

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3730789号
(P3730789)

(45) 発行日 平成18年1月5日(2006.1.5)

(24) 登録日 平成17年10月14日(2005.10.14)

(51) Int. Cl. F I
GO2F 1/03 (2006.01) GO2F 1/03 502
GO2F 1/035 (2006.01) GO2F 1/035

請求項の数 1 (全 8 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平10-298398 (22) 出願日 平成10年10月20日(1998.10.20) (65) 公開番号 特開2000-122015(P2000-122015A) (43) 公開日 平成12年4月28日(2000.4.28) 審査請求日 平成16年4月14日(2004.4.14)</p> <p>特許権者において、実施許諾の用意がある。</p>	<p>(73) 特許権者 000004352 日本放送協会 東京都渋谷区神南2丁目2番1号 (74) 代理人 100077481 弁理士 谷 義一 (74) 代理人 100088915 弁理士 阿部 和夫 (74) 代理人 100105371 弁理士 加古 進 (72) 発明者 前田 幹夫 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日 本放送協会 放送技術研究所内 (72) 発明者 古田 浩之 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日 本放送協会 放送技術研究所内 最終頁に続く</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 光変調器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光搬送波に所定周波数の送信用高周波信号で搬送波を抑圧した両側波帯変調を施して光ファイバ伝送路に出力する光変調手段と、
 前記光変調手段からの分岐出力光を電気信号に変換して前記所定周波数の別の高周波信号を抽出する抽出手段と、
 前記別の高周波信号を前記送信用高周波信号と同期検波して、前記光変調手段の光合成位相差を制御する制御信号を生成する制御信号生成手段と、
 前記制御信号を前記光変調手段の直流バイアスに重畳して前記光変調手段に負帰還することで、前記光変調手段からの出力光の光合成位相差を一定に補償する補償手段とを備えたことを特徴とする光変調器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光変調器に関し、特に、光ファイバを用いた高周波信号の伝送に好適に構成したマツハツェンダ型光変調器に関する。

【0002】

【従来の技術】

分散のある光ファイバを用いて強度変調方式により高周波信号を伝送すると、伝送信号は周期的な伝送距離間隔で消失することが知られている。そこで、分散の影響を受けにくい

変調方式として、単側波帯変調方式 (Single Side Band) (G. H. Smith: "Novel Technique for Generation of Optical SSB with Carrier using a Single MZM to Overcome Fiber Chromatic Dispersion", Microwave Photonics Conf., MWP 96, PDP-2, 1996.)、および抑圧搬送波両側波帯変調方式 (Double Side Band Suppressed Carrier:以下、DSB-SCと記す) (H. Schmuck R. Heidemann and R. Hofstter: "Distribution of 60 GHz signals to more than 1000 base stations", Electron. Lett., Vol. 30, No. 1, pp. 59-60, 1994.)がこれまでに提案されている。

【0003】

マツハツェンダ型外部光変調器は、上記の変調方式を実現する光デバイスとして一般的に用いられている。このマツハツェンダ型外部光変調器は、2分岐した光導波路の一方に変調信号で位相変調して光合成する(不平衡)か、または両方に互いに逆相の変調信号(電気信号)で位相変調して光合成する(平衡)もので、上記のDSB-SC方式では無変調時の光合成位相差が(光出力なし)となるようにDCバイアスが選ばれる。

10

【0004】

この位相差条件を保って光搬送波を周波数 f の高周波信号(RF信号)で変調すると、搬送波が抑圧されている。このため、分散のある光ファイバを用いて伝送したときに任意の伝送距離における受信点で受光しても、信号の消失のない周波数 $2f$ の高周波信号を得ることができる。

【0005】

また外部光変調器には、電気光学定数が比較的大きく、かつ高速変調が可能なニオブ酸リチウム(LiNbO₃)結晶が一般的に用いられている。しかし、この結晶は温度変化により光合成位相差がドリフトするという特性を有している。そこで、デバイス構造に工夫を凝らすことでこの温度ドリフトを低減する手法が報告されている(中島: "ニオブ酸リチウム(LN)導波路デバイス", OPTRONICS, NO. 10, pp157-163, 1996.)。

20

【0006】

中島による上記手法では電氣的な帰還を用いていないが、電氣的な帰還により光合成位相差の温度ドリフトを制御する手法も報告されている(相澤、宮尾、高知尾、桑野: "低周波信号重畳によるLN変調器のドリフト制御", 97信学総大, C3180, 1997.)。

