

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5365319号  
(P5365319)

(45) 発行日 平成25年12月11日(2013.12.11)

(24) 登録日 平成25年9月20日(2013.9.20)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>HO4B</b>	<b>10/64</b>	<b>(2013.01)</b>	HO4B	9/00	640
<b>HO4J</b>	<b>14/00</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4B	9/00	F
<b>HO4J</b>	<b>14/04</b>	<b>(2006.01)</b>			
<b>HO4J</b>	<b>14/06</b>	<b>(2006.01)</b>			

請求項の数 6 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2009-96220 (P2009-96220)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成21年4月10日(2009.4.10)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2010-251851 (P2010-251851A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成22年11月4日(2010.11.4)	(74) 代理人	100104190
審査請求日	平成23年12月5日(2011.12.5)		弁理士 酒井 昭徳
		(72) 発明者	▲高▼原 智夫
			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
		審査官	後澤 瑞征

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光送信装置および光受信装置を備え、  
 前記光送信装置は、  
 第一光源および第二光源と、  
 前記第一光源からの光を変調する第一位相変調器と、  
 前記第二光源からの光を変調する第二位相変調器と、  
 前記第一位相変調器および前記第二位相変調器からの各出力光を偏波多重した信号光を出力する偏波多重器と、を備え、  
 前記光受信装置は、  
 局発部と、  
 前記光送信装置から送信された前記信号光を偏波分離する偏波分離器と、  
 前記第一位相変調器と前記第二位相変調器にそれぞれ対応する第一デジタルコヒーレント受信機および第二デジタルコヒーレント受信機と、を備え、  
 前記第一デジタルコヒーレント受信機および前記第二デジタルコヒーレント受信機は、  
 前記局発部からの光と前記偏波分離器により偏波分離された信号光とを混合することにより実部と虚部の電気信号を出力するフロントエンドと、  
 前記フロントエンドが出力する実部と虚部の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部と、  
 前記デジタル信号について位相推定を行って信号を取り出すデジタル信号処理部と、

を備え、

前記第一デジタルコヒーレント受信機および前記第二デジタルコヒーレント受信機のそれぞれは、前記局発部からの光と前記偏波分離された信号光との周波数ずれを算出し、

前記光受信装置は、前記第一デジタルコヒーレント受信機および前記第二デジタルコヒーレント受信機によって算出された各周波数ずれの平均値に基づいて前記局発部からの光の周波数を制御することを特徴とする光伝送システム。

【請求項 2】

前記光送信装置は、

前記第一光源の出力光の波長を一定に制御する第一波長ロックと、

前記第二光源の出力光の波長を一定に制御する第二波長ロックと、

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の光伝送システム。

10

【請求項 3】

前記光送信装置は、

前記第一位相変調器の出力光のパワーをモニタする第一パワーモニタと、

前記第二位相変調器の出力光のパワーをモニタする第二パワーモニタと、

前記第一パワーモニタによってモニタされたパワーが一定となるように前記第一光源の出力光のパワーを制御する第一パワー制御部と、

前記第二パワーモニタによってモニタされたパワーが一定となるように前記第二光源の出力光のパワーを制御する第二パワー制御部と、

を備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光伝送システム。

20

【請求項 4】

前記光送信装置は、前記光受信装置へ送信する信号光を RZ (Return to Zero) パルス化する変調器を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載の光伝送システム。

【請求項 5】

光送信装置および光受信装置を備え、

前記光送信装置は、

第一光源および第二光源と、

前記第一光源からの光を変調する第一位相変調器と、

前記第二光源からの光を変調する第二位相変調器と、

前記第一位相変調器および前記第二位相変調器からの各出力光を偏波多重した信号光を出力する偏波多重器と、を備え、

30

前記光受信装置は、

局発部と、

前記光送信装置から送信された前記信号光を偏波分離する偏波分離器と、

前記第一位相変調器と前記第二位相変調器にそれぞれ対応する第一デジタルコヒーレント受信機および第二デジタルコヒーレント受信機と、を備え、

前記第一デジタルコヒーレント受信機および前記第二デジタルコヒーレント受信機は、前記局発部からの光と前記偏波分離器により偏波分離された信号光とを混合することにより実部と虚部の電気信号を出力するフロントエンドと、

40

前記フロントエンドが出力する実部と虚部の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部と、

前記デジタル信号について位相推定を行って信号を取り出すデジタル信号処理部と、

を備え、

前記第一デジタルコヒーレント受信機および前記第二デジタルコヒーレント受信機のそれぞれは、前記偏波分離された信号光の品質を測定し、

前記光受信装置は、前記第一デジタルコヒーレント受信機および前記第二デジタルコヒーレント受信機によって測定された各品質の和が大きくなるように前記局発部からの光の周波数を制御することを特徴とする光伝送システム。

【請求項 6】

50

光送信装置および光受信装置を備え、  
 前記光送信装置は、  
 第一光源および第二光源と、  
 前記第一光源からの光を変調する第一位相変調器と、  
 前記第二光源からの光を変調する第二位相変調器と、  
 前記第一位相変調器および前記第二位相変調器からの各出力光を偏波多重した信号光を  
 出力する偏波多重器と、を備え、  
 前記光受信装置は、  
 局発部と、  
 前記光送信装置から送信された前記信号光を偏波分離する偏波分離器と、  
 前記第一位相変調器と前記第二位相変調器にそれぞれ対応する第一デジタルコヒーレン  
 ト受信機および第二デジタルコヒーレント受信機と、を備え、  
 前記第一デジタルコヒーレント受信機および前記第二デジタルコヒーレント受信機は、  
 前記局発部からの光と前記偏波分離器により偏波分離された信号光とを混合することに  
 より実部と虚部の電気信号を出力するフロントエンドと、  
 前記フロントエンドが出力する実部と虚部の電気信号をデジタル信号に変換するアナロ  
 グデジタル変換部と、  
 前記デジタル信号について位相推定を行って信号を取り出すデジタル信号処理部と、  
 を備え、  
 前記第一デジタルコヒーレント受信機および前記第二デジタルコヒーレント受信機のそ  
 れぞれは、前記偏波分離された信号光の品質を測定し、  
 前記光受信装置は、前記第一デジタルコヒーレント受信機および前記第二デジタルコヒ  
 ーレント受信機によって測定された各品質の差分が小さくなるように前記局発部からの光  
 の周波数を制御することを特徴とする光伝送システム。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、信号光を伝送する光伝送システムに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、通信システムで用いられる送信機においては、出力光パワーを大きくすること  
 によって信号の信号対雑音比(SNR: Signal Noise Ratio)が確保  
 される。光通信システムで使用される光送信機には、レーザを直接変調するものと外部変  
 調器を用いるものがある。外部変調器を用いる光送信機においては、光源となるLD(L  
 a s e r D i o d e : レーザダイオード)の出力光パワー、外部変調器の損失、変調に  
 伴う損失、ファイバなどのパッシブデバイスとその接続損などで出力光パワーが決まる。  
 また、光源となるLDの出力光の波長を安定させる波長ロックが開示されている(たとえ  
 ば、下記特許文献1参照。)

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2008-53555号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述した従来技術では、変調器における挿入損失の低減はほぼ限界に達  
 しており、LDの出力光パワーの拡大も信頼性などから制約があるため、信号の信号対雑  
 音比を確保することが困難であるという問題がある。たとえば、DP-QPSK(Du a  
 l P o l a r i z a t i o n Q u a d r a t u r e P h a s e S h i f t K e  
 y i n g)方式などを使用する場合は、LDの出力光の合分波による損失が大きい。

40

50

## 【 0 0 0 5 】

具体的には、D P - Q P S Kを使用する場合は、各偏波の信号光を生成するためにL Dの出力光を2分岐するため、光のパワーが約3 d B減少する。さらに、出力光を分岐するスプリッタの過剰損失分だけ、Q P S K方式と比べても出力光パワーが減少する。

## 【 0 0 0 6 】

これに対して、各偏波の信号光を生成するためのL Dを送信側に複数設けることで、各出力光のパワーを確保することも考えられる。しかしながら、複数のL Dの各出力光の位相および周波数は完全に一致しないため、受信側で各偏波の信号光を受信することが困難であるという問題がある。

## 【 0 0 0 7 】

これに対して、たとえば受信側をホモダイン受信装置とし、受信側にO P L L ( O p t i c a l P h a s e L o c k e d L o o p : 光位相同期ループ)の構成を偏波ごとに設けることも考えられる。しかしながら、送信側の複数のL Dに対応して受信側に複数のO P L Lを設けると、装置が大型化し、装置のコストが増加するという問題がある。

