

(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2017-201788

(P2017-201788A)

(43) 公開日 平成29年11月9日(2017.11.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04B 10/61 (2013.01)	H04B 10/61	2K102
H04J 14/02 (2006.01)	H04J 14/02	5K102
G02F 2/00 (2006.01)	G02F 2/00	

審査請求 有 請求項の数 19 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2017-109792 (P2017-109792)	(71) 出願人	000004237
(22) 出願日	平成29年6月2日 (2017.6.2)		日本電気株式会社
(62) 分割の表示	特願2015-526135 (P2015-526135) の分割	(74) 代理人	100103894
原出願日	平成26年3月27日 (2014.3.27)		弁理士 家入 健
(31) 優先権主張番号	特願2013-145238 (P2013-145238)	(72) 発明者	山内 雄介
(32) 優先日	平成25年7月11日 (2013.7.11)		東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	Fターム(参考)	2K102 BA40 BD02 EA25 EB12 EB20 EB22
			5K102 AA52 AD01 AH14 MA02 MB09 MC11 MD01 MD03 MH03 MH14 MH22 PB12 PH32 PH42 RD05 RD26

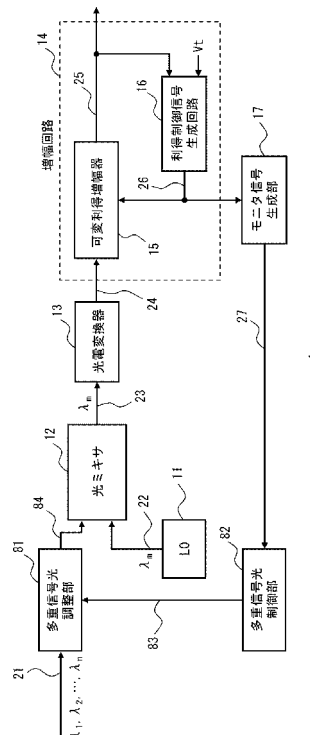
(54) 【発明の名称】 光受信装置およびモニタ信号生成方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 特定波長の信号光のパワーをモニタすることができる光受信装置を提供する。

【解決手段】 光受信装置4は、局部発振光22を出力する局部発振器11と、多重信号光21のパワーを調整する多重信号光調整部81と、調整された多重信号光84と局部発振光22とを入力し、多重信号光21の中から局部発振光22の波長に対応した信号光23を選択して出力する光ミキサ12と、光ミキサ12から出力された信号光23を電気信号24に変換する光電変換器13と、電気信号24を増幅し、出力振幅が一定レベルに増幅された出力信号25を生成する可変利得増幅器15と、可変利得増幅器15の利得を制御するための利得制御信号26を生成する利得制御信号生成回路16と、利得制御信号26を用いて、信号光23のパワーに対応したモニタ信号27を生成するモニタ信号生成部17と、を備える。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

局部発振光を出力する局部発振光源と、
入力された光信号の光パワーを減衰させる可変光減衰器と、
前記局部発振光の波長を含む前記減衰した光信号と前記局部発振光とを干渉させること
により、当該減衰した光信号を受信する光ハイブリッド回路と、
前記受信した光信号を電気信号に変換する光電変換器と、
前記電気信号を利得調整値で増幅する増幅器と、を備え、
前記可変光減衰器は、前記利得調整値に応じて、前記入力された光信号の光パワーを減
衰する
光受信器。

10

【請求項 2】

前記増幅器は、自動利得制御により前記利得調整値を制御する
請求項 1 に記載の光受信器。

【請求項 3】

前記可変光減衰器は、前記自動利得制御による前記利得調整値の減少に応じて、減衰量
を増大させる
請求項 2 に記載の光受信器。

【請求項 4】

前記自動利得制御において、前記増幅された電気信号の目標値に基づき前記利得調整値
を制御する
請求項 2 又は 3 に記載の光受信器。

20

【請求項 5】

前記増幅器は、トランスインピーダンスアンプを含む
請求項 1 乃至 4 のいずれか一つに記載の光受信器。

【請求項 6】

前記可変光減衰器を制御する制御部をさらに備え、
前記制御部は、前記利得調整値をモニタし、前記モニタした利得調整値に応じて前記入
力された光信号の光パワーの減衰量を制御する
請求項 1 乃至 5 のいずれか一つに記載の光受信器。

30

【請求項 7】

前記増幅された電気信号をデジタル信号に変換するアナログデジタル変換器と、
前記デジタル信号を処理するデジタル信号処理部と、をさらに備える
請求項 1 乃至 6 のいずれか一つに記載の光受信器。

【請求項 8】

前記可変光減衰器は、前記利得調整値と前記利得調整値に関する参照値とに応じて、前
記入力された光信号の光パワーを減衰させる
請求項 1 乃至 7 のいずれか一つに記載の光受信器。

【請求項 9】

前記局部発振光源は、前記利得調整値に応じた前記局部発振光の光パワーを出力する
請求項 1 乃至 8 のいずれか一つに記載の光受信器。

40

【請求項 10】

前記可変光減衰器は、前記光信号を含む波長多重光信号の光パワーを減衰させる
請求項 1 乃至 9 のいずれか一つに記載の光受信器。

【請求項 11】

局部発振光を出力し、
入力された光信号の光パワーを減衰させ、
前記局部発振光の波長を含む前記減衰した光信号と前記局部発振光とを干渉させること
により、当該減衰した光信号を受信し、
前記受信した光信号を電気信号に変換し、

50

前記電気信号を利得調整値で増幅し、
前記利得調整値に応じて、前記入力された光信号の光パワーを減衰する
光通信方法。

【請求項 1 2】

自動利得制御により前記利得調整値を制御する
請求項 1 1 に記載の光通信方法。

【請求項 1 3】

前記自動利得制御による前記利得調整値の減少に応じて、前記入力された光信号の光パワーの減衰量を増大させる
請求項 1 2 に記載の光通信方法。

10

【請求項 1 4】

前記自動利得制御において、前記増幅された電気信号の目標値に基づき前記利得調整値を制御する
請求項 1 2 又は 1 3 に記載の光通信方法。

【請求項 1 5】

前記利得調整値をモニタし、
前記モニタした利得調整値に応じて前記入力された光信号の光パワーの減衰量を制御する
請求項 1 1 乃至 1 4 のいずれか一つに記載の光通信方法。

【請求項 1 6】

前記増幅された電気信号をデジタル信号に変換し、
前記デジタル信号を処理する
請求項 1 1 乃至 1 5 のいずれか一つに記載の光通信方法。

20

【請求項 1 7】

前記利得調整値と前記利得調整値に関する参照値とに応じて、前記入力された光信号の光パワーを減衰させる
請求項 1 1 乃至 1 6 のいずれか一つに記載の光通信方法。

