

(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2010-35111

(P2010-35111A)

(43) 公開日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(51) Int.Cl.
H04J 14/08 (2006.01)F I
H04B 9/00テーマコード (参考)
5K102

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-197763 (P2008-197763)
(22) 出願日 平成20年7月31日 (2008.7.31)(71) 出願人 000000295
沖電気工業株式会社
東京都港区西新橋三丁目16番11号
(74) 代理人 100090620
弁理士 工藤 宣幸
(72) 発明者 藤井 亮浩
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電
気工業株式会社内
Fターム(参考) 5K102 AA11 AA15 AA63 AD12 AH02
AH27 PH03 RB01 RB16 RD22
RD27

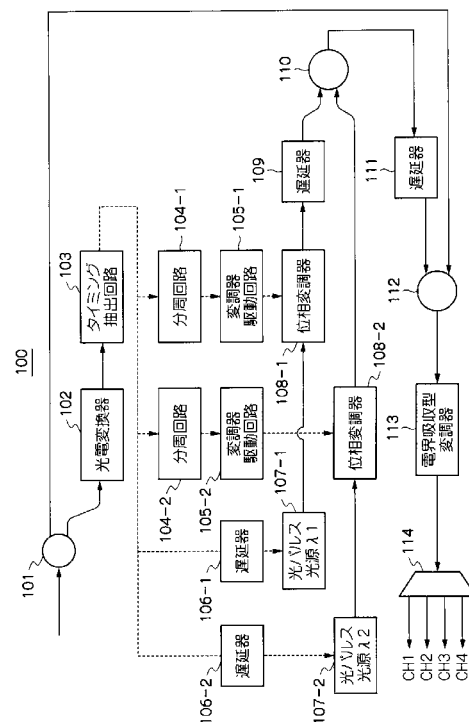
(54) 【発明の名称】 OTDM信号分離装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 簡素で低コストの構成で、OTDM信号の一括分離にも容易に応じられるOTDM信号分離装置を提供する。

【解決手段】 本発明は、OTDM信号から、1又は複数の所望チャネルの光信号を分離抽出するOTDM信号分離装置に関する。そして、各チャネル用の光ゲートパルスを出力するパルス光源と、パルス光源から出力された各チャネル用の光ゲートパルスに対して位相変調による線形チャープを適用し、各チャネルに応じた時間毎に、異なる周波数領域を割り当てた光ゲートパルス列を形成する周波数領域割り当て手段と、周波数領域割り当て手段からのゲートパルス列に対し、OTDM信号の包絡線情報を転写するOTDM信号転写手段と、転写後のゲートパルス列に対するフィルタリングにより、所望するチャネルの光信号を得る光フィルタ手段とを備えることを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

各チャネルの光信号が、そのチャネルに割り当てられているスロットに挿入されて多重されている O T D M 信号から、1 又は複数の所望チャネルの光信号を分離抽出する O T D M 信号分離装置において、

各チャネル用の光ゲートパルスを出力するパルス光源と、

上記パルス光源から出力された各チャネル用の光ゲートパルスに対して位相変調による線形チャープを適用し、各チャネルに応じた時間毎に、異なる周波数領域を割り当てた光ゲートパルス列を形成する周波数領域割当手段と、

上記周波数領域割当手段から出力されたゲートパルス列に対し、O T D M 信号の包絡線情報を転写する O T D M 信号転写手段と、

上記 O T D M 信号転写手段から出力されたゲートパルス列に対するフィルタリングにより、所望するチャネルの光信号を得る光フィルタ手段と

を備えることを特徴とする O T D M 信号分離装置。

【請求項 2】

上記パルス光源は、全てのチャネルの光ゲートパルスを含む、波長が異なる複数系列を形成し、

上記周波数領域割当手段は、光ゲートパルスの各系列のそれぞれに対し、別個に位相変調を施す

ことを特徴とする請求項 1 に記載の O T D M 信号分離装置。

【請求項 3】

上記パルス光源は、チャネルによって定まっている波長を有する、各チャネル用の光ゲートパルスが重畳、多重されている光ゲートパルス列を形成し、

上記周波数領域割当手段は、上記光ゲートパルス列に対して位相変調による線形チャープを施した後、各チャネル用のゲートパルスを整列させて出力する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の O T D M 信号分離装置。

【請求項 4】

各チャネルの光信号が、そのチャネルに割り当てられているスロットに挿入されて多重されている O T D M 信号から、1 又は複数の所望チャネルの光信号を分離抽出する O T D M 信号分離方法において、

パルス光源は、各チャネル用の光ゲートパルスを出力し、

周波数領域割当手段は、上記パルス光源から出力された各チャネル用の光ゲートパルスに対して位相変調による線形チャープを適用し、各チャネルに応じた時間毎に、異なる周波数領域を割り当てた光ゲートパルス列を形成し、

O T D M 信号転写手段は、上記周波数領域割当手段から出力されたゲートパルス列に対し、O T D M 信号の包絡線情報を転写し、

光フィルタ手段は、上記 O T D M 信号転写手段から出力されたゲートパルス列に対するフィルタリングにより、所望するチャネルの光信号を得る

ことを特徴とする O T D M 信号分離方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は O T D M (O p t i c a l T i m e D i v i s i o n M u l t i p l e x i n g ; 光時分割多重) 信号分離装置及び方法に関し、特に、送信ノードから受信した O T D M 信号を全光学的な処理により一括して分離しようとしたものである。

【背景技術】**【0002】**

近年、光通信における多重方式として、W D M (W a v e L e n g t h D i v i s i o n M u l t i p l e x i n g ; 波長分割多重) 方式に並んで、広く研究されている方式の一つに O T D M 方式がある。O T D M 方式は、一定時間毎 (例えば 1 ビット毎) に

10

20

30

40

50

、複数チャネルの光信号列を時間軸上で多重化する方式である。

【 0 0 0 3 】

従来、O T D M信号を各チャネルの信号に分離する方法として、電界吸収型光変調器などを用い、チャネル数分だけ用いた時間ゲート動作により、各チャネルに電氣的な手法で分離する手法がとられていた。この方法では、O T D M信号と電気ゲート信号のタイミング制御をチャネル数だけ個別に行う必要があり、装置構成が複雑化するという課題があった。

【 0 0 0 4 】

また、電氣的処理の速度限界を打破するために、全光学的処理に基づく様々な多重分離方式が提案されており、その一つとして、光ゲートパルスと時分割多重光との間で起こる非線形光学現象を利用し、各所望のチャネルに対応するスペクトルを分離する方式が提案されている。特許文献1に記載技術もかかる方式に属するものである。特許文献1の記載技術は、O T D M信号に対し、線形チャープした局部発振光パルス列を生成し、非線形媒質へ入力して、非線形効果の1つである相互位相変調を発生させることにより、光ゲートに信号列を乗せかえる処理を行い、周期的にスペクトル中心の異なるパルス列に転写された信号列を一括してフィルタリングするものである。

