

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02012/144108

発行日 平成26年7月28日 (2014. 7. 28)

(43) 国際公開日 平成24年10月26日 (2012. 10. 26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04B 10/61 (2013.01)	H04B 9/00 610	5K102
H04J 11/00 (2006.01)	H04J 11/00 B	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 14 頁)

出願番号	特願2013-510847 (P2013-510847)	(71) 出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(21) 国際出願番号	PCT/JP2011/079115	(74) 代理人	100109313 弁理士 机 昌彦
(22) 国際出願日	平成23年12月9日 (2011. 12. 9)	(74) 代理人	100124154 弁理士 下坂 直樹
(31) 優先権主張番号	特願2011-95190 (P2011-95190)	(72) 発明者	遠藤 一臣 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(32) 優先日	平成23年4月21日 (2011. 4. 21)	(72) 発明者	橋本 陽一 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光受信方法および光受信機

(57) 【要約】

多値位相光信号の受信において受信感度が偏光状態に依存しない受信を可能とするために、光受信方法は、単一偏波の多値位相光信号を偏波が互いに直交する第1の光信号および第2の光信号に分離し、第1の光信号のパワーと第2の光信号のパワーの比を計算し、第1の光信号の位相と第2の光信号の位相との差を補償量として計算し、比および補償量に基づいて第1の光信号と第2の光信号を最大比合成法にて合成し、補償量を比に基づいて変化させる。

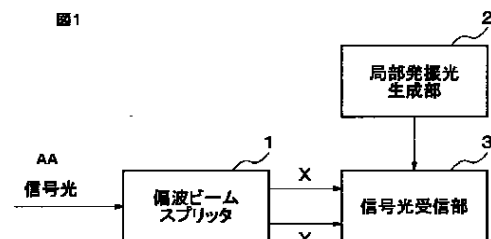


FIG. 1:

- 1 Polarization beam splitter
2 Local oscillation light generation unit
3 Optical signal receiver unit
AA Optical signal

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

単一偏波の多値位相光信号を偏波が互いに直交する第 1 の光信号および第 2 の光信号に分離し、

前記第 1 の光信号のパワーと前記第 2 の光信号のパワーの比を計算し、

前記第 1 の光信号の位相と前記第 2 の光信号の位相との差を補償量として計算し、

前記比および前記補償量に基づいて前記第 1 の光信号と前記第 2 の光信号を最大比合成法にて合成し、

前記補償量を前記比に基づいて変化させることを特徴とする光受信方法。

【請求項 2】

前記第 1 の光信号のパワーが前記第 2 の光信号のパワーよりも大きい場合、前記補償量を前記差よりも小さくする請求項 1 記載の光受信方法。

【請求項 3】

前記パワーの比を α とし、前記補償量を δ とし、前記各光信号のパワーを E_x 、 E_y とした場合、以下の式

$$E_i = \sqrt{\alpha e^{-j\pi(1-f(\alpha))\delta}} E_x + \sqrt{1 - \alpha e^{j\pi f(\alpha)\delta}} E_y$$

によって前記第 1 の光信号と前記第 2 の光信号を合成し、

前記式における関数 $f(\alpha)$ は、 $f(0) = 0$ および $f(1) = 1$ であり、さらに、 α が 0 から 1 の間で連続であり且つ単調増加する関数であることを特徴とする請求項 2 記載の光受信方法。

【請求項 4】

前記関数 $f(\alpha)$ は、

$$\alpha, \alpha^3, \sqrt{\alpha}$$

のいずれかであることを特徴とする請求項 3 記載の光受信方法。

【請求項 5】

前記合成した信号の位相を、変化後の前記補償量により補償するか否かを判断することを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の光受信方法。

【請求項 6】

前記判断は、前記差がランダムであるか否かを示す判定結果に基づいて行われることを特徴とする請求項 5 記載の光受信方法。

【請求項 7】

前記差がランダムであるか否かの判定は、前記パワー比および前記差の少なくとも一方に基づいて行われることを特徴とする請求項 6 記載の光受信方法。

【請求項 8】

単一偏波の多値位相光信号を偏波が互いに直交する第 1 の光信号および第 2 の光信号に分離する手段と、

前記第 1 の光信号のパワーと前記第 2 の光信号のパワーの比、および、前記第 1 の光信号の位相と前記第 2 の光信号の位相との差を補償量として計算する手段と、

