

(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2010-32257

(P2010-32257A)

(43) 公開日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 1 J 9/00 (2006.01)	G 0 1 J 9/00	5 K 1 0 2
H 0 4 B 10/04 (2006.01)	H 0 4 B 9/00 L	
H 0 4 B 10/06 (2006.01)		
H 0 4 B 10/142 (2006.01)		
H 0 4 B 10/152 (2006.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2008-192546 (P2008-192546)	(71) 出願人	000000572
(22) 出願日	平成20年7月25日 (2008.7.25)		アンリツ株式会社
		(74) 代理人	100072604
			弁理士 有我 軍一郎
		(72) 発明者	谷本 隆生
			神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号 アンリツ株式会社内
		Fターム(参考)	5K102 AH27 LA38 MH03 MH32 PH02

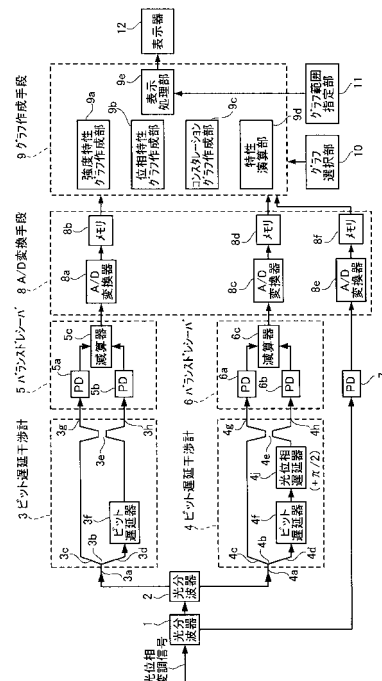
(54) 【発明の名称】 光位相変調信号評価装置及び光位相変調信号評価方法

(57) 【要約】

【課題】光位相変調信号の強度特性、変調位相特性及びコンスタレーションの関連性を明確に提示することができる光位相変調信号評価装置を提供すること。

【解決手段】光位相変調信号評価装置は、グラフ作成手段9、グラフ選択部10、グラフ範囲指定部11、表示器12を備え、グラフ作成手段9は、特性演算部9d、表示処理部9eを備え、表示処理部9eは、強度特性グラフ及び位相特性グラフの少なくとも一方の特性グラフ、I Q平面特性グラフ、特性演算部9dによる演算結果等を表示器12に表示する処理を行うとともに、グラフ選択部10が選択した特性グラフにグラフ範囲指定部11が指定する被測定範囲を表示し、その範囲内にある被測定範囲内信号を範囲外の信号に対して識別可能に表示する構成を有する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光位相変調信号の強度変化及び位相変調の少なくとも一方の時間変化を示す第 1 の特性グラフと、前記光位相変調信号のコンスタレーションを示す第 2 の特性グラフとを表示する表示手段 (1 2) と、

前記第 1 及び前記第 2 の特性グラフのうち一方の特性グラフにおいて示された前記光位相変調信号の表示範囲の少なくとも一部を含む任意の範囲を指定する範囲指定手段 (1 1) と、

前記第 1 及び前記第 2 の特性グラフのうち他方の特性グラフにおいて、前記任意の範囲に表示された光位相変調信号データに対応する光位相変調信号データを、前記任意の範囲外に表示された光位相変調信号データに対応する光位相変調信号データとは異なる表示信号で前記表示手段 (1 2) に表示するための表示処理を行う表示処理手段 (9 e) とを備えたことを特徴とする光位相変調信号評価装置。

10

【請求項 2】

前記範囲指定手段 (1 1) は、前記第 1 の特性グラフ上において、前記光位相変調信号の強度及び位相のいずれかの大きさを示す軸方向の範囲と、時間軸方向の範囲とを前記任意の範囲として指定するものであることを特徴とする請求項 1 に記載の光位相変調信号評価装置。

【請求項 3】

前記範囲指定手段 (1 1) は、前記第 1 の特性グラフ上において、前記光位相変調信号の強度及び位相のいずれかの大きさを示す軸方向の位置を指示する指示マーカによって前記任意の範囲を指定するものであることを特徴とする請求項 1 に記載の光位相変調信号評価装置。

20

【請求項 4】

前記範囲指定手段 (1 1) は、前記指示マーカを 1 対以上備え、

対の指示マーカによって前記任意の範囲を指定するものであることを特徴とする請求項 3 に記載の光位相変調信号評価装置。

【請求項 5】

前記範囲指定手段 (1 1) は、前記時間軸方向の範囲を指定する 1 対以上の時間軸マーカを備え、

30

対の時間軸マーカと前記対の指示マーカとによって前記任意の範囲を指定するものであることを特徴とする請求項 4 に記載の光位相変調信号評価装置。

【請求項 6】

前記範囲指定手段 (1 1) は、前記第 2 の特性グラフ上において、前記光位相変調信号のコンスタレーションの同相成分を示す I 相軸方向の範囲と、直交成分を示す Q 相軸方向の範囲とを前記任意の範囲として指定するものであることを特徴とする請求項 1 に記載の光位相変調信号評価装置。

【請求項 7】

前記範囲指定手段 (1 1) が指定した範囲における前記光位相変調信号の変調エラー率を演算する変調エラー率演算手段 (9 d) を備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 6 までのいずれか 1 項に記載の光位相変調信号評価装置。

40

【請求項 8】

前記範囲指定手段 (1 1) が指定した範囲における前記光位相変調信号の位相の最大値、最小値及び位相ゆらぎのうちの少なくとも 1 つを演算する位相値演算手段 (9 d) を備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 7 までのいずれか 1 項に記載の光位相変調信号評価装置。

【請求項 9】

前記範囲指定手段 (1 1) が指定した範囲における前記光位相変調信号の振幅の最大値、最小値及び振幅ゆらぎのうちの少なくとも 1 つを演算する振幅値演算手段 (9 d) を備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 8 までのいずれか 1 項に記載の光位相変調信号評

50

価装置。

【請求項 10】

前記範囲指定手段(11)が指定した範囲における前記光位相変調信号のQ値を演算するQ値演算手段(9d)を備えたことを特徴とする請求項1から請求項9までのいずれか1項に記載の光位相変調信号評価装置。

【請求項 11】

光位相変調信号の強度変化及び位相変調の少なくとも一方の時間変化を示す第1の特性グラフと、前記光位相変調信号のコンスタレーションを示す第2の特性グラフとを表示し、前記第1及び前記第2の特性グラフのうち一方の特性グラフにおいて示された前記光位相変調信号の表示範囲の少なくとも一部を含む任意の範囲を指定した後に、前記第1及び前記第2の特性グラフのうち他方の特性グラフにおいて、前記任意の範囲に表示された光位相変調信号に対応する光位相変調信号を、前記任意の範囲外に表示された光位相変調信号に対応する光位相変調信号とは異なる表示信号で表示することを特徴とする光位相変調信号評価方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、位相変調された光信号の変調状態を表示する光位相変調信号評価装置及び光位相変調信号評価方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