## 【 0 0 0 8 】

開示の光伝送システムは、上述した問題点を解消するものであり、光伝送の品質を向上させることを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 9 】

上述した課題を解決し、目的を達成するため、この光伝送システムは、光送信装置および光受信装置を備え、前記光送信装置は、第一光源および第二光源と、前記第一光源からの光を変調する第一位相変調器と、前記第二光源からの光を変調する第二位相変調器と、前記第一位相変調器および前記第二位相変調器からの各出力光を偏波多重した信号光を出力する偏波多重器と、を備え、前記光受信装置は、局発部と、前記光送信装置から送信された前記信号光を偏波分離する偏波分離器と、前記第一位相変調器と前記第二位相変調器にそれぞれ対応する第一デジタルコヒーレント受信機および第二デジタルコヒーレント受信機と、を備え、前記第一デジタルコヒーレント受信機および前記第二デジタルコヒーレント受信機は、前記局発部からの光と前記偏波分離器により偏波分離された信号光とを混合することにより実部と虚部の電気信号を出力するフロントエンドと、前記フロントエンドが出力する実部と虚部の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部と、前記デジタル信号について位相推定を行って信号を取り出すデジタル信号処理部と、を備えることを要件とする。

## 【 0 0 1 0 】

上記構成によれば、光送信装置に第一光源および第二光源を設けることで各偏波の信号光のパワーを確保するとともに、光受信装置のデジタルコヒーレント受信における各偏波の信号光ごとの位相推定によって、光送信装置における各光源の間の位相ずれを補償することができる。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 1 】

開示の光伝送システムによれば、光伝送の品質を向上させることができるという効果を奏する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 2 】

【図1】実施の形態にかかる光伝送システムの構成を示す図である。

【図2】図1に示した光受信装置の構成例1を示すブロック図である。

【図3】光受信装置の具体的な構成例2を示す図である。

【図4】光受信装置の具体的な構成例3を示す図である。

【図5】図4に示したデジタル信号処理部における周波数制御の一例を示すフローチャートである。

【図6】光受信装置の具体的な構成例4を示す図である。

10

20

30

40

50

- 【図 7】光受信装置の具体的な構成例 5 を示す図である。
- 【図 8】デジタル信号処理部における位相差推定の機能的構成を示すブロック図である。
- 【図 9】図 1 に示した光送信装置の他の構成例 1 を示す図である。
- 【図 10】図 1 に示した光送信装置の他の構成例 2 を示す図である。
- 【図 11】図 1 に示した光送信装置の他の構成例 3 を示す図である。
- 【図 12】図 1 に示した光送信装置の他の構成例 4 を示す図である。
- 【図 13】図 1 に示した光送信装置の他の構成例 5 を示す図である。
- 【図 14】図 1 に示した光送信装置の他の構成例 6 を示す図である。
- 【図 15】図 1 に示した光送信装置の他の構成例 7 を示す図である。
- 【図 16】図 1 に示した光送信装置の他の構成例 8 を示す図である。
- 【図 17】図 1 に示した光送信装置の他の構成例 9 を示す図である。
- 【図 18】図 1 に示した光送信装置の他の構成例 10 を示す図である。
- 【図 19】図 1 に示した光送信装置の他の構成例 11 を示す図である。
- 【図 20】図 1 に示した光送信装置の他の構成例 12 を示す図である。
- 【発明を実施するための形態】

10

【0013】

以下に添付図面を参照して、この光伝送システムの好適な実施の形態を詳細に説明する。この光伝送システムは、送信側に LD を複数設けることにより各偏波の信号光の SNR を向上させるとともに、受信側で偏波ごとの位相推定を含むデジタルコヒーレント受信を行うことにより送信側における複数の LD 間の位相ずれを補償する。

20

【0014】

(実施の形態)

(光伝送システムおよび光送信装置の構成)

図 1 は、実施の形態にかかる光伝送システムの構成を示す図である。図 1 に示すように、光伝送システム 10 は、光送信装置 100 と、光受信装置 200 と、を含む光伝送システムである。光送信装置 100 は、光伝送路 11 を介して信号光を光受信装置 200 へ送信する。図 1 においては光送信装置 100 の構成について説明し、光受信装置 200 の構成については後述する(たとえば図 2, 図 9 ~ 図 20 参照)。

【0015】

光送信装置 100 は、LD 110 a (第一光源)と、光分岐部 121 a と、波長ロック 122 a と、偏波調節部 130 a と、位相変調器 140 a (第一位相変調器)と、駆動部 151 a と、駆動部 152 a と、LD 110 b (第二光源)と、光分岐部 121 b と、波長ロック 122 b と、偏波調節部 130 b と、位相変調器 140 b (第二位相変調器)と、駆動部 151 b と、駆動部 152 b と、偏波多重器 160 と、を備えている。

30

【0016】

LD 110 a、光分岐部 121 a、波長ロック 122 a、偏波調節部 130 a、位相変調器 140 a、駆動部 151 a および駆動部 152 a は、X 偏波の出力光を生成する。LD 110 b、光分岐部 121 b、波長ロック 122 b、偏波調節部 130 b、位相変調器 140 b、駆動部 151 b および駆動部 152 b は、Y 偏波の出力光を生成する。ここで、X 偏波と Y 偏波は互いに直交する偏波である。

40

【0017】

LD 110 a は光を生成して光分岐部 121 a へ出力する。また、LD 110 a は、波長ロック 122 a の制御によって生成する光の波長を変化させる。光分岐部 121 a は、LD 110 a から出力された光を分岐して、分岐した各光をそれぞれ波長ロック 122 a および偏波調節部 130 a へ出力する。波長ロック 122 a (WL: Wavelength Locker) は、光分岐部 121 a から出力された光の波長を監視し、監視する波長が一定となるように LD 110 a を制御する。

【0018】

偏波調節部 130 a (PC: Polarization Controller) は、光分岐部 121 a から出力された光の偏波を X 偏波に調節する。偏波調節部 130 a は、

50

偏波を調節した光を位相変調器 140 a へ出力する。位相変調器 140 a は、偏波調節部 130 a から出力された光を、駆動部 151 a および駆動部 152 a から出力される変調データに基づいて位相変調する。

【0019】

具体的には、位相変調器 140 a は、分岐部 141 a と、I アーム 142 a と、Q アーム 143 a と、干渉計 144 a と、干渉計 145 a と、位相シフト 146 a と、結合部 147 a と、が LN 基板上に設けられて実現されている。分岐部 141 a は、偏波調節部 130 a から出力された光を分岐して、分岐した各光をそれぞれ I アーム 142 a および Q アーム 143 a へ出力する。

【0020】

I アーム 142 a は、分岐部 141 a から出力された光を通過させる。I アーム 142 a には干渉計 144 a が設けられている。干渉計 144 a は、I アーム 142 a を通過する光を分岐して結合する。また、干渉計 144 a は、分岐した各光のうちの一方を、駆動部 151 a から出力される変調データに基づいて位相変調する。干渉計 144 a は、結合した光を結合部 147 a へ出力する。

【0021】

Q アーム 143 a は、分岐部 141 a から出力された光を通過させる。Q アーム 143 a には干渉計 145 a と位相シフト 146 a が設けられている。干渉計 145 a は、Q アーム 143 a を通過する光を分岐して結合する。また、干渉計 145 a は、分岐した各光のうちの一方を、駆動部 152 a から出力される変調データに基づいて位相変調する。干渉計 145 a は、結合した光を位相シフト 146 a へ出力する。

【0022】

位相シフト 146 a は、干渉計 145 a から出力された光を  $\pi/2$  遅延させ、遅延させた光を結合部 147 a へ出力する。結合部 147 a は、I アーム 142 a から出力された光と、Q アーム 143 a から出力された光と、を結合する。結合部 147 a は、結合した光を偏波多重器 160 へ出力する。位相変調器 140 a から偏波多重器 160 へ出力される光は X 偏波の信号光 (QPSK 変調) となる。

【0023】

駆動部 151 a は、X 偏波の I チャンネル用の変調データを干渉計 144 a へ出力する。駆動部 152 a は、X 偏波の Q チャンネル用の変調データを干渉計 144 a へ出力する。ここでは、駆動部 151 a および駆動部 152 a にはそれぞれシングルエンドで変調データが入力される。駆動部 151 a は、変調データをシングルエンドで干渉計 144 a へ出力する。駆動部 152 a は、変調データをシングルエンドで干渉計 145 a へ出力する。