前記比および前記補償量に基づいて前記第 1 の光信号と前記第 2 の光信号を最大比合成法にて合成する手段と、

を備え、

前記補償量を前記比に基づいて変化させることを特徴とする光受信機。

【請求項 9】

単一偏波の多値位相光信号を偏波が互いに直交する第 1 の光信号および第 2 の光信号に分離する機能と、

前記第 1 の光信号のパワーと前記第 2 の光信号のパワーの比を計算する機能と、

前記第 1 の光信号の位相と前記第 2 の光信号の位相との差を補償量として計算する機能

10

20

30

40

50

と、

前記比および前記補償量に基づいて前記第1の光信号と前記第2の光信号を最大比合成法にて合成する機能と、

前記補償量を前記比に基づいて変化させる機能と、

を、光受信機のコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラム、を記憶したプログラム記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光受信方法および光受信機に関する。

10

【背景技術】

【0002】

光通信システムにおける伝送容量の増大のために多値変調信号を用いたコヒーレント光通信方式が多数開示されている。その中には非特許文献1のような受信感度が偏波状態に依存しない偏波ダイバーシティ受信方式が開示されている。この方式において、偏波ビームスプリッタは、多値変調光信号を、直交する2つの偏波の光信号に分離する。90°ハイブリッドは、分離された各光信号を局発光と混合して、それぞれ、同相成分及び直交成分に対応する光信号を出力する。フォトダイオードは、各90°ハイブリッドの出力光信号を電気信号に変換する。

また、非特許文献1においては、入力信号の偏波状態による受信感度変化補正がデジタル信号処理で実現されている。つまり、非特許文献1においては、光信号の偏波面が偏波ビームスプリッタの基準軸と一致する様な調整は行われていない。

20

また、非特許文献1は、入力信号の偏波状態による受信感度の変化を補正するデジタル信号処理として、最大比合成法(Maximal-Ratio-Combining、MRC)を用いている。具体的には、非特許文献1では、各90°ハイブリッドの出力信号Ex、Eyのパワー比αと位相差δが求められる。そして、以下の(式1)に示すような最大比合成を実行することで元の光変調信号Esが再生されている。

$$E_i = \sqrt{\alpha} e^{-j\delta} E_x + \sqrt{1-\alpha} E_y, \quad (式1)$$

30

(式1)において、jは、純虚数を示す。また、(式1)において、第一項目、および第二項目の

$$\sqrt{\alpha}, \sqrt{1-\alpha}$$

は、出力パワーが最大になるように補正する項である。

また、(式1)において、第一項目の $e^{-j\delta}$ は、EyとExの間の位相差を補正する項を表している。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2001-333005号公報

【特許文献2】特開2011-009956号公報

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】Satoshi Tsukamoto et al., "Optical Homodyne Receiver Comprising Phase and Polarization Diversities with Digital Signal Processing", European Conference

50

on Optical Communication, Mo 4. 2. 1 Cannes
, France, 24-28 Sept. 2006

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、非特許文献1に開示されたデジタル信号処理では、例えば、入力光信号のポアンカレ球上の偏光状態が偏光角 $\theta = 0^\circ$ 、楕円率 $\chi = 0$ 近傍にあるとき、パワー比 α が1となり、(式1)より $E_s = e^{-j\delta} E_x$ となる。しかしながら、位相差 δ がランダムな値となるため、非特許文献1に開示されたデジタル信号処理では、図8のようにコンスタレーション上で信号のランダムな回転が生じ、信号の再生ができないという課題がある。なお、位相差 δ がランダムな値をとるのは、ポアンカレ球上の偏光状態が偏光角 $\theta = 0^\circ$ 、楕円率 $\chi = 0$ 近傍にあるとき、各 90° ハイブリッドの出力信号において一方がほぼ送信光信号そのものであるのに対して、他方の送信信号は雑音に埋もれてしまうためである。

本発明は、多値位相光信号の受信において受信感度が偏光状態に依存しない、光受信方法および光受信機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】

【0006】

本発明の光受信方法は、単一偏波の多値位相光信号を偏波が互いに直交する第1の光信号および第2の光信号に分離し、前記第1の光信号のパワーと前記第2の光信号のパワーの比を計算し、前記第1の光信号の位相と前記第2の光信号の位相との差を補償量として計算し、前記比および前記補償量に基づいて前記第1の光信号と前記第2の光信号を最大比合成法にて合成し、前記補償量を前記比に基づいて変化させる。

本発明の光受信機は、単一偏波の多値位相光信号を偏波が互いに直交する第1の光信号および第2の光信号に分離する手段と、前記第1の光信号のパワーと前記第2の光信号のパワーの比、および、前記第1の光信号の位相と前記第2の光信号の位相との差を補償量として計算する手段と、前記比および前記補償量に基づいて前記第1の光信号と前記第2の光信号を最大比合成法にて合成する手段と、を備え、前記補償量を前記比に基づいて変化させる。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、多値位相光信号の受信において受信感度が偏光状態に依存しない受信が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るコヒーレント光受信機の構成例を示すブロック図である。