30

【0007】

相澤らの手法は、デジタル・ベースバンド信号を光ファイバを用いて伝送する場合に、送信信号に微小振幅の低周波正弦波信号を重畳してマツハツェンダ型外部光変調器に印加し、送信光信号の一部を電気信号に変換し、自乗した後、重畳する正弦波信号と同期検波して直流バイアス電圧に負帰還することで光合成位相差を $\pi/2$ に保とうとするものであり、高周波信号ではなくベースバンド信号を伝送する手法である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

温度が変化しても光合成位相差を一定値に保つためには、送出光信号の一部を電気信号に変換して光合成位相差を検出し、これをDCバイアス電圧に負帰還する必要がある。しかしながら上記従来技術では、光ファイバ伝送後に受信される周波数 $2f$ 成分の振幅からは光合成位相差を検出することができないという課題があった。

40

【0009】

また相澤らの手法には、光位相差検出用の信号が必要であること、光変調度が浅い場合には光位相差の検出が難しいこと、送信信号に妨害を与えないように正弦波信号の振幅が制限されること、等の課題があった。

【0010】

そこで、本発明は上記の点に鑑みてなされたものであって、光合成位相差に対応した制御電圧を生成することで、上記の課題を解決した抑圧搬送波両側波帯方式の安定な光変調器

50

を提供することを目的とする。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために請求項 1 の発明は、光搬送波に所定周波数の送信用高周波信号で搬送波を抑圧した両側波帯変調を施して光ファイバ伝送路に出力する光変調手段と、前記光変調手段からの分岐出力光を電気信号に変換して前記所定周波数の別の高周波信号を抽出する抽出手段と、前記別の高周波信号を前記送信用高周波信号と同期検波して、前記光変調手段の光合成位相差を制御する制御信号を生成する制御信号生成手段と、前記制御信号を前記光変調手段の直流バイアスに重畳して前記光変調手段に負帰還することで、前記光変調手段からの出力光の光合成位相差を一定に補償する補償手段とを備えたことを

10

【 0 0 1 2 】

【発明の実施の形態】

本発明の具体的な実施の形態について説明するにあたり、まず周波数 f の正弦波信号を送信する場合を例に、図 1 を参照して本発明の原理を開示し、その詳細を説明する。

【 0 0 1 3 】

図 1 に示す原理構成において、光源 1 は光周波数 f のスペクトラム特性を有し、光源 1 からの光は電極 4 を備えた不平衡マッハツェンダ型外部光変調器 3 に入力されて変調を受ける。光源 1 のスペクトラム特性を図 2 (a) に示す。

【 0 0 1 4 】

光変調器 3 からの出力光は光合成点 5 を介して光分岐器 1 0 に入力される。光分岐器 1 0 の本線出力光は、光ファイバ伝送路 7 上を伝送されて任意の伝送距離に設けられた受光器 8 に達して電気段に導かれる。光分岐器 1 0 からの分岐出力光は、受光器 1 1 で電気信号に変換された後バンドパス・フィルタ (B P F) 1 2 に入力され、ここでその周波数 f 成分を抽出され、当該成分はバンドパス・フィルタ 1 2 を通過してミキサ 1 3 に達する。

20

【 0 0 1 5 】

一方、信号源 1 4 からは搬送周波数 f の正弦波信号が出力され、これはバイアス T 回路 1 8 を介して電極 4 より不平衡マッハツェンダ型外部光変調器 3 に印加される。信号源 1 4 からの正弦波信号はまたバンドパスフィルタ 1 2 の出力信号と同一の遅延時間となるように、遅延線 1 5 を通過して所定時間遅延されてミキサ 1 3 に達する。これによりミキサ 1 3 は、バンドパス・フィルタ 1 2 からの周波数 f の出力高周波信号を同期検波する。

30

【 0 0 1 6 】

この検波出力はローパス・フィルタ (L P F) 1 6 に供給されて高域を遮断されることで平滑され、直流の制御信号が生成される。この制御信号は直流電源 1 7 からの一定値の D C 電圧に重畳され、バイアス T 回路 1 8 を介して電極 4 より不平衡マッハツェンダ型外部光変調器 3 に負帰還入力される。