【0024】

LD 110 b、光分岐部 121 b、波長ロッカ 122 b、偏波調節部 130 b、位相変調器 140 b、駆動部 151 b および駆動部 152 b は、それぞれ LD 110 a、光分岐部 121 a、波長ロッカ 122 a、偏波調節部 130 a、位相変調器 140 a、駆動部 151 a および駆動部 152 a と同様の構成であるため説明を省略する。ただし、偏波調節部 130 b は、光分岐部 121 b から出力された光の偏波を Y 偏波に調節する。また、位相変調器 140 b から出力される光は Y 偏波の信号光 (QPSK 変調) となる。

【0025】

偏波多重器 160 (PBC: Polarization Beam Combiner) は、位相変調器 140 a から出力された X 偏波の信号光と、位相変調器 140 b から出力された Y 偏波の信号光と、を結合する。偏波多重器 160 は、結合した信号光 (DP-QPSK) を出力する。偏波多重器 160 から出力された信号光は、光伝送路 11 を介して光受信装置 200 へ送信される。

【0026】

なお、ここでは、LD 110 a の前方光を光分岐部 121 a によって分岐し、光分岐部 121 a によって分岐した前方光を波長ロッカ 122 a によって監視する構成としたが、LD 110 a の後方光を波長ロッカ 122 a によって監視する構成としてもよい。同様に

10

20

30

40

50

、LD 110 bの後方光を波長ロッカ 122 bによって監視する構成としてもよい。この場合は、光分岐部 121 aおよび光分岐部 121 bは省いた構成としてもよい。

【0027】

(光受信装置の構成)

図2は、図1に示した光受信装置の構成例1を示すブロック図である。図2に示すように、光受信装置200は、第一偏波分離器211と、局発部212と、第二偏波分離器213と、光ハイブリッド回路220 a, 220 bと、差動光検出器231 a, 232 a, 231 b, 232 bと、TIA 241 a, 242 a, 241 b, 242 bと、GCA 251 a, 252 a, 251 b, 252 bと、アナログデジタル変換部261 a, 262 a, 261 b, 262 bと、デジタル信号処理部270と、識別部280と、を備えている。

10

【0028】

第一偏波分離器211 (PBS: Polarization Beam Splitter)には、光送信装置100 (図1参照)から送信された信号光が入力される。第一偏波分離器211は、入力された信号をX偏波とY偏波に偏波分離する。第一偏波分離器211は、偏波分離したX偏波の信号光を光ハイブリッド回路220 aへ出力し、偏波分離したY偏波の信号光を光ハイブリッド回路220 bへ出力する。

【0029】

局発部212 (LO\_LD: Local Oscillator)は、一定の周波数の光を生成して第二偏波分離器213へ出力する。局発部212が出力する光には、X偏波の成分とY偏波の成分が含まれている。第二偏波分離器213は、局発部212から出力された光をX偏波とY偏波に偏波分離する。第二偏波分離器213は、偏波分離したX偏波の信号光を光ハイブリッド回路220 aへ出力し、偏波分離したY偏波の信号光を光ハイブリッド回路220 bへ出力する。

20

【0030】

光ハイブリッド回路220 a、差動光検出器231 a, 232 a、TIA 241 a, 242 aおよびGCA 251 a, 252 a、アナログデジタル変換部261 a, 262 a、デジタル信号処理部270および識別部280は、位相変調器140 aに対応するインタラダイン構成の第一デジタルコヒーレント受信機である。

【0031】

また、光ハイブリッド回路220 a、差動光検出器231 a, 232 a、TIA 241 a, 242 aおよびGCA 251 a, 252 aは、X偏波の信号光の実部と虚部の電気信号を出力するX偏波のフロントエンドである。具体的には、X偏波のフロントエンドは、局発部212からのX偏波の光と、第一偏波分離器211からのX偏波の信号光と、を混合することにより実部と虚部の電気信号を出力する。

30

【0032】

光ハイブリッド回路220 a (90° HYBRID)は、第一偏波分離器211から出力された信号光と、第二偏波分離器213から出力された光と、を合成し、光位相が互いに90°異なる2組の光を出力する。具体的には、光ハイブリッド回路220 aは、光位相が0°の光(S+R)と光位相が180°の光(S-R)とを差動光検出器231 aへ出力する。また、光ハイブリッド回路220 aは、光位相が90°の光(S+jR)と光位相が270°の光(S-jR)とを差動光検出器232 aへ出力する。

40

【0033】

差動光検出器231 aは、光ハイブリッド回路220 aから出力された光(S+R)と光(S-R)とを受光して差動光電変換検出を行う。そして、差動光検出器231 aは、差動光電変換検出により得られた電気信号をTIA 241 aへ出力する。差動光検出器232 aは、光ハイブリッド回路220 aから出力された光(S+jR)と光(S-jR)とを受光して差動光電変換検出を行う。そして、差動光検出器232 aは、差動光電変換検出により得られた電気信号をTIA 242 aへ出力する。

【0034】

TIA 241 a (Trans Impedance Amplifier: インピーダン

50

ス変換増幅器)は、差動光検出器231aから出力された電気信号を増幅してGCA251aへ出力する。TIA242aは、差動光検出器232aから出力された電気信号を増幅してGCA252aへ出力する。

【0035】

GCA251a(Gain Control Amplifier:利得可変増幅器)は、TIA241aから出力された電気信号の振幅を一定に制御し、振幅を制御した電気信号をアナログデジタル変換部261aへ出力する。GCA252aは、TIA242aから出力された電気信号の振幅を一定に制御し、振幅を制御した電気信号をアナログデジタル変換部262aへ出力する。

【0036】

アナログデジタル変換部261a(ADC:Analog/Digital Converter)は、GCA251aから出力されたアナログの電気信号をデジタル信号に変換し、変換したデジタル信号をデジタル信号処理部270へ出力する。アナログデジタル変換部262aは、GCA252aから出力されたアナログの電気信号をデジタル信号に変換し、変換したデジタル信号をデジタル信号処理部270へ出力する。

【0037】

デジタル信号処理部270(DSP:Digital Signal Processor)は、アナログデジタル変換部261a,262aから出力された各デジタル信号(X偏波の信号)について位相推定を行って信号を取り出す。デジタル信号処理部270は、取り出した信号を識別部280へ出力する。

【0038】

光ハイブリッド回路220b、差動光検出器231b,232b、TIA241b,242bおよびGCA251b,252b、アナログデジタル変換部261b,262b、デジタル信号処理部270および識別部280は、位相変調器140bに対応する第二デジタルコヒーレント受信機である。

【0039】

また、光ハイブリッド回路220b、差動光検出器231b,232b、TIA241b,242bおよびGCA251b,252bは、Y偏波の信号光の実部と虚部の電気信号を出力するY偏波のフロントエンドである。具体的には、Y偏波のフロントエンドは、局発部212からのY偏波の光と、第一偏波分離器211からのY偏波の信号光と、を混合することにより実部と虚部の電気信号を出力する。

【0040】

光ハイブリッド回路220b、差動光検出器231b,232b、TIA241b,242b、GCA251b,252bおよびアナログデジタル変換部261b,262bの構成については、それぞれ光ハイブリッド回路220a,220b、差動光検出器231a,232a、TIA241a,242a、GCA251a,252aおよびアナログデジタル変換部261a,262aと同様であるため説明を省略する。

【0041】

デジタル信号処理部270は、アナログデジタル変換部261b,262bから出力された各デジタル信号(Y偏波の信号)について位相推定を行って信号を取り出し、取り出した信号を識別部280へ出力する。また、デジタル信号処理部270は、位相推定の他にも分散補償などの各種のデジタル処理を行うようにしてもよい。識別部280(DEC)は、デジタル信号処理部270から出力された信号を識別し、識別結果を出力する。

【0042】

図3は、光受信装置の具体的な構成例2を示す図である。図3において、図2に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図3に示すように、光受信装置200は、図2に示した構成に加えてLPF311a,312a,311b,312b(Low Pass Filter:ローパスフィルタ)を備えていてもよい。