【図2】図1に示すコヒーレント光受信機を構成する信号光受信部の構成例を示すブロック図である。

【図3】図2に示す信号光受信部を構成する偏波再生部の構成例を示すブロック図である。

【図4】図3に示す偏波再生部の動作例を示すフローチャートである。

【図5】本発明の第2の実施形態に係るコヒーレント光受信機を構成する偏波再生部の構成例を示すブロック図である。

【図6】図5に示す偏波再生部の動作例を示すフローチャートである。

【図7】本発明の第3の実施形態に係る光受信機の構成例を説明するブロック図である。

【図8】非特許文献1に記載の技術を用いた場合のポアンカレ球上で偏光角 $\theta = 0^\circ$ 、楕円率 $\chi = 0$ 近傍の偏光状態でのコンスタレーションの一例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0009】

〔第 1 の実施形態〕

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係るコヒーレント光受信機の構成例を示すブロック図である。このコヒーレント光受信機は、偏波ビームスプリッタ 1 と、局部発振光生成部 2 と、光受信部 3 と、を備えている。

偏波ビームスプリッタ 1 は、光伝送路からの多値変調光信号（または、単一偏波多値位相光信号とも呼ぶ）を、偏波が互いに直交する光信号 X（第 1 の光信号）と光信号 Y（第 2 の光信号）に分離する。局部発振光生成部 2 は、例えば、分布帰還型レーザダイオードであり、連続光（以下、局発光と呼ぶ）を出力する。

信号光受信部 3 は、局部発振光生成部 2 が生成する局発光を用い、光信号 X 及び Y をコヒーレント検波（例えば、ホモダイン検波もしくはヘテロダイン検波）してベースバンド信号 X 及び Y に変換する。さらに、信号光受信部 3 は、ベースバンド信号 X 及び Y から、送信された多値変調光信号を再生し復調処理を行う。

図 2 は、信号光受信部 3 の構成例を示すブロック図である。信号光受信部 3 は、各 90°ハイブリッド 4、5 と、各光電気変換部 6、7、8 および 9 と、偏波再生部 10 と、復調処理部 11 と、を備えている。

90°ハイブリッド 4 は、光信号 X と局発光を受信して、同相成分及び直交成分に対応する光信号をそれぞれ出力する。光電気変換部 6 は、光信号 X の同相成分に対応する光信号を受信して同相ベースバンド信号 X_I を出力する。光電気変換部 7 は、光信号 X の直交成分に対応する光信号を受信して直交ベースバンド信号 X_Q を出力する。

90°ハイブリッド 5 は、光信号 Y と局発光を受信して、同相成分及び直交成分に対応する光信号をそれぞれ出力する。光電気変換部 8 は、光信号 Y の同相成分に対応する光信号を受信して同相ベースバンド信号 Y_I を出力する。光電気変換部 9 は、光信号 Y の直交成分に対応する光信号を受信して直交ベースバンド信号 Y_Q を出力する。

偏波再生部 10 は、各光電気変換部 6、7、8、9 から各ベースバンド信号 X_I 、 X_Q 、 Y_I 、 Y_Q を受信する。偏波再生部 10 は、それぞれに含まれる信号成分に基づき、図 1 の偏波ビームスプリッタ 1 によって分岐された光信号 Y と光信号 X のパワー比 α と位相差 δ を求める。ここで、位相差とは、2 つの波（光信号 Y と光信号 X）の位相の差を意味する。そして、偏波再生部 10 は、求めたパワー比 α および位相差 δ に基づき、送信情報に対応する同相ベースバンド信号 E_I および直交ベースバンド信号 E_Q を再生する。

復調処理部 11 は、同相ベースバンド信号 E_I および直交ベースバンド信号 E_Q を復調処理して、送信情報を取り出す。

図 3 は、偏波再生部 10 の構成例を示すブロック図である。偏波再生部 10 は、係数算出部 12 と、偏波再生処理部 13 と、位相再生処理部 14 と、を備えている。

係数算出部 12 は、各ベースバンド信号 X_I 、 X_Q 、 Y_I 、 Y_Q に基づいて、光信号 Y と光信号 X のパワー比 α および位相差 δ を求める。

偏波再生処理部 13 は、求められたパワー比 α および位相差 δ に基づいて、同相ベースバンド信号 E_I' および直交ベースバンド信号 E_Q' を算出する。

位相再生処理部 14 は、信号光と局所光の中心周波数の差や、線幅の相違から生じる位相オフセットを補償した同相ベースバンド信号 E_I および直交ベースバンド信号 E_Q を出力する。