【 0 0 1 7 】

上記した通りに不平衡マッハツェンダ型外部光変調器 3 に入力光と周波数 f の正弦波信号を印加すると、光変調器 3 の出力における光スペクトラムは周知の如く図 2 (b) に示す通りとなる。すなわち出力光は、光周波数 f と、当該周波数に対して f だけ高い周波数 ($f + f$) と低い周波数 ($f - f$) に成分を有する。

40

【 0 0 1 8 】

また、同図 (c) は電気段での周波数スペクトラムを示すもので、光ファイバ伝送路 7 上を任意の距離伝送された後に受信され、自己ヘテロダインにより得られる 2 倍の周波数 $2 f$ の信号を示している。

【 0 0 1 9 】

上記の構成において、光合成点 5 での二つの導波路の光合成位相差を ϕ とする。本発明は、温度が変化しても正弦波信号を電極 4 に印加しない時の ϕ を D S B - S C の位相差条件である (逆相) に保つように D C バイアス電圧を制御することで、前述した従来技術の課題を解決するものであり、以下に詳述する原理にしたがって動作する。

50

【0020】

ここで、不平衡マッハツェンダ型外部光変調器3に周波数 f の正弦波信号を印加した時の光の位相変調指数を m とすると、受光器11により得られる周波数 f 成分の電流 I_f は、比例定数を、1次のベッセル関数を J_1 として以下の式(1)で与えられる。

【0021】

【数1】

$$I_f = J_1(m) \sin \sin(2ft +) \quad (1)$$

信号源14から出力する変調しようとする周波数 f の正弦波信号は $\sin(2ft)$ と表すことができるので、正弦波信号に遅延線15によって位相で表される遅延を与えてミキサ13によって同期検波することで、 \sin に比例した検波出力をミキサ13より得ることができる。

10

【0022】

図3はミキサ13の検波出力電圧特性を示す特性図である。縦軸の検波出力電圧は、横軸の位相差に対して正弦波特性で変化する。同図の特性の検波出力を制御電圧として用いることで、温度ドリフトに対して光合成位相差を一定値に保つことができる。

【0023】

図4は、電極4に印加するDC電圧と光合成位相差の関係を示している。同図において、直線41は温度 T のときの関係、直線42は温度 $T + T$ のときの関係である。同図に示す関係を利用することで、以下に説明する通りの光合成位相補償を行うことができる。

【0024】

図4中、温度 T において光合成位相差がとなるように直流電源17の出力DC電圧が一定値 V_0 に設定されているものとする(直線41上のA点)。温度がドリフトして $T + T$ になると、出力DC電圧が V_0 のままでは光合成位相差はに対してたとえば位相差が増大する方向にずれてしまう(直線42上のB点)。そこで、ミキサ13からの検波出力電圧 V をバイアスT回路18で出力DC電圧 V_0 に重畳して電極4に印加する電圧をたとえば低くすることで、光合成位相差をに保つことができる(直線42上のC点)。

20

【0025】

なお、ミキサ13の検波出力電圧特性(図3)において、光合成位相差がに対して増大する近傍で検波出力電圧は減少傾向を示しており、電極4への印加電圧を低下させることができる。

30

【0026】

上述した通り、図1に示した通りの本発明の原理構成、光合成位相差をとするマッハツェンダ型光変調器3において光搬送波に周波数 f の正弦波高周波信号で搬送波を抑圧した両側波帯変調を施して光ファイバ伝送し、受光した時に2倍の周波数 $2f$ の高周波信号を得る高周波信号の光ファイバ伝送方式の光変調器において、光変調器3の出力光の一部を電気信号に変換し、周波数 f の高周波信号を抽出し、送信する周波数 f の正弦波高周波信号と同期検波を行なって生成した制御電圧を光変調器3のDCバイアス電圧に帰還するようにした構成を採ることにより、温度が変化した場合にも、光合成位相差のドリフトを防いで一定値に制御することができる。すなわち、抑圧搬送波両側波帯方式の条件を保つようにマッハツェンダ型光変調器3を安定化することができる。

40

【0027】

なお、図1は不平衡型マッハツェンダ型外部光変調器3を含む構成を記載したが、平衡型光変調器についても上記した本発明の原理構成を適用して安定化する次に、本発明の実施の形態について図5および図6を参照して説明する。

【0028】

図5は本発明の一実施の形態の構成を示すブロック図であり、同図は、本発明を周波数偏移方式による高周波FSK(Frequency-shift keying)信号の光ファイバ伝送に適用した光位相差安定化方式の実施例を示している。