従来、位相変調された光信号(以下「光位相変調信号」という。)の変調状態を示すものとしては、2つのビット遅延干渉計と、表示器とを備え、ビット遅延干渉計間に所定の光位相差を持たせることによって、光位相変調信号の相対的なビット間位相差の測定を高精度に行い、強度特性、変調位相特性及びコンスタレーションを示す特性グラフを表示器に表示するものが提案されている(例えば、特許文献1参照)。

【特許文献1】特開2007-274664号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、従来のもものでは、強度特性、変調位相特性及びコンスタレーションを示す特性グラフがそれぞれ独立して表示されるので、例えば、ある時刻における光位相変調信号の変調強度とコンスタレーションとの関連性を明確に提示できないという課題があった。

30

【0004】

本発明は、従来課題を解決するためになされたものであり、光位相変調信号の強度特性、変調位相特性及びコンスタレーションの関連性を明確に提示することができる光位相変調信号評価装置及び光位相変調信号評価方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の請求項1に係る光位相変調信号評価装置は、光位相変調信号の強度変化及び位相変調の少なくとも一方の時間変化を示す第1の特性グラフと、前記光位相変調信号のコンスタレーションを示す第2の特性グラフとを表示する表示手段と、前記第1及び前記第2の特性グラフのうち一方の特性グラフにおいて示された前記光位相変調信号の表示範囲の少なくとも一部を含む任意の範囲を指定する範囲指定手段と、前記第1及び前記第2の特性グラフのうち他方の特性グラフにおいて、前記任意の範囲に表示された光位相変調信号データに対応する光位相変調信号データを、前記任意の範囲外に表示された光位相変調信号データに対応する光位相変調信号データとは異なる表示信号で前記表示手段に表示するための表示処理を行う表示処理手段とを備えた構成を有している。

40

【0006】

50

この構成により、本発明の請求項 1 に係る光位相変調信号評価装置は、光位相変調信号の強度変化及び位相変調の少なくとも一方の時間変化を示す第 1 の特性グラフと、光位相変調信号のコンスタレーションを示す第 2 の特性グラフとのうち一方の特性グラフにおいて指定した範囲に存在する光位相変調信号を、第 1 及び第 2 の特性グラフのうち他方の特性グラフにおいて識別可能に表示する。

【 0 0 0 7 】

本発明の請求項 2 に係る光位相変調信号評価装置は、前記範囲指定手段 (1 1) は、前記第 1 の特性グラフ上において、前記光位相変調信号の強度及び位相のいずれかの大きさを示す軸方向の範囲と、時間軸方向の範囲とを前記任意の範囲として指定するものである構成を有している。

10

【 0 0 0 8 】

この構成により、本発明の請求項 2 に係る光位相変調信号評価装置は、第 1 の特性グラフにおいて測定対象とする光位相変調信号の測定範囲を、矩形形状のゾーンマーカで指定する。

【 0 0 0 9 】

本発明の請求項 3 に係る光位相変調信号評価装置は、前記範囲指定手段が、前記第 1 の特性グラフ上において、前記光位相変調信号の強度及び位相のいずれかの大きさを示す軸方向の位置を指示する指示マーカによって前記任意の範囲を指定するものである構成を有している。

【 0 0 1 0 】

20

この構成により、本発明の請求項 3 に係る光位相変調信号評価装置は、第 1 の特性グラフにおいて測定対象とする光位相変調信号の測定範囲を、強度レベルマーカ又は位相マーカで指定する。

【 0 0 1 1 】

本発明の請求項 4 に係る光位相変調信号評価装置は、前記範囲指定手段が、前記指示マーカを 1 対以上備え、対の指示マーカによって前記任意の範囲を指定するものである構成を有している。

【 0 0 1 2 】

この構成により、本発明の請求項 4 に係る光位相変調信号評価装置は、第 1 の特性グラフにおいて測定対象とする光位相変調信号の測定範囲を、対の強度レベルマーカ又は対の位相マーカで指定する。

30

【 0 0 1 3 】

本発明の請求項 5 に係る光位相変調信号評価装置は、前記範囲指定手段が、前記時間軸方向の範囲を指定する 1 対以上の時間軸マーカを備え、対の時間軸マーカと前記対の指示マーカとによって前記任意の範囲を指定するものである構成を有している。

【 0 0 1 4 】

この構成により、本発明の請求項 5 に係る光位相変調信号評価装置は、第 1 の特性グラフにおいて測定対象とする光位相変調信号の測定範囲を、対の強度レベルマーカ又は対の位相マーカと、対の時間軸マーカとで指定する。

【 0 0 1 5 】

40

本発明の請求項 6 に係る光位相変調信号評価装置は、前記範囲指定手段は、前記第 2 の特性グラフ上において、前記光位相変調信号のコンスタレーションの同相成分を示す I 相軸方向の範囲と、直交成分を示す Q 相軸方向の範囲とを前記任意の範囲として指定するものである構成を有している。

【 0 0 1 6 】

この構成により、本発明の請求項 6 に係る光位相変調信号評価装置は、第 2 の特性グラフにおいて測定対象とする光位相変調信号の測定範囲を指定する。

【 0 0 1 7 】

本発明の請求項 7 に係る光位相変調信号評価装置は、前記範囲指定手段が指定した範囲における前記光位相変調信号の変調エラー率を演算する変調エラー率演算手段を備えた構

50

成を有している。

【 0 0 1 8 】

この構成により、本発明の請求項 7 に係る光位相変調信号評価装置は、範囲指定手段が指定した範囲における光位相変調信号の変調エラー率を演算する。

【 0 0 1 9 】

本発明の請求項 8 に係る光位相変調信号評価装置は、前記範囲指定手段が指定した範囲における前記光位相変調信号の位相の最大値、最小値及び位相ゆらぎのうちの少なくとも 1 つを演算する位相値演算手段を備えた構成を有している。

【 0 0 2 0 】

この構成により、本発明の請求項 8 に係る光位相変調信号評価装置は、範囲指定手段が指定した範囲における光位相変調信号の位相の最大値、最小値及び位相ゆらぎのうちの少なくとも 1 つを演算する。

10

【 0 0 2 1 】

本発明の請求項 9 に係る光位相変調信号評価装置は、前記範囲指定手段が指定した範囲における前記光位相変調信号の振幅の最大値、最小値及び振幅ゆらぎのうちの少なくとも 1 つを演算する振幅値演算手段を備えた構成を有している。

