

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4356432号  
(P4356432)

(45) 発行日 平成21年11月4日(2009.11.4)

(24) 登録日 平成21年8月14日(2009.8.14)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>GO 1 M</b>	<b>11/02</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 1 M</b>	<b>11/02</b>	<b>K</b>
<b>HO 4 B</b>	<b>10/08</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>HO 4 B</b>	<b>9/00</b>	<b>K</b>

請求項の数 10 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2003-394996 (P2003-394996)	(73) 特許権者	000208891
(22) 出願日	平成15年11月26日(2003.11.26)		KDDI株式会社
(65) 公開番号	特開2005-156339 (P2005-156339A)		東京都新宿区西新宿二丁目3番2号
(43) 公開日	平成17年6月16日(2005.6.16)	(74) 代理人	100090284
審査請求日	平成17年9月8日(2005.9.8)		弁理士 田中 常雄
		(72) 発明者	林 通秋
			埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式
			会社KDDI研究所内
		(72) 発明者	田中 英明
			埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式
			会社KDDI研究所内
		審査官	平田 佳規

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長分散測定方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光伝送路(20)の波長分散を測定する方法であって、  
テストデータで強度変調された試験信号光を生成して、当該光伝送路(20)に入力する入力ステップと、

当該光伝送路(20)から出力される当該試験信号光から互いに異なる第1及び第2の成分光を抽出する抽出ステップであって、当該第1の成分光が、当該試験信号光の主信号光、上サイドバンド成分光及び下サイドバンド成分光の何れか1つであり、当該第2の成分光が、当該主信号光、当該上サイドバンド成分光及び当該下サイドバンド成分光の内の、当該第1の成分光とは異なる何れか1つである抽出ステップと、

当該第1の成分光と当該第2の成分光との間の時間差を計測する時間差計測ステップと、

計測された時間差を波長分散に変換する変換ステップ  
とを具備し、

当該時間差計測ステップが、  
当該第2の成分光に可変の遅延時間を与える可変遅延ステップと、  
当該第1の成分光と、当該可変遅延ステップで遅延された当該第2の成分光との間の光学的相関をとる相関ステップと、

当該遅延時間を掃引しながら、当該相関ステップで算出される相関が最大になる点を検出することで、当該第1の成分光と当該第2の成分光との間の時間差を決定する掃引ステ

ップであって、当該可変遅延ステップの当該遅延時間を三角波形で変化させ、当該遅延時間の増加方向と当該遅延時間の減少方向の両方で当該第 1 の成分光と当該第 2 の成分光との間の時間差を決定する掃引ステップ

とを具備することを特徴とする波長分散測定方法。

【請求項 2】

当該時間差計測ステップが、更に、当該関連ステップの前に当該第 1 の成分光に一定の遅延を与える固定遅延ステップを有することを特徴とする請求項 1 に記載の波長分散測定方法。

【請求項 3】

当該第 1 の成分光が、上サイドバンド成分及び下サイドバンド成分の一方からなり、当該第 2 の成分光が上サイドバンド成分及び下サイドバンド成分の他方からなることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の波長分散測定方法。

10

【請求項 4】

当該第 1 の成分光及び当該第 2 の成分光の何れか一方が主信号光からなることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の波長分散測定方法。

【請求項 5】

光伝送路 ( 2 0 ) から出力される試験信号光から、当該試験信号光の主信号光、上サイドバンド成分光及び下サイドバンド成分光の何れか 1 つである第 1 の成分光と、当該主信号光、当該上サイドバンド成分光及び当該下サイドバンド成分光の内の、当該第 1 の成分光とは異なる何れか 1 つである第 2 の成分光を抽出する抽出装置 ( 3 2 , 3 4 U , 3 4 L ) と、

20

当該第 1 の成分光と当該第 2 の成分光との間の時間差を計測する時間差計測装置 ( 3 6 ~ 5 4 ) と、

計測された時間差を波長分散に変換する変換装置 ( 5 6 )

とを具備する波長分散測定装置であって、

当該時間差計測装置が、

当該第 1 の成分光に一定の遅延を与える固定遅延器 ( 3 6 ) と、

当該第 2 の成分光に可変の遅延時間を与える可変遅延器 ( 4 0 , 4 4 ) であって、三角波で遅延時間を掃引駆動される可変遅延器と、

当該固定遅延器 ( 3 6 ) 及び当該可変遅延器 ( 4 0 , 4 4 ) により遅延された当該第 1 及び第 2 の成分光との間の相関をとる光相関器 ( 3 8 , 4 2 , 4 8 ; 4 1 , 3 8 , 4 8 ) と、