【0029】

50

図5に示す構成は、図1中の信号源14をデジタル信号源22に置き換え、正弦波信号の代わりにデジタル信号源22からのベースバンド・デジタル信号をFSK変調器23により搬送周波数 f の周波数偏移したFSK信号60(図6(a))として送信するようにし、かつ、光合成位相差検出/制御部21を設けて上述した原理構成により同期検波による制御電圧の生成、DCバイアスの重畳、負帰還を行うようにしたものであり、その他の図1中の構成要素と同一のものには同一符号を付し、ここではその詳細な説明を省略する。

【0030】

したがって、図5中の光源1のスペクトラム特性は図6(b)に示される。また、上記した通りに搬送周波数 f のFSK信号を用いて不平衡マッハツェンダ型外部光変調器3に印加すると、光変調器3の出力における光スペクトラムは周知の如く図6(c)に示す通りとなる。すなわち出力光は、光周波数の成分と、当該周波数に対して f だけ高い周波数($+f$)と低い周波数($-f$)の周波数偏移した成分を有する。

10

【0031】

上述の構成により、光合成位相差のドリフトを防いで一定値となるように安定に制御し、光ファイバ伝送路7上を任意の距離伝送された後に搬送波周波数 $2f$ で周波数偏移が送信信号60の2倍のFSK信号61を図6(d)に示す通りに得ることができる。

【0032】

高周波信号(RF信号)を伝送する本実施の形態の方式は[従来の技術]において説明した相澤らの手法と同期検波および直流バイアス電圧への負帰還は同じであるが、送信するFSK信号を利用して光位相変調度が小さな場合でも光合成位相差を高精度に検出することができる点で異なる。

20

【0033】

なお、上記の実施の形態では送信するFSK信号を利用して光合成位相差を一定条件に制御する例について説明したが、この他に、FSK信号の搬送波周波数 f とは異なる周波数 g の正弦波信号を周波数多重して光変調器に印加し、周波数 g の成分を抽出して同期検波をする手法も考えられる。周波数多重を行うこの手法は、周波数多重する正弦波信号の振幅を低く設定して、FSK信号の伝送に妨害を与えないように考慮する必要があり、これにより、電気の受信帯域幅の小さな受光器でも検出部を構成することができる効果がある。

【0034】

30

【発明の効果】

以上説明した通り本発明光変調器によれば、温度が変化しても変調手段の光合成位相差を一定値に補償するように制御できるという効果がある。また、異なる周波数の信号を周波数多重して変調手段に印加するようにした光変調器によれば、周波数多重する信号の周波数を低く選ぶことで、受信帯域幅の小さな受光器で検出部を構成することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の原理構成における各部のスペクトラム特性を示す特性図である。

【図3】本発明の原理構成におけるミキサの検波出力電圧特性を示す特性図である。

40

【図4】本発明の原理構成における光合成位相差の制御原理を説明する特性図である。

【図5】本発明の一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図6】本発明の一実施の形態の構成における各部のスペクトラム特性を示す特性図である。