【 0 0 2 2 】

この構成により、本発明の請求項 9 に係る光位相変調信号評価装置は、範囲指定手段が指定した範囲における光位相変調信号の振幅の最大値、最小値及び振幅ゆらぎのうちの少なくとも 1 つを演算する。

20

【 0 0 2 3 】

本発明の請求項 10 に係る光位相変調信号評価装置は、前記範囲指定手段が指定した範囲における前記光位相変調信号の Q 値を演算する Q 値演算手段を備えた構成を有している。

【 0 0 2 4 】

この構成により、本発明の請求項 10 に係る光位相変調信号評価装置は、範囲指定手段が指定した範囲における光位相変調信号の Q 値を演算する。

【 0 0 2 5 】

本発明の請求項 11 に係る光位相変調信号評価方法は、光位相変調信号の強度変化及び位相変調の少なくとも一方の時間変化を示す第 1 の特性グラフと、前記光位相変調信号のコンスタレーションを示す第 2 の特性グラフとを表示し、前記第 1 及び前記第 2 の特性グラフのうち一方の特性グラフにおいて示された前記光位相変調信号の表示範囲の少なくとも一部を含む任意の範囲を指定した後に、前記第 1 及び前記第 2 の特性グラフのうち他方の特性グラフにおいて、前記任意の範囲に表示された光位相変調信号に対応する光位相変調信号を、前記任意の範囲外に表示された光位相変調信号に対応する光位相変調信号とは異なる表示信号で表示する構成を有している。

30

【 0 0 2 6 】

この構成により、本発明の請求項 11 に係る光位相変調信号評価方法は、光位相変調信号の強度変化及び位相変調の少なくとも一方の時間変化を示す第 1 の特性グラフと、光位相変調信号のコンスタレーションを示す第 2 の特性グラフとのうち一方の特性グラフにおいて指定した範囲に存在する光位相変調信号を、第 1 及び第 2 の特性グラフのうち他方の特性グラフにおいて識別可能に表示する。

40

【 発明の効果 】

【 0 0 2 7 】

本発明の請求項 1 に係る光位相変調信号評価装置は、光位相変調信号の強度変化及び位相変調の少なくとも一方の時間変化を示す第 1 の特性グラフと、光位相変調信号のコンスタレーションを示す第 2 の特性グラフとのうち一方の特性グラフにおいて指定した範囲に存在する光位相変調信号を、第 1 及び第 2 の特性グラフのうち他方の特性グラフにおいて識別可能に表示するので、光位相変調信号の強度特性、変調位相特性及びコンスタレーションの関連性を明確に提示することができる。

50

【 0 0 2 8 】

本発明の請求項 2 に係る光位相変調信号評価装置は、第 1 の特性グラフにおいて測定対象とする光位相変調信号の測定範囲を矩形状のゾーンマーカで指定するので、ゾーンマーカで指定した範囲の強度特性及び変調位相特性の少なくとも一方と、コンスタレーションとの関連性を明確に提示することができる。

【 0 0 2 9 】

本発明の請求項 3 に係る光位相変調信号評価装置は、第 1 の特性グラフにおいて測定対象とする光位相変調信号の測定範囲を、強度レベルマーカ又は位相マーカで指定するので、強度レベルマーカ又は位相マーカで指定した範囲の強度特性及び変調位相特性の少なくとも一方と、コンスタレーションとの関連性を明確に提示することができる。

10

【 0 0 3 0 】

本発明の請求項 4 に係る光位相変調信号評価装置は、第 1 の特性グラフにおいて測定対象とする光位相変調信号の測定範囲を、対の強度レベルマーカ又は対の位相マーカで指定するので、対の強度レベルマーカ又は対の位相マーカで指定した範囲の強度特性及び変調位相特性の少なくとも一方と、コンスタレーションとの関連性を明確に提示することができる。

【 0 0 3 1 】

本発明の請求項 5 に係る光位相変調信号評価装置は、第 1 の特性グラフにおいて測定対象とする光位相変調信号の測定範囲を、対の強度レベルマーカ又は対の位相マーカと、対の時間軸マーカとで指定するので、これらのマーカで指定した範囲の強度特性及び変調位相特性の少なくとも一方と、コンスタレーションとの関連性を明確に提示することができる。

20

【 0 0 3 2 】

本発明の請求項 6 に係る光位相変調信号評価装置は、第 2 の特性グラフにおいて測定対象とする光位相変調信号の測定範囲を指定するので、光位相変調信号の強度特性、変調位相特性及びコンスタレーションの関連性を明確に提示することができる。

【 0 0 3 3 】

本発明の請求項 7 に係る光位相変調信号評価装置は、範囲指定手段が指定した範囲における光位相変調信号の変調エラー率を提示することができる。

【 0 0 3 4 】

本発明の請求項 8 に係る光位相変調信号評価装置は、範囲指定手段が指定した範囲における光位相変調信号の位相の最大値、最小値及び位相ゆらぎのうちの少なくとも 1 つを提示することができる。

30

【 0 0 3 5 】

本発明の請求項 9 に係る光位相変調信号評価装置は、範囲指定手段が指定した範囲における光位相変調信号の振幅の最大値、最小値及び振幅ゆらぎのうちの少なくとも 1 つを提示することができる。

【 0 0 3 6 】

本発明の請求項 10 に係る光位相変調信号評価装置は、範囲指定手段が指定した範囲における光位相変調信号の Q 値を提示することができる。

40

【 0 0 3 7 】

本発明の請求項 11 に係る光位相変調信号評価方法は、光位相変調信号の強度変化及び位相変調の少なくとも一方の時間変化を示す第 1 の特性グラフと、光位相変調信号のコンスタレーションを示す第 2 の特性グラフとのうち一方の特性グラフにおいて指定した範囲に存在する光位相変調信号を、第 1 及び第 2 の特性グラフのうち他方の特性グラフにおいて識別可能に表示するので、光位相変調信号の強度特性、変調位相特性及びコンスタレーションの関連性を明確に提示することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 3 8 】

以下、本発明の一実施形態について図面を用いて説明する。

50

【 0 0 3 9 】

まず、本実施形態における光位相変調信号評価装置の構成について説明する。

【 0 0 4 0 】

図 1 に示すように、本実施形態における光位相変調信号評価装置は、光分波器 1 及び 2、ビット遅延干渉計 3 及び 4、バランスドレシーバ 5 及び 6、フォトダイオード (P D) 7、A / D 変換手段 8、グラフ作成手段 9、グラフ選択部 1 0、グラフ範囲指定部 1 1、表示器 1 2 を備えている。

