告されている $V_p=1V$ の変調器を、変調信号パワー24dBmの交流信号源12から出力される正弦波信号で駆動すれば実現できる。変調信号のパワーは必要があれば電気信号増幅器を用いれば、十分対応可能な値である。この時、変調信号は周波数10GHzであるとする、変調スペクトル成分が約30本程度発生する。この変調スペクトル成分の位相を平面ブレード・グレーティング13で調節する。これによりパルス幅3ps以下の光パルスが生成される。

【0023】

図2は、本発明の第2の実施形態の構成図である。

この実施形態では、波長選択器14をもちいて、単一波長レーザの波長から、光の位相のずれが少ない周波数帯にシフトすればその出力光は光パルスとなる。波長 l_0 の単一波長レーザ光源10から出力される光に変調周波数 f_0 、変調度5pの位相変調を施す。位相変調により生成される変調スペクトル成分の波長 l_1 ($l_1(l_0)$)を波長選択器14で選択する。 $f_0=10\text{GHz}$ の場合、半値全幅帯域21GHzの波長を選択すると、パルス幅21psの光パルスを生成できる。この光パルスの時間帯域幅積は0.44であり、この方法によりフーリエ変換限界(Fourier Transform Limited、TL)の光パルスの生成が可能である。この実施形態では、図3に示すように周波数チャープの変化が少ない周波数帯では比較的変調スペクトル成分の各波長成分間における位相のずれが少ないことを利用する。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の第1の実施形態を説明する図である。

【図2】本発明の第2の実施形態を説明する図(その1)である。

【図3】本発明の第2の実施形態を説明する図(その2)である。

【図4】モード同期レーザパルス光源を使った技術の基本構成を示す図である。

【図5】直接変調型パルス光源を使った技術の基本構成を示す図である。

【符号の説明】

【0025】

- 10 単一波長レーザ光源
- 11 光位相変調器
- 12 交流信号源
- 13 位相調整器
- 14 波長選択器

10

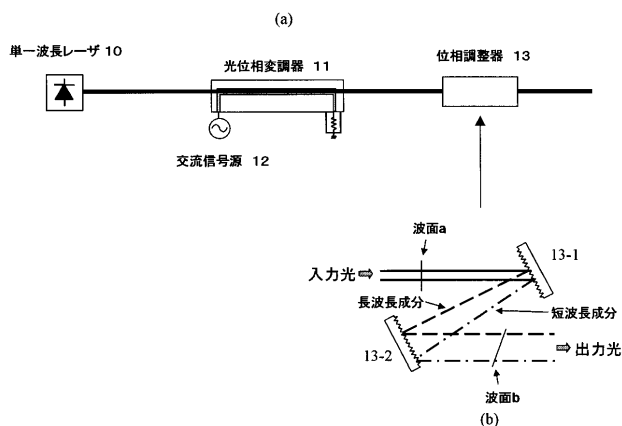
20

30

40

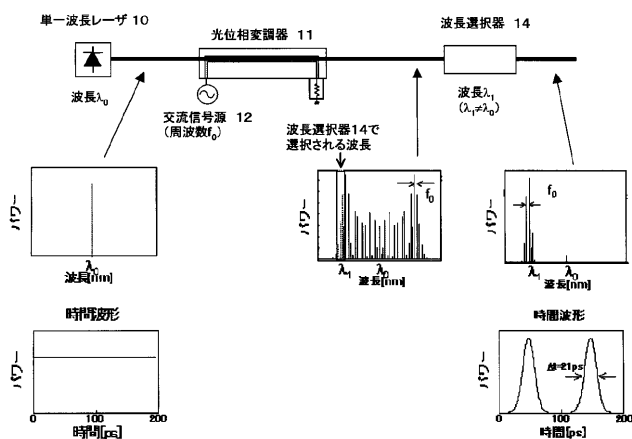
【図 1】

本発明の第一の実施形態を説明する図



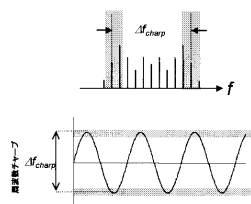
【図 2】

本発明の第二の実施形態を説明する図(その1)



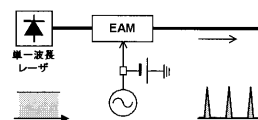
【図 3】

本発明の第二の実施形態を説明する図(その2)