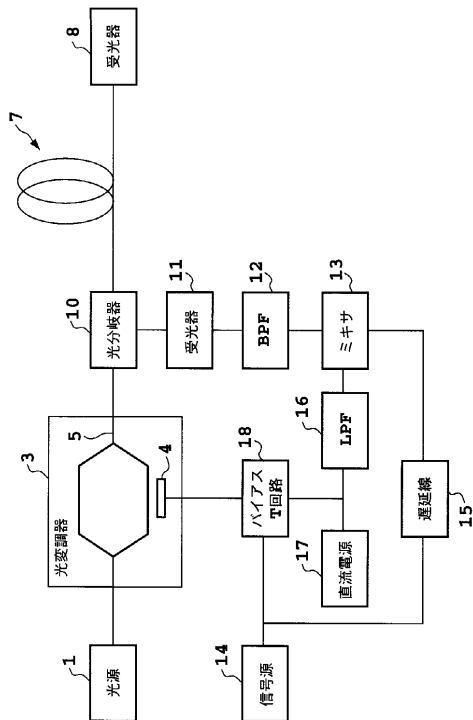
【符号の説明】

- 1 光源
- 3 不平衡マッハツェンダ型外部光変調器
- 4 電極
- 5 光合成点
- 7 光ファイバ伝送路

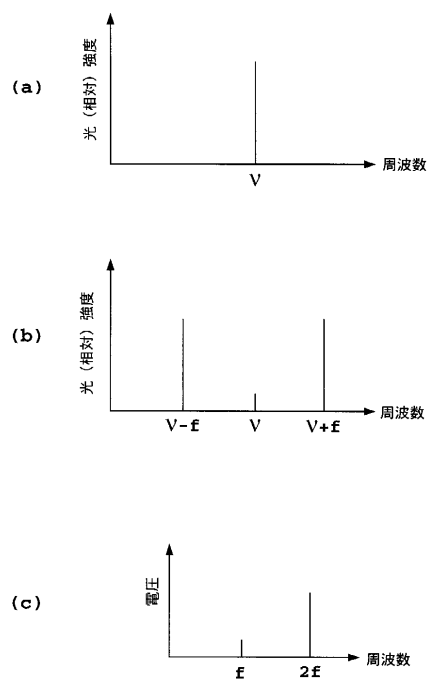
50

- 8 受光器
- 10 光分岐器
- 11 受光器
- 12 バンドパス・フィルタ
- 13 ミキサ
- 14 信号源
- 15 遅延線
- 16 ローパス・フィルタ
- 17 直流電源
- 18 バイアス回路
- 21 光合成位相差検出 / 制御部
- 22 デジタル信号源
- 23 FSK変調器

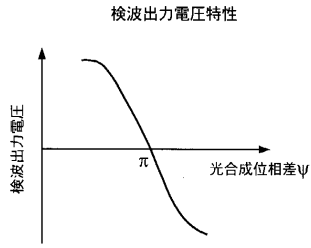
【図1】



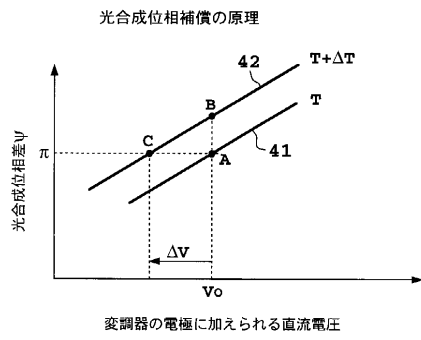
【図2】



【 図 3 】

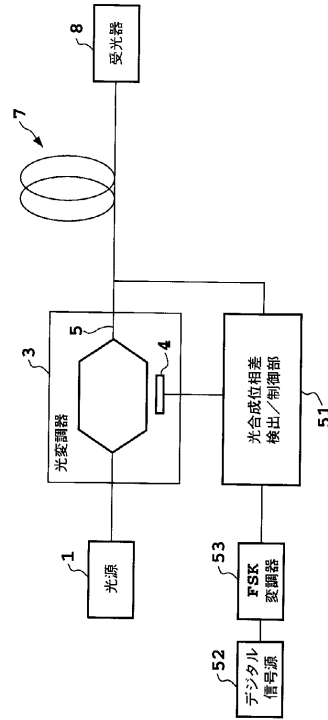


【 図 4 】

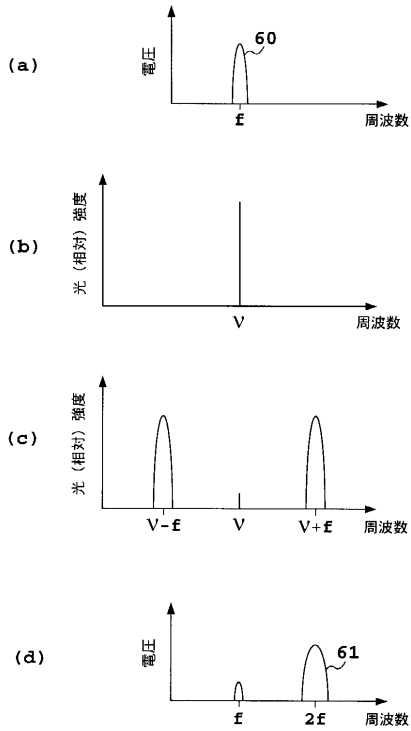


【 図 5 】

本発明の光位相安定化方法を用いたFSK信号の光ファイバ伝送



【 図 6 】



フロントページの続き

審査官 右田 昌士

- (56)参考文献 特開平05 - 268162 (JP, A)
特開平10 - 246874 (JP, A)
特開平06 - 043411 (JP, A)
特開2000 - 019470 (JP, A)
特開平05 - 273049 (JP, A)
特開平03 - 075615 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/01 @C
G02F 1/03 - 1/035
G02F 1/295
G02F 1/313
G02B 6/12