図 4 は、図 3 に示す偏波再生部 10 の動作例を示すフローチャートである。以下、必要に応じて図 1～図 3 を参照し、図 4 について説明する。

係数算出部 12 は、パワー比 α および位相差 δ を求めるために、 E_x 、 E_y の複素数振幅比 r 、 $i r$ を、以下の（式 2）、（式 3）を用いて各々に求める（ステップ S1）。

$$r = E_x / E_y \quad (\text{式 2})$$

$$i r = E_y / E_x \quad (\text{式 3})$$

ここで、 E_x は、 $X_I + j X_Q$ で表される複素数である。 E_y は、 $Y_I + j Y_Q$ で表される複素数である。 j は、純虚数を表す。

10

20

30

40

50

係数算出部 12 は、複素数振幅比 r 、 $i r$ の各平均を計算する（ステップ S2）。ここで、平均の例としては、例えば、加法平均あるいは乗法平均を挙げることができる。

係数算出部 12 は、 r の絶対値 $|r|$ と $i r$ の絶対値 $|i r|$ の大小関係を比較する（ステップ S3）。

ここで、複素数振幅比 r 、 $i r$ は、パワー比 α および位相差 δ によって、各々に以下の（式 4）、（式 5）のように表すことができる。

$$r = \sqrt{\alpha e^{j\delta}} / \sqrt{1-\alpha} \quad (\text{式 4})$$

10

$$i r = \sqrt{1-\alpha} e^{-j\delta} / \sqrt{\alpha} \quad (\text{式 5})$$

上記比較結果が $|r| < |i r|$ の場合（ステップ S3 において Yes の場合）、係数算出部 12 は、上記（式 4）を用いて、パワー比 α および位相差 δ を算出する（ステップ S4）。具体的には、係数算出部 12 は、 $\alpha = |r|^2 / (|r|^2 + 1)$ および $\delta = \arg(r)$ を計算する。

一方、上記比較結果が $|r| \geq |i r|$ の場合（ステップ S3 において No の場合）、係数算出部 12 は、上記（式 5）を用いて、パワー比 α および位相差 δ を算出する（ステップ S5）。具体的には、係数算出部 12 は、 $\alpha = 1 / (|i r|^2 + 1)$ および $\delta = -\arg(i r)$ を計算する。

20

偏波再生処理部 13 は、係数算出部 12 が求めたパワー比 α および位相差 δ に基づき、複素信号 E_s' を、以下の（式 6）に示すようなアルゴリズムの最大比合成法により求める（ステップ S6）。

$$E_s' = \sqrt{\alpha} e^{-j(1-\alpha)\delta} E_x + \sqrt{1-\alpha} e^{j\alpha\delta} E_y \quad (\text{式 6})$$

偏波再生処理部 13 は、複素信号 E_s' の実部および虚部を、各々に同相ベースバンド信号 E_I' および直交ベースバンド信号 E_Q' として出力する。

30

位相再生処理部 14 は、光送信信号に比べて $-(1-\alpha)\delta$ だけ回転して出力されたベースバンド信号 E_s' を、Feed Forward M-Path Power Algorithm や Decision-Directed Phase-Locked Loop などの搬送波位相推定法によって補正する（ステップ S7）。このとき、例えば、光同期検波における局発光の位相雑音や局発光と送信側光信号との相対的な周波数変動により位相が回転するが、これらの位相雑音や周波数変動等を同時に補償することができる。

以上説明したように、第 1 の実施形態によれば、パワー比 α が 1 に近づくにつれて、（式 6）における位相差補正項（ $e^{-j(1-\alpha)\delta}$ 、 $e^{j\alpha\delta}$ ）は第一項よりも第二項が支配的になる。一方、パワー比 α が 0 に近づくにつれて位相差補正項は第二項よりも第一項が支配的となる。ここで、偏光角 $\theta = 0^\circ$ 、楕円率 $\chi = 0$ 近傍では、 $E_x \gg E_y$ で α 1 であり、式（6）に代入すると、 $E_s' = E_x$ となる。すなわち、位相差 δ がランダムな値となってもその影響を受けることはない。従って、例えば、ポアンカレ球上の偏波状態が偏光角 $\theta = 0^\circ$ 、楕円率 $\chi = 0$ 近傍にあるときに生じる問題を回避することが可能となる。

40

すなわち、以上説明した第 1 の実施形態によれば、多値位相光信号の受信において受信感度が偏光状態に依存しない光受信が可能となる。また、本実施形態によれば、安価で信頼性の高いデジタル領域での偏波再生を行うことが可能となる。

なお、上記（式 6）における位相差補正項における α の代わりに、

$$\alpha', \sqrt{\alpha}$$

50

など、 $f(0) = 0$ および $f(1) = 1$ であり、さらに、 α が 0 から 1 の間で連続であり且つ単調増加する関数 $f(\alpha)$ とすることができる。