10

【 0 0 0 5 】

上述した非線形光学現象を利用した方式では、電氣的な処理に基づかないため、応答速度が速いことがメリットとして挙げられる。

【特許文献1】特開平11-84439号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、上述した非線形光学現象を利用した方式では、光ゲートパルスと時分割多重光の強度に依存して起こる非線形光学現象を用いているため、光ゲートパルス及び信号光が高出力である必要があると同時に、信号強度のチューニングや、ゲーティングのタイミング等に関して、研究すべき課題が少なくない。

【 0 0 0 7 】

そのため、非線形光学効果に由来する手法を用いずに、従来に比較してより簡素で低コストの構成で、O T D M信号の一括分離にも容易に応じられるO T D M信号分離装置及び方法が望まれている。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

第1の本発明は、各チャネルの光信号が、そのチャネルに割り当てられているスロットに挿入されて多重されているO T D M信号から、1又は複数の所望チャネルの光信号を分離抽出するO T D M信号分離装置において、(1)各チャネル用の光ゲートパルスを出力するパルス光源と、(2)上記パルス光源から出力された各チャネル用の光ゲートパルスに対して位相変調による線形チャープを適用し、各チャネルに応じた時間毎に、異なる周波数領域を割り当てた光ゲートパルス列を形成する周波数領域割当手段と、(3)上記周波数領域割当手段から出力されたゲートパルス列に対し、O T D M信号の包絡線情報を転写するO T D M信号転写手段と、(4)上記O T D M信号転写手段から出力されたゲートパルス列に対するフィルタリングにより、所望するチャネルの光信号を得る光フィルタ手段とを備えることを特徴とする。

40

【 0 0 0 9 】

第2の本発明は、各チャネルの光信号が、そのチャネルに割り当てられているスロットに挿入されて多重されているO T D M信号から、1又は複数の所望チャネルの光信号を分離抽出するO T D M信号分離方法において、(1)パルス光源は、各チャネル用の光ゲートパルスを出力し、(2)周波数領域割当手段は、上記パルス光源から出力された各チャネル用の光ゲートパルスに対して位相変調による線形チャープを適用し、各チャネルに応じた時間毎に、異なる周波数領域を割り当てた光ゲートパルス列を形成し、(3)O T D

50

M信号転写手段は、上記周波数領域割当手段から出力されたゲートパルス列に対し、OTDM信号の包絡線情報を転写し、(4)光フィルタ手段は、上記OTDM信号転写手段から出力されたゲートパルス列に対するフィルタリングにより、所望するチャネルの光信号を得ることを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明のOTDM信号分離装置及び方法によれば、位相変調による線形チャープを用いて各チャネルの光信号を弁別可能としたので、簡素で低コストの構成で、OTDM信号から所望チャネルの分離（例えば一括分離）を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0011】

(A)第1の実施形態

以下、本発明によるOTDM信号分離装置及び方法の第1の実施形態を、図面を参照しながら詳述する。

【0012】

第1の実施形態を含め、各実施形態のOTDM信号分離装置及び方法は、受信したOTDM信号に正確に同期した光ゲートパルス列を生成し、OTDM信号に同期している伝送速度に対して分周されたクロックにより、放物線波特性を持つ変調信号を生成し、OTDM信号の多重周期毎に光ゲートパルスを位相変調して線形チャープを加え、これらOTDM信号と、光ゲートパルス列を電界吸収変調効果のあるデバイスに入力することにより、OTDM信号の各チャネルの包絡線情報を、線形チャープされた光ゲートパルス列に転写し、バンドパスフィルタ等を用いることにより、時間的に変化するスペクトルに応じて、所望のチャネルを切り出すことにより、全スロット（全チャネル：スロットは1チャネルの割当期間）の一括分離を可能としたものである。

20

【0013】

(A-1)第1の実施形態の構成

図1は、第1の実施形態に係るOTDM信号分離装置の全体構成を示すブロック図である。図1は、OTDM信号の多重数が4（4チャネル多重）の場合の構成を示している。

【0014】

図1において、第1の実施形態に係るOTDM信号分離装置100は、光カプラ101、光電変換器102、タイミング抽出回路103、分周回路104-1、104-2、変調器駆動回路部105-1、105-2、遅延器106-1、106-2、光パルス光源107-1、107-2、位相変調器108-1、108-2、遅延器109、光カプラ110、遅延器111、光カプラ112、電界吸収型変調器113及び光フィルタ114を有する。なお、適宜の位置に光アンプが配置されるが、その配置には任意性があるため、図示を省略している。

30

【0015】

光カプラ101は、送信ノードが送信し、当該OTDM信号分離装置100に到来した波長 λ_0 のOTDM信号を2分岐し、光電変換器102及び光カプラ112に与えるものである。

40

【0016】

光電変換器102は、光カプラ101から与えられたOTDM信号を電気信号に変換し、タイミング抽出回路103に与えるものである。

【0017】

タイミング抽出回路103は、OTDM信号における各チャネルの割当期間を1周期又半周期とするクロック成分を抽出するものであり、抽出されたクロック成分は、分周回路104-1、104-2、遅延器106-1、106-2に与えられる。

【0018】

各光パルス光源107-1、107-2はそれぞれ、対応する遅延器106-1、106-2を介して与えられたクロック成分に基づいて、光ゲートパルス列を発生し、対応す

50

る位相変調器 108 - 1、108 - 2 に搬送波として与えるものである。光ゲートパルス列は、図 2 及び図 3 (C) に示すように、OTDM 信号における各チャネルの割当期間毎に 1 個のパルスを含むものである。各光パルス光源 107 - 1、107 - 2 はそれぞれ、連続光を射出する CW 光源を適用しており、CW 光の包絡線形状をパルス状にした光ゲートパルス列を発生する。光パルス光源 107 - 1 からの光ゲートパルス列は波長 λ_1 の光信号であり、光パルス光源 107 - 2 からの光ゲートパルス列は波長 λ_2 の光信号である。

【0019】

各分周回路 104 - 1、104 - 2 はそれぞれ、タイミング抽出回路 103 から与えられたクロック成分を N (N は 4 若しくは 2) 分周して対応する変調器駆動回路 105 - 1、105 - 2 に与えるものである。

10

【0020】

各変調器駆動回路 105 - 1、105 - 2 はそれぞれ、対応する分周回路 104 - 1、104 - 2 の分周出力に基づいて、OTDM 信号における各チャネルの割当期間の 2 チャネル分の期間で、放物線波特性を持つ変調信号を形成して、対応する位相変調器 108 - 1、108 - 2 に与えるものである。変調器駆動回路 105 - 1 は、図 3 (A) に示すように、OTDM 信号における第 1 チャネル及び第 2 チャネルの割当期間の 2 チャネル分の期間で放物線波特性を持つ変調信号を形成し、変調器駆動回路 105 - 2 は、図 3 (B) に示すように、OTDM 信号における第 3 チャネル及び第 4 チャネルの割当期間の 2 チャネル分の期間で放物線波特性を持つ変調信号を形成する。図 3 (C) は、光パルス光源 107 - 1 及び 107 - 2 を区別することなく、光パルス光源から出力された光ゲートパルス列を示している。ここで、分周回路 104 - 1、104 - 2 の分周比 N は、変調器駆動回路 105 - 1、105 - 2 からの変調信号が 2 チャネル分の期間で放物線波特性を持つようにできる、分周信号を与えるように選定されている。変調器駆動回路 105 - 1、105 - 2 は、例えば、バイアス T や整流器などから構成されており、出力される電氣的なパルス形状は放物線形状に近いように加工する機能を有する。