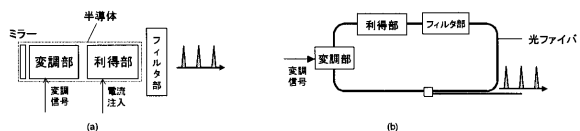
【図 5】

直接変調型パルス光源を使った技術の基本構成を示す図



【図 4】

モード同期レーザパルス光源を使った技術の基本構成を示す図



【手続補正書】

【提出日】平成16年4月9日(2004.4.9)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

本発明の実施形態においては、次の手段により課題を解決する。

まず、単一波長レーザ光源（周波数 f ）から出射される光に周波数 f_0 の位相変調を加える。この時、 ω ($\omega = 2\pi f$) を単一波長レーザ光源の角周波数、 p を変調角周波数 ($p = 2\pi f_0$) の角周波数、 m は位相変調度、 J_v は v 次の第一種ベッセル関数とすると、位相変調の結果生成される光の実部は(2)の式で表される。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0019】

この式においては、変調角周波数 p （すなわち周波数間隔 f_0 ）毎に新しい波長成分（ v 次のモード）が生成されていることが示されている。以降、これを変調スペクトル成分と呼ぶ。ここで、使用する周波数 f 及び変調周波数 f_0 の具体的数値について述べる。単一波長レーザ光源の周波数 f は、光ファイバ通信では波長が1.5マイクロメートル（ μm 、マイクロ： 10^{-6} ）帯であるので、周波数では200テラヘルツ（THz、テラ： 10^{12} ）帯となる。変調周波数 f_0 は、光パルスを送信の送信用光源として使用する際にはビットレートに相当するため、すなわち10ギガヘルツ（GHz、ギガ： 10^9 ）、もしくは40GHzとなる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0020】

図1は、本発明の第1の実施形態を説明する図である。図1(a)は全体の構成を示す図である。

単一波長レーザ光源10から出射される光に位相変調器11で位相変調をかけると変調スペクトル成分が生成される。しかしこの位相変調された光の変調スペクトル成分におけるそれぞれの波長成分の位相は揃っておらず、時間波形としては連続光の状態である。光パルスを生成するためには、変調スペクトル成分の波長成分の位相を位相調整器13でそろえる必要がある。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0022】

単一波長レーザ光源10には、波長1550nm(周波数193.4145THz)のレーザ光源を使用する。これを光位相変調器11に入射し変調スペクトル成分を生成する。ここでは、変調度 5π の正弦波位相変調を施している。変調度 5π の位相変調はOptical Fiber Communication Conferenceで報告されている $V\pi=1V$ の変調器を、変調信号パワー24dBmの交流信号源12から出力される正弦波信号で駆動すれば実現できる。変調信号のパワーは必要があれば

電気信号増幅器を用いれば、十分対応可能な値である。この時、変調信号は周波数10GHzであるとする、変調スペクトル成分が約30本程度発生する。この変調スペクトル成分の位相を平面ブレード・グレーティング13で調節する。これによりパルス幅3ps以下の光パルスが生成される。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0023】

図2は、本発明の第2の実施形態の構成図である。

この実施形態では、波長選択器14をもちいて、単一波長レーザの波長から、光の位相のずれが少ない周波数帯にシフトすればその出力光は光パルスとなる。波長 λ_0 の単一波長レーザ光源10から出力される光に変調周波数 f_0 、変調度 5π の位相変調を施す。位相変調により生成される変調スペクトル成分の波長 λ_1 ($\lambda_1 \neq \lambda_0$)を波長選択器14で選択する。 $f_0=10\text{GHz}$ の場合、半値全幅帯域21GHzの波長を選択すると、パルス幅21psの光パルスを生成できる。この光パルスの時間帯域幅積は0.44であり、この方法によりフーリエ変換限界 (Fourier Transform Limited、TL) の光パルスの生成が可能である。この実施形態では、図3に示すように周波数チャープの変化が少ない周波数帯では比較的変調スペクトル成分の各波長成分間における位相のずれが少ないことを利用する。

フロントページの続き

(72)発明者 二見 史生

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 2H079 AA02 AA12 BA03 CA04 HA11 HA15