【0043】

LPF311aは、TIA241aからLPF311aへ出力される電気信号の高調波

10

20

30

40

50

成分を除去する。同様に、LPF312a, 311b, 312bは、それぞれ、TIA242a, 241b, 242bからLPF312a, 311b, 312bへ出力される各電気信号の高調波成分を除去する。これにより、アナログデジタル変換部261a, 262a, 261b, 262bにおけるデジタル変換の精度を向上させることができる。

【0044】

図4は、光受信装置の具体的な構成例3を示す図である。図4において、図2に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図2に示した光受信装置200の構成において、局発部212が、デジタル信号処理部270の制御によって出力する光の周波数を変化させる構成にしてもよい。

【0045】

デジタル信号処理部270は、アナログデジタル変換部261a, 262a, 261b, 262bから出力された各デジタル信号に対するデジタル処理の結果に基づいて、局発部212が出力する光の周波数を制御する。これにより、局発部212が出力する光と信号光との周波数を精度よく一致させ、信号光の受信精度を向上させることができる。

【0046】

図5は、図4に示したデジタル信号処理部における周波数制御の一例を示すフローチャートである。デジタル信号処理部270は、たとえば以下のような動作により局発部212の出力光の周波数を制御する。まず、アナログデジタル変換部261a, 262aから出力された各デジタル信号に基づいて、信号光のX偏波の周波数と局発部212の出力光との周波数ずれ $D_x$  (X偏波側周波数ずれ)を算出する(ステップS501)。

【0047】

つぎに、アナログデジタル変換部261b, 262bから出力された各デジタル信号に基づいて、信号光のY偏波の周波数と局発部212の出力光との周波数ずれ $D_y$  (Y偏波側周波数ずれ)を算出する(ステップS502)。つぎに、ステップS501によって算出された周波数ずれ $D_x$ と、ステップS502によって算出された周波数ずれ $D_y$ と、に基づいて周波数調整値を算出する(ステップS503)。

【0048】

つぎに、ステップS503によって算出された周波数調整値に基づいて局発部212の出力光の周波数を調整し(ステップS504)、一連の動作を終了する。以上の動作を繰り返し行うことにより、局発部212の出力光の周波数を制御することができる。ステップS503においては、たとえば、周波数ずれ $D_x$ と周波数ずれ $D_y$ の平均 $(D_x + D_y) / 2$ を周波数調整値として算出する。

【0049】

ここでは、デジタル信号処理部270が周波数ずれ $D_x$ と周波数ずれ $D_y$ を算出する例について説明したが、デジタル信号処理部270における周波数制御はこの方法に限られない。たとえば、デジタル信号処理部270は、アナログデジタル変換部261a, 262aから出力された各デジタル信号の品質 $Q_x$ を測定するとともに、アナログデジタル変換部261b, 262bから出力された各デジタル信号の品質 $Q_y$ を測定する。品質 $Q_x$ および品質 $Q_y$ は、たとえばBER (Bit Error Rate)である。

【0050】

そして、デジタル信号処理部270は、算出した品質 $Q_x$ と品質 $Q_y$ の和が大きくなるように周波数調整値を算出する。これにより、X偏波の信号光とY偏波の信号光とを最大の品質により受信することができる。または、デジタル信号処理部270は、算出した品質 $Q_x$ と品質 $Q_y$ の差分が小さくなるように周波数調整値を算出する。これにより、X偏波の信号光とY偏波の信号光とを均等な品質により受信することができる。

【0051】

図6は、光受信装置の具体的な構成例4を示す図である。図6において、図2に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図6に示すように、光受信装置200は、図2に示した局発部212および第二偏波分離器213に代えて、局発部610aと局発部610bとを備える構成としてもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 2 】

局発部 6 1 0 a は、X 偏波の光を生成して光ハイブリッド回路 2 2 0 a へ出力する。局発部 6 1 0 b は、Y 偏波の光を生成して光ハイブリッド回路 2 2 0 b へ出力する。これにより、光ハイブリッド回路 2 2 0 a および光ハイブリッド回路 2 2 0 b のそれぞれに対して十分なパワーの光を供給することができる。

## 【 0 0 5 3 】

図 7 は、光受信装置の具体的な構成例 5 を示す図である。図 7 において、図 6 に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図 6 に示した光受信装置 2 0 0 の構成において、局発部 6 1 0 a と局発部 6 1 0 b のそれぞれが、デジタル信号処理部 2 7 0 の制御によって出力する光の周波数を変化させる構成にしてもよい。

10

## 【 0 0 5 4 】

デジタル信号処理部 2 7 0 は、アナログデジタル変換部 2 6 1 a , 2 6 2 a から出力された各デジタル信号に対するデジタル処理の結果に基づいて、局発部 6 1 0 a が出力する光の周波数を制御する。たとえば、デジタル信号処理部 2 7 0 は、アナログデジタル変換部 2 6 1 a , 2 6 2 a から出力された各デジタル信号に基づいて、信号光の X 偏波の周波数と局発部 6 1 0 a の出力光との周波数  $D_x$  を算出する。そして、デジタル信号処理部 2 7 0 は、算出した周波数  $D_x$  が小さくなるように局発部 6 1 0 a を制御する。

## 【 0 0 5 5 】

また、デジタル信号処理部 2 7 0 は、アナログデジタル変換部 2 6 1 b , 2 6 2 b から出力された各デジタル信号に基づいて、信号光の Y 偏波の周波数と局発部 6 1 0 b の出力光との周波数  $D_y$  を算出する。そして、デジタル信号処理部 2 7 0 は、算出した周波数  $D_y$  が小さくなるように局発部 6 1 0 b を制御する。これにより、局発部 6 1 0 a および局発部 6 1 0 b に対してそれぞれ最適な波長の光を供給することができる。このため、局発部 6 1 0 a および局発部 6 1 0 b が出力する光と、信号光の各偏波と、の周波数を精度よく一致させ、信号光の受信精度を向上させることができる。

20

## 【 0 0 5 6 】

( 位相差推定の機能的構成 )

図 8 は、デジタル信号処理部における位相差推定の機能的構成を示すブロック図である。図 2 ~ 図 7 に示したデジタル信号処理部 2 7 0 は、偏角演算部 8 1 0 と、乗算部 8 2 0 と、位相差推定部 8 3 0 と、平均化部 8 4 0 と、復調部 8 5 0 と、を備えている。ここでは、光受信装置 2 0 0 が受信した信号光の X 偏波の信号光に関する位相差推定について説明するが、信号光の Y 偏波の信号光に関する位相差推定についても同様である。

30

## 【 0 0 5 7 】

アナログデジタル変換部 2 6 1 a およびアナログデジタル変換部 2 6 2 a から出力された各デジタル信号は、偏角演算部 8 1 0 および乗算部 8 2 0 のそれぞれへ入力される。偏角演算部 8 1 0 は、入力されたデジタル信号の偏角成分を算出して復調部 8 5 0 へ出力する。乗算部 8 2 0 は、入力されたデジタル信号が示す電界を 4 乗し、乗算結果を位相差推定部 8 3 0 へ出力する。

## 【 0 0 5 8 】

位相差推定部 8 3 0 は、乗算部 8 2 0 から出力された乗算結果に基づいて、第一偏波分離器 2 1 1 から出力された信号光と、第二偏波分離器 2 1 3 から出力された光と、の位相差を推定する。位相差推定部 8 3 0 は、推定した位相差を平均化部 8 4 0 へ出力する。平均化部 8 4 0 は、位相差推定部 8 3 0 から出力された位相差を 4 で除算することで平均化し、平均化した位相差を復調部 8 5 0 へ出力する。

40

## 【 0 0 5 9 】

復調部 8 5 0 は、偏角演算部 8 1 0 から出力された偏角成分と、平均化部 8 4 0 から出力された位相差と、に基づいてデジタル信号の復調を行う。なお、乗算部 8 2 0 において乗算する値および平均化部 8 4 0 において除算する値は、光受信装置 2 0 0 が受信する信号光の変調方式に応じて決定する。ここでは、光受信装置 2 0 0 が受信する信号光の変調方式が Q P S K であるため、乗算部 8 2 0 において電界を 4 乗し、平均化部 8 4 0 におい

50

て位相差を4で除算する構成となっている。

【0060】

(光送信装置の構成)

図9は、図1に示した光送信装置の他の構成例1を示す図である。図9において、図1に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図9に示すように、光送信装置100は、図1に示した構成に加えてパワーモニタ921a、921bと、パワー制御部922a、922bと、を備えていてもよい。