また、図 4 におけるステップ S 2 の処理は、必ずしも必要ではない。また、パワー比 α および位相差 δ の平均（加法平均あるいは乗法平均）をとってもよい。

〔第 2 の実施形態〕

ところで、上述したように、位相差 δ がランダムな値をとらない場合、図 3 に示す偏波再生処理部 1 3 からは、光送信信号に比べて $-(1 - \alpha)\delta$ だけ回転された信号（合成した信号の位相を変化後の補償量により補償した信号）が出力される。ここで、図 4 に示す位相再生処理部 1 4 では、周波数補償処理や位相補償処理が行われる。しかし、このような処理過程において、シンボルが誤って認識されるおそれがある。本実施形態は、この課題を解決するためのものである。

10

以下、本発明の第 2 の実施形態に係るコヒーレント光受信機について説明する。

このコヒーレント光受信機の基本構成は、図 1 に示す第 1 の実施形態の基本構成と同一である。また、このコヒーレント光受信機を構成する信号光受信部の構成も、図 2 に示す第 1 の実施形態の信号光受信部 3 と同一である。従って、これらの説明については省略する。

第 2 の実施形態の第 1 の実施形態に対する違いは、信号光受信部を構成する偏波再生部の構成が異なる点にある。

図 5 は、本発明の第 2 の実施形態に係るコヒーレント光受信機を構成する偏波再生部の構成例を示すブロック図である。第 1 の実施形態の偏波再生部（図 3 参照）と比較し、図 5 に示す偏波再生部は、さらに、位相判定部 1 5 と、位相回転部 1 6 と、を備える。

20

位相判定部 1 5 は、位相差 δ がランダムであるか否かを判定する。位相判定部 1 5 は、係数算出部 1 2 から受信するパワー比 α または位相差 δ に基づいて、合成した信号の位相を、変化後の補償量により補償するか否かを判定し、判定結果を位相回転部 1 6 へ出力する。

位相回転部 1 6 は、上記判定結果に基づいて、光送信信号に比べて $-(1 - \alpha)\delta$ だけ回転して出力されたベースバンド信号 E_s' を $(1 - \alpha)\delta$ だけ回転させる演算を行う処理、および、光送信信号に比べて $-(1 - \alpha)\delta$ だけ回転して出力されたベースバンド信号 E_s' をそのまま出力する処理のいずれかを実行する。

図 6 は、図 5 に示す偏波再生部の動作例を示すフローチャートである。

30

位相判定部 1 5 は、係数算出部 1 2 から、パワー比 α または位相差 δ を入力する（ステップ S 1 0）。位相判定部 1 5 は、位相差 δ がランダムであるか否かを判定する（ステップ S 1 1）。位相判定部 1 5 は、判定結果を、位相回転部 1 6 へ出力する。

位相回転部 1 6 は、入力した判定結果が、位相差 δ がランダムであることを示す結果であるか否かを判定する（ステップ S 1 2）。位相差 δ がランダムである場合（ステップ S 1 2 において No）、位相回転部 1 6 は、偏波再生処理部 1 3 の出力 E_s' （すなわち、 $-(1 - \alpha)\delta$ だけ回転された信号）をそのまま後段（位相再生処理部 1 4）へ出力する。一方、位相差 δ がランダムでない場合（ステップ S 1 2 において Yes）、位相回転部 1 6 は、偏波再生処理部 1 3 の出力 E_s' を $(1 - \alpha)\delta$ だけ回転して出力する（ステップ S 1 4）。

40

以上説明した第 2 の実施形態によれば、位相差 δ がランダムでない場合、位相回転部 1 6 は、偏波再生処理部 1 3 の出力 E_s' を $(1 - \alpha)\delta$ だけ回転して出力する。従って、位相再生処理部 1 4 においてシンボルが誤って認識される事態を回避することが可能となる。

なお、位相判定部 1 5 は、位相差 δ を用いて上記判定を行うことができる。例えば、位相判定部 1 5 は、位相差の時間的な差 $D[t] = |\delta[t+1] - \delta[t]|$ を算出する。ここで、 t は、時間を表す。位相判定部 1 5 は、差 $D[t] > D_{th}$ となる回数＝所定の回数 k 、を判定する。ここで、 D_{th} は、所定の差しきい値である。差 $D[t] > \text{しきい値 } D_{th}$ となる回数が k と等しい場合、位相判定部 1 5 は、位相差 δ がランダムであると判定する。一方、差 $D[t] > \text{しきい値 } D_{th}$ となる回数が k と等しくない場合、位相