【請求項 1 8】

前記利得調整値に応じた前記局部発振光の光パワーを出力する
請求項 1 1 乃至 1 7 のいずれか一つに記載の光通信方法。

【請求項 1 9】

前記光信号を含む波長多重光信号の光パワーを減衰させる
請求項 1 1 乃至 1 8 のいずれか一つに記載の光通信方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光受信装置およびモニタ信号生成方法に関し、特にコヒーレント光伝送方式を用いた光受信装置およびモニタ信号生成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

光通信技術の一つに波長分割多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) 通信がある。波長分割多重通信では、複数の波長の信号光が多重化された多重信号光を用いているため、1本の光ファイバで大容量の情報を伝達することができる。また、この多重信号光の中から特定の信号光を選択的に取り出す技術として、コヒーレント光伝送方式がある。コヒーレント光伝送方式では、この多重信号光と局部発振光とを干渉させてコヒーレント検波することで、多重信号光の中から局部発振光の波長に対応した信号光を選択的に取り出している。

【0003】

特許文献 1 および特許文献 2 には、コヒーレント光伝送方式に関する技術が開示されている。特許文献 1 には、局部発振光源および送信光源の絶対波長を安定化し、波長設定を容易にすることができる技術が開示されている。特許文献 2 には、多重信号光を局部発振

50

光の波長により選択的に受信する場合であっても、コストの増大を抑制しつつ受信特性における S / N 比の改善を図るための技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 4 - 2 1 2 5 3 0 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 2 - 0 7 0 2 3 4 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

特許文献 1 および特許文献 2 に開示されているコヒーレント光伝送方式では、光送信装置から送信された多重信号光を光受信装置を用いて受信している。例えば、光受信装置に入力される多重信号光のパワーは、光受信装置に入力される多重信号光を光カプラ等で分岐し、分岐後の多重信号光をモニタ用の光電変換器で電気信号に変換することでモニタすることができる。

【0006】

しかしながら、多重信号光は複数の波長の信号光が多重化された信号光であるため、光受信装置に入力される多重信号光をモニタした場合は、光受信装置に入力された全ての信号光をモニタしていることになる。よって、この場合は特定波長の信号光のパワーのみを測定することができないという問題がある。

20

【0007】

上記課題に鑑み本発明の目的は、特定波長の信号光のパワーをモニタすることができる光受信装置およびモニタ信号生成方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明にかかる光受信装置は、所定の波長を有する局部発振光を出力する局部発振器と、互いに波長が異なる信号光が多重化された多重信号光と前記局部発振光とを入力し、前記多重信号光の中から前記局部発振光の波長に対応した信号光を選択して出力する光ミキサと、前記光ミキサから出力された前記信号光を電気信号に変換する光電変換器と、前記光電変換器で変換された電気信号を増幅し、出力振幅が一定レベルに増幅された出力信号を生成する可変利得増幅器と、前記可変利得増幅器の利得を制御するための利得制御信号を生成する利得制御信号生成回路と、前記利得制御信号を用いて、前記光ミキサから出力された前記信号光のパワーに対応したモニタ信号を生成するモニタ信号生成部と、を備える。

30

【0009】

本発明にかかるモニタ信号生成方法は、光受信装置が受信する信号光のパワーに対応したモニタ信号を生成するモニタ信号生成方法であって、互いに波長が異なる信号光が多重化された多重信号光と、所定の波長を有する局部発振光とを干渉させて、前記多重信号光の中から前記局部発振光の波長に対応した信号光を取り出し、前記取り出された信号光を電気信号に変換し、可変利得増幅器を用いて前記電気信号を増幅して、出力振幅が一定レベルに増幅された出力信号を生成し、前記可変利得増幅器の利得を制御するための利得制御信号を生成し、前記利得制御信号を用いて前記信号光のパワーに対応したモニタ信号を生成する。

40

【発明の効果】

【0010】

本発明により、特定波長の信号光のパワーをモニタすることができる光受信装置およびモニタ信号生成方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】実施の形態 1 にかかる光受信装置を示すブロック図である。

50

【図 2】実施の形態 1 にかかる光受信装置が備える増幅回路の一例を示す回路図である。

【図 3】実施の形態 2 にかかる光受信装置を示すブロック図である。

【図 4】実施の形態 2 にかかる光受信装置が備える 90 度光ハイブリッド回路を示す図である。

【図 5】実施の形態 2 にかかる光受信装置が備える増幅回路の詳細を説明するためのブロック図である。

【図 6】実施の形態 3 にかかる光受信装置を示すブロック図である。

【図 7】実施の形態 4 にかかる光受信装置を示すブロック図である。

【図 8】実施の形態 5 にかかる光受信装置を示すブロック図である。

【図 9】比較例にかかる光受信装置を示すブロック図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0012】

< 実施の形態 1 >

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図 1 は、実施の形態 1 にかかる光受信装置 1 を示すブロック図である。図 1 に示すように本実施の形態にかかる光受信装置 1 は、局部発振器 (LO) 11、光ミキサ 12、光電変換器 13、可変利得増幅器 15、利得制御信号生成回路 16、およびモニタ信号生成部 17 を備える。ここで、可変利得増幅器 15 および利得制御信号生成回路 16 は増幅回路 14 を構成している。

【0013】

光受信装置 1 は、送信装置側 (不図示) で生成された多重信号光 21 を受信する。多重信号光 21 は、互いに波長が異なる信号光が多重化された信号光である。つまり、多重信号光 21 は、各々異なる波長 λ_1 、 λ_2 、 $\dots$ 、 λ_n (n は 2 以上の整数) を有する複数の信号光が多重化された信号光である。WDM 通信では、このような多重信号光を用いているため、1 本の光ファイバで大容量の情報を伝達することができる。

20

【0014】

局部発振器 11 は、所定の波長 λ_m ($m = 1 \sim n$) を有する局部発振光 22 を光ミキサ 12 に出力する。つまり、局部発振器 11 は、多重信号光 21 から取り出す信号光の波長に対応した波長 λ_m の局部発振光 22 を光ミキサ 12 に出力する。例えば、局部発振器 11 は波長可変レーザを含み構成されており、多重信号光 21 から取り出す信号光の波長と対応するように、局部発振器 11 から出力する局部発振光 22 の波長 λ_m を変更することができる。

30

【0015】

光ミキサ 12 は、多重信号光 21 と局部発振光 22 とを入力し、多重信号光 21 の中から局部発振光 22 の波長に対応した信号光 23 を選択し、選択された信号光 23 を光電変換器 13 に出力する。コヒーレント光伝送方式では、多重信号光 21 と局部発振光 22 とを干渉させてコヒーレント検波することで、波長 λ_1 、 λ_2 、 $\dots$ 、 λ_n を有する複数の信号光が多重化された多重信号光 21 の中から、局部発振光 22 の波長 λ_m に対応した信号光を選択的に取り出すことができる。よって、局部発振器 11 から出力される局部発振光 22 の波長 λ_m を変えることで、多重信号光 21 から取り出す信号光を任意に選択することができる。

40

【0016】

光電変換器 13 は、光ミキサ 12 から出力された信号光 23 を電気信号 24 に変換し、電気信号 24 を増幅回路 14 に出力する。光電変換器 13 には、例えばフォトダイオードを用いることができる。