20

【0021】

各遅延器 106 - 1、106 - 2 はそれぞれ、対応する位相変調器 108 - 1、108 - 2 に入力される光ゲートパルス列と変調信号のタイミングを調整する (同期化させる) ためのものである。

30

【0022】

各位相変調器 108 - 1、108 - 2 はそれぞれ、対応する光パルス光源 107 - 1、107 - 2 から出力された光ゲートパルス列の副搬送波の位相を、対応する変調器駆動回路 105 - 1、105 - 2 からの変調信号に応じて変調するものである。位相変調器 108 - 1、108 - 2 の処理は、後述するように、線形チャープとなっている。位相変調器 108 - 1 から出力された位相変調がなされた光ゲートパルス列は遅延器 109 を介して光カプラ 110 に与えられ、位相変調器 108 - 2 から出力された位相変調がなされた光ゲートパルス列は光カプラ 110 に直接与えられる。遅延器 109 は、位相変調器 108 - 1 及び 108 - 2 から出力された光ゲートパルス列の同期を確立させるためのものである。

40

【0023】

光カプラ 110 は、位相変調がなされた 2 種類の光ゲートパルス列を合波するものであり、この合波後の光ゲートパルス列は遅延器 111 を介して光カプラ 112 に与えられる。

【0024】

光カプラ 112 には、光カプラ 101 から分岐された OTDM 信号も与えられる。遅延器 111 は、光カプラ 112 に与えられる 2 種類の光信号を同期化させるものである。光カプラ 112 は、合波後の光ゲートパルス列と受信した OTDM 信号とを合波して電界吸収型変調器 113 に与えるものである。

【0025】

50

電界吸収型変調器 113 は、波長 λ_0 の OTDM 信号の各チャネルの情報を、波長 λ_1 及び λ_2 を中心とする光ゲートパルス列に転写し、光フィルタ 114 に与えるものである。電界吸収型変調器 113 が有る波長の情報（後述する包絡線）を他の波長に転写できる理由は以下の通りである。転写できるのは、電界吸収型変調器 113 における導波路（以下、EA 導波路と呼ぶ）の光の吸収係数変化（シュタルク効果）による。異なる波長の信号を同時に EA 導波路に入射した場合において、光の正味のパワーが大きいと飽和し、光の吸収率が低下する。つまり、パルスのピーク付近と信号光の「1」の部分が同時に入射されると、パルスのピーク付近で飽和が起こり、吸収量が減ることにより、パルスのピーク部分がそのまま出力される。逆に、パルスのピーク付近と信号光の「0」の部分が同時に入射されると、全ての光が吸収されるため、パルスのピーク付近は 0 となって出力される。このような原理により、波長 λ_0 の OTDM 信号の各チャネルの情報を、波長 λ_1 及び λ_2 を中心とする光ゲートパルス列に転写できる。

10

【0026】

光フィルタ 114 は、電界吸収型変調器 113 から出力された被転写信号を、各チャネルの光信号に分離（一括分離）するものである。

【0027】

（A-2）第 1 の実施形態の動作

次に、第 1 の実施形態に係る OTDM 信号分離装置の動作（OTDM 信号分離方法）を、図 1 ~ 図 3 に加え、図 4 ~ 図 7 をも参照しながら説明する。

【0028】

20

送信ノードが送信した波長 λ_0 の OTDM 信号が、当該 OTDM 信号分離装置 100 に到来すると、光カプラ 101 によって 2 分岐され、一方の OTDM 信号は光カプラ 112 に与えられ、他方の OTDM 信号は、光電変換器 102 によって電気信号に変換されてタイミング抽出回路 103 に与えられる。タイミング抽出回路 103 によって、電気信号に変換された信号から、各チャネルの期間を明確にしたクロック成分が抽出され、分周回路 104 - 1 及び 104 - 2 に与えられると共に、遅延器 106 - 1、106 - 2 を介して光パルス光源 107 - 1、107 - 2 に与えられる。

【0029】

光パルス光源 107 - 1 において、対応する遅延器 106 - 1 を介して与えられたクロック成分に基づいて、OTDM 信号における各チャネルの割当期間毎に 1 個のゲートパルス（包絡線の形状がパルス形状）を含む波長 λ_1 の図 2 及び図 3（C）に示すような光ゲートパルス列が発生され、対応する位相変調器 108 - 1 に搬送波として与えられる。また、光パルス光源 107 - 2 において、対応する遅延器 106 - 2 を介して与えられたクロック成分に基づいて、OTDM 信号における各チャネルの割当期間毎に 1 個のゲートパルス（包絡線の形状がパルス形状）を含む波長 λ_2 の図 2 及び図 3（C）に示すような光ゲートパルス列が発生され、対応する位相変調器 108 - 2 に搬送波として与えられる。

30

【0030】

タイミング抽出回路 103 で抽出されたクロック成分は分周回路 104 - 1 で 1 / 多重数に分周された後、変調器駆動回路 105 - 1 によって図 3（A）に示すような放物線状のパルスを含む変調信号に変換され、位相変調器 108 - 1 に与えられる。また、タイミング抽出回路 103 で抽出されたクロック成分は分周回路 104 - 2 で 1 / 多重数に分周された後、変調器駆動回路 105 - 2 によって図 3（B）に示すような放物線状のパルスを含む変調信号に変換され、位相変調器 108 - 2 に与えられる。

40

【0031】

図 3（A）に示す変調信号は、第 1 チャネル（CH1）の期間における変調度を $-\pi$ から π へ徐々に変化し、第 2 チャネル（CH2）の期間における変調度を概ね π から $-\pi$ へ徐々に変化し、第 3 チャネル（CH3）及び第 4 チャネル（CH4）の期間における変調度を $-\pi$ に固定しているものである。また、図 3（B）に示す変調信号は、第 1 チャネル（CH1）及び第 2 チャネル（CH2）の期間における変調度を $-\pi$ に固定し、第 3 チャネル（CH3）の期間における変調度を概ね $-\pi$ から π へ徐々に変化し、第 4 チャネル（

50

C H 4) の期間における変調度を概ね π から $-\pi$ へ徐々に変化しているものである。

【 0 0 3 2 】

波長が λ_1 及び λ_2 の搬送波が重畳している二つのゲートパルス列には、対応する位相変調器 1 0 8 - 1、1 0 8 - 2 によって、変調信号に応じた位相変調が施され、線形チャープが加えられる。

【 0 0 3 3 】

すなわち、図 3 (A)、(B) に示すような変調信号に応じて位相変調されたゲートパルス列は、図 4 (A)、(B) に示すような周波数チャープが加えられることになる。図 4 における数値は、O T D M 信号の伝送速度が $9.9582 \times 4 \text{ G b p s}$ 、ゲートパルス列の半値幅が 10 p s の場合に関して示してある。図 4 に示すように、各ゲートパルス列は、図 4 に示すタイミングにより、各搬送波を中心として、線形チャープが加えられることになる。