50

判定部 15 は、位相差 δ がランダムでないと判定する。例えば、位相判定部 15 は、あるサンプリング時間での位相差 $\delta[t]$ とその次のサンプリング時間での位相差 $\delta[t+1]$ の差 $D = |\delta[t+1] - \delta[t]|$ を各サンプリング時間で計算する。この値がしきい値 $D_{th} = 0.5$ を超えた回数を k とし、 $k = 3$ に達した時点で、位相差 δ は、ランダムであると判定する。もちろん、しきい値 D_{th} およびしきい値超え回数 k は、任意に設定することができる。

また、前記位相差の判定は逐次行うことも、あるタイムスケジュールに従って定期的に行うことも可能である。

一方、位相判定部 15 は、パワー比 α を用いて上記判定を行うことができる。例えば、位相判定部 15 は、 $\alpha = 1$ 、0 の場合には位相差 δ はランダムであると判定し、一方、 $0 < \alpha < 1$ の場合には位相差 δ はランダムではないと判定することができる。

もちろん、上記各判定例はあくまで一例であって、位相判定部 15 における判定は、これらに限定されるものではない。

〔第 3 の実施形態〕

図 7 は、本発明の第 3 の実施形態に係る光受信機 100 の構成例を説明するブロック図である。光受信機 100 は、分離手段 101 と、計算手段 102 と、合成手段 103 と、を備える。

分離手段 101 は、単一偏波の多値位相光信号を偏波が互いに直交する第 1 の光信号および第 2 の光信号に分離する。

計算手段 102 は、第 1 の光信号のパワーと第 2 の光信号のパワーの比、および、第 1 の光信号の位相と第 2 の光信号の位相との差を補償量として計算する。

合成手段 103 は、上記比および上記補償量に基づいて、第 1 の光信号と第 2 の光信号を最大比合成法にて合成する。ここで、合成手段 103 は、上記補償量を上記比に基づいて変化させる。

以上説明した第 3 の実施形態によれば、多値位相光信号の受信において受信感度が偏光状態に依存しない受信が可能となる。

なお、以上説明した第 1 ～ 3 の実施形態は、所定のハードウェア、例えば、回路として具現化することもできる。

また、以上説明した第 1 ～ 3 の実施形態は、制御プログラムに基づいて図示しないコンピュータ回路（例えば、CPU（Central Processing Unit））によって制御され、動作するようにすることができる。その場合、これらの制御プログラムは、例えば、光受信機内部の記憶媒体、あるいは、外部の記憶媒体に記憶され、上記コンピュータ回路によって読み出され実行される。内部の記憶媒体としては、例えば、ROM（Read Only Memory）やハードディスク等を挙げることができる。また、外部の記憶媒体としては、例えば、リムーバブルメディアやリムーバブルディスク等を挙げることができる。

尚、以上説明した第 1 ～ 第 3 の実施形態はあくまで一例であって、本発明は、上記各実施形態に限定されるものではない。

また、本発明の「光受信方法」に関し、その処理の順番は、請求項の記載の順番に限定されることはない。

以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上述した実施形態に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明の範囲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。

この出願は、2011 年 4 月 21 日に提出された日本出願特願 2011-095190 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】

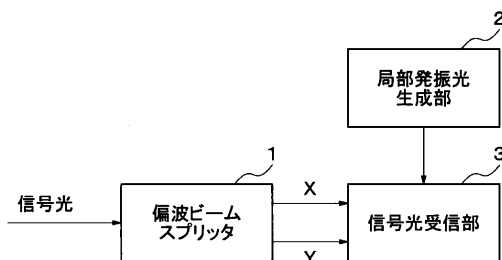
【0010】

- 1 偏波ビームスプリッタ
- 2 局発振光生成部
- 3 信号光受信部

- 4、5 90°ハイブリッド
- 6、7、8、9 光電気変換部
- 10 偏波再生部
- 11 復調処理部
- 12 係数算出部
- 13 偏波再生処理部
- 14 位相再生処理部
- 15 位相判定部
- 16 位相回転部
- 100 光受信機
- 101 分離手段
- 102 計算手段
- 103 合成手段