【0017】

増幅回路 14 は、可変利得増幅器 15 および利得制御信号生成回路 16 を備える。増幅回路 14 は、AGC (Automatic Gain Control) 回路を構成している。

【0018】

可変利得増幅器 15 は、光電変換器 13 から出力された電気信号 24 を増幅し、出力振幅が一定レベルに増幅された出力信号 25 を生成する。このとき、可変利得増幅器 15 は

50

、利得制御信号生成回路 16 で生成された利得制御信号 26 に応じて、可変利得増幅器 15 の利得を調整する。

【0019】

利得制御信号生成回路 16 は、可変利得増幅器 15 の利得を制御するための利得制御信号 26 を生成する。例えば利得制御信号生成回路 16 は、可変利得増幅器 15 から出力された出力信号 25 の振幅電圧と予め設定された目標電圧 V_t とに基づき、可変利得増幅器 15 をフィードバック制御するための利得制御信号 26 を生成する。

【0020】

例えば、利得制御信号生成回路 16 は、可変利得増幅器 15 から出力された出力信号 25 の振幅電圧（換言すると、出力信号 25 の振幅電圧の絶対値）と目標電圧 V_t とが等しくなるような利得制御信号 26 を生成する。具体的には、利得制御信号生成回路 16 は、出力信号 25 の振幅電圧が目標電圧 V_t よりも大きい場合、可変利得増幅器 15 の利得を下げるような利得制御信号 26 を生成する。逆に、出力信号 25 の振幅電圧が目標電圧 V_t よりも小さい場合、可変利得増幅器 15 の利得を上げるような利得制御信号 26 を生成する。

10

【0021】

なお、本実施の形態では、図 2 に示す増幅回路 14' のように、光電変換器 13 と可変利得増幅器 15 との間にトランスインピーダンスアンプ 18 を設けてもよい。例えば、光電変換器 13 から出力された電気信号 24 が電流信号である場合、トランスインピーダンスアンプ 18 を設けることで、この電流信号を電圧信号に変換することができる。

20

【0022】

モニタ信号生成部 17 は、利得制御信号 26 を用いてモニタ信号 27 を生成する。モニタ信号 27 は、光ミキサ 12 から出力された信号光 23（つまり、多重信号光 21 の中から選択された信号光 23）のパワーに対応した信号である。

【0023】

例えば、利得制御信号 26 の信号電圧が高くなるにつれて、可変利得増幅器 15 の増幅率が増加するように可変利得増幅器 15 を構成した場合は、信号光 23 のパワーと利得制御信号 26 との関係は次のようになる。信号光 23 のパワーが小さすぎる場合は、電気信号 24 の振幅電圧も小さくなる。この場合は、出力信号 25 の振幅電圧と目標電圧 V_t との差が大きくなるため、可変利得増幅器 15 における増幅率を大きくする必要がある。よって、利得制御信号生成回路 16 で生成される利得制御信号 26 の信号電圧は高くなる。一方、信号光 23 のパワーが目標値に近い場合は、出力信号 25 の振幅電圧と目標電圧 V_t との差は小さくなる。この場合は、可変利得増幅器 15 における増幅率が小さくなるので、利得制御信号生成回路 16 で生成される利得制御信号 26 の信号電圧は低くなる。

30

【0024】

また、例えば、利得制御信号 26 の信号電圧が低くなるにつれて、可変利得増幅器 15 の増幅率が増加するように可変利得増幅器 15 を構成した場合は、信号光 23 のパワーと利得制御信号 26 との関係は次のようになる。信号光 23 のパワーが小さすぎる場合は、電気信号 24 の振幅電圧も小さくなる。この場合は、出力信号 25 の振幅電圧と目標電圧 V_t との差が大きくなるため、可変利得増幅器 15 における増幅率を大きくする必要がある。よって、利得制御信号生成回路 16 で生成される利得制御信号 26 の信号電圧は低くなる。一方、信号光 23 のパワーが目標値に近い場合は、出力信号 25 の振幅電圧と目標電圧 V_t との差は小さくなる。この場合は、可変利得増幅器 15 における増幅率が小さくなるので、利得制御信号生成回路 16 で生成される利得制御信号 26 の信号電圧は高くなる。

40

【0025】

このように、利得制御信号 26 は、信号光 23 のパワーに応じて変化する。モニタ信号生成部 17 は、このように変化する利得制御信号 26 を用いて、信号光 23 のパワーに対応したモニタ信号 27 を生成することができる。例えば、モニタ信号生成部 17 は、アナログ・デジタル変換回路を備えていてもよく、この場合はアナログ信号である利得制御信

50

号 2 6 をデジタル信号に変換することができる。

【 0 0 2 6 】

なお、本実施の形態にかかる光受信装置 1 では、出力信号 2 5 をアナログ信号からデジタル信号に変換するアナログ・デジタル変換回路（不図示）、およびデジタル信号に変換された出力信号を処理するデジタル信号処理回路（不図示）を更に備えていてもよい。

【 0 0 2 7 】

特許文献 1 および特許文献 2 に開示されているコヒーレント光伝送方式では、光送信装置から送信された多重信号光を光受信装置を用いて受信している。例えば、光受信装置に入力される多重信号光のパワーは、光受信装置に入力される多重信号光を光カプラ等で分岐し、分岐後の多重信号光をモニタ用の光電変換器で電気信号に変換することでモニタすることができる。

10

【 0 0 2 8 】

図 9 は、比較例にかかる光受信装置 1 0 0 を示すブロック図である。図 9 に示す光受信装置 1 0 0 は、光カプラ 1 0 1、光電変換器 1 0 4、局部発振器（L O）1 1 1、光ミキサ 1 1 2、光電変換器 1 1 3、可変利得増幅器 1 1 5、および利得制御信号生成回路 1 1 6 を備える。可変利得増幅器 1 1 5 および利得制御信号生成回路 1 1 6 は増幅回路 1 1 4 を構成している。なお、図 9 に示す光受信装置 1 0 0 のうち、図 1 に示した光受信装置 1 と同一の構成要素には 1 0 0 番台の符号を付している。

【 0 0 2 9 】

図 9 に示す光受信装置 1 0 0 では、光受信装置 1 0 0 に入力される多重信号光 1 2 1 を光カプラ 1 0 1 で分岐して、一方の多重信号光 1 0 2 を光ミキサ 1 1 2 に、他方の多重信号光 1 0 3 を光電変換器 1 0 4 に入力している。そして、分岐された多重信号光 1 0 3 を光電変換器 1 0 4 で電気信号に変換することで、光受信装置 1 0 0 に入力される多重信号光 1 2 1 のパワーをモニタすることができる。

20

【 0 0 3 0 】

しかしながら、多重信号光 1 2 1 は複数の波長の信号光が多重化された信号光であるため、光受信装置 1 0 0 に入力される多重信号光 1 2 1 をモニタした場合は、光受信装置 1 0 0 に入力された全ての信号光をモニタしていることになる。よって、この場合は特定波長の信号光 1 2 3 のパワーのみを測定することができない。