【 0 0 4 1 】

光分波器 1 は、光搬送波がデータ信号で位相変調された光位相変調信号を入力して 2 つに分波し、一方を光分波器 2 に、他方を P D 7 に出力するようになっている。

10

【 0 0 4 2 】

光分波器 2 は、入力した光位相変調信号を 2 つに分波し、ビット遅延干渉計 3 及び 4 に出力するようになっている。

【 0 0 4 3 】

ビット遅延干渉計 3 は、光導波路を用いたマッハツェンダ型干渉計で構成されており、ポート 3 a から入力した光位相変調信号を分波部 3 b でアーム 3 c を通る光とアーム 3 d (ビット遅延器 3 f を含む) を通る光とに分波するとともに、アーム 3 c を通った光とアーム 3 d を通った光とを合波部 3 e で合波して干渉させるようになっている。その結果、ビット遅延干渉計 3 は、光位相変調信号の位相の変化を光強度の変化に変換し、互いの位相が 180° (π) 異なる 2 つの光強度変換信号を 2 つのポート 3 g、3 h からそれぞれ

20

【 0 0 4 4 】

ここで、相対ビット間位相差 $\Delta \phi_{m.o.d}$ で位相変調され、ビット遅延干渉計 3 のポート 3 a が入力する光位相変調信号の電界強度を [数 1] に示す。

【 0 0 4 5 】

【 数 1 】

$$E = E_0 \cdot e^{j(\omega t + \Delta \phi_{mod})}$$

30

【 0 0 4 6 】

ビット遅延干渉計 3 のポート 3 g が出力する光強度変換信号 P_1 、ポート 3 h が出力する光強度変換信号 P_2 は、それぞれ、[数 2]、[数 3] となる。

【 0 0 4 7 】

【 数 2 】

$$P_1 = 0.5 + 0.5 \cos(\Delta \phi_{mod})$$

【 数 3 】

$$P_2 = 0.5 - 0.5 \cos(\Delta \phi_{mod})$$

40

【 0 0 4 8 】

なお、ビット遅延器 3 f は、2 つのアーム間の遅延量 (遅延時間差) が上記データ信号の 1 ビット分に相当する遅延量 (時間) になるように、その遅延量分アーム 3 d の光路長をアーム 3 c の光路長より長くしている。遅延量 T は [数 4] で与えられる。なお、c は真空中の光速、f はデータ信号の周波数、n は光導波路の屈折率を示す。

【 0 0 4 9 】

【数 4】

$$T = \frac{c}{f \cdot n}$$

【0050】

ビット遅延干渉計 4 は、光導波路を用いたマッハツェンダ型干渉計で構成されており、ポート 4 a から入力した光位相変調信号を分波部 4 b でアーム 4 c を通る光とアーム 4 d (ビット遅延器 4 f と、位相を $\pi/2$ 遅延させる光位相遅延器 4 j とを含む) を通る光とに分波するとともに、アーム 4 c を通った光とアーム 4 d を通った光とを合波部 4 e で合波し干渉させるようになっている。その結果、ビット遅延干渉計 4 は、光位相変調信号の位相の変化を光強度の変化に変換し、互いの位相が 180° (π) 異なる 2 つの光強度変換信号を 2 つのポート 4 g、4 h からそれぞれバランスドレシーバ 6 に出力するようになっている。なお、アーム 4 c 及びアーム 4 d のそれぞれの光路長は、一定に保つ必要がある。そのために、光導波路を用いて短く設計し、温度コントロールにより光路長変化が生じないように考慮されている。

10

【0051】

ビット遅延干渉計 4 において、ポート 4 g が出力する光強度変換信号 P_3 は [数 5] で表され、ポート 4 h が出力する光強度変換信号 P_4 は、光強度変換信号 P_3 とは位相が 180° (π) 異なり、[数 6] で表される。

【0052】

20

【数 5】

$$P_3 = 0.5 + 0.5 \cos(\Delta\phi_{\text{mod}} + \pi/2)$$

【数 6】

$$P_4 = 0.5 - 0.5 \cos(\Delta\phi_{\text{mod}} + \pi/2)$$

【0053】

なお、上記ビット遅延器 4 f は、2 つのアーム間の遅延量 (遅延時間差) が上記データ信号の 1 ビット分に相当する遅延量 (時間) になるように、その遅延量分アーム 4 d の光路長をアーム 4 c の光路長より長くしている。遅延量 T は前述の [数 4] で与えられる。また、光位相遅延器 4 j の光位相差 $\pi/2$ は、光位相変調信号の位相が $\pi/2$ ずれる遅延量 (換言すれば、波長の $1/4$ の長さに相当する遅延量) である。

30

【0054】

バランスドレシーバ 5 は、PD 5 a、5 b 及び減算器 5 c を備え、ビット遅延干渉計 3 の 2 つのポート 3 g、3 h がそれぞれ出力する 2 つの光強度変換信号を PD 5 a、5 b でそれぞれ受けて光電変換し、それらの出力を減算器 5 c で減算するようになっている。その結果、バランスドレシーバ 5 は、2 つの光強度変換信号をバランスド受信し、受信した電気信号を A/D 変換手段 8 に出力するようになっている。この 2 つの光強度変換信号、すなわち前述の [数 2]、[数 3] でそれぞれ表される光強度変換信号 P_1 、 P_2 が、バランスド受信されるときに光強度 P_5 は [数 7] で表され、オフセットパワーがキャンセルされるとともに光強度が 2 倍となる。

40

【0055】

【数 7】

$$P_5 = P_1 - P_2 = \cos(\Delta\phi_{\text{mod}})$$

【0056】

バランスドレシーバ 6 は、PD 6 a、6 b 及び減算器 6 c を備え、ビット遅延干渉計 4 の 2 つのポート 4 g、4 h がそれぞれ出力する 2 つの光強度変換信号を PD 6 a、6 b で

50

それぞれ受けて光電変換し、それらの出力を減算器 6 c で減算するようになっている。その結果、バランスドレシーバ 6 は、2 つの光強度変換信号をバランスド受信し、受信した電気信号を A / D 変換手段 8 に出力するようになっている。この 2 つの光強度変換信号、すなわち前述の [数 5]、[数 6] でそれぞれ表される光強度変換信号 P_3 、 P_4 が、バランスド受信されときの光強度 P_6 は [数 8] で表され、オフセットパワーがキャンセルされるとともに光強度が 2 倍となる。