【 0 0 3 4 】

波長 λ_1 、 λ_2 に対応する周波数をそれぞれ f_1 、 f_2 とする。位相変調器 1 0 8 - 1 から出力されたゲートパルス列における第 1 チャンネル及び第 2 チャンネル用のゲートパルスは、一定の周波数 $f_1 [\text{H z}]$ をとり、位相変調器 1 0 8 - 1 から出力されたゲートパルス列における第 3 チャンネル用のゲートパルスは、 $f_1 [\text{H z}]$ より高い範囲で周波数が徐々に低下していくものとなり、位相変調器 1 0 8 - 1 から出力されたゲートパルス列における第 4 チャンネル用のゲートパルスは、 $f_1 [\text{H z}]$ より低い範囲で周波数が徐々に低下していくものとなる。また、位相変調器 1 0 8 - 2 から出力されたゲートパルス列における第 1 チャンネル用のゲートパルスは、 $f_2 [\text{H z}]$ より高い範囲で周波数が徐々に低下していくものとなり、位相変調器 1 0 8 - 2 から出力されたゲートパルス列における第 2 チャンネル用のゲートパルスは、 $f_2 [\text{H z}]$ より低い範囲で周波数が徐々に低下していくものとなり、位相変調器 1 0 8 - 2 から出力されたゲートパルス列における第 3 チャンネル及び第 4 チャンネル用のゲートパルスは、一定の周波数 $f_2 [\text{H z}]$ をとるものとなる。

【 0 0 3 5 】

図 5 は、位相変調後の二つのゲートパルス列のスペクトル分布の時間変化を示している。第 1 チャンネルの期間では、波長 λ_1 に関して $f_1 [\text{H z}]$ をとるゲートパルスと、波長 λ_2 に関して周波数 $f_2 [\text{H z}]$ より高い範囲で周波数が変化したゲートパルスとが存在する。丸を付与した后者のゲートパルスは、光フィルタ 1 1 4 における 4 つの抽出帯域の一つとなっている。第 2 チャンネルの期間では、波長 λ_1 に関して $f_1 [\text{H z}]$ をとるゲートパルスと、波長 λ_2 に関して周波数 $f_2 [\text{H z}]$ より低い範囲で周波数が変化したゲートパルスとが存在する。丸を付与した后者のゲートパルスは、光フィルタ 1 1 4 における 4 つの抽出帯域の一つとなっている。第 3 チャンネルの期間では、波長 λ_1 に関して $f_1 [\text{H z}]$ より高い範囲で周波数が変化したゲートパルスと、波長 λ_2 に関して周波数 $f_2 [\text{H z}]$ をとるゲートパルスとが存在する。丸を付与した前者のゲートパルスは、光フィルタ 1 1 4 における 4 つの抽出帯域の一つとなっている。第 4 チャンネルの期間では、波長 λ_1 に関して $f_1 [\text{H z}]$ より低い範囲で周波数が変化したゲートパルスと、波長 λ_2 に関して周波数 $f_2 [\text{H z}]$ をとるゲートパルスとが存在する。丸を付与した前者のゲートパルスは、光フィルタ 1 1 4 における 4 つの抽出帯域の一つとなっている。

【 0 0 3 6 】

このような位相変調後の二つのゲートパルス列と、受信した O T D M 信号とは、両者の同期がとられた状態で、電界吸収型変調器 1 1 3 に入力される。ここで、電界吸収型変調器 1 1 3 に適当な逆バイアス電圧をかけ、電界吸収変調効果を発揮させることにより、O T D M 信号の各チャンネルの包絡線情報 (各チャンネルのビット情報) がゲートパルス列に転写される。

【 0 0 3 7 】

電界吸収型変調器 1 1 3 に入力される O T D M 信号が、例えば、図 6 (A) に示すように、第 4 チャンネル = 「 1 」、第 3 チャンネル = 「 1 」、第 2 チャンネル = 「 1 」、第 1 チャンネル = 「 0 」、第 4 チャンネル = 「 1 」、第 3 チャンネル = 「 1 」、第 2 チャンネル = 「 0 」、第

10

20

30

40

50

1チャンネル＝「1」、...という包絡線の変化を行うものであったとする（パルス状包絡線のありが「1」、なしが「0」で表している）。

【0038】

位相変調後の二つのゲートパルス列においては、線形チャープ処理は行われているが、図6（B）に示すように、各チャンネル期間において、ゲートパルスが存在している。OTDM信号において、パルス状包絡線が存在しない期間では、電界吸収型変調器113を通過することによる転写により、位相変調後の二つのゲートパルス列からも、その期間のパルスが消失する。図6（A）に示すOTDM信号が電界吸収型変調器113に入力されたときには、波長 λ_1 及び λ_2 を中心とする2つのゲートパルス列は、電界吸収型変調器113を通過することにより、図6（C）に示すような一部のパルスが消失したものとなる。

10

【0039】

図5を用いて上述したように、光フィルタ114の抽出帯域は4つあり、各抽出帯域は各チャンネルに1対1に対応しており、光フィルタ114によって、各チャンネルが光学的に分離される。例えば、光フィルタ114として、100GHzのバンドパスフィルタを4つ用いる場合を想定すると、上述した図5に示すように、各バンドパスフィルタの中心周波数を選定すれば良い。

【0040】

図6（C）に示すような一部のパルスが消失した二つのゲートパルス列を、光フィルタ114に入力した場合には、図7に示すような分離出力が得られる。

20

【0041】

（A-3）第1の実施形態の効果

第1の実施形態によれば、受信したOTDM信号に正確に同期したOTDM信号の波長とは異なる波長の搬送波を適用した光ゲートパルス列を生成し、OTDM信号に同期している伝送速度に対して分周されたクロックにより、放物線波特性を持つ変調信号を生成し、OTDM信号の多重周期毎に光ゲートパルスを位相変調して線形チャープを加え、OTDM信号と、位相変調後の光ゲートパルス列とを電界吸収変調効果のあるデバイスに入力することにより、OTDM信号の各チャンネルの包絡線情報を、線形チャープされた光ゲートパルス列に転写し、バンドパスフィルタ等を用いることにより、時間的に変化するスペクトルに応じて各チャンネルを切り出すようにしたので、非線形光学効果に由来する手法を用いておらず、簡素で低コストの構成でOTDM信号を一括分離することができる。

30

【0042】

（B）第2の実施形態

次に、本発明によるOTDM信号分離装置及び方法の第2の実施形態を、図面を参照しながら詳述する。第2の実施形態は、ゲートパルスの搬送波として2波を用いながら位相変調器が1つである点が、第1の実施形態と大きく異なっている点である。

【0043】

図8は、第2の実施形態に係るOTDM信号分離装置の全体構成を示すブロック図であり、第1の実施形態に係る図1との同一、対応部分には同一符号を付して示している。図8は、OTDM信号の多重数が4（4チャンネル多重）の場合の構成を示している。