【0061】

LD110aは、パワー制御部922aの制御によって出力する光のパワーを変化させる。パワーモニタ921aは、結合部147aから出力される信号光のパワーをモニタし、モニタしたパワーをパワー制御部922aへ出力する。パワー制御部922aは、パワーモニタ921aから出力されたパワーが一定になるようにLD110aを制御する。

10

【0062】

LD110bは、パワー制御部922bの制御によって出力する光のパワーを変化させる。パワーモニタ921bは、結合部147bから出力される信号光のパワーをモニタし、モニタしたパワーをパワー制御部922bへ出力する。パワー制御部922bは、パワーモニタ921bから出力されたパワーが一定になるようにLD110bを制御する。

【0063】

このように、位相変調器140aによって生成されるX偏波の信号光と、位相変調器140bによって生成されるY偏波の信号光と、のパワーを監視し、監視するパワーが一定になるようにLD110aおよびLD110bのそれぞれを制御する。これにより、光送信装置100から送信される信号光(DP-QPSK)のパワーを安定させることができる。また、光送信装置100から送信される信号光に含まれる各偏波の信号光のパワーを均等にすることができる。

20

【0064】

図10は、図1に示した光送信装置の他の構成例2を示す図である。図10において、図1に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図10に示すように、光送信装置100は、図1に示した構成において偏波調節部130aを省いた構成としてもよい。この場合は、LD110aがX偏波の光を出力するようにする。

【0065】

同様に、図示しないが、光送信装置100は、図1に示した構成において偏波調節部130bを省いた構成としてもよい。この場合は、LD110bがY偏波の光を出力するようにする。このように、位相変調器140aおよび位相変調器140bによって生成する各信号光を偏波多重するための構成は、図1に示した構成に限られない。

30

【0066】

図11は、図1に示した光送信装置の他の構成例3を示す図である。図11において、図1に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図11に示すように、光送信装置100は、図1に示した構成において、偏波調節部130aおよび偏波調節部130bをそれぞれ位相変調器140aおよび位相変調器140bの後段に設ける構成にしてもよい。このように、位相変調器140aおよび位相変調器140bによって生成する各信号光を偏波多重するための構成は、図1に示した構成に限られない。

40

【0067】

図12は、図1に示した光送信装置の他の構成例4を示す図である。図12において、図11に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図12に示すように、光送信装置100は、図11の構成において、偏波調節部130aを省いた構成としてもよい。この場合は、LD110aがX偏波の光を出力するようにする。

【0068】

同様に、図示しないが、光送信装置100は、図11に示した構成において偏波調節部130bを省いた構成としてもよい。この場合は、LD110bがY偏波の光を出力するようにする。このように、位相変調器140aおよび位相変調器140bによって生成す

50

る各信号光を偏波多重するための構成は、図 1 に示した構成に限られない。

【 0 0 6 9 】

図 1 3 は、図 1 に示した光送信装置の他の構成例 5 を示す図である。図 1 3 において、図 1 2 に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図 1 3 に示すように、光送信装置 1 0 0 は、図 1 2 に示した偏波調節部 1 3 0 b に代えて 1 / 2 波長板 1 3 1 0 ( H W P : H a l f W a v e P l a t e ) を備える構成としてもよい。1 / 2 波長板 1 3 1 0 は、位相変調器 1 4 0 b から偏波多重器 1 6 0 へ出力される信号光を Y 偏波にする。

【 0 0 7 0 】

また、図示しないが、位相変調器 1 4 0 a と偏波多重器 1 6 0 との間に、信号光を X 偏波にする 1 / 2 波長板を設ける構成としてもよい。また、光分岐部 1 2 1 b と位相変調器 1 4 0 b との間に 1 / 2 波長板 1 3 1 0 を設ける構成としてもよい。また、光分岐部 1 2 1 b と位相変調器 1 4 0 b との間に 1 / 2 波長板 1 3 1 0 を設け、光分岐部 1 2 1 a と位相変調器 1 4 0 a との間に光を X 偏波にする 1 / 2 波長板を設ける構成としてもよい。

【 0 0 7 1 】

図 1 4 は、図 1 に示した光送信装置の他の構成例 6 を示す図である。図 1 4 において、図 1 3 に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図 1 4 に示すように、光送信装置 1 0 0 の駆動部 1 5 1 a は、図 1 3 に示した構成において、変調データを差動信号で干渉計 1 4 4 a へ出力する。具体的には、駆動部 1 5 1 a は、差動信号の各信号を、それぞれ干渉計 1 4 4 a の各アームに出力する。同様に、駆動部 1 5 2 a , 1 5 1 b , 1 5 2 b は、それぞれ、変調データを差動信号で干渉計 1 4 5 a , 1 4 4 b , 1 4 5 b へ出力する。

【 0 0 7 2 】

干渉計 1 4 4 a は、駆動部 1 5 1 a から出力された差動信号に基づいて I アーム 1 4 2 a を通過する光を変調する。具体的には、干渉計 1 4 4 a は、分岐した各光のうち的一方を駆動部 1 5 1 a から出力される差動信号の一方に基づいて位相変調するとともに、分岐した各光のうち他方を駆動部 1 5 1 a から出力される差動信号の他方に基づいて位相変調する。同様に、干渉計 1 4 5 a , 1 4 4 b , 1 4 5 b は、それぞれ、駆動部 1 5 2 a , 1 5 1 b , 1 5 2 b から出力された差動信号に基づいて Q アーム 1 4 3 a , I アーム 1 4 2 b , Q アーム 1 4 3 b を通過する光を変調する。このように、変調データを供給する構成は、図 1 に示した構成に限られない。

【 0 0 7 3 】

図 1 5 は、図 1 に示した光送信装置の他の構成例 7 を示す図である。図 1 5 において、図 1 4 に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図 1 5 に示すように、光送信装置 1 0 0 の駆動部 1 5 1 a , 1 5 2 a , 1 5 1 b , 1 5 2 b のそれぞれには、図 1 4 に示した構成において、変調データが差動信号によって入力される。このように、変調データを供給する構成は、図 1 に示した構成に限られない。

【 0 0 7 4 】

図 1 6 は、図 1 に示した光送信装置の他の構成例 8 を示す図である。図 1 6 において、図 1 3 に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図 1 6 に示すように、光送信装置 1 0 0 は、図 1 3 に示した構成において、位相変調器 1 4 0 a と、位相変調器 1 4 0 b と、1 / 2 波長板 1 3 1 0 と、偏波多重器 1 6 0 と、が L N 基板 1 6 1 0 上に設けられて実現されていてもよい。このように、光送信装置 1 0 0 の各部を集積する構成については、図 1 に示した構成に限られない。

【 0 0 7 5 】

図 1 7 は、図 1 に示した光送信装置の他の構成例 9 を示す図である。図 1 7 において、図 1 3 に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図 1 7 に示すように、光送信装置 1 0 0 は、図 1 3 に示した構成に加えて R Z 変調器 1 7 1 0 と駆動部 1 7 2 0 とを備えていてもよい。偏波多重器 1 6 0 は、結合した信号光を R Z 変調器 1 7 1 0 へ出力する。R Z 変調器 1 7 1 0 は、偏波多重器 1 6 0 から出力された信号光

10

20

30

40

50

をRZ (Return to Zero) パルス化する。

【0076】

具体的には、RZ変調器1710には干渉計1711が設けられている。干渉計1711は、RZ変調器1710を通過する光を分岐して結合する。また、干渉計1711は、分岐した各光のうち的一方を、駆動部1720から出力されるクロック信号に基づいて位相変調する。干渉計1711は、結合した光を後段へ出力する。これにより、RZ変調器1710から出力される信号光がRZパルス化される。信号光をRZパルス化することによって、光受信装置200における信号光の受信精度を向上させることができる。駆動部1720は、RZ変調器1710へクロック信号を出力する。

【0077】

図18は、図1に示した光送信装置の他の構成例10を示す図である。図18において、図13に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図18に示すように、光送信装置100は、図13に示した構成に加えてRZ変調器1810a, 1810bと駆動部1820a, 1820bとを備えていてもよい。

【0078】

RZ変調器1810aは、光分岐部121aから出力された光をRZパルス化し、RZパルス化した光を位相変調器140aへ出力する。RZ変調器1810bは、光分岐部121bから出力された光をRZパルス化し、RZパルス化した光を位相変調器140bへ出力する。駆動部1820aは、RZ変調器1810aへクロック信号を出力する。駆動部1820bは、RZ変調器1810bへクロック信号を出力する。