【 0 0 5 7 】

【 数 8 】

$$P_6 = P_3 - P_4 = \cos(\Delta\phi_{\text{mod}} + \pi/2)$$

10

【 0 0 5 8 】

A / D 変換手段 8 は、A / D 変換器 8 a 及びメモリ 8 b、A / D 変換器 8 c 及びメモリ 8 d、A / D 変換器 8 e 及びメモリ 8 f を備え、サンプリングクロック信号に同期して、光位相変調信号のコンスタレーションの同相成分及び直交成分の信号をそれぞれ示す I 相及び Q 相の信号、強度変調の大きさを示す信号（以下「強度信号」という。）を出力するようになっている。なお、サンプリングクロック信号は、サンプリングクロック発生部（図示省略）から入力されるものである。

【 0 0 5 9 】

A / D 変換器 8 a は、バランスドレシーバ 5 から入力する電気信号をサンプリングクロック信号に同期して順次デジタル変換し、得られたその波形データを順次メモリ 8 b に記憶するようになっている。メモリ 8 b は、記憶した信号を I Q 平面における I 相の信号としてグラフ作成手段 9 に出力するようになっている。

20

【 0 0 6 0 】

A / D 変換器 8 c は、バランスドレシーバ 6 から入力する電気信号をサンプリングクロック信号に同期して順次デジタル変換し、得られたその波形データを順次メモリ 8 d に記憶するようになっている。メモリ 8 d は、記憶した信号を I Q 平面における Q 相の信号としてグラフ作成手段 9 に出力するようになっている。

【 0 0 6 1 】

A / D 変換器 8 e は、PD 7 から入力する電気信号をサンプリングクロック信号に同期して順次デジタル変換し、得られたその波形データを順次メモリ 8 f に記憶するようになっている。メモリ 8 f は、記憶した信号を強度信号としてグラフ作成手段 9 に出力するようになっている。

30

【 0 0 6 2 】

グラフ作成手段 9 は、例えばマイクロコンピュータで構成され、強度特性グラフ作成部 9 a、位相特性グラフ作成部 9 b、コンスタレーショングラフ作成部 9 c、特性演算部 9 d、表示処理部 9 e を備えている。

【 0 0 6 3 】

強度特性グラフ作成部 9 a は、メモリ 8 f を介して入力する強度信号に基づいて、強度変調の時間変化を示す特性グラフ（以下「強度特性グラフ」という。）を作成するようになっている。この強度特性グラフは、横軸を時間軸、縦軸を強度軸として光位相変調信号の時間的強度変化を表すものである。

40

【 0 0 6 4 】

位相特性グラフ作成部 9 b は、メモリ 8 b 及び 8 d を介してそれぞれ入力する I 相及び Q 相の信号に基づいて、位相変調の時間変化を示す特性グラフ（以下「位相特性グラフ」という。）を作成するようになっている。この位相特性グラフは、横軸を時間軸、縦軸を位相軸として光位相変調信号の時間的位相変化を表すものである。なお、強度特性グラフ及び位相特性グラフは、本発明に係る第 1 の特性グラフを構成する。また、位相特性グラフ作成部 9 b は、アイパターンの描画も行えるものであって、位相特性グラフにはアイパターンが含まれるものとする。

50

【 0 0 6 5 】

コンスレーショングラフ作成部 9 c は、メモリ 8 b 及び 8 d を介してそれぞれ入力する I 相及び Q 相の信号に基づいて、I Q 平面におけるコンスレーションを示す特性グラフ（以下「I Q 平面特性グラフ」という。）を作成するようになっている。この I Q 平面特性グラフは、横軸を I 相軸、縦軸を Q 相軸として光位相変調信号のコンスレーションを表すものである。なお、I Q 平面特性グラフは、本発明に係る第 2 の特性グラフを構成する。

【 0 0 6 6 】

特性演算部 9 d は、後述するグラフ範囲指定部 1 1 が指定した範囲内にある信号について、例えば、MER (Modulation Error Ratio : 変調エラー率)、EVM (Error Vector Magnitude)、Q 値、位相の最大値、最小値及び位相ゆらぎ、振幅の最大値、最小値及び振幅ゆらぎ等を演算処理するようになっている。なお、特性演算部 9 d は、本発明に係る変調エラー率演算手段、位相値演算手段、振幅値演算手段及び Q 値演算手段を構成する。以下、図 2 を用いて MER 及び EVM の演算について説明する。

10

【 0 0 6 7 】

図 2 (a) において破線で示した範囲は、グラフ範囲指定部 1 1 が指定した範囲を示している。この範囲を拡大したものを図 2 (b) に示す。図 2 (b) において、座標 (I_n , Q_n) における信号のシンボルマグニチュードを $I_n^2 + Q_n^2$ 、RMS エラーマグニチュードを $\Delta I_n^2 + \Delta Q_n^2$ 、平均マグニチュードを $1/n \cdot \Sigma (I^2 + Q^2)$ で表すと、特性演算部 9 d は、[数 9] により MER を演算する。

20

【 0 0 6 8 】

【 数 9 】

$$\begin{aligned} \text{MER} &= 10 \cdot \log_{10} \frac{\text{平均シンボルマグニチュード}}{\text{RMS エラーマグニチュード}} \\ &= 10 \cdot \log_{10} \frac{\frac{1}{n} \cdot \Sigma (I^2 + Q^2)}{\frac{1}{n} \cdot \Sigma (\Delta I^2 + \Delta Q^2)} \end{aligned}$$

【 0 0 6 9 】

また、図 2 (c) に示すように、特性演算部 9 d は、理想信号に対する測定信号の EVM を [数 1 0] により演算する。

30

【 0 0 7 0 】

【 数 1 0 】

$$\text{EVM} = \frac{\text{RMS エラーマグニチュード}}{\text{最大シンボルマグニチュード}} \times 100 \quad [\%]$$

【 0 0 7 1 】

図 1 に戻り、表示処理部 9 e は、強度特性グラフ及び位相特性グラフの少なくとも一方の特性グラフ、I Q 平面特性グラフ、特性演算部 9 d による演算結果、メニュー画面等を表示器 1 2 に表示する処理を行うようになっている。また、表示処理部 9 e は、後述するグラフ範囲指定部 1 1 が指定する測定範囲（以下「被測定範囲」という。）を、表示器 1 2 が表示した特性グラフ上に表示する処理を行うようになっている。また、表示処理部 9 e は、後述するグラフ選択部 1 0 が選択した特性グラフに被測定範囲を例えばゾーンマーカにより表示し、その範囲内にある信号（以下「被測定範囲内信号」という。）を識別可能に表示するようになっている。ここで、識別可能に表示するとは、被測定範囲には含まれない信号と被測定範囲内信号とを、例えば輝度、色彩、形状等を互いに異ならせた表示信号を用いて、使用者に容易に識別させるよう表示器 1 2 に表示することをいう。なお、表示処理部 9 e は、本発明に係る表示処理手段を構成する。