【 0 0 3 1 】

30

そこで本実施の形態にかかる光受信装置 1 では、図 1 に示すように、可変利得増幅器 1 5 の利得を制御するための利得制御信号 2 6 を用いて、光ミキサ 1 2 から出力された信号光 2 3 のパワーに対応したモニタ信号 2 7 を生成している。つまり、可変利得増幅器 1 5 は、多重信号光 2 1 の中から選択された信号光 2 3 に対応した電気信号 2 4 のみを増幅している。また、利得制御信号 2 6 は可変利得増幅器 1 5 の利得を制御するための信号であり、信号光 2 3 のパワーに応じて変化する。よって、この利得制御信号 2 6 を用いてモニタ信号 2 7 を生成することで、信号光 2 3 のパワーをモニタすることができる。

【 0 0 3 2 】

更に、本実施の形態にかかる光受信装置 1 では、利得制御信号 2 6 を用いて信号光 2 3 のパワーをモニタしているので、多重信号光を分岐するための光カプラ 1 0 1 やモニタ用の光電変換器 1 0 4（図 9 参照）を設ける必要がない。また、本実施の形態にかかる光受信装置 1 では、多重信号光 2 1 と局部発振光 2 2 とを干渉させてコヒーレント検波することで、多重信号光 2 1 の中から局部発振光 2 2 の波長に対応した信号光 2 3 を選択的に取り出している。よって、多重信号光から信号光を取り出すためのアレイ導波路回折格子（A W G : Arrayed Waveguide Grating）や光フィルタなどを設ける必要がない。したがって、光受信装置を小型化することができ、また光受信装置の製造コストを低減することができる。

40

【 0 0 3 3 】

以上で説明した本実施の形態にかかる発明により、特定波長の信号光のパワーをモニタすることができる光受信装置およびモニタ信号生成方法を提供することができる。

50

【 0 0 3 4 】

< 実施の形態 2 >

次に、本発明の実施の形態 2 について説明する。本実施の形態では、実施の形態 1 で説明した光受信装置を、偏波多重 4 値位相変調 (DP - QPSK : Dual Polarization Quadrature Phase Shift Keying) 方式に適用した場合について説明する。

【 0 0 3 5 】

図 3 は、本実施の形態にかかる光受信装置 2 を示すブロック図である。図 3 に示すように、本実施の形態にかかる光受信装置 2 は、局部発振器 (LO) 3 1、偏波分離器 (PBS : Polarization Beam Splitter) 3 2、90 度光ハイブリッド回路 3 4_1、3 4_2、光電変換器 3 5、増幅回路 3 6_1 ~ 3 6_4、モニタ信号生成部 3 7_1 ~ 3 7_4、アナログ・デジタル変換回路 3 8_1 ~ 3 8_4、およびデジタル信号処理回路 3 9 を備える。

10

【 0 0 3 6 】

光受信装置 2 は、送信装置側 (不図示) で生成された多重信号光 5 1 を受信する。多重信号光 5 1 は、互いに波長が異なる信号光が多重化された信号光である。更に本実施の形態では、多重信号光 5 1 は、互いに直交する X 偏波光 (第 1 の偏波光) と Y 偏波光 (第 2 の偏波光) とが多重化されている。X 偏波光と Y 偏波光はそれぞれ独立に変調されており、各々独立して情報を伝達することができる。また、X 偏波光と Y 偏波光はそれぞれ、4 つの異なる位相で変調されている。

【 0 0 3 7 】

偏波分離器 3 2 は、多重信号光 5 1 を入力し、多重信号光 5 1 を互いに直交する X 偏波光 5 2 と Y 偏波光 5 3 とに分離し、分離した X 偏波光 5 2 を 90 度光ハイブリッド回路 3 4_1 (第 1 の光ハイブリッド回路) に、分離した Y 偏波光を 90 度光ハイブリッド回路 3 4_2 (第 2 の光ハイブリッド回路) に、それぞれ出力する。

20

【 0 0 3 8 】

局部発振器 3 1 は、所定の波長を有する局部発振光 5 4 を 90 度光ハイブリッド回路 3 4_1、3 4_2 にそれぞれ出力する。つまり、局部発振器 3 1 は、多重信号光 5 1 から取り出す信号光の波長に対応した波長の局部発振光 5 4 を 90 度光ハイブリッド回路 3 4_1、3 4_2 に出力する。例えば、局部発振器 3 1 は波長可変レーザを含み構成されており、多重信号光 5 1 から取り出す信号光の波長と対応するように、局部発振器 3 1 から出力する局部発振光 5 4 の波長を変更することができる。

30

【 0 0 3 9 】

90 度光ハイブリッド回路 3 4_1 は、光ミキサ (第 1 の光ミキサ) を含み、X 偏波光 5 2 と局部発振光 5 4 とを入力し、X 偏波光 5 2 と局部発振光 5 4 とを互いに干渉させることで、X 偏波光 5 2 の中から局部発振光 3 1 の波長に対応した信号光を分離する。更に、90 度光ハイブリッド回路 3 4_1 は、X 偏波光 5 2 を同相成分 (I 成分) と直交成分 (Q 成分) とに分離し、同相成分に含まれる 2 つの信号光を第 1 の差動信号として、直交成分に含まれる 2 つの信号光を第 2 の差動信号として出力する。

【 0 0 4 0 】

図 4 は、90 度光ハイブリッド回路 3 4_1 の一例を示す図である。図 4 に示すように、90 度光ハイブリッド回路 3 4_1 は、光カプラ 6 1_1 ~ 6 1_3、6 2_1 ~ 6 2_3、 $\pi/2$ 位相シフタ 6 3、 π 位相シフタ 6 4_1、6 4_2、および光ミキサ 6 5_1 ~ 6 5_4 (第 1 の光ミキサ) を備える。

40

【 0 0 4 1 】

90 度光ハイブリッド回路 3 4_1 に入力された X 偏波光 5 2 は、光カプラ 6 1_1 ~ 6 1_3 でそれぞれ分岐されて、光ミキサ 6 5_1 ~ 6 5_4 にそれぞれ導入される。90 度光ハイブリッド回路 3 4_1 に入力された局部発振光 5 4 は、光カプラ 6 2_1 および光カプラ 6 2_3 で分岐された後に光ミキサ 6 5_1 に導入される。90 度光ハイブリッド回路 3 4_1 に入力された局部発振光 5 4 は、光カプラ 6 2_1 および光カプラ 6 2_3 で分岐された後に π 位相シフタ 6 4_1 で位相が π だけシフトされて、光ミキサ 6 5_2 に導入される。

50

【 0 0 4 2 】

90度光ハイブリッド回路34_1に入力された局部発振光54は、光カブラ62_1で分岐された後に $\pi/2$ 位相シフタ63で位相が $\pi/2$ だけシフトされ、更に光カブラ62_2で分岐された後に光ミキサ65_3に導入される。90度光ハイブリッド回路34_1に入力された局部発振光54は、光カブラ62_1で分岐された後に $\pi/2$ 位相シフタ63で位相が $\pi/2$ だけシフトされ、更に光カブラ62_2で分岐された後に π 位相シフタ64_2で位相が π だけシフトされて、光ミキサ65_4に導入される。