30

当該可変遅延器の遅延時間を掃引制御し、当該光相関器 ( 3 8 , 4 2 , 4 8 ; 4 1 , 3 8 , 4 8 ) で算出される当該相関が最大になる当該可変遅延器の遅延時間を検出する遅延計測器 ( 5 0 , 5 2 , 5 4 ) であって、当該可変遅延線の遅延時間の増加方向と減少方向の両方で、当該光相関器で算出される当該相関が最大になる当該可変遅延線の遅延時間を検出する遅延計測器

とを具備することを特徴とする波長分散測定装置。

【請求項 6】

当該光相関器が、ポート A の入力光をポート B から出力し、ポート B の入力光をポート C から出力する光サーキュレータ ( 4 2 ) と、当該光サーキュレータのポート B に接続する電気吸収型光変調器 ( 3 8 ) と、当該光サーキュレータのポート C に接続する光フィルタ ( 4 8 ) とを具備し、

40

当該固定遅延器 ( 3 6 ) 及び当該可変遅延器 ( 4 0 , 4 4 ) の内の一方の出力光が、当該電気吸収型光変調器 ( 3 8 ) を介して当該光サーキュレータのポート B に入力するとともに、当該固定遅延器 ( 3 6 ) 及び当該可変遅延器 ( 4 0 , 4 4 ) の内の他方の出力光が当該光サーキュレータ ( 4 2 ) のポート A に入力することを特徴とする請求項 5 に記載の波長分散測定装置。

【請求項 7】

50

当該光相関器が、  
 当該固定遅延器（36）及び可変遅延器（40，44）の出力光が入力する電気吸収型光変調器（38）と、  
 当該電気吸収型光変調器（38）の出力光から、当該第1及び第2の成分光の何れか一方の波長成分を抽出する光フィルタ（48）  
 とを具備することを特徴とする請求項5に記載の波長分散測定装置。

【請求項8】

当該遅延計測器が、  
 当該光相関器の光相関出力信号光を電気信号に変換する光電変換器（50）と、  
 当該光電変換器（50）の電気出力信号のピークを検出するピーク検出装置（52）と  
 、  
 当該可変遅延器の遅延時間の変化に同期して、計時をスタートし、当該ピーク検出装置（52）のピーク検出に応じて計時をストップするタイマ（54）  
 とを具備することを特徴とする請求項5に記載の波長分散測定装置。

【請求項9】

当該第1の成分光が、上サイドバンド成分及び下サイドバンド成分の一方からなり、当該第2の成分光が上サイドバンド成分及び下サイドバンド成分の他方からなることを特徴とする請求項5乃至8の何れか1項に記載の波長分散測定装置。

【請求項10】

当該第1の成分光及び当該第2の成分光の何れか一方が主信号光からなることを特徴とする請求項5乃至8の何れか1項に記載の波長分散測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光伝送路の波長分散を測定する方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光ファイバ伝送システムでは、光ファイバ伝送路の波長分散の影響を避けえない。そこで、光伝送路の波長分散量を測定する技術が必要になり、従来、非特許文献1，2，3に記載される方法が知られている。

【0003】

非特許文献1に記載の方法では、光信号を電気信号に変換し、その電気信号から、波長分散の影響を受ける電気スペクトル強度を検出する。この電気スペクトル強度は、光伝送路の波長分散量に従って低下する。第1の方法では、この関係を利用して、光伝送路の波長分散量を推定する。

【0004】

非特許文献2に記載の第2の方法では、光送信装置において、光信号に周波数 $f$ （Hz）のトーン信号を重畳して光伝送路に出力し、光受信装置では、光伝送路から出力される信号光を電気信号に変換し、その電気信号からトーン周波数 $f$ （Hz）の成分を抽出する。光受信装置で検出されるトーン周波数成分の振幅は、光伝送路の波長分散量に応じて低下するので、この関係を利用して、光伝送路の波長分散量を推定する。

【0005】

非特許文献3に記載の第3の方法では、光送信装置において、テストデータ（例えば、ランダム・データ）で強度変調した光信号を生成し、光伝送路に出力する。光受信装置では、光伝送路から入力した光信号から、強度変調の長波長側のサイドバンド成分（下サイドバンド）と短波長側のサイドバンド成分（上サイドバンド成分）を抽出し、各サイドバンド成分を電気信号に変換しクロック成分を抽出する。そして、2つのクロック成分の位相を比較する。この方法は、2つのクロックの位相差が、サイドバンド抽出の2つのフィルタのデチューニング量と信号波長における波長分散に依存することを利用する。

【非特許文献1】A. Sano et al., "Automatic dispersion equalization by monitoring

10

20

30

40

50

extracted-clock power level in a 40-Gbit/s, 200-km transmission line," Tu3.5, Vol. 2, pp. 207-209, ECOC'96