40

【 0 0 7 2 】

50

グラフ選択部 10 は、マウスやキーボード等の入力デバイスを備え、例えば表示器 12 に表示された特性グラフの一覧メニューから使用者が所望する特性グラフを選択するようになっている。

【0073】

グラフ範囲指定部 11 は、マウスやキーボード等の入力デバイスを備え、表示器 12 が表示した特性グラフ上に各種マーカを表示し、使用者に被測定範囲を指定させるようになっている。ここで、各種マーカは、例えば、矩形状の被測定範囲を示すゾーンマーカ、強度に係る被測定範囲を示すレベルマーカ、位相に係る被測定範囲を示す位相マーカ、時間に係る被測定範囲を示す時間マーカ等を含む。なお、グラフ範囲指定部 11 は、本発明に係る範囲指定手段を構成する。

【0074】

具体的には、グラフ範囲指定部 11 は、例えば、強度特性グラフ及び位相特性グラフの少なくとも一方において各種マーカで被測定範囲を指定させることにより、表示処理部 9e は、I Q 平面特性グラフ上に被測定範囲内信号を識別可能に表示することができる。

【0075】

表示器 12 は、例えば液晶ディスプレイで構成され、表示処理部 9e の出力信号に基づき、強度特性グラフ、位相特性グラフ、I Q 平面特性グラフ等の特性グラフや、特性演算部 9d による演算結果、メニュー画面等を表示するようになっている。また、表示器 12 は、グラフ選択部 10 が選択した特性グラフに被測定範囲を表示し、その範囲内にある被測定範囲内信号を識別可能に表示するようになっている。

【0076】

次に、表示器 12 の表示例を挙げ、表示処理部 9e による表示処理を図 3 ~ 図 5 に基づいて具体的に説明する。

【0077】

[表示例 1]

まず、図 3 は、表示器 12 が、R Z - D P S K 変調における強度特性グラフ、位相特性グラフ及び I Q 平面特性グラフを画面上に同時に表示した例を示している。強度特性グラフにおいては、強度軸上の位置を指示するレベルマーカ 31 及び 32、矩形状の範囲を指示するゾーンマーカ 33 が表示されている。使用者は、レベルマーカ 31 及び 32 を上下に移動させて所望する変調強度の被測定範囲を指定し、被測定範囲内信号の I Q 平面特性グラフ上での値を知ることができる。また、使用者は、例えばレベルマーカ 32 が示す位置より上部の範囲を被測定範囲として指定することができる。また、使用者は、ゾーンマーカ 33 を用いても同様に所望する変調強度の被測定範囲を指定することができる。ゾーンマーカ 33 は、表示器 12 の画面上において、例えば矩形の左上と右下とをマウスで指示することにより形成される。

【0078】

位相特性グラフにおいては、グラフ範囲指定部 11 によって 4 つの位相マーカ 34 ~ 37 が表示されている。位相マーカ 34 及び 35 は、位相が π 近傍にある被測定範囲内信号を指定し、位相マーカ 36 及び 37 は、位相が 0 近傍にある被測定範囲内信号を指定している。ここで、例えば位相マーカ 35 が示す位置より上部の範囲を被測定範囲として指定する構成としてもよい。なお、レベルマーカ 31 及び 32、位相マーカ 34 ~ 37 は、本発明に係る指示マーカを構成する。

【0079】

また、強度特性グラフ及び位相特性グラフには、グラフ範囲指定部 11 によって時間マーカ 38 及び 39 が表示されている。使用者は、例えば、時間マーカ 38 及び 39 と、レベルマーカ 31 及び 32 とで囲まれた被測定範囲を、前述のゾーンマーカ 33 に代えて選択することもできる。また、使用者は、時間マーカ 38 及び 39 と、レベルマーカ 31 及び 32 と、位相マーカ 34 及び 35 と、位相マーカ 36 及び 37 とを用いて、強度特性グラフ及び位相特性グラフの少なくとも一方において被測定範囲を指定することもできる。

【0080】

10

20

30

40

50

I Q 平面特性グラフにおいては、位相特性グラフに表示された位相マーカ 3 4 と 3 5 とに挟まれた被測定範囲内信号に対応するコンスタレーションが三角印で示され、位相マーカ 3 6 と 3 7 とに挟まれた被測定範囲内信号に対応するコンスタレーションが白丸で示されている。また、I Q 平面特性グラフは、位相マーカ 3 4 と 3 5 とに挟まれた被測定範囲の外側、位相マーカ 3 6 と 3 7 とに挟まれた被測定範囲の外側にある信号のコンスタレーションを黒丸で示している。

【 0 0 8 1 】

なお、前述の説明では、I Q 平面特性グラフに互いに異なる記号で識別可能に表示する例を挙げたが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば輝度や色彩が互いに異なる表示信号を用いて表示する構成としてもよい。

10

【 0 0 8 2 】

以上のように、図 3 に示した表示例 1 において、光位相変調信号評価装置は、強度特性グラフ、位相特性グラフ及び I Q 平面特性グラフを表示器 1 2 の画面上に同時に表示し、位相特性グラフ上で指定された位相マーカ 3 4 と 3 5 との間の被測定範囲、位相マーカ 3 6 と 3 7 との間の被測定範囲にそれぞれ存在する被測定範囲内信号を、I Q 平面特性グラフにおいて識別可能に表示するので、光位相変調信号の変調強度特性、変調位相特性及びコンスタレーションの関連性を明確に提示することができる。

【 0 0 8 3 】

[表示例 2]

次に、図 4 は、表示器 1 2 が、R Z - D P S K 変調における I Q 平面特性グラフ、強度特性グラフ及び位相特性グラフを画面上に同時に表示した例を示している。この例は、使用者が I Q 平面特性グラフ上で被測定範囲を指定する場合を示すものである。

20

【 0 0 8 4 】

図 4 に示すように、I Q 平面特性グラフには、使用者が選択した矩形形状の被測定範囲が破線で示されている。強度特性グラフ及び位相特性グラフにおいては、I Q 平面特性グラフで指定された被測定範囲内信号に対応する信号が黒丸でそれぞれ示されている。

【 0 0 8 5 】

以上のように、図 4 に示した表示例 2 において、光位相変調信号評価装置は、I Q 平面特性グラフ、強度特性グラフ及び位相特性グラフを表示器 1 2 の画面上に同時に表示し、I Q 平面特性グラフ上で指定された被測定範囲に存在する被測定範囲内信号を、強度特性グラフ及び位相特性グラフにおいて識別可能に表示するので、光位相変調信号の変調強度特性、変調位相特性及びコンスタレーションの関連性を明確に提示することができる。

30

【 0 0 8 6 】

[表示例 3]