【0079】

RZ変調器1810aおよびRZ変調器1810bによる光のRZパルス化については、図17に示したRZ変調器1710による信号光のRZパルス化と同様であるため説明を省略する。図18に示した構成により、位相変調器140aおよび位相変調器140bによって生成される各信号光がRZパルス化される。これにより、偏波多重器160から出力される信号光(DP-QPSK)をRZパルス化することができる。

【0080】

図19は、図1に示した光送信装置の他の構成例11を示す図である。図19において、図18に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図19に示すように、光送信装置100は、図18に示した構成において、RZ変調器1810aと駆動部1820aとが位相変調器140aと偏波多重器160との間に設けられていてもよい。また、RZ変調器1810bと駆動部1820bとが位相変調器140bと偏波多重器160との間に設けられていてもよい。

【0081】

この構成においても、偏波多重器160から出力される信号光(DP-QPSK)をRZパルス化することができる。また、図19においては、1/2波長板1310が光分岐部121bと位相変調器140bとの間に設けられている。これに対して、1/2波長板1310を設ける位置は、位相変調器140bとRZ変調器1810bとの間でもよいし、RZ変調器1810bと偏波多重器160との間でもよい。

【0082】

図20は、図1に示した光送信装置の他の構成例12を示す図である。図20において、図18に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。図20に示すように、光送信装置100は、図18に示したRZ変調器1810aと駆動部1820aに代えてEA変調器2010a(Electro Absorption)を備えていてもよい。また、光送信装置100は、図18に示したRZ変調器1810bと駆動部1820bに代えてEA変調器2010bを備えていてもよい。

【0083】

EA変調器2010aには、光分岐部121aから出力された光とクロック信号とが入力される。EA変調器2010aは、入力されたクロック信号に応じて光を強度変調する。これにより、光がRZパルス化される。EA変調器2010aは、RZパルス化した光

10

20

30

40

50

を位相変調器 140 a へ出力する。同様に、E A 変調器 2010 b も、光分岐部 121 b から出力された光を R Z パルス化して位相変調器 140 b へ出力する。

【0084】

このように、X 偏波および Y 偏波の各光を生成するためにそれぞれ LD 110 a および LD 110 b を設けることで、各光のパワーを十分に確保することができる。このため、各光を R Z パルス化する変調器に E A 変調器を適用しても、R Z パルス化を精度よく行うことができる。E A 変調器を適用することで、各光を R Z パルス化する変調器を小型化することができるため、光送信装置 100 の小型化を図ることができる。

【0085】

以上説明したように、光伝送システム 10 によれば、光送信装置 100 に複数の LD ( LD 110 a および LD 110 b ) を設け、複数の LD の各出力光により各偏波の信号光を生成する。これにより、スプリッタなどで LD の出力光を分岐しなくても各偏波の信号光を生成することができるため、各偏波の信号光のパワーを十分に確保し、各偏波の信号光の S N R を向上させることができる。

10

【0086】

また、LD 110 a の波長を一定に制御する波長ロック 122 a ( 第一波長ロック ) と、LD 110 b の波長を一定に制御する波長ロック 122 b ( 第二波長ロック ) と、を光送信装置 100 に設けることで、LD 110 a と LD 110 b との間の周波数ずれを光送信装置 100 側において小さくすることができる。ただし、LD 110 a と LD 110 b の周波数が十分に安定している場合は、光送信装置 100 から波長ロック 122 a および波長ロック 122 b を省いた構成にしてもよい。

20

【0087】

また、光受信装置 200 を、各偏波の信号光ごとの位相推定を含むデジタルコヒーレント受信を行うイントラダイン構成とすることにより、光送信装置 100 における各 LD の間の位相ずれを光受信装置 200 において補償することができる。これにより、光受信装置 200 において、各偏波の信号光のそれぞれに対応する O P L L を設けなくても信号光を精度よく受信することができる。このため、光受信装置 200 を大型化しなくても、光送信装置 100 から光受信装置 200 への光伝送の品質を向上させることができる。

【0088】

たとえば、図 2 ~ 図 4 に示す構成のように、光受信装置 200 において、各偏波の信号光に対して 1 つの局発部 ( 局発部 212 ) を設けた構成であっても信号光を精度よく受信することができる。また、光受信装置 200 に 1 つの局発部 212 を設ける構成においては、たとえば図 4 , 図 5 に示したように局発部 212 からの光と第一偏波分離器 211 によって偏波分離された各信号光との周波数ずれを算出する。そして、算出された各周波数ずれに基づいて局発部 212 からの光の周波数を制御することで、各偏波の信号光の周波数ずれをある程度補償することができる。

30

【0089】

または、光受信装置 200 に 1 つの局発部 212 を設ける構成において、第一偏波分離器 211 によって偏波分離された各信号光の品質を測定する。そして、測定された各品質の和が大きくなるように局発部 212 からの光の周波数を制御することで、各偏波の信号光を最大の品質により受信することができる。または、測定された各品質の差分が小さくなるように局発部 212 からの光の周波数を制御することで、各偏波の信号光を均等な品質により受信することができる。

40

【0090】

また、たとえば図 9 に示した光送信装置 100 のように、位相変調器 140 a および位相変調器 140 b の各出力光のパワーをモニタし、モニタした各パワーに基づいて LD 110 a および LD 110 b の各出力光のパワーを制御する構成としてもよい。これにより、光送信装置 100 において各偏波の信号光を生成する各部の光損失のばらつきを光送信装置 100 側で小さくすることができる。これにより、各偏波の信号光のパワーを均一にし、それによって各偏波の信号光の S N R を均一にすることができる。

50

## 【 0 0 9 1 】

なお、上述した実施の形態においては、光送信装置 1 0 0 の位相変調器として Q P S K 方式の変調器（位相変調器 1 4 0 a および位相変調器 1 4 0 b）を設ける構成について説明したが、位相変調器は Q P S K 方式のものに限られない。たとえば、光送信装置 1 0 0 の位相変調器として D Q P S K（D i f f e r e n t i a l Q P S K）や B P S K（B i n a r y P S K）方式の変調器を設ける構成としてもよい。

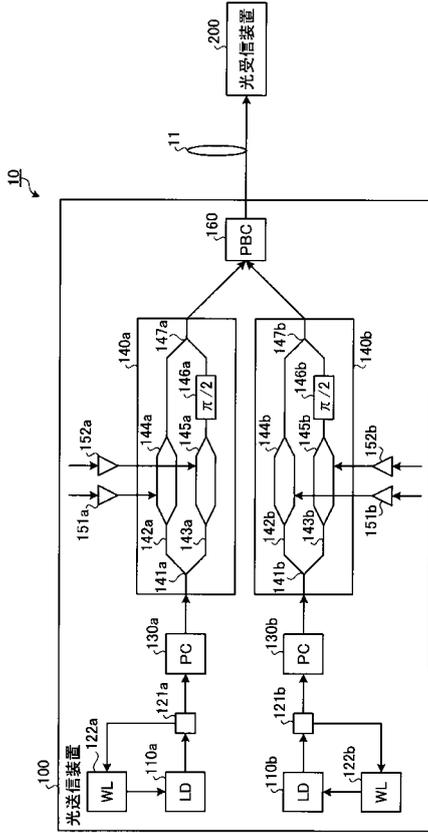
## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 9 2 】

1 0	光伝送システム	
1 1	光伝送路	10
1 2 1 a , 1 2 1 b	光分岐部	
1 2 2 a , 1 2 2 b	波長ロツカ	
1 3 0 a , 1 3 0 b	偏波調節部	
1 4 0 a , 1 4 0 b	位相変調器	
1 4 1 a , 1 4 1 b	分岐部	
1 4 2 a , 1 4 2 b	Iアーム	
1 4 3 a , 1 4 3 b	Qアーム	
1 4 4 a , 1 4 4 b , 1 4 5 a , 1 4 5 b , 1 7 1 1	干渉計	
1 4 6 a , 1 4 6 b	位相シフト	
1 4 7 a , 1 4 7 b	結合部	20
1 5 1 a , 1 5 1 b , 1 5 2 a , 1 5 2 b , 1 7 2 0 , 1 8 2 0 a , 1 8 2 0 b	駆動部	
1 6 0	偏波多重器	
2 1 1	第一偏波分離器	
2 1 2 , 6 1 0 a , 6 1 0 b	局発部	
2 1 3	第二偏波分離器	
2 2 0 a , 2 2 0 b	光ハイブリッド回路	
2 3 1 a , 2 3 1 b , 2 3 2 a , 2 3 2 b	差動光検出器	
2 6 1 a , 2 6 1 b , 2 6 2 a , 2 6 2 b	アナログデジタル変換部	
2 7 0	デジタル信号処理部	30
2 8 0	識別部	
8 1 0	偏角演算部	
8 2 0	乗算部	
8 4 0	平均化部	
1 3 1 0	1 / 2 波長板	
1 6 1 0	LN基板	
1 7 1 0 , 1 8 1 0 a , 1 8 1 0 b	R Z 変調器	
2 0 1 0 a , 2 0 1 0 b	E A 変調器	