【非特許文献2】M. N. Peterson et al., "Dispersion monitoring and compensation using single in-band subcarrier tone," WH4, OFC 2001

【非特許文献3】Q. Yu et al., "Chromatic Dispersion Monitoring Technique Using Sideband Optical Filtering and Clock Phase-Shift Detection," Journal of Lightwave Technology, Vol. 20, No. 12, pp. 2267-2271, 2002

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述の従来第1及び第2の方法の測定結果は、偏波モード分散(PMD)及び光信号対雑音比(OSNR)等、波長分散以外の要因の影響を受けており、正確な波長分散を得ることが難しい。また、PMD補償器と組み合わせた構成で、波長分散測定を自動化することが難しい。

【0007】

第2の従来方法では、送信側と受信側の両方に追加装置が必要になり、光送信装置と光受信装置の構成が複雑になるという問題点もある。

【0008】

第3の方法は、PMD及びOSNRへの依存性が低いという利点があるものの、高速な2つの光電変換器、2つのクロック抽出器、及びクロック抽出器の出力の位相を比較する位相比較器が必要になり、高価で大掛かりな装置が必要になる。

【0009】

本発明は、簡易な構成でより高い精度の測定が可能な波長分散測定方法及び装置を提示することを目的とする。

【0010】

本発明はまた、PMD補償器を組み入れた光伝送システムにも適用可能な波長分散測定方法及び装置を提示することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明に係る波長分散測定方法は、光伝送路の波長分散を測定する方法であって、テストデータで強度変調された試験信号光を生成して、当該光伝送路に入力する入力ステップと、当該光伝送路から出力される当該試験信号光から互いに異なる第1及び第2の成分光を抽出する抽出ステップであって、当該第1の成分光が、当該試験信号光の主信号光、上サイドバンド成分光及び下サイドバンド成分光の何れか1つであり、当該第2の成分光が、当該主信号光、当該上サイドバンド成分光及び当該下サイドバンド成分光の内の、当該第1の成分光とは異なる何れか1つである抽出ステップと、当該第1の成分光と当該第2の成分光との間の時間差を計測する時間差計測ステップと、計測された時間差を波長分散に変換する変換ステップとを具備し、当該時間差計測ステップが、当該第2の成分光に可変の遅延時間を与える可変遅延ステップと、当該第1の成分光と、当該可変遅延ステップで遅延された当該第2の成分光との間の光学的相関をとる相関ステップと、当該遅延時間を掃引しながら、当該相関ステップで算出される相関が最大になる点を検出することで、当該第1の成分光と当該第2の成分光との間の時間差を決定する掃引ステップであって、当該可変遅延ステップの当該遅延時間を三角波形で変化させ、当該遅延時間の増加方向と当該遅延時間の減少方向の両方で当該第1の成分光と当該第2の成分光との間の時間差を決定する掃引ステップとを具備することを特徴とする。

【0020】

本発明に係る波長分散測定装置は、光伝送路から出力される試験信号光から、当該試験信号光の主信号光、上サイドバンド成分光及び下サイドバンド成分光の何れか1つである第1の成分光と、当該主信号光、当該上サイドバンド成分光及び当該下サイドバンド成分光の内の、当該第1の成分光とは異なる何れか1つである第2の成分光を抽出する抽出装

10

20

30

40

50

置と、当該第1の成分光と当該第2の成分光との間の時間差を計測する時間差計測装置と、計測された時間差を波長分散に変換する変換装置とを具備する波長分散測定装置であって、当該時間差計測装置が、当該第1の成分光に一定の遅延を与える固定遅延器と、当該第2の成分光に可変の遅延時間を与える可変遅延器であって、三角波で遅延時間を掃引駆動される可変遅延器と、当該固定遅延器及び当該可変遅延器により遅延された当該第1及び第2の成分光との間の相関をとる光相関器と、当該可変遅延器の遅延時間を掃引制御し、当該光相関器で算出される当該相関が最大になる当該可変遅延器の遅延時間を検出する遅延計測器であって、当該可変遅延線の遅延時間の増加方向と減少方向の両方で、当該光相関器で算出される当該相関が最大になる当該可変遅延線の遅延時間を検出する遅延計測器とを具備することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、主要部品を光学素子で構成できるので、高速な電気回路無しで波長分散を測定できる。また、広範囲の波長分散を測定可能であり、波長分散の極性も判定できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