【 0 0 4 3 】

つまり、光ミキサ65_1には位相がずれていない局部発振光54が導入され、光ミキサ65_2には位相が π ずれている局部発振光54が導入され、光ミキサ65_3には位相が $\pi/2$ ずれている局部発振光54が導入され、光ミキサ65_4には位相が $3\pi/2$ ずれている局部発振光54が導入される。

【 0 0 4 4 】

よって、光ミキサ65_1からは位相がずれていない信号光Ip_1が出力され、光ミキサ65_2からは位相が π ずれている信号光In_1が出力され、光ミキサ65_3からは位相が $\pi/2$ ずれている信号光Qp_1が出力され、光ミキサ65_4からは位相が $3\pi/2$ ずれている信号光Qn_1が出力される。信号光Ip_1および信号光In_1は、第1の差動信号（同相成分の差動信号）として出力され、信号光Qp_1および信号光Qn_1は、第2の差動信号（直交成分の差動信号）として出力される。

【 0 0 4 5 】

90度光ハイブリッド回路34_2についても90度光ハイブリッド回路34_1と同様である。つまり、90度光ハイブリッド回路34_2は、光ミキサ（第2の光ミキサ）を含み、Y偏波光53と局部発振光54とを入力し、Y偏波光53と局部発振光54とを互いに干渉させることで、Y偏波光53の中から局部発振光31の波長に対応した信号光を分離する。更に、90度光ハイブリッド回路34_2は、Y偏波光53を同相成分（I成分）と直交成分（Q成分）とに分離し、同相成分に含まれる2つの信号光（Ip_2、In_2）を第3の差動信号として、直交成分に含まれる2つの信号光（Qp_2、Qn_2）を第4の差動信号として出力する。

【 0 0 4 6 】

図3に示すように、90度光ハイブリッド回路34_1、34_2から出力された信号光Ip_1、In_1（第1の差動信号）、信号光Qp_1、Qn_1（第2の差動信号）、信号光Ip_2、In_2（第3の差動信号）、信号光Qp_2、Qn_2（第4の差動信号）の各々は、光電変換器PD#1～PD#8で電気信号に変換される。

【 0 0 4 7 】

増幅回路36_1は、光電変換器PD#1、PD#2から出力された第1の差動信号（Ip_1、In_1）に対応した電気信号を増幅して、出力振幅が一定レベルに増幅された出力信号を生成する。生成された出力信号はアナログ・デジタル変換回路38_1に出力される。アナログ・デジタル変換回路38_1は、出力信号をアナログ信号からデジタル信号に変換してデジタル信号処理回路39に出力する。モニタ信号生成部37_1は、第1の差動信号（Ip_1、In_1）に対応したモニタ信号60_1を生成する。

【 0 0 4 8 】

増幅回路36_2は、光電変換器PD#3、PD#4から出力された第2の差動信号（Qp_1、Qn_1）に対応した電気信号を増幅して、出力振幅が一定レベルに増幅された出力信号を生成する。生成された出力信号はアナログ・デジタル変換回路38_2に出力される。アナログ・デジタル変換回路38_2は、出力信号をアナログ信号からデジタル信号に変換してデジタル信号処理回路39に出力する。モニタ信号生成部37_2は、第2の差動信号（Qp_1、Qn_1）に対応したモニタ信号60_2を生成する。

【 0 0 4 9 】

増幅回路36_3は、光電変換器PD#5、PD#6から出力された第3の差動信号（Ip_2、In_2）に対応した電気信号を増幅して、出力振幅が一定レベルに増幅された

10

20

30

40

50

出力信号を生成する。生成された出力信号はアナログ・デジタル変換回路 38_3 に出力される。アナログ・デジタル変換回路 38_3 は、出力信号をアナログ信号からデジタル信号に変換してデジタル信号処理回路 39 に出力する。モニタ信号生成部 37_3 は、第 3 の差動信号 (Ip_2、In_2) に対応したモニタ信号 60_3 を生成する。

【0050】

増幅回路 36_4 は、光電変換器 PD # 7、PD # 8 から出力された第 4 の差動信号 (Qp_2、Qn_2) に対応した電気信号を増幅して、出力振幅が一定レベルに増幅された出力信号を生成する。生成された出力信号はアナログ・デジタル変換回路 38_4 に出力される。アナログ・デジタル変換回路 38_4 は、出力信号をアナログ信号からデジタル信号に変換してデジタル信号処理回路 39 に出力する。モニタ信号生成部 37_4 は、第 4 の差動信号 (Qp_2、Qn_2) に対応したモニタ信号 60_4 を生成する。

10

【0051】

図 5 は、本実施の形態にかかる光受信装置 2 が備える増幅回路 36_1 の詳細を説明するためのブロック図である。以下では増幅回路 36_1 について説明するが、他の増幅回路 36_2 ~ 36_4 についても同様である。

【0052】

増幅回路 36_1 は、トランスインピーダンスアンプ 42、可変利得増幅器 43、および利得制御信号生成回路 44 を備える。増幅回路 36_1 は、AGC 回路を構成している。90 度光ハイブリッド回路 34_1 から出力された差動信号 (Ip_1、In_1) は、光電変換器 PD # 1、PD # 2 で差動信号 56_1、56_2 に変換されてトランスインピーダンスアンプ 42 に供給される。トランスインピーダンスアンプ 42 は、差動信号 56_1、56_2 を電流信号から電圧信号に変換し、差動信号 57_1、57_2 を可変利得増幅器 43 に出力する。なお、トランスインピーダンスアンプ 42 は省略してもよい。

20

【0053】

可変利得増幅器 43 は、差動信号 57_1、57_2 を増幅し、出力振幅が一定レベルに増幅された差動出力信号 58_1、58_2 を生成する。このとき、可変利得増幅器 43 は、利得制御信号生成回路 44 で生成された利得制御信号 59 に応じて、可変利得増幅器 43 の利得を調整する。

【0054】

利得制御信号生成回路 44 は、可変利得増幅器 43 の利得を制御するための利得制御信号 59 を生成する。例えば利得制御信号生成回路 44 は、可変利得増幅器 43 から出力された差動出力信号 58_1、58_2 の振幅電圧と予め設定された目標電圧 Vt とに基づき、可変利得増幅器 43 をフィードバック制御するための利得制御信号 59 を生成する。

30

【0055】

例えば、利得制御信号生成回路 44 は、可変利得増幅器 43 から出力された差動出力信号 58_1、58_2 の振幅電圧 (換言すると、差動出力信号 58_1、58_2 の振幅電圧の絶対値) と目標電圧 Vt とが等しくなるような利得制御信号 59 を生成する。具体的には、利得制御信号生成回路 44 は、差動出力信号 58_1、58_2 の振幅電圧が目標電圧 Vt よりも大きい場合、可変利得増幅器 43 の利得を下げるような利得制御信号 59 を生成する。逆に、差動出力信号 58_1、58_2 の振幅電圧が目標電圧 Vt よりも小さい場合、可変利得増幅器 43 の利得を上げるような利得制御信号 59 を生成する。