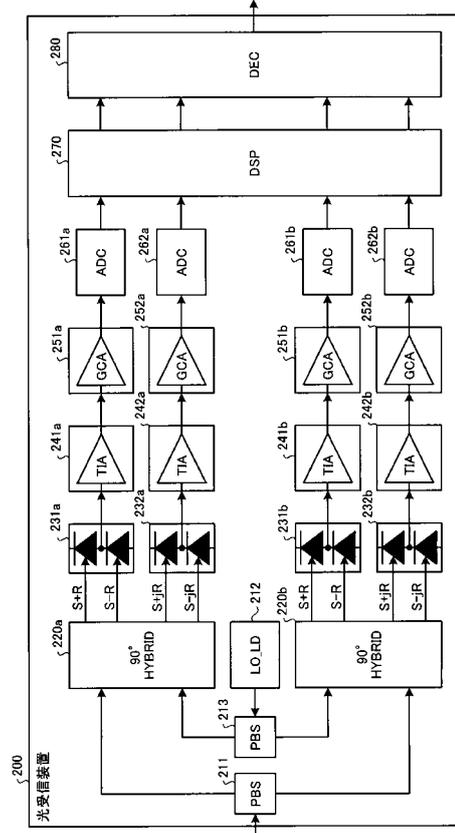
【図1】

実施の形態にかかる光伝送システムの構成を示す図



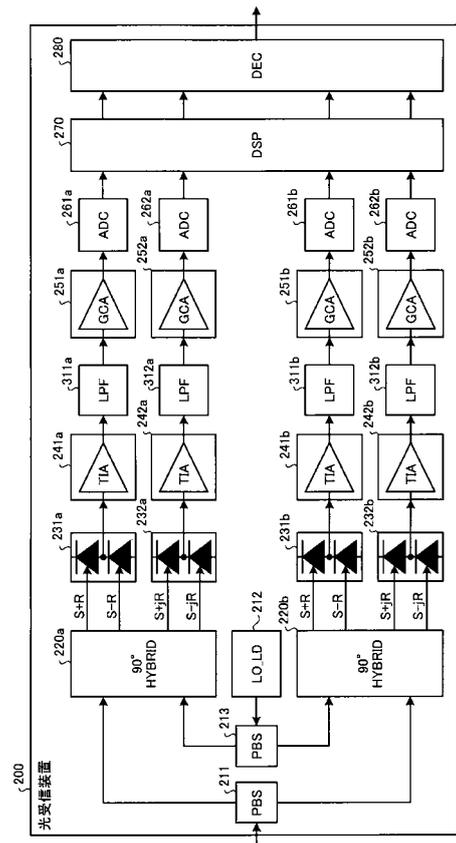
【図2】

図1に示した光受信装置の構成例1を示すブロック図



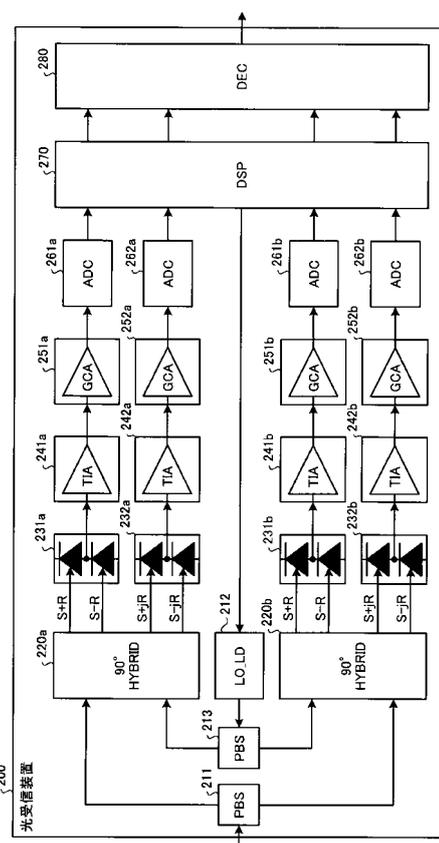
【図3】

光受信装置の具体的な構成例2を示す図



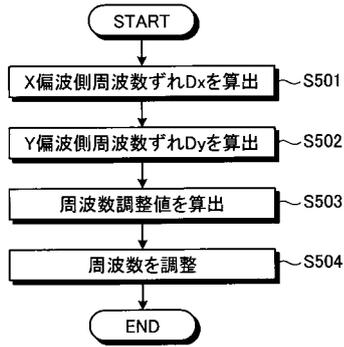
【図4】

光受信装置の具体的な構成例3を示す図



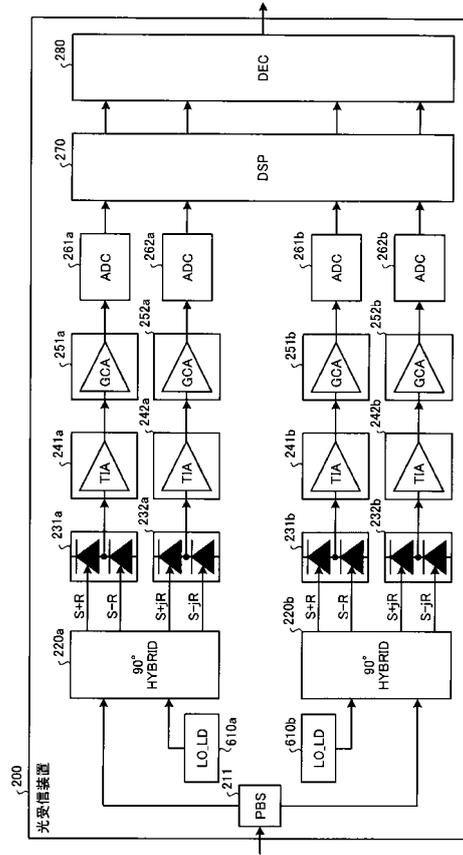
【 図 5 】

図4に示したデジタル信号処理部における周波数制御の一例を示すフローチャート



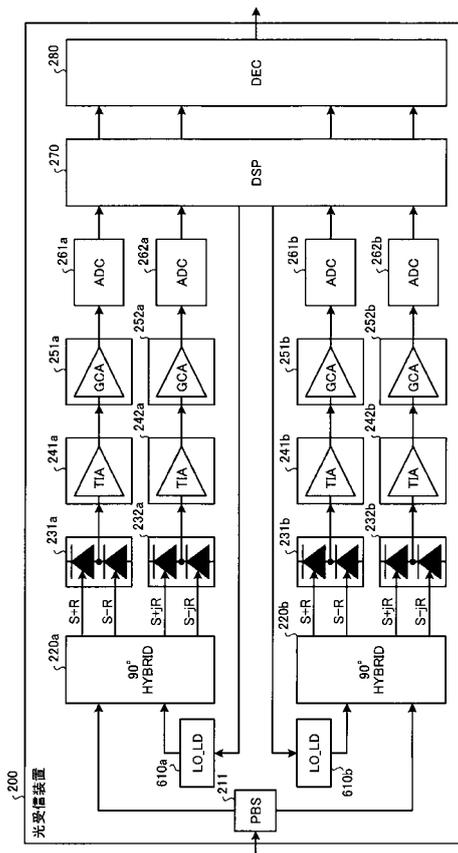
【 図 6 】

光受信装置の具体的な構成例4を示す図



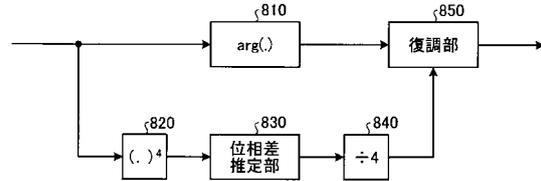
【 図 7 】

光受信装置の具体的な構成例5を示す図



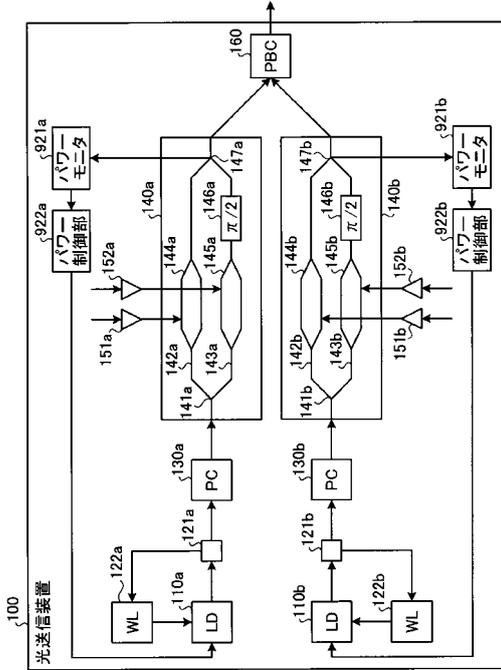
【 図 8 】

デジタル信号処理部における位相差推定の機能的構成を示すブロック図



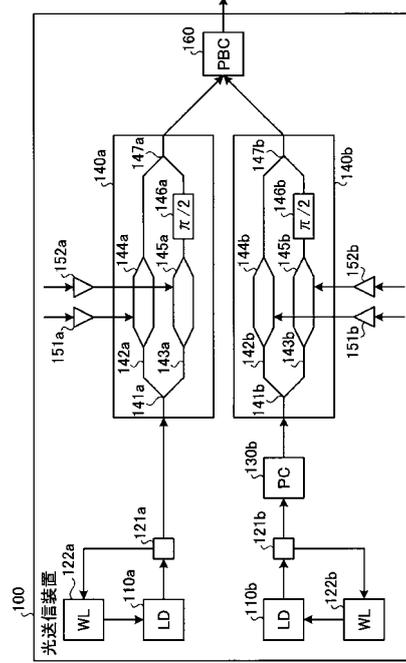
【 図 9 】

図1に示した光送信装置の他の構成例1を示す図