【実施例1】

【0031】

図1は、本発明の一実施例の概略構成ブロック図を示す。試験信号光発生装置10は、波長  $c$  のレーザ光源12と、レーザ光源12の出力光をデータにより強度変調する強度変調器14とを具備する。強度変調器14から出力される強度変調信号光は、試験信号光として光伝送路20に出力される。図2は、光伝送路20に入力される強度変調信号光のスペクトル例を示す。横軸は周波数を示し、縦軸は光強度を示す。中心のピーク16Cが波長  $c$  の光キャリアを示し、高周波数側のピーク16Uが上サイドバンド(USB)を示し、低周波数側のピーク16Lが下サイドバンド(LSB)を示す。

20

【0032】

この説明例では、データは、光伝送路20の波長分散を測定するためのダミーデータである。もちろん、本来のデータであってもよい。レーザ光源12の出力レーザ光の波長  $c$  は、光伝送路20の波長分散を測定したい波長である。

30

【0033】

光伝送路20を伝送した試験信号光(強度変調信号光)は、波長分散測定装置30に入力する。波長分散測定装置30は、通常、光受信端局内に設置される。

【0034】

分波器32は、光伝送路20から入力する試験信号光を2分割し、一方をUSB16Uを透過する光バンドパスフィルタ34Uに印加し、他方をLSB16Lを透過する光バンドパスフィルタ34Lに印加する。これにより、図2に示すスペクトルのUSB16UとLSB16Lを分離できる。

【0035】

USB16UとLSB16Lの間には、光伝送路20の群遅延、従って、波長分散に依存した位相差が生じる。従って、この位相差を検出することで、光伝送路20の波長分散量を測定できる。

40

【0036】

USB16UとLSB16Lの間の位相差は、以下の構成により検出できる。光バンドパスフィルタ34Uの出力光、即ちUSB16Uは、位相調整装置36を介して電気吸収型(EA)変調器38に入射する。他方、光バンドパスフィルタ34Lの出力光、即ちLSB16Lは、可変遅延線40を介して光サーキュレータ42のポートAに入力し、そのポートBから出力されてEA変調器38に入射する。即ち、USB16UとLSB16LがEA変調器38に入射し、EA変調器38内を互いに逆方向に伝搬する。

50

## 【0037】

E A 変調器 38 は、相互吸収変調 (XAM) により、USB 16U と LSB 16L のアソド素子、又は、LSB 16L により USB 16U をゲートする光ゲート素子として機能する。可変遅延線 40 により LSB 16L の位相を調整しながら、E A 変調器 38 において、USB 16U と LSB 16L の相関をとっているということもできる。

## 【0038】

可変遅延線 40 は、鉅齒状波発生装置 44 からの鉅齒状波に従いその遅延時間が周期的に変化する素子である。鉅齒状波発生装置 44 は、同期信号発生装置 46 からの同期トリガ信号に同期した鉅齒状波を、可変遅延線 40 の駆動信号として発生する。

## 【0039】

可変遅延線 40 の遅延時間が、光伝送路 20 の波長分散に対応する USB 16U と LSB 16L の時間差を補償する量であるとき、E A 変調器 38 は、USB 16U を光サーキュレータ 42 のポート B に出力し、それ以外の際には、E A 変調器 38 は、USB 16U を吸収し、USB 16U を光サーキュレータ 42 のポート B に出力しない。

## 【0040】

E A 変調器 38 から出力される USB 16U は、光サーキュレータ 42 のポート B からポート C に転送され、ポート C から出力される。光サーキュレータ 42 のポート C の出力光は、USB 16U を透過する光バンドパスフィルタ 48 を介してフォトダイオード 50 に入射し、電気信号に変換される。

## 【0041】

図 3 は、同期信号発生装置 46 の出力する同期トリガ 60、鉅齒状波発生装置 44 の出力する鉅齒状波による可変遅延線 40 の遅延時間の変化 62、及びフォトダイオード 50 の出力 64 の関係を示す。図 3 では、鉅齒状波発生装置 44 の出力する鉅齒状波に従い、可変遅延線 40 の遅延時間は、 $-A$  (ps) から  $+A$  (ps) への変化を繰り返す。可変遅延線 40 の遅延時間は、実際には、正值である。しかし、本実施例では、USB 16U に対して位相調整装置 36 により固定の遅延 (バイアス) を与えることで、可変遅延線 40 が実質的に負の遅延時間を LSB 16L に与えられるようにしている。可変遅延線 40 として、負の遅延を与えられる素子を使用する場合には、位相調整装置 36 を不要にすることができる。

## 【0042】

可変遅延線 40 の遅延時間が、光伝送路 20 の波長分散による USB 16U と LSB 16L の時間差を補償する量になると、フォトダイオード 50 の出力 64 はハイレベルになり、可変遅延線 40 の遅延時間が光伝送路 20 の波長分散による USB 16U と LSB 16L の時間差からずれると、ノイズレベルとなる。