40

【0056】

モニタ信号生成部 37_1 は、利得制御信号 59 を用いてモニタ信号 60_1 を生成する。モニタ信号 60_1 は、90 度光ハイブリッド回路 34_1 から出力された差動信号 55_1、55_2 (Ip_1、In_1) のパワーに対応した信号である。

【0057】

つまり、実施の形態 1 で説明したように、利得制御信号 59 は、差動信号 55_1、55_2 (Ip_1、In_1) のパワーに応じて変化する。モニタ信号生成部 37_1 は、このように変化する利得制御信号 59 を用いて、差動信号 55_1、55_2 (Ip_1、In_1) のパワーに対応したモニタ信号 60_1 を生成することができる。例えば、モニタ

50

信号生成部 37_1 は、アナログ・デジタル変換回路を備えていてもよく、この場合はアナログ信号である利得制御信号 59 をデジタル信号に変換することができる。

【0058】

本実施の形態にかかる光受信装置 2 においても、可変利得増幅器 43 の利得を制御するための利得制御信号 59 を用いて、90 度光ハイブリッド回路 34_1、34_2 から出力された信号光のパワーをモニタしている。よって、特定波長の信号光のパワーをモニタすることができる。

【0059】

なお、図 3 では、4 つのモニタ信号生成部 37_1 ~ 37_4 を備える場合について説明したが、モニタ信号生成部は少なくとも一つ備えていればよい。つまり、第 1 の差動信号 (Ip_1、In_1)、第 2 の差動信号 (Qp_1、Qn_1)、第 3 の差動信号 (Ip_2、In_2)、第 4 の差動信号 (Qp_2、Qn_2) のうち、モニタが必要な差動信号についてのみ、モニタ信号生成部を設けてもよい。

10

【0060】

また、上記では、多重信号光 51 が X 偏波光と Y 偏波光とを含む場合について説明した。しかし、本実施の形態にかかる発明は、偏波光を用いない 4 値位相変調 (QPSK: Quadrature Phase Shift Keying) 方式に適用してもよい。この場合は、偏波分離器 32、90 度光ハイブリッド回路 34_2、光電変換器 PD # 5 ~ PD # 8、増幅回路 36_3、36_4、モニタ信号生成部 37_3、37_4、およびアナログ・デジタル変換回路 38_3、38_4 を省略することができる。本実施の形態にかかる発明を 4 値位相変調方式に適用した場合は、90 度光ハイブリッド回路 34_1 に多重信号光と局部発振光とが入力され、90 度光ハイブリッド回路 34_1 からは、4 つの信号光 Ip_1、In_1、Qp_1、Qn_1 (換言すると、2 つの差動信号) が出力される。信号光 Ip_1、In_1、Qp_1、Qn_1 の処理については、上記で説明した場合と同様である。

20

【0061】

< 実施の形態 3 >

次に、本発明の実施の形態 3 について説明する。図 6 は、実施の形態 3 にかかる光受信装置を示すブロック図である。実施の形態 3 にかかる光受信装置 3 では、実施の形態 1 で説明した光受信装置 1 と比べて、モニタ信号生成部 17 で生成されたモニタ信号 27 に応じて、局部発振器 71 から出力される局部発振光 22 のパワーを制御している点が異なる。これ以外は実施の形態 1 で説明した光受信装置 1 と同様であるので、同一の構成要素には同一の符号を付し、重複した説明は省略する。

30

【0062】

図 6 に示すように、本実施の形態にかかる光受信装置 3 は、局部発振器 (LO) 71、光ミキサ 12、光電変換器 13、可変利得増幅器 15、利得制御信号生成回路 16、モニタ信号生成部 17、および局部発振光制御部 72 を備える。

【0063】

光ミキサ 12 は、多重信号光 21 と局部発振光 22 とを入力し、多重信号光 21 の中から局部発振光 22 の波長に対応した信号光 23 を選択し、選択された信号光 23 を光電変換器 13 に出力する。このとき、光ミキサ 12 は、多重信号光 21 と局部発振光 22 とを干渉させてコヒーレント検波することで、多重信号光 21 の中から、局部発振光 22 の波長 λ_m に対応した信号光を選択的に取り出している。よって、多重信号光 21 の中から特定波長の信号光 23 を適切に取り出すためには、光ミキサ 12 に入力される局部発振光 22 のパワーを適切な値に調整する必要がある。

40

【0064】

そこで本実施の形態にかかる光受信装置 3 では、モニタ信号生成部 17 で生成されたモニタ信号 27 に応じて、局部発振器 71 から出力される局部発振光 22 のパワーを制御している。つまり、局部発振光制御部 72 は、モニタ信号 27 に応じて、局部発振器 71 を制御するための制御信号 73 を生成し、当該制御信号 73 を局部発振器 71 に出力している。局部発振器 71 は、制御信号 73 に応じて局部発振光 22 のパワーを調整している。

50

【 0 0 6 5 】

例えば、局部発振光 2 2 のパワーが小さすぎる場合は、光ミキサ 1 2 から出力される信号光 2 3 のパワーも小さくなる。このとき、モニタ信号 2 7 は、信号光 2 3 のパワーが小さすぎることを示しているので、局部発振光制御部 7 2 は、局部発振光 2 2 のパワーをより大きくするように、局部発振器 7 1 を制御する。

【 0 0 6 6 】

また、例えば局部発振光 2 2 のパワーが大きすぎる場合は、光ミキサ 1 2 から出力される信号光 2 3 のパワーも大きくなる。このとき、モニタ信号 2 7 は、信号光 2 3 のパワーが大きすぎることを示しているので、局部発振光制御部 7 2 は、局部発振光 2 2 のパワーをより小さくするように、局部発振器 7 1 を制御する。

10

【 0 0 6 7 】

例えば、局部発振光制御部 7 2 は、モニタ信号 2 7 の値（つまり、信号光 2 3 のパワー値）が所定の値となるように、局部発振光 2 2 のパワーを制御してもよい。ここで所定の値は任意に決定することができる。

【 0 0 6 8 】

このように、本実施の形態にかかる光受信装置 3 では、モニタ信号 2 7 に応じて局部発振光 2 2 のパワーを制御することができるので、多重信号光 2 1 の中から所定のパワーを有する信号光 2 3 を取り出すことができる。

【 0 0 6 9 】

< 実施の形態 4 >

20

次に、本発明の実施の形態 4 について説明する。図 7 は、実施の形態 4 にかかる光受信装置を示すブロック図である。実施の形態 4 にかかる光受信装置 4 では、実施の形態 1 で説明した光受信装置 1 と比べて、モニタ信号生成部 1 7 で生成されたモニタ信号 2 7 に応じて、光ミキサ 1 2 に供給される多重信号光 8 4 のパワーを調整している点が異なる。これ以外は実施の形態 1 で説明した光受信装置 1 と同様であるので、同一の構成要素には同一の符号を付し、重複した説明は省略する。