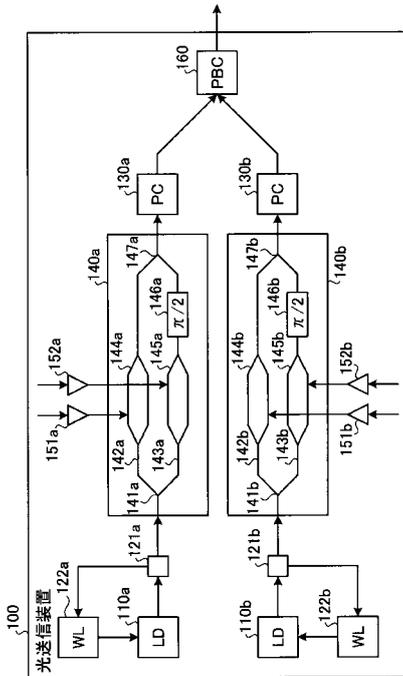
【 図 10 】

図1に示した光送信装置の他の構成例2を示す図



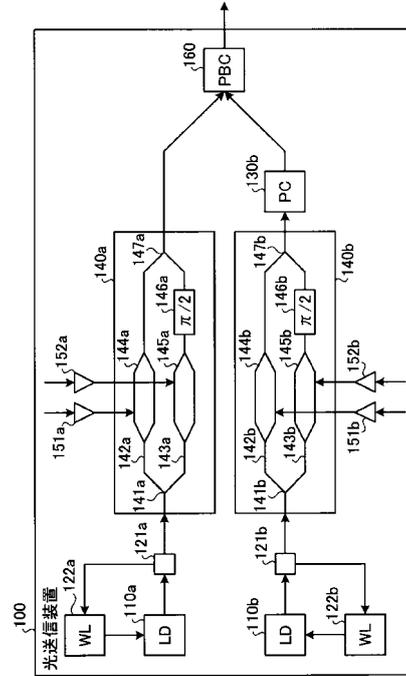
【 図 1 1 】

図1に示した光送信装置の他の構成例3を示す図



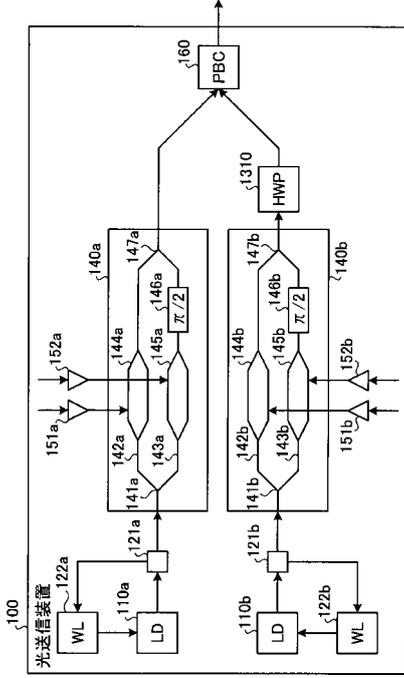
【 図 1 2 】

図1に示した光送信装置の他の構成例4を示す図



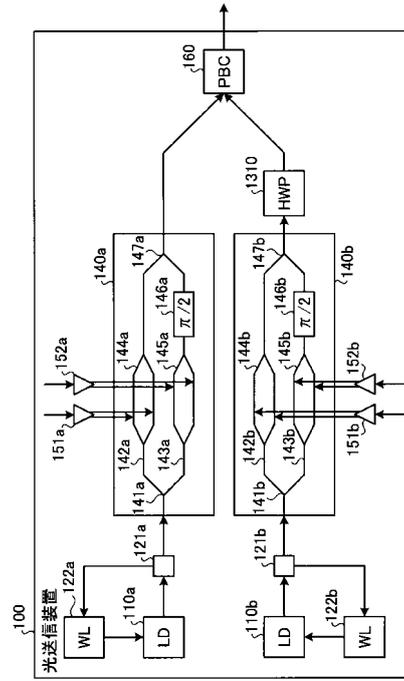
【 図 1 3 】

図1に示した光送信装置の他の構成例5を示す図



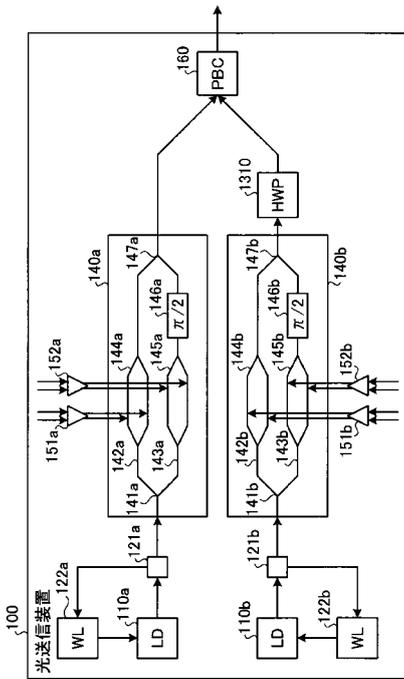
【 図 1 4 】

図1に示した光送信装置の他の構成例6を示す図



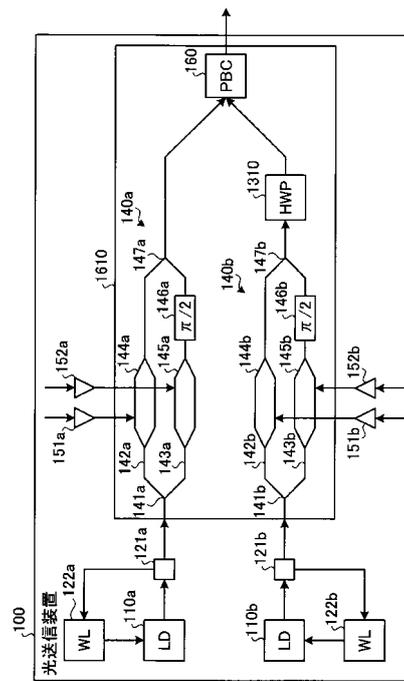
【 図 1 5 】

図1に示した光送信装置の他の構成例7を示す図



【 図 1 6 】

図1に示した光送信装置の他の構成例8を示す図





---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-263590(JP,A)  
特開2008-278249(JP,A)  
特開2007-096954(JP,A)  
特開2009-060309(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/90  
H04J14/00-14/08