## 【0043】

タイマ 54 は、同期信号発生装置 46 の出力する同期トリガ 60 に従って計時をスタートする。ピーク検出回路 52 は、フォトダイオード 52 の出力のピークを検出すると、タイマ 54 にストップ信号を印加する。タイマ 54 は、同期トリガ 60 からピーク検出回路 52 からのストップ信号 (ピーク検出信号) までの経過時間  $t_m$  を計測する。測定された時間  $t_m$  は、光伝送路 20 の波長分散による USB 16U と LSB 16L との間の時間差を反映している。

## 【0044】

$t /$  変換装置 56 は、タイマ 54 で計測された時間  $t_m$  を波長分散 に変換する。例えば、 $t /$  変換装置 56 は、同期信号発生装置 46 からの同期トリガに従い、次の同期トリガが入力する直前にタイマ 54 の出力を読み込み、波長分散値に変換する。鉅齒状波発生装置 44 による可変遅延線 40 の遅延量の時間変化は、予め分かっている。USB 16U と LSB 16L の波長差も予め分かっているため、 $t /$  変換装置 56 は、タイマ 54 で計測された時間  $t_m$  から光伝送路 20 の波長分散 を算出できる。

## 【0045】

10

20

30

40

50

実施例 1 では、波長分散を測定するのに全光学的な処理で済み、高速の電気回路が不要になる。可変遅延線 40 の遅延時間範囲を広げることで、広い範囲の波長分散値を測定できる。波長分散の絶対値のみならず、その極性も測定可能である。可変遅延線 40 の遅延時間の変化の振幅は、波長分散の測定範囲により決定される。可変遅延線 40 の遅延時間の変化の周波数は、E A 変調器 38 における光自己相関処理の安定度等を考慮して決定される。

【実施例 2】

【0046】

実施例 1 では、鉅歯状歯により L S B 16 L に対する遅延時間を一方向に変化させたが、L S B 16 L に対する遅延時間を両方向に変化させてもよい。これにより、可変遅延線 40 の入出力特性にヒステリシスがあっても、正確に光伝送路 20 の波長分散を計測できる。

10

【0047】

図 4 は、そのように図 1 に示す実施例を変更した第 2 実施例の概略構成ブロック図を示す。図 1 に示す実施例と同じ要素には同じ符号を付してある。波長分散測定装置 30 a は、鋸歯状波発生装置 44 の代わりに三角波発生装置 44 a を用い、可変遅延線 40 の遅延時間増加方向と遅延時間減少方向の両方で波長分散を計測する。そのために、タイマ 54 が、可変遅延線 40 の遅延時間増加方向と遅延時間減少方向の両方で時間を計測し、 $t /$  変換装置 56 a は、2 つの計測時間  $t_1$  ,  $t_2$  に対して波長分散  $\lambda_1$  ,  $\lambda_2$  を計算し、平均値算出回路 57 が、 $t /$  変換装置 72 a , 72 b の 2 つの計測値  $\lambda_1$  ,  $\lambda_2$  の平均を算出する。

20

【0048】

可変遅延線 40 の遅延時間増加方向と遅延時間減少方向のそれぞれに対して、タイマと  $t /$  変換装置を設けてもよいことは明らかである。この構成も、実質的には、図 4 に図示する構成と等価である。

【0049】

図 5 は、図 4 に示す実施例での、同期信号発生装置 46 の出力する同期トリガ 70、三角波発生装置 44 a の出力する三角波による可変遅延線 40 の遅延時間の変化 72、及びフォトダイオード 52 の出力 74 の関係を示す。

【0050】

30

図 1 に示す実施例からの変更箇所の動作を説明する。三角波発生装置 44 a は、同期信号発生装置 46 からの同期トリガ 70 に従い同じレートで交互に増加及び減少する三角波を発生する。可変遅延線 40 は三角波発生装置 44 a の出力する三角波により駆動され、可変遅延線 40 の遅延時間は一定周期で交互に増加減少する。後処理が容易になるように、図 5 に波形 72 で示すように、可変遅延線 40 の遅延時間の変化の傾きは、遅延時間増加方向と遅延時間減少方向で同じにしてある。ここでも、可変遅延線 40 の遅延時間は、 $-A$  (ps) から  $+A$  (ps) への変化とその逆方向の変化を交互に繰り返す。

【0051】

タイマ 54 は、実施例 1 と同様に、同期信号発生装置 46 からの同期信号 70 をトリガとして、計時をスタートする。

40

【0052】

可変遅延線 40 の遅延時間を増加させているときも、減少させているときも、可変遅延線 40 の遅延時間が、光伝送路 20 の波長分散による U S B 16 U と L S B 16 L の時間差を補償する量になると、フォトダイオード 50 の出力 74 はハイレベルになり、可変遅延線 40 の遅延時間が光伝送路 20 の波長分散による U S B 16 U と L S B 16 L の時間差からずれると、ノイズレベルとなる。