【 0 0 7 0 】

図 7 に示すように、本実施の形態にかかる光受信装置 4 は、局部発振器（LO）1 1、多重信号光調整部 8 1、光ミキサ 1 2、光電変換器 1 3、可変利得増幅器 1 5、利得制御信号生成回路 1 6、モニタ信号生成部 1 7、および多重信号光制御部 8 2 を備える。

30

【 0 0 7 1 】

多重信号光調整部 8 1 は、多重信号光 2 1 のパワーを調整し、調整後の多重信号光 8 4 を光ミキサ 1 2 に出力する。多重信号光制御部 8 2 は、モニタ信号 2 7 に応じて多重信号光調整部 8 1 を制御する。多重信号光調整部 8 1 は、例えば多重信号光制御部 8 2 から出力された制御信号 8 3 に応じて多重信号光 2 1 を減衰させるアッテネータ（減衰器）を用いて構成することができる。

【 0 0 7 2 】

光ミキサ 1 2 は、多重信号光 8 4 と局部発振光 2 2 とを入力し、多重信号光 8 4 の中から局部発振光 2 2 の波長に対応した信号光 2 3 を選択し、選択された信号光 2 3 を光電変換器 1 3 に出力する。このとき、光ミキサ 1 2 は、多重信号光 8 4 と局部発振光 2 2 とを干渉させてコヒーレント検波することで、多重信号光 2 1 の中から、局部発振光 2 2 の波長 λ_m に対応した信号光を選択的に取り出している。よって、多重信号光 8 4 の中から特定波長の信号光 2 3 を適切に取り出すためには、光ミキサ 1 2 に入力される多重信号光 8 4 のパワーを適切な値に調整する必要がある。

40

【 0 0 7 3 】

そこで本実施の形態にかかる光受信装置 4 では、モニタ信号生成部 1 7 で生成されたモニタ信号 2 7 に応じて、光ミキサ 1 2 に入力される多重信号光 8 4 のパワーを調整している。多重信号光制御部 8 2 は、モニタ信号 2 7 に応じて多重信号光調整部 8 1 を制御するための制御信号 8 3 を生成し、当該制御信号 8 3 を多重信号光調整部 8 1 に出力している。多重信号光調整部 8 1 は、制御信号 8 3 に応じて多重信号光 2 1 のパワーを調整し、調

50

整後の多重信号光 8 4 を光ミキサ 1 2 に出力している。

【 0 0 7 4 】

例えば、多重信号光 8 4 のパワーが大きすぎる場合は、光ミキサ 1 2 から出力される信号光 2 3 のパワーも大きくなる。このとき、モニタ信号 2 7 は、信号光 2 3 のパワーが大きすぎることを示しているので、多重信号光制御部 8 2 は、光ミキサ 1 2 に入力される多重信号光 8 4 のパワーが小さくなるように、多重信号光調整部 8 1 を制御する。

【 0 0 7 5 】

また、例えば、多重信号光 8 4 のパワーが小さすぎる場合は、光ミキサ 1 2 から出力される信号光 2 3 のパワーも小さくなる。このとき、モニタ信号 2 7 は、信号光 2 3 のパワーが小さすぎることを示しているので、多重信号光制御部 8 2 は、光ミキサ 1 2 に入力される多重信号光 8 4 のパワーが大きくなるように、多重信号光調整部 8 1 を制御する。

【 0 0 7 6 】

例えば、多重信号光制御部 8 2 は、モニタ信号 2 7 の値（つまり、信号光 2 3 のパワー値）が所定の値となるように、多重信号光 8 4 のパワーを制御してもよい。ここで所定の値は任意に決定することができる。

【 0 0 7 7 】

このように、本実施の形態にかかる光受信装置 4 では、光ミキサ 1 2 に入力される多重信号光 8 4 のパワーをモニタ信号 2 7 に応じて制御することができるので、所定のパワーを有する信号光 2 3 を取り出すことができる。

【 0 0 7 8 】

< 実施の形態 5 >

次に、本発明の実施の形態 5 について説明する。図 8 は、実施の形態 5 にかかる光受信装置を示すブロック図である。実施の形態 5 にかかる光受信装置 5 は、実施の形態 3 にかかる光受信装置 3 と実施の形態 4 にかかる光受信装置 4 とを組み合わせた構成を備える。

【 0 0 7 9 】

つまり、本実施の形態にかかる光受信装置 5 は、モニタ信号生成部 1 7 で生成されたモニタ信号 2 7 に応じて局部発振光 2 2 のパワーを制御し、更に、モニタ信号 2 7 に応じて多重信号光 8 4 のパワーを調整している。

【 0 0 8 0 】

図 8 に示すように、本実施の形態にかかる光受信装置 5 は、局部発振器（LO）7 1、光ミキサ 1 2、光電変換器 1 3、可変利得増幅器 1 5、利得制御信号生成回路 1 6、モニタ信号生成部 1 7、局部発振光制御部 7 2、多重信号光調整部 8 1、および多重信号光制御部 8 2 を備える。なお、これらの構成要素については、実施の形態 1、3、4 で説明した場合と同様であるので、同一の構成要素には同一の符号を付し、重複した説明は省略する。

【 0 0 8 1 】

本実施の形態にかかる光受信装置 5 では、モニタ信号 2 7 に応じて局部発振光 2 2 のパワーを制御することができ、更に、モニタ信号 2 7 に応じて多重信号光 8 4 のパワーを調整することができる。よって、局部発振光 2 2 のパワーと多重信号光 8 4 のパワーを独立に制御することができるので、実施の形態 3、4 にかかる光受信装置と比べて、光ミキサ 1 2 から出力される信号光 2 3 のパワーを精度よく調整することができる。

【 0 0 8 2 】

なお、実施の形態 4、5 では、多重信号光調整部 8 1 および多重信号光制御部 8 2 を用いて、光ミキサ 1 2 に入力される多重信号光 8 4 のパワーを調整する場合について説明した。しかし、多重信号光 2 1 を送信する送信装置側において、多重信号光 2 1 のパワーを調整するようにしてもよい。この場合は、送信装置側にモニタ信号 2 7 を送信する必要がある。

【 0 0 8 3 】

また、実施の形態 3 乃至 5 で説明した発明は、実施の形態 2 で説明した偏波多重 4 値位相変調（DP-QPSK）方式の光受信装置にも適用することができる。

【 0 0 8 4 】

以上、実施の形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記によって限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、発明のスコープ内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