次に、図 5 は、表示器 1 2 が、アイパターン、I Q 平面特性グラフ、位相分布図及び測定結果表を画面上に同時に表示した例を示している。この例は、使用者がアイパターン上で被測定範囲を指定する場合を示すものである。

【 0 0 8 7 】

図 5 に示すように、アイパターン上には、使用者が時刻 t_1 から t_2 までを被測定範囲として指定した 2 つの時間マーカが示されている。I Q 平面特性グラフにおいては、使用者が指定した被測定範囲内信号に対応する信号が識別可能に示されている。

40

【 0 0 8 8 】

位相分布図には、使用者が指定した被測定範囲内信号に対応する、位相 = π における分布図、平均値 μ_1 及び標準偏差 σ_1 と、位相 = 0 における分布図、平均値 μ_2 及び標準偏差 σ_2 とが示されている。

【 0 0 8 9 】

測定結果の表には、特性演算部 9 d が演算した Q 値及び B E R (Bit Error Rate) が示されている。ここで、Q 値は、位相分布図に示した値に基づき、[数 1 1] により算出される。

【 0 0 9 0 】

50

【数 1 1】

$$Q\text{値} = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{\sigma_1 + \sigma_2}$$

【 0 0 9 1】

B E R に関しては、例えば、測定対象の信号について Q 値と B E R との相関を予め求めておくことにより、特性演算部 9 d は、【数 1 1】により求めた Q 値に基づいて B E R を算出することができる。

【 0 0 9 2】

以上のように、図 5 に示した表示例 3 において、光位相変調信号評価装置は、アイパターン、I Q 平面特性グラフ、位相分布図及び測定結果表を表示器 1 2 の画面上に同時に表示し、アイパターン上で指定された時刻 t 1 と t 2 との間の被測定範囲に存在する被測定範囲内信号を、I Q 平面特性グラフにおいて識別可能に表示するので、アイパターンとコンスタレーションとの関連性を明確に提示することができる。同時に、光位相変調信号評価装置は、被測定範囲内信号の位相分布図を視覚的に分かりやすく表示すると共に、測定結果表により Q 値及び B E R を使用者に提示することができる。

【 0 0 9 3】

次に、本実施形態における光位相変調信号評価装置の動作について図 1 を用いて説明する。

【 0 0 9 4】

光分波器 1 は、入力した光位相変調信号を 2 つに分波し、一方の光信号を光分波器 2 に、他方の光信号を P D 7 に出力する。光分波器 2 は、入力した光位相変調信号を 2 つに分波し、ビット遅延干渉計 3 及び 4 に出力する。

【 0 0 9 5】

ビット遅延干渉計 3 は、【数 2】及び【数 3】で示した信号をバランスドレシーバ 5 に出力する。また、ビット遅延干渉計 4 は、【数 5】及び【数 6】で示した信号をバランスドレシーバ 6 に出力する。

【 0 0 9 6】

バランスドレシーバ 5 及び 6 は、それぞれ、【数 7】及び【数 8】で示した信号を A / D 変換手段 8 に出力する。また、P D 7 は、光分波器 1 から入力した光信号を電気信号に変換して A / D 変換手段 8 に出力する。

【 0 0 9 7】

A / D 変換手段 8 は、サンプリングクロック信号に同期して、I 相及び Q 相の信号、強度信号をグラフ作成手段 9 に出力する。

【 0 0 9 8】

グラフ作成手段 9 は、I 相及び Q 相の信号、強度信号に基づいて、強度特性グラフ、位相特性グラフ及び I Q 平面特性グラフの作成や、諸特性の演算処理を行う。また、グラフ作成手段 9 の表示処理部 9 e は、グラフ選択部 1 0 が選択した特性グラフを表示器 1 2 に表示するよう動作する。また、表示処理部 9 e は、グラフ範囲指定部 1 1 が指定した被測定範囲の表示処理、被測定範囲内信号に対応する信号の表示処理を行う。

【 0 0 9 9】

表示器 1 2 は、表示処理部 9 e の出力信号に基づき、特性グラフの表示や演算結果の表示を行うと共に、被測定範囲の表示や被測定範囲内信号に対応する信号を識別可能に表示する等の動作を行う。

【 0 1 0 0】

なお、前述した動作ステップをプログラミングして記憶媒体に記憶し、例えばマイクロコンピュータにプログラムを読み取らせて実行させることにより、マイクロコンピュータを光位相変調信号評価装置として機能させることができる。

【 0 1 0 1】

10

20

30

40

50

以上のように、本実施形態における光位相変調信号評価装置によれば、強度特性グラフ及び位相特性グラフの少なくとも一方の特性グラフである第1の特性グラフと、光位相変調信号のコンスタレーションを示すI Q平面特性グラフである第2の特性グラフとを表示し、第1及び第2のうち一方の特性グラフにおいて指定した範囲に存在する光位相変調信号を、第1及び第2の特性グラフのうち他方の特性グラフにおいて識別可能に表示する構成としたので、光位相変調信号の変調強度特性、変調位相特性及びコンスタレーションの関連性を明確に提示することができる。

【産業上の利用可能性】

【0102】

以上のように、本発明に係る光位相変調信号評価装置及び光位相変調信号評価方法は、光位相変調信号の変調強度特性、変調位相特性及びコンスタレーションの関連性を明確に提示することができるという効果を有し、DPSK、DPQSK、多値変調等における変調特性やコンスタレーションを評価する光位相変調信号評価装置及び光位相変調信号評価方法等として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0103】