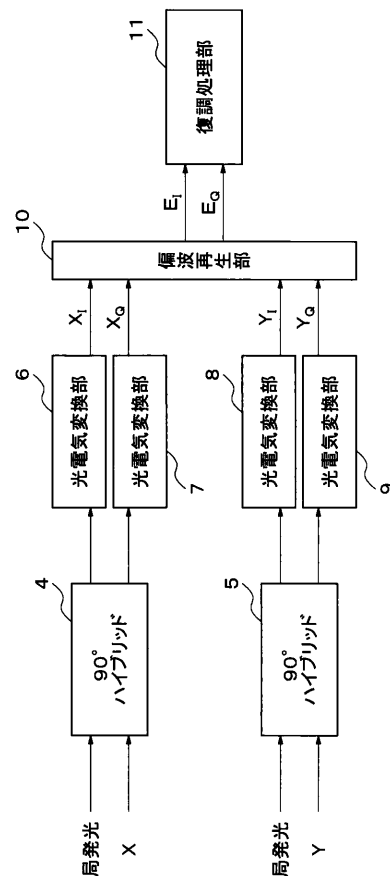
【図1】

図1



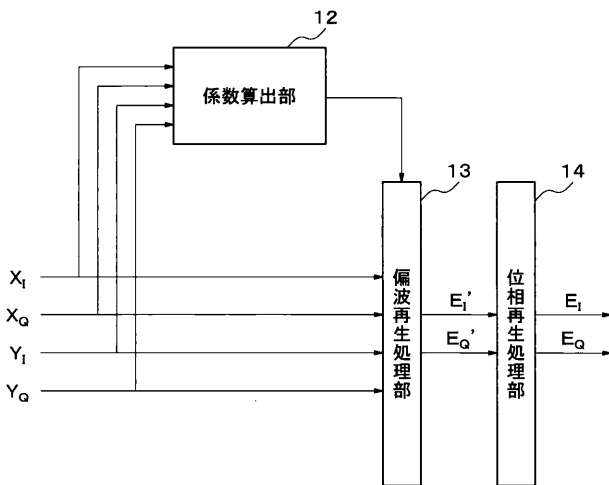
【図2】

図2



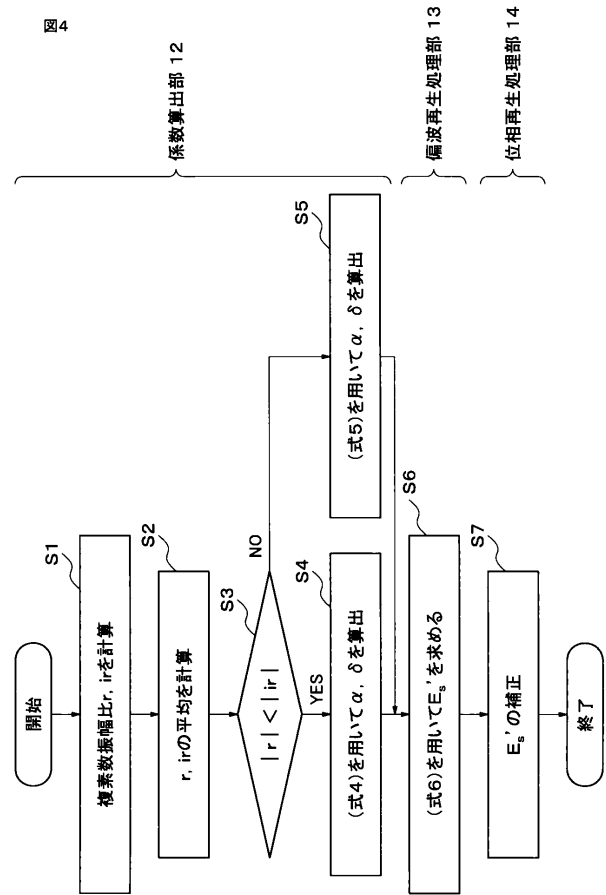
【図3】

図3



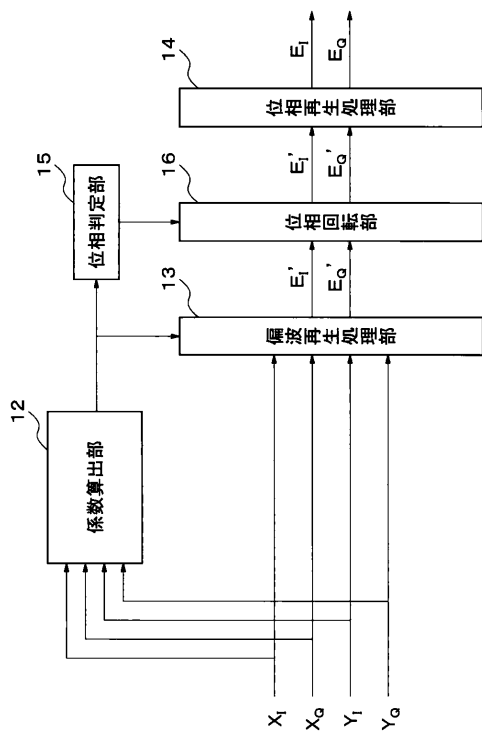
【図4】

図4



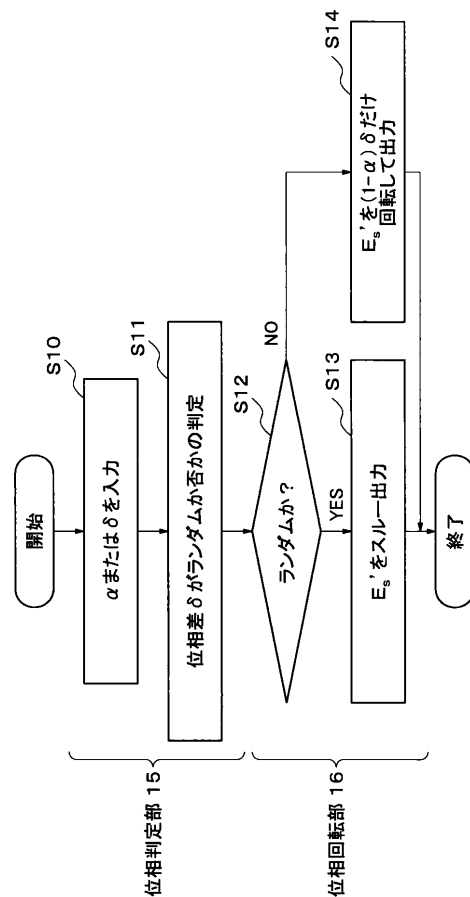
【図5】

図5



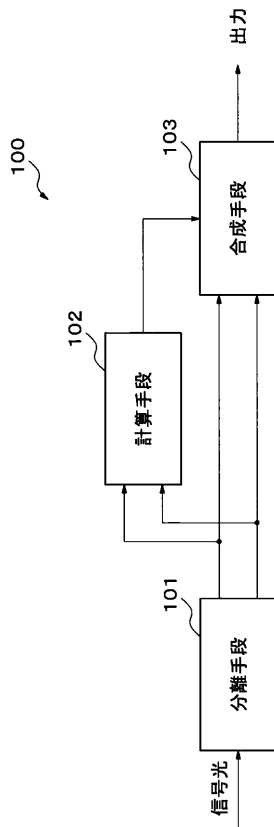
【図6】

図6



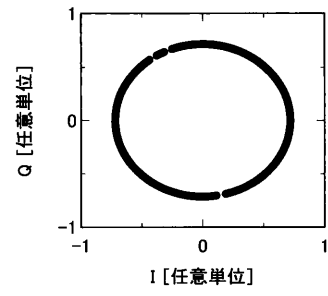
【図 7】

図7



【図 8】

図8



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/079115

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J14/00(2006.01)i, H04B10/04(2006.01)i, H04B10/06(2006.01)i, H04B10/142(2006.01)i, H04B10/152(2006.01)i, H04J14/04(2006.01)i, H04J14/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04J14/00, H04B10/04, H04B10/06, H04B10/142, H04B10/152, H04J14/04, H04J14/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-212886 A (NEC Corp.), 24 September 2010 (24.09.2010), paragraphs [0058] to [0071]; fig. 4 (Family: none)	1-9
A	JP 5-224267 A (Toshiba Corp.), 03 September 1993 (03.09.1993), claim 4; paragraph [0025]; fig. 3 (Family: none)	1-9
P, A	WO 2011/099589 A1 (NEC Corp.), 18 August 2011 (18.08.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 February, 2012 (23.02.12)