40

【0044】

図2において、第2の実施形態に係るOTDM信号分離装置100Aは、光カプラ101、光電変換器102、タイミング抽出回路103、遅延器804、変調器駆動回路部805、位相変調器806、分周回路807、強度変調器808、CW光源809-1、809-2、光カプラ810、分波器811、遅延器812、光カプラ813、遅延器111、光カプラ112、電界吸収型変調器113及び光フィルタ114を有する。分周回路807、強度変調器808、CW光源809-1、809-2及び光カプラ810でなる部分は、2波重畳のパルス光源となっている。

【0045】

光カプラ101、光電変換器102、タイミング抽出回路103、遅延器111、光カ

50

ブラ 1 1 2、電界吸収型変調器 1 1 3 及び光フィルタ 1 1 4 は、第 1 の実施形態のものと同様であるので、その説明は省略する。但し、遅延器 1 1 1、光カブラ 1 1 2、電界吸収型変調器 1 1 3 及び光フィルタ 1 1 4 が取り扱う、波長 λ_1 のゲートパルス列には、第 1 チャンネル及び第 3 チャンネル用のゲートパルスだけが盛り込まれており、波長 λ_2 のゲートパルス列には、第 2 チャンネル及び第 4 チャンネル用のゲートパルスだけが盛り込まれている点は、第 1 の実施形態と異なっている。

【 0 0 4 6 】

各 CW 光源 8 0 9 - 1、8 0 9 - 2 はそれぞれ、波長 λ_1 、 λ_2 の連続光 (CW 光) を発生するものであり、これら波長 λ_1 、 λ_2 の 2 つの CW 光は光カブラ 8 1 0 で合波されて強度変調器 8 0 8 に搬送波信号として入力される。分周回路 8 0 7 には、タイミング抽出回路 1 0 3 が抽出したクロック成分が与えられ、分周回路 8 0 7 は、このクロック成分を 1 / 2 分周して強度変調器 8 0 8 に変調信号として与える。1 / 2 分周により、1 多重周期における 4 チャンネル分の各チャンネル期間のうち、1 つ置きのチャンネル期間を規定する分周信号 (変調信号) が形成される。強度変調器 8 0 8 は、光カブラ 8 1 0 からの搬送波信号を、分周回路 8 0 7 からの変調信号に応じて強度変調する。

【 0 0 4 7 】

この強度変調により、波長 λ_1 の搬送波信号に対しても、波長 λ_2 の搬送波信号に対しても、図 9 (B) 及び (C) に示すように、1 つ置きのチャンネル期間毎にゲートパルスが存在するゲートパルス列が得られ、位相変調器 8 0 6 に入力される。図 9 (B) 及び (C) は、波長 λ_1 の搬送波に係るゲートパルスが第 1 チャンネル及び第 3 チャンネル用のものであり、波長 λ_2 の搬送波に係るゲートパルスが第 2 チャンネル及び第 4 チャンネル用のものである場合を示している。

【 0 0 4 8 】

遅延器 8 0 4 は、後述する変調器駆動回路 8 0 5 から出力される変調信号と、強度変調器 8 0 8 から出力されるゲートパルス列との位相関係が、図 9 (A) と、図 9 (B) 及び (C) との関係になるように、タイミング抽出回路 1 0 3 が抽出したクロック成分を遅延させて変調器駆動回路 8 0 5 に与えるものである。変調器駆動回路 8 0 5 は、遅延器 8 0 4 からのクロック成分に基づき 1 多重周期 (4 チャンネル期間) の間で、放物線状に変化する、図 9 (A) に示す変調信号を形成して位相変調器 8 0 6 に与える。位相変調器 8 0 6 は、波長 λ_1 及び λ_2 が合波されているゲートパルス列 (の搬送波) を、変調器駆動回路 8 0 5 からの変調信号に応じて位相変調する。この位相変調により、周波数チャープ (線形チャープ) がなされる。

【 0 0 4 9 】

波長 λ_1 の第 1 チャンネル用のゲートパルスと、波長 λ_2 の第 2 チャンネル用のゲートパルスとが生じている期間における変調信号は、変調度が概ね $-\pi$ から π へ徐々に変化していくものとなっており、波長 λ_1 の第 3 チャンネル用のゲートパルスと、波長 λ_2 の第 4 チャンネル用のゲートパルスとが生じている期間における変調信号は、変調度が概ね π から $-\pi$ へ徐々に変化していくものとなっている。

【 0 0 5 0 】

位相変調器 8 0 6 から出力された線形チャープが施されたゲートパルス列は、分波器 8 1 1 に与えられ、第 1 チャンネル用及び第 3 チャンネル用のゲートパルスを含む波長 λ_1 のゲートパルス列と、第 2 チャンネル用及び第 4 チャンネル用のゲートパルスを含む波長 λ_2 のゲートパルス列とに分波される。分波された波長 λ_1 のゲートパルス列は、光カブラ 8 1 3 に直接与えられ、分波された波長 λ_2 のゲートパルス列は、遅延器 8 1 2 を介して、1 チャンネル期間だけ遅延されて光カブラ 8 1 3 に与えられ、光カブラ 8 1 3 が、波長 λ_1 のゲートパルス列と波長 λ_2 のゲートパルス列とを合成する。これにより、光カブラ 8 1 3 から出力されたゲートパルス列は、図 9 (D) に示すように、第 1 チャンネル ~ 第 4 チャンネル用のゲートパルスがこの順に現れるものとなる。但し、第 1 チャンネル用及び第 3 チャンネル用のゲートパルスが波長 λ_1 の搬送波に係り、第 2 チャンネル用及び第 4 チャンネル用のゲートパルスが波長 λ_2 の搬送波に係っている。

【 0 0 5 1 】

光カプラ 8 1 3 から出力されたゲートパルス列は、上述したように、線形チャープが施されたゲートパルスの集まりである。図 1 0 は、各チャンネル用のゲートパルスにおける線形チャープの説明図である。波長 λ_1 、 λ_2 に対応する周波数をそれぞれ f_1 、 f_2 とする。第 1 チャンネル用のゲートパルスは、 f_1 [H z] より高い範囲で周波数が徐々に低下していくものとなり、第 3 チャンネル用のゲートパルスは、 f_1 [H z] より低い範囲で周波数が徐々に低下していくものとなっている。また、第 2 チャンネル用のゲートパルスは、 f_2 [H z] より高い範囲で周波数が徐々に低下していくものとなり、第 4 チャンネル用のゲートパルスは、 f_2 [H z] より低い範囲で周波数が徐々に低下していくものとなっている。

10

【 0 0 5 2 】

光カプラ 8 1 3 から出力されたゲートパルス列は、第 1 の実施形態と同様に、遅延器 1 1 1 及び光カプラ 1 1 2 を介して電界吸収型変調器 1 1 3 に与えられ、光カプラ 1 0 1 から出力された O T D M 信号は、第 1 の実施形態と同様に、光カプラ 1 1 2 を介して電界吸収型変調器 1 1 3 に与えられ、電界吸収型変調器 1 1 3 において、O T D M 信号における各チャンネルの情報（包絡線）が光カプラ 8 1 3 から出力されたゲートパルス列に転写されて光フィルタ 1 1 4 に与えられる。