【0053】

ピーク検出回路 52 は、フォトダイオード 52 の出力のピークを検出すると、タイマ 54 にストップ信号を印加する。タイマ 54 は、同期信号発生装置 46 の出力する同期トリガ 70 からピーク検出回路 52 からのストップ信号 (ピーク検出信号) までの経過時間  $t$

50

1, t2を計測する。遅延時間の増加方向では、タイマ54の計測時間はt1になり、遅延時間の減少方向では、タイマ54の計測時間はt2になる。

【0054】

t / 変換装置56aは、タイマ54で計測された時間t1, t2を波長分散 1, 2に変換する。例えば、t / 変換装置56aは、同期信号発生装置46からの同期トリガ70に従い、次の同期トリガが入力する直前にタイマ54の出力を読み込み、波長分散値に変換する。同期信号発生装置46の出力する同期信号70がt / 変換装置56aにも印加されており、t / 変換装置56aは、その同期信号70により、タイマ54の計測時間t1, t2が遅延時間の増加方向でのものか減少方向でのものかを判別でき、従って、波長分散 1, 2を正しく算出できる。可変遅延線40の三角波入力と遅延時間との間にヒステリシスが無ければ、 1は 2に等しい。しかし、両者間にヒステリシスがあれば、 1と 2の間には誤差がある。平均算出回路57は、t / 変換装置56aの2つの出力値 1, 2の平均値を算出し、計測結果 として出力する。

10

【0055】

このように、図4に示す実施例では、可変遅延線40を遅延時間の増加方向と減少方向の両方で計測して、その計測結果を平均化するので、図1に示す実施例よりも精度よく光伝送路20の波長分散を計測できる。

【実施例3】

【0056】

上述の実施例1, 2では、USBとLSBがEA変調器内を互いに逆方向に伝搬させた が、同方向に伝搬させても、同様の作用効果を得ることができる。

20

【0057】

図6は、USBとLSBがEA変調器内を互いに同方向に伝搬するように実施例1を変更した実施例の概略構成ブロック図を示す。図6に示す実施例の波長分散測定装置30bでは、光サーキュレータ42が不要になる代わりに、位相調整装置36の出力光(USB16U)と可変遅延器40の出力光(LSB16L)を合波する合波器41が必要になる。

【実施例4】

【0058】

実施例1, 2, 3では、USBとLSBの相関をとったが、光伝送路からの信号光と、 USB又はLSBとの間で相関を算出してよい。

30

【0059】

図7は、そのように実施例1を変更した実施例の概略構成ブロック図を示す。図1に示す実施例と同じ構成要素には同じ符号を付してある。図7に示す実施例の波長分散測定装置30cでは、分波器32の一方の出力光は、そのまま位相調整装置36を介してEA変調器38に入力し、分波器32の他方の出力光は、USB又はLSBを透過する光バンドパスフィルタ33、可変遅延線40及び光サーキュレータ42を介してEA変調器38に入力する。位相調整装置36からEA変調器38に印加される光は、光キャリア16c、 USB16U及びLSB16Lを含む主信号光である。

【0060】

40

EA変調器36は、光サーキュレータ42からのUSB16U又はLSB16Lに従い、位相調整装置36からの主信号光をゲートする。可変遅延線40の遅延時間が、光キャリア16cの波長 cでの波長分散と、USB16U又はLSB16Lの波長での波長分散の差に相当する時間であるとき、EA変調器36は、主信号光を光サーキュレータ42のポートBに出力する。光サーキュレータ42は、ポートBに入力する主信号光をポートCから、中心波長 cの光バンドパスフィルタ48cに供給する。従って、EA変調器36の相関出力光がフォトダイオード50に入力する。以後の処理は、実施例1と全く同じであるので、詳細な説明を省略する。

【0061】

いうまでもないが、実施例4に示すような変更は、実施例2, 3にも適用可能である。

50

## 【 0 0 6 2 】

特定の説明用の実施例を参照して本発明を説明したが、特許請求の範囲に規定される本発明の技術的範囲を逸脱しないで、上述の実施例に種々の変更・修整を施しうることは、本発明の属する分野の技術者にとって自明であり、このような変更・修整も本発明の技術的範囲に含まれる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 6 3 】