【 0 0 8 5 】

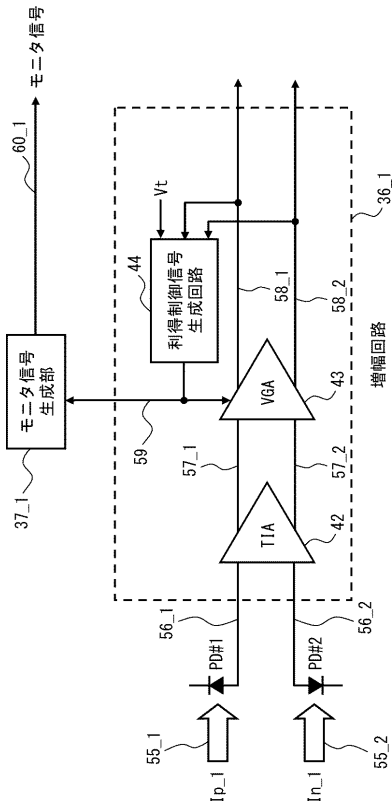
この出願は、2013年7月11日に出願された日本出願特願2013-145238を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【 符号の説明 】

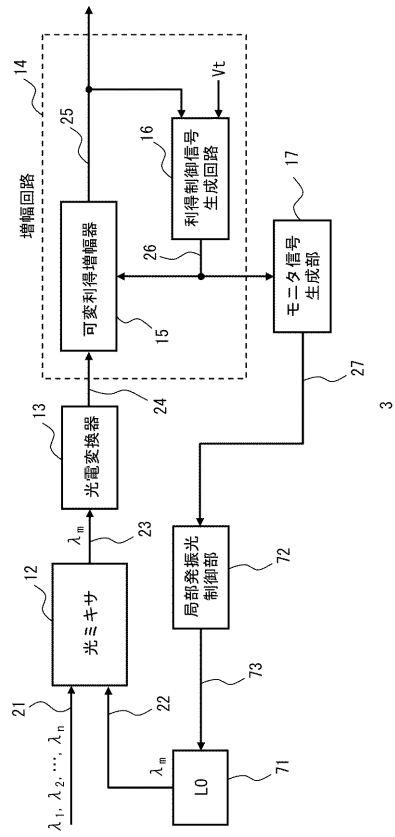
【 0 0 8 6 】

1、2、3、4、5	光受信装置	10
1 1	局部発振器 (L O)	
1 2	光ミキサ	
1 3	光電変換器	
1 4	増幅回路	
1 5	可変利得増幅器	
1 6	利得制御信号生成回路	
1 7	モニタ信号生成部	
1 8	トランスインピーダンスアンプ	
2 1	多重信号光	
2 2	局部発振光	20
2 3	信号光	
2 4	電気信号	
2 5	出力信号	
2 6	利得制御信号	
2 7	モニタ信号	
3 1	局部発振器 (L O)	
3 2	偏波分離器	
3 4_1、3 4_2	90度光ハイブリッド回路	
3 5	光電変換器	
3 6_1 ~ 3 6_4	増幅回路	30
3 7_1 ~ 3 7_4	モニタ信号生成部	
3 8_1 ~ 3 8_4	アナログ・デジタル変換回路	
3 9	デジタル信号処理回路	
6 1_1 ~ 6 1_3、6 2_1 ~ 6 2_3	光カブラ	
6 3	$\pi / 2$ 位相シフタ	
6 4_1、6 4_2	π 位相シフタ	
6 5_1 ~ 6 5_4	光ミキサ	
7 1	局部発振器 (L O)	
7 2	局部発振光制御部	
8 1	多重信号光調整部	40
8 2	多重信号光制御部	

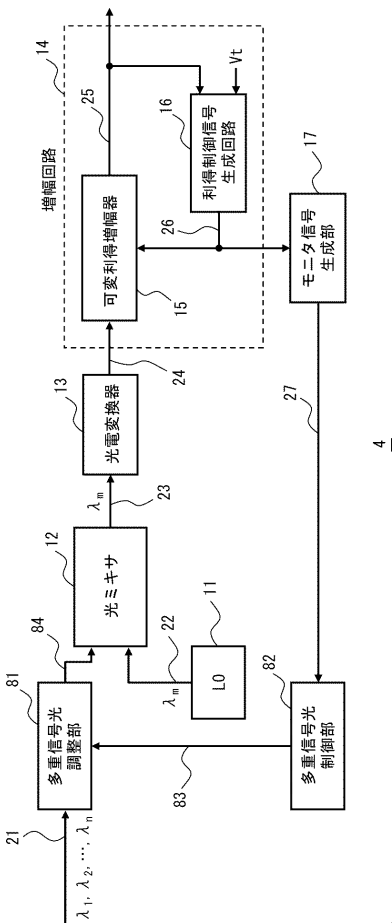
【図 5】



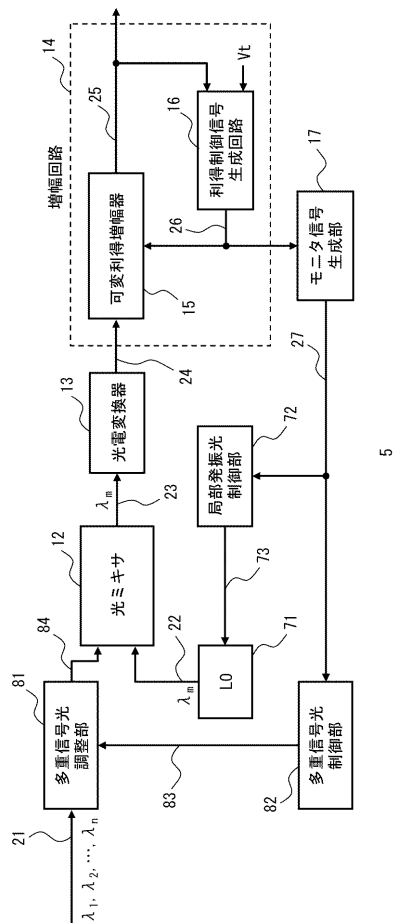
【図 6】



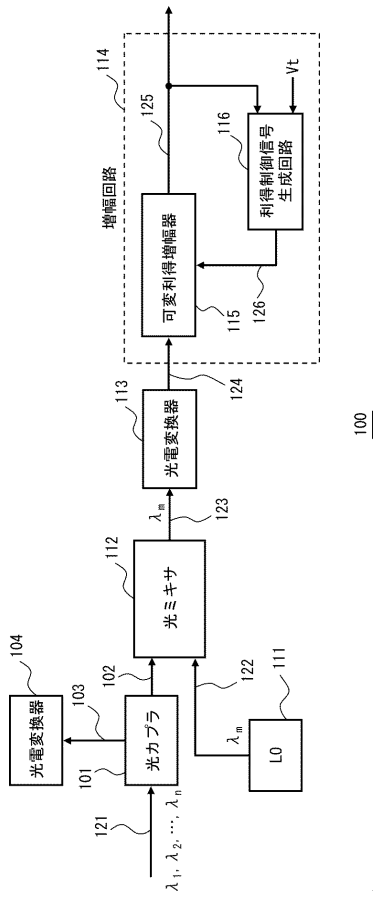
【図 7】



【図 8】



【図 9】



100