【 0 0 5 3 】

この第 2 の実施形態の場合、図 1 0 に示すように、線形チャープが施されるので、光フィルタ 1 1 4 は、図 1 1 に示すような 4 つの 1 0 0 G H z のバンドパスフィルタを有し、各チャンネルのパルスを一括分離する。

20

【 0 0 5 4 】

第 2 の実施形態によっても、第 1 の実施形態と同様に、非線形光学効果に由来する手法を用いることなく、簡素で低コストの構成で O T D M 信号を一括分離することができる、という効果を奏することができる。

【 0 0 5 5 】

(C) 第 3 の実施形態

次に、本発明による O T D M 信号分離装置及び方法の第 3 の実施形態を、図面を参照しながら詳述する。第 3 の実施形態は、ゲートパルスの搬送波として 1 波を用いた点が、第 1 や第 2 の実施形態と大きく異なっている点である。

30

【 0 0 5 6 】

図 1 2 は、第 3 の実施形態に係る O T D M 信号分離装置の全体構成を示すブロック図であり、第 2 の実施形態に係る図 8 との同一、対応部分には同一、対応符号を付して示している。図 1 2 は、O T D M 信号の多重数が 4（4 チャンネル多重）の場合の構成を示している。

【 0 0 5 7 】

図 1 2 において、第 3 の実施形態に係る O T D M 信号分離装置 1 0 0 B は、光カプラ 1 0 1、光電変換器 1 0 2、タイミング抽出回路 1 0 3、遅延器 8 0 4、変調器駆動回路 8 0 5、位相変調器 8 0 6、強度変調器 8 0 8、C W 光源 8 0 9、遅延器 1 1 1、光カプラ 1 1 2、電界吸収型変調器 1 1 3 及び光フィルタ 1 1 4 を有する。

40

【 0 0 5 8 】

光カプラ 1 0 1、光電変換器 1 0 2、タイミング抽出回路 1 0 3、遅延器 1 1 1、光カプラ 1 1 2、電界吸収型変調器 1 1 3 及び光フィルタ 1 1 4 は、第 1 の実施形態のものと同様であるので、その説明は省略する。但し、遅延器 1 1 1、光カプラ 1 1 2、電界吸収型変調器 1 1 3 及び光フィルタ 1 1 4 は、単一波長 λ のゲートパルス列だけを扱う点は、第 1 の実施形態と異なっている。

【 0 0 5 9 】

C W 光源 8 0 9 は、波長 λ_1 の連続光（C W 光）を発生するものであり、この C W 光は強度変調器 8 0 8 に搬送波信号として入力される。強度変調器 8 0 8 には、タイミング抽出回路 1 0 3 が抽出したクロック成分が変調信号として与えられる。強度変調器 8 0 8 は

50

、CW光源809からの搬送波信号を、タイミング抽出回路103からの変調信号に応じて強度変調し、これにより、OTDM信号における各チャネル期間に対応した、図13(A)に示すようなゲートパルス列が形成され、位相変調器806に与えられる。

【0060】

遅延器804は、後述する変調器駆動回路805から出力される変調信号と、強度変調器808から出力されるゲートパルス列との位相関係が、図13(A)と、図13(B)との関係になるように、タイミング抽出回路103が抽出したクロック成分を遅延させて変調器駆動回路805に与えるものである。変調器駆動回路805は、遅延器804からのクロック成分に基づき1多重周期(4チャネル期間)の間で、放物線状に変化する、図13(A)に示す変調信号を形成して位相変調器806に与える。位相変調器806は、波長 λ_1 のゲートパルス列(の搬送波)を、変調器駆動回路805からの変調信号に応じて位相変調する。この位相変調により、周波数チャープ(線形チャープ)がなされる。

【0061】

第1チャネル用のゲートパルスが生じている期間における変調信号は、変調度が概ね $-\pi$ から0へ徐々に変化していくものとなっており、第2チャネル用のゲートパルスが生じている期間における変調信号は、変調度が概ね0から π へ徐々に変化していくものとなっており、第3チャネル用のゲートパルスが生じている期間における変調信号は、変調度が概ね π から0へ徐々に変化していくものとなっており、第4チャネル用のゲートパルスが生じている期間における変調信号は、変調度が概ね0から $-\pi$ へ徐々に変化していくものとなっている。

【0062】

位相変調器806から出力された線形チャープが施されたゲートパルス列は、上述したように、線形チャープが施されたゲートパルスの集まりである。図14は、各チャネル用のゲートパルスにおける線形チャープの説明図である。波長 λ_1 に対応する周波数を f_1 とする。第1チャネル用のゲートパルスは、 f_1 [Hz] よりかなり高い範囲で周波数が徐々に低下していくものとなり、第2チャネル用のゲートパルスは、 f_1 [Hz] より高い範囲で周波数が徐々に低下していくものとなり、第3チャネル用のゲートパルスは、 f_1 [Hz] より低い範囲で周波数が徐々に低下していくものとなり、第4チャネル用のゲートパルスは、 f_1 [Hz] よりかなり低い範囲で周波数が徐々に低下していくものとなっている。

【0063】

位相変調器806から出力されたゲートパルス列は、遅延器111及び光カプラ112を介して電界吸収型変調器113に与えられ、光カプラ101から出力されたOTDM信号は、第1の実施形態と同様に、光カプラ112を介して電界吸収型変調器113に与えられ、電界吸収型変調器113において、OTDM信号における各チャネルの情報(包絡線)が位相変調器806から出力されたゲートパルス列に転写されて光フィルタ114に与えられる。

【0064】

この第3の実施形態の場合、図14に示すように、線形チャープが施されるので、光フィルタ114は、4つのバンドパスフィルタを有し、各チャネルのパルスを一括分離する。

【0065】

第3の実施形態によっても、第1の実施形態と同様に、非線形光学効果に由来する手法を用いることなく、簡素で低コストの構成でOTDM信号を一括分離することができる、という効果を奏することができる。

【0066】

(D)他の実施形態

本発明は、上記各実施形態のものに限定されず、以下に例示するような変形実施形態を挙げることができる。

【0067】

10

20

30

40

50

上記各実施形態では多重数が4のものを示したが、多重数がこれに限られないことは勿論である。

【0068】

上記第1及び第2の実施形態では2波のゲートパルスを利用し、第3の実施形態では1波のゲートパルスを利用したものを示したが、3波以上のゲートパルスを利用するようにしても良い。

【0069】

上記各実施形態では、光フィルタ114によって全てのチャネルを一括分離するものを示したが、光フィルタ114を、一部のチャネルだけを抽出するように構成しても良い。

【0070】

第1の実施形態において、波長 λ_1 に係るゲートパルス列の第3チャネル及び第4チャネル用のゲートパルスと、波長 λ_2 に係るゲートパルス列の第1チャネル及び第2チャネル用のゲートパルスとは実際には利用されないダミーパルスであるので、光カプラ112でOTDM信号と合波される前に、マスク(除去)するようにしても良い。

【0071】

第2の実施形態においては、波長 λ_1 及び λ_2 のCW光を合波した後にゲートパルス化するものを示したが、波長 λ_1 及び λ_2 のCW光をそれぞれゲートパルス化した後に合波するようにしても良い。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】第1の実施形態に係るOTDM信号分離装置の全体構成を示すブロック図である。