【 図 1 】 本発明の実施例 1 の概略構成ブロック図である。

【 図 2 】 本実施例の試験信号光のスペクトル例である。

【 図 3 】 実施例 1 のタイミング例を示す図である。

10

【 図 4 】 本発明の実施例 2 の概略構成ブロック図である。

【 図 5 】 実施例 2 のタイミング例を示す図である。

【 図 6 】 本発明の実施例 3 の概略構成ブロック図である。

【 図 7 】 本発明の実施例 4 の概略構成ブロック図である。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 6 4 】

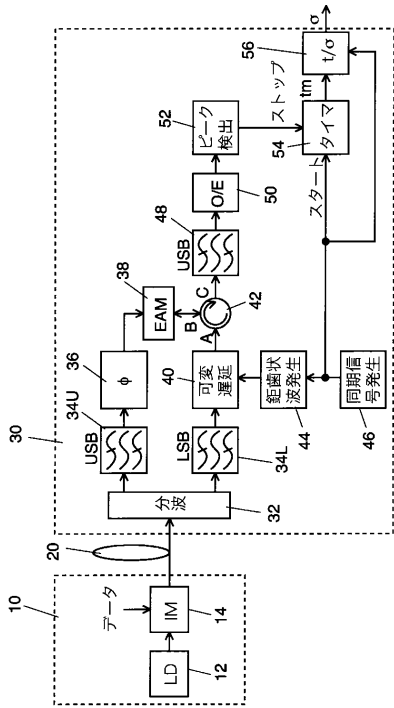
- 1 0 : 試験信号光発生装置
- 1 2 : レーザ光源
- 1 4 : 強度変調器
- 1 6 C : 光キャリア
- 1 6 L : 下サイドバンド ( L S B )
- 1 6 U : 上サイドバンド ( U S B )
- 2 0 : 光伝送路
- 3 0 , 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c : 波長分散測定装置
- 3 2 : 分波器
- 3 3 , 3 4 U , 3 4 L : 光バンドパスフィルタ
- 3 6 : 位相調整装置
- 3 8 : 電気吸収型 ( E A ) 変調器
- 4 0 : 可変遅延線
- 4 1 : 合波器
- 4 2 : 光サーキュレータ
- 4 4 : 鉅歯状波発生装置
- 4 4 a : 三角波発生装置
- 4 6 : 同期信号発生装置
- 4 8 , 4 8 c : 光バンドパスフィルタ
- 5 0 : フォトダイオード
- 5 2 : ピーク検出回路
- 5 4 : タイマ
- 5 6 , 5 6 a :  $t /$  変換装置
- 5 7 : 平均値算出装置
- 6 0 : 同期トリガ
- 6 2 : 可変遅延線 4 0 の遅延時間の変化
- 6 4 : フォトダイオード 5 0 の出力
- 7 0 : 同期トリガ
- 7 2 : 可変遅延線 4 0 の遅延時間の変化
- 7 4 : フォトダイオード 5 2 の出力