【図1】図1は、本発明の一実施形態における光位相変調信号評価装置のブロック図である。

【図2】図2は、本発明の一実施形態における光位相変調信号評価装置が演算するMER及びEVMについての説明図である。

【図3】図3は、本発明の一実施形態における光位相変調信号評価装置において、強度特性グラフ、位相特性グラフ及びI Q平面特性グラフの表示例を示す図である。

【図4】図4は、本発明の一実施形態における光位相変調信号評価装置において、強度特性グラフ、位相特性グラフ及びI Q平面特性グラフの表示例を示す図である。

【図5】図5は、本発明の一実施形態における光位相変調信号評価装置において、アイパターン、I Q平面特性グラフ、位相分布図、測定結果の表の表示例を示す図である。

【符号の説明】

【0104】

1、2 光分波器

3c、3d、4c、4d アーム

3、4 ビット遅延干渉計

3f、4f ビット遅延器

3a、3g、3h、4a、4g、4h ポート

3b、4b 分波部

3e、4e 合波部

4j 光位相遅延器

5a、5b、6a、6b、7 PD

5、6 バランスドレシーバ

5c、6c 減算器

8a、8c、8e A/D変換器

8 A/D変換手段

8b、8d、8f メモリ

9 グラフ作成手段

9a 強度特性グラフ作成部

9b 位相特性グラフ作成部

9c コンスタレーショングラフ作成部

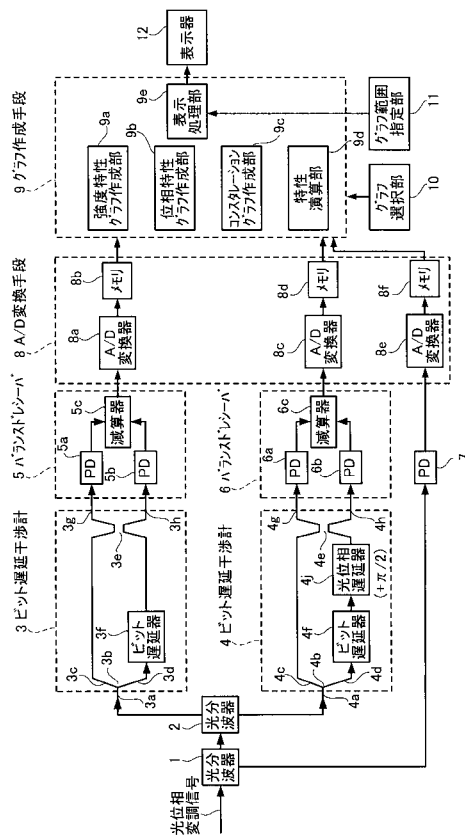
9d 特性演算部（変調エラー率演算手段、位相値演算手段、振幅値演算手段、Q値演算手段）

9e 表示処理部（表示処理手段）

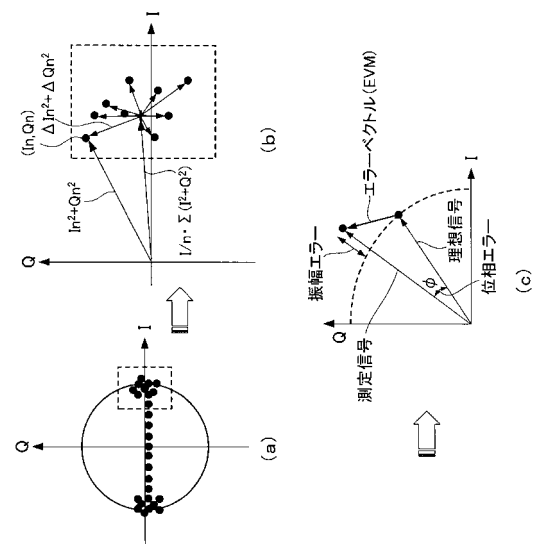
10 グラフ選択部

- 1 1 グラフ範囲指定部 (範囲指定手段)
- 1 2 表示器 (表示手段)
- 3 1、3 2 レベルマーカ (指示マーカ)
- 3 3 ゾーンマーカ
- 3 4 ~ 3 7 位相マーカ (指示マーカ)
- 3 8、3 9 時間マーカ

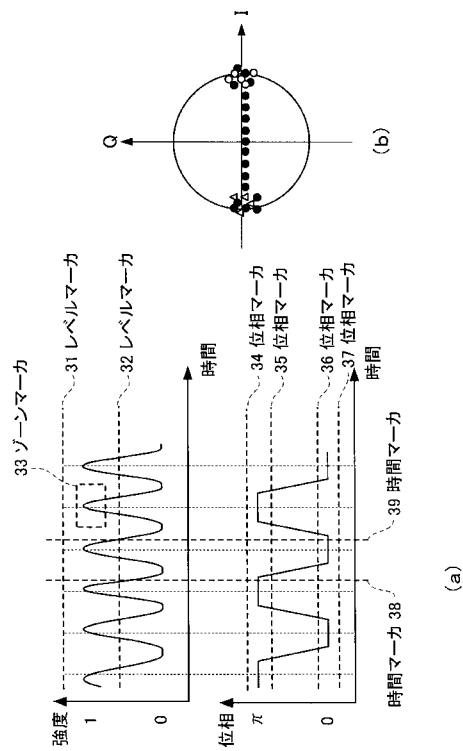
【図 1】



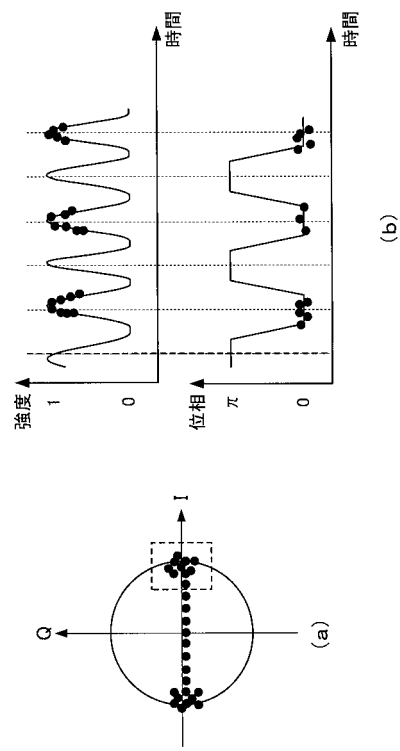
【図 2】



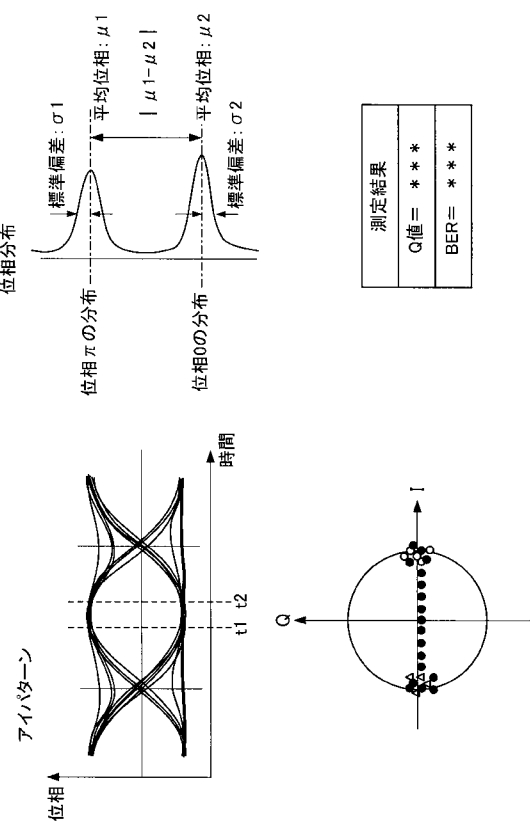
【図 3】



【図 4】



【図 5】



測定結果
Q値 = * * *
BER = * * *