【図2】第1の実施形態におけるゲートパルス列を示す説明図である。

【図3】第1の実施形態における位相変調の変調信号とゲートパルス列とのタイミング関係を示すタイミングチャートである。

【図4】第1の実施形態における各チャネル用のゲートパルスに施す線形チャープを示す説明図である。

【図5】第1の実施形態の線形チャープによるスペクトル分布の時間変化を示す説明図である。

【図6】第1の実施形態におけるOTDM信号のゲートパルスへの転写を示す説明図である。

【図7】第1の実施形態における各チャネルに分離された信号を示す説明図である。

【図8】第2の実施形態に係るOTDM信号分離装置の全体構成を示すブロック図である。

【図9】第2の実施形態における位相変調の変調信号とゲートパルス列とのタイミング関係を示すタイミングチャートである。

【図10】第2の実施形態における各チャネル用のゲートパルスに施す線形チャープを示す説明図である。

【図11】第2の実施形態の線形チャープによるスペクトル分布の時間変化を示す説明図である。

【図12】第3の実施形態に係るOTDM信号分離装置の全体構成を示すブロック図である。

【図13】第3の実施形態における位相変調の変調信号とゲートパルス列とのタイミング関係を示すタイミングチャートである。

【図14】第3の実施形態における各チャネル用のゲートパルスに施す線形チャープを示す説明図である。

【符号の説明】

【0073】

100、100A、100B... OTDM信号分離装置、

101、110、112、810、813... 光カプラ、

10

20

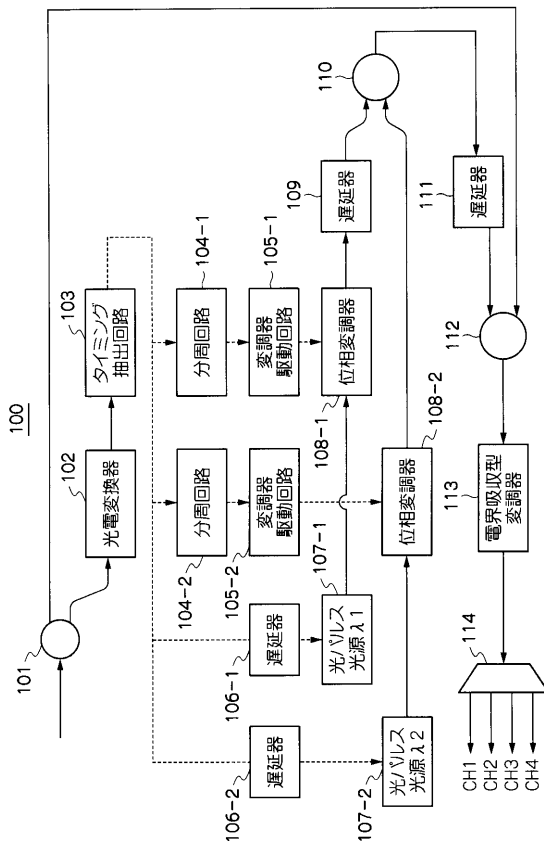
30

40

50

- 102 ... 光電変換器、
 103 ... タイミング抽出回路、
 104 - 1、104 - 2、807 ... 分周回路、
 105 - 1、105 - 2、805 ... 変調器駆動回路、
 106 - 1、106 - 2、109、111、804、812 ... 遅延器、
 107 - 1、107 - 2 ... 光パルス光源、
 108 - 1、108 - 2、806 ... 位相変調器、
 113 ... 電界吸収型変調器、
 114 ... 光フィルタ、
 808 ... 強度変調器、
 809 - 1、809 - 2、809 ... C W 光源、
 811 ... 分波器。