Date of mailing of the international search report
06 March, 2012 (06.03.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 1 / 0 7 9 1 1 5	
A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04J14/00(2006.01)i, H04B10/04(2006.01)i, H04B10/06(2006.01)i, H04B10/142(2006.01)i, H04B10/152(2006.01)i, H04J14/04(2006.01)i, H04J14/06(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04J14/00, H04B10/04, H04B10/06, H04B10/142, H04B10/152, H04J14/04, H04J14/06			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
A	J P 2 0 1 0 - 2 1 2 8 8 6 A （日本電気株式会社）2010.09.24、段落【0058】-【0071】、図4（ファミリーなし）	1-9	
A	J P 5 - 2 2 4 2 6 7 A （株式会社東芝）1993.09.03、請求項4、段落【0025】、図3（ファミリーなし）	1-9	
P, A	W O 2 0 1 1 / 0 9 9 5 8 9 A 1 （日本電気株式会社）2011.08.18、全文全図（ファミリーなし）	1-9	
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 23.02.2012		国際調査報告の発送日 06.03.2012	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 工藤 一光	5 J 9 2 7 4 電話番号 03-3581-1101 内線 3534

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN

(出願人による申告) 平成22年度、総務省「光空間通信技術の研究開発」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

Fターム(参考) 5K102 AH12 AH13 AH14 AH24 AH27 MH03 MH14 MH21 MH22 PB03
PH21 PH22 RD01 RD28

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。