20

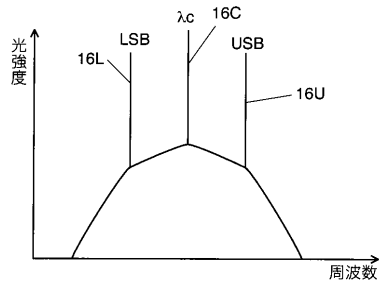
30

40

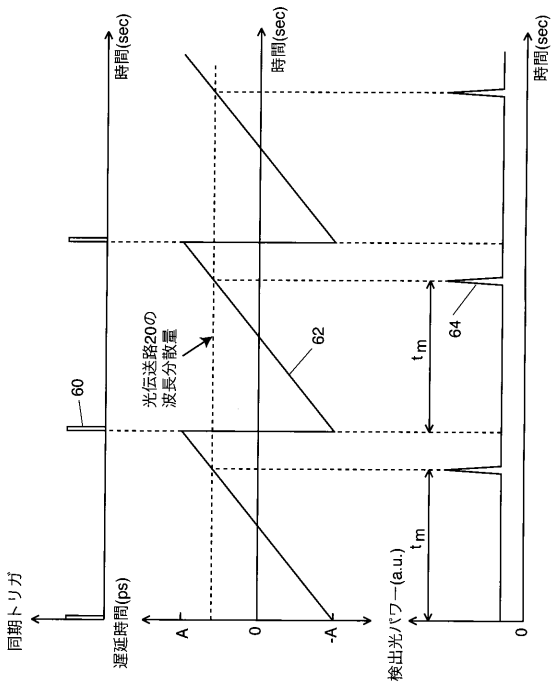
【図1】



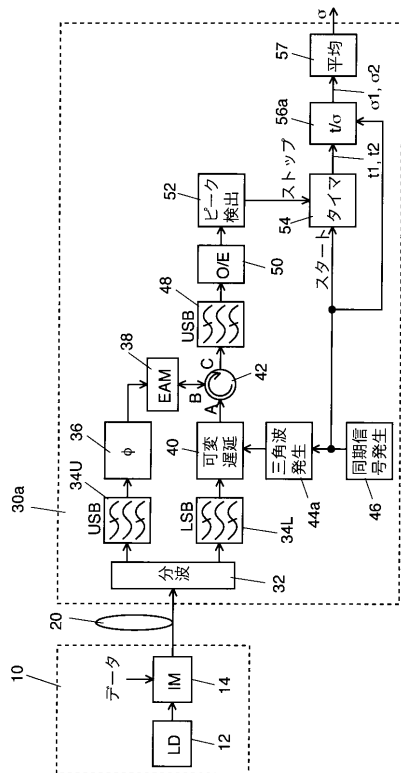
【図2】



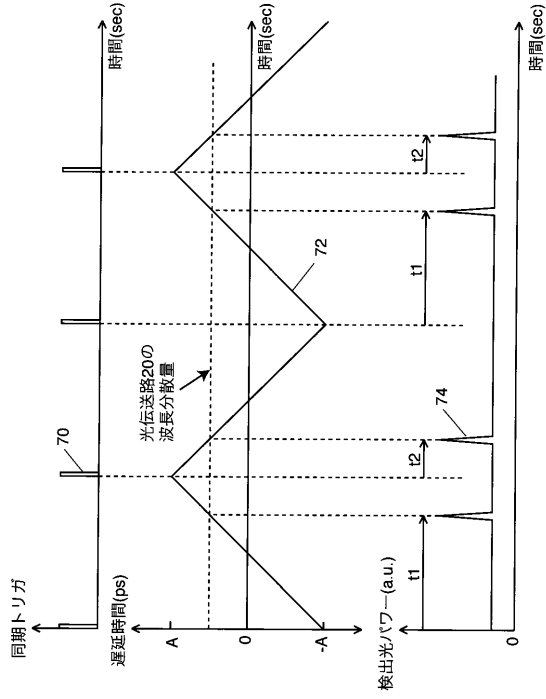
【図3】



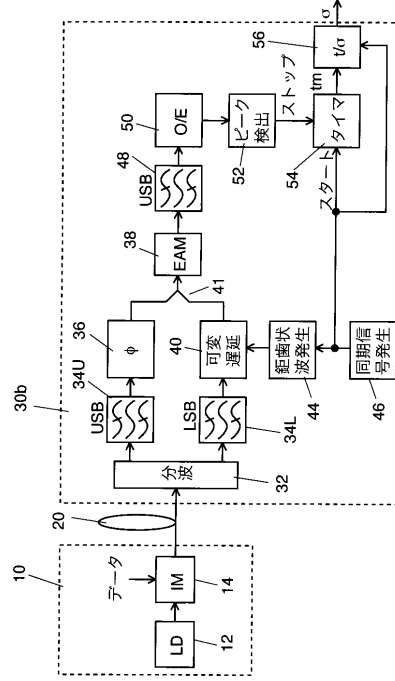
【図4】



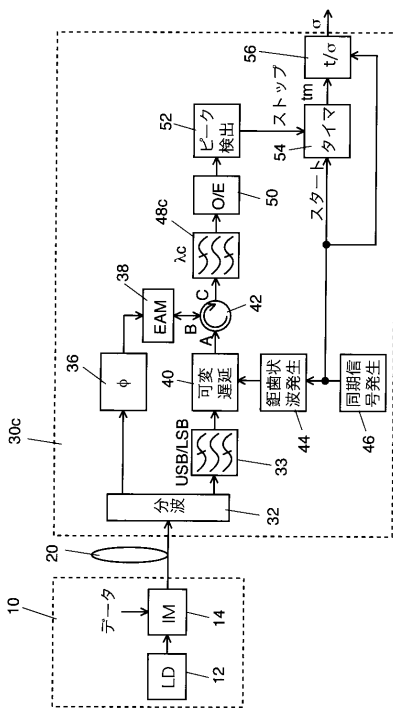
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-055025(JP,A)

特開昭56-100324(JP,A)

特開平10-078595(JP,A)

特開2005-017129(JP,A)

特開2002-048679(JP,A)

Optics Communications, 2003年10月15日, Vol.226 No.1-6, p.221~225

Journal of Lightwave Technology, 2002年12月, Vol.20 No.12, p.2267~2271

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 11/00 - 11/02

G01J 1/00

G01J 9/00 - 9/04

G02B 6/00

H04B 3/46 - 3/48

H04B 10/08 - 10/12

H04B 17/00 - 17/02