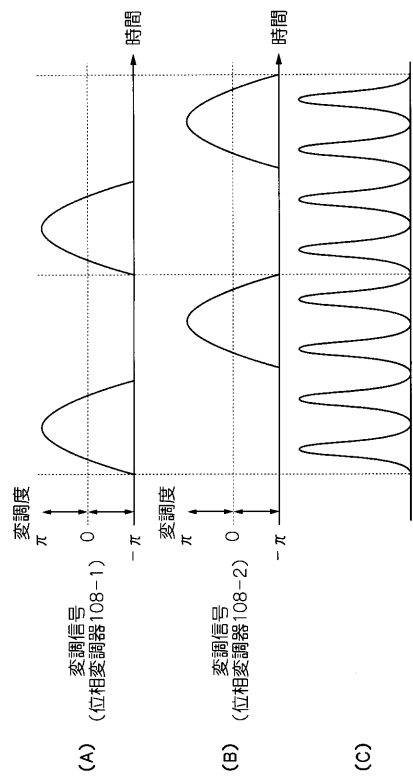
【図 1】



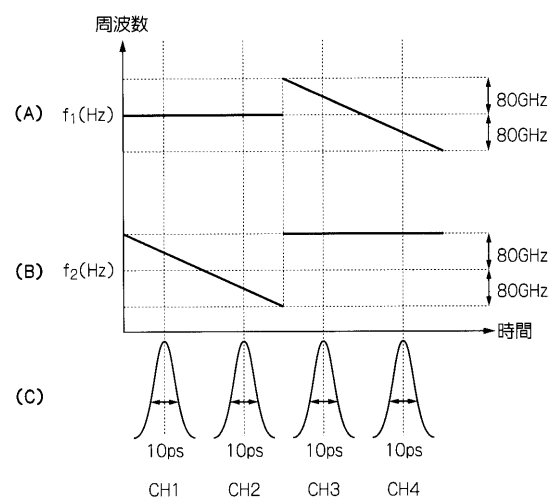
【図 2】



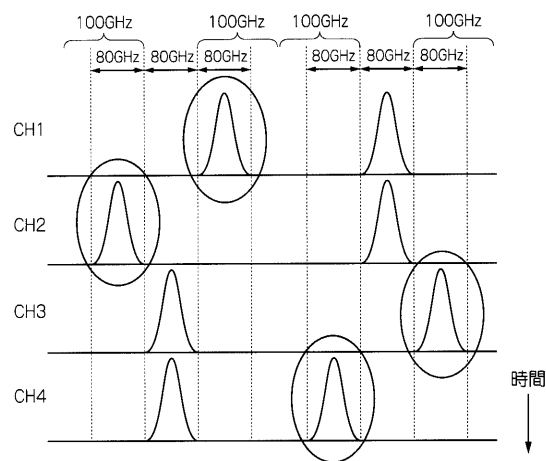
【 図 3 】



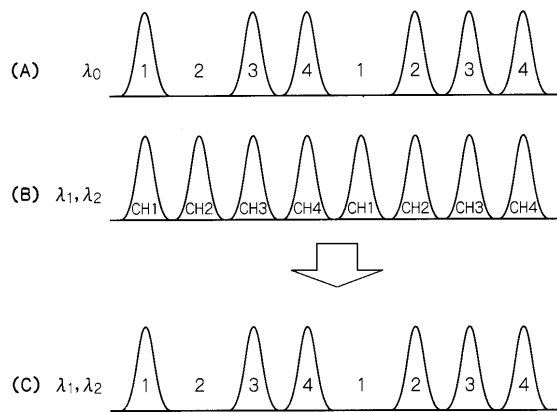
【 図 4 】



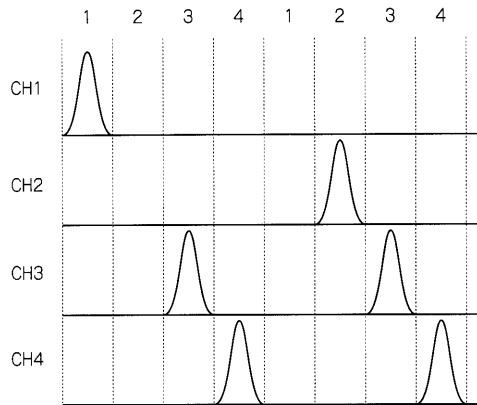
【 図 5 】



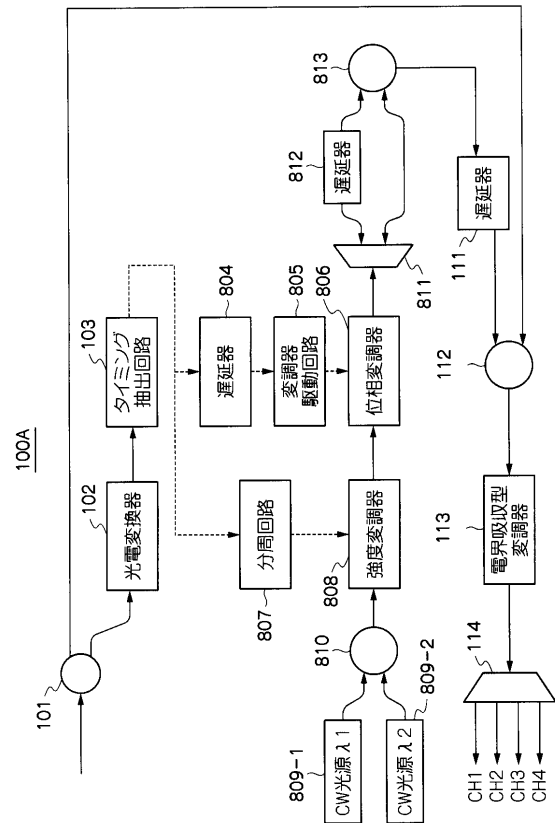
【 図 6 】



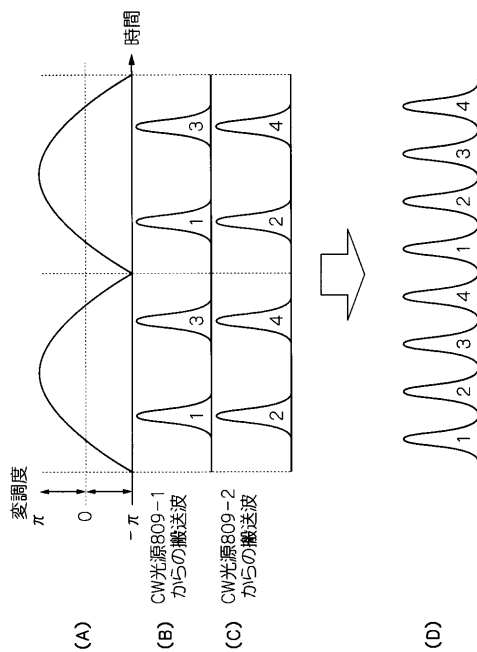
【図 7】



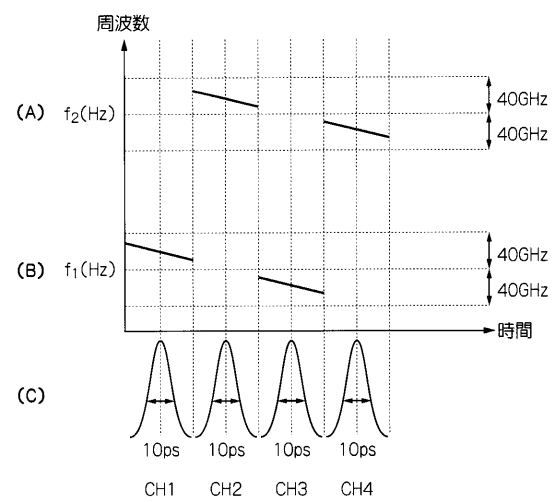
【図 8】



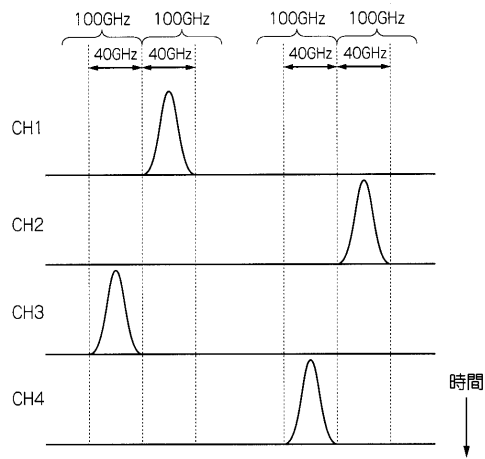
【図 9】



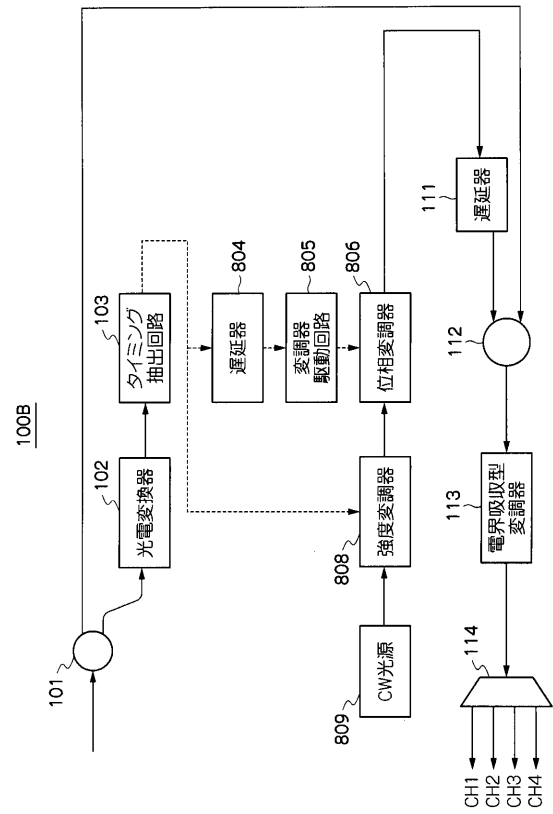
【図 10】



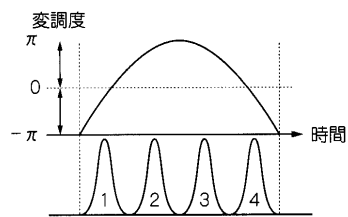
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】

