

(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2015-162863  
(P2015-162863A)

(43) 公開日 平成27年9月7日(2015.9.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO4L 27/227 (2006.01)</b>	HO4L 27/22 B	5K004
<b>HO4B 10/63 (2013.01)</b>	HO4B 9/00 630	5K102

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2014-38456 (P2014-38456)  
 (22) 出願日 平成26年2月28日 (2014.2.28)  
 (出願人による申告) 平成25年度、総務省、戦略的情報研究開発推進事業 (SCOPE)、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 304028726  
 国立大学法人 大分大学  
 大分県大分市大字旦野原700番地  
 (74) 代理人 100072718  
 弁理士 古谷 史旺  
 (74) 代理人 100116001  
 弁理士 森 俊秀  
 (72) 発明者 古賀 正文  
 大分県大分市大字旦野原700番地 国立  
 大学法人大分大学工学部内  
 (72) 発明者 水鳥 明  
 大分県大分市大字旦野原700番地 国立  
 大学法人大分大学工学部内  
 Fターム(参考) 5K004 FJ15

最終頁に続く

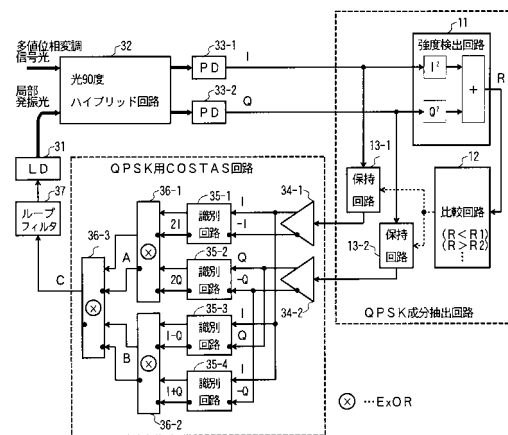
(54) 【発明の名称】 光位相同期回路

(57) 【要約】

【課題】 QPSK用COSTAS回路を用いて、16値以上の多値位相変調信号光に対して局部発振光の光位相を同期させる。

【解決手段】 16値以上の多値位相変調信号光と局部発振光を光90度ハイブリッド回路に入力し、光90度ハイブリッド回路から出力されるI成分とQ成分の信号光をそれぞれ信号I, Qに変換する受光器とQPSK用COSTAS回路との間に、信号I, Qから、位相が $\pm \pi/4$ または $\pm 3\pi/4$ であるQPSKの符号に対応する信号を抽出してQPSK用COSTAS回路に入力するQPSK成分抽出回路を備え、QPSK用COSTAS回路は、多値位相変調信号光のうちQPSKの符号に対応する信号を用いて局部発振光の位相同期制御を行う構成である。

【選択図】 図1



## 【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、

Q P S K 信号光と前記局部発振光とを入力して合波し、I 成分と Q 成分の信号光を出力する光90度ハイブリッド回路と、

前記 I 成分と Q 成分の信号光をそれぞれ電気信号に変換し、信号 I , Q を出力する受光器と、

前記信号 I , Q を入力し、その位相を 4 倍して送信情報に依存せずに前記 Q P S K 信号光に対する前記局部発振光の位相誤差を検出し、この位相誤差に応じた制御信号を前記局部発振光源に入力して前記 Q P S K 信号光に対する前記局部発振光の光位相を同期させる Q P S K 用 C O S T A S 回路と

10

を備えた光位相同期回路において、

前記 Q P S K 信号光に代えて16値以上の多値位相変調信号光を前記光90度ハイブリッド回路に入力し、

前記受光器と前記 Q P S K 用 C O S T A S 回路との間に、前記受光器から出力される前記信号 I , Q から、位相が  $\pm \pi / 4$  または  $\pm 3\pi / 4$  である Q P S K の符号に対応する信号を抽出して前記 Q P S K 用 C O S T A S 回路に入力する Q P S K 成分抽出回路を備え、

前記 Q P S K 用 C O S T A S 回路は、前記多値位相変調信号光のうち前記 Q P S K の符号に対応する信号を用いて前記局部発振光の位相同期制御を行う構成である

ことを特徴とする光位相同期回路。

20

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の光位相同期回路において、

前記 Q P S K 成分抽出回路は、

前記受光器から出力される前記信号 I , Q の強度を検出する強度検出回路と、

前記信号 I , Q の強度と前記 Q P S K の符号を識別する所定の閾値とを比較し、前記信号 I , Q から前記 Q P S K の符号に対応する信号が出現するタイミングを検出し、ラッチ信号を出力する比較回路と、

前記比較回路から前記ラッチ信号を入力したタイミングで、前記信号 I , Q から前記 Q P S K の符号に対応する信号を抽出して前記 Q P S K 用 C O S T A S 回路に入力する保持回路と

30

を備えたことを特徴とする光位相同期回路。

## 【請求項 3】

請求項 2 に記載の光位相同期回路において、

前記比較回路は、1つの閾値を用い、前記信号 I , Q から前記 Q P S K の符号に対応する信号のうち最小の強度を有する信号を抽出する構成である

ことを特徴とする光位相同期回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、16値以上の多値位相変調信号光をホモダイン位相同期検波する多値位相変調信号受信装置において、多値位相変調信号光に対して局部発振光の光位相を同期させる光位相同期回路に関する。

40

## 【背景技術】

## 【0002】

図 5 は、Q P S K 信号光に対する従来の光位相同期回路の構成例を示す（非特許文献 1）。

図 5 において、Q P S K 信号光と局部発振光源（L D）3 1 から出力される局部発振光は、光90度ハイブリッド回路 3 2 に入力される。光90度ハイブリッド回路 3 2 は、Q P S K 信号光と局部発振光を合波し、I 成分と Q 成分の信号光を出力する。この I 成分と Q 成分の信号光は、受光器（またはバランス受光器）3 3 - 1 , 3 3 - 2 に入力してそれぞ

50

れ電気信号に変換されて信号  $I$  ,  $Q$  となり、差動出力増幅器 34 - 1 を介して差動信号  $I$  ,  $-I$  として出力され、差動出力増幅器 34 - 2 を介して差動信号  $Q$  ,  $-Q$  として出力される。

【0003】

識別回路 35 - 1 は、信号  $I$  ,  $-I$  を入力してその差分信号を識別判定し、判定信号 ( $2I$ ) を出力する。識別回路 35 - 2 は、信号  $Q$  ,  $-Q$  を入力してその差分信号を識別判定し、判定信号 ( $2Q$ ) を出力する。識別回路 35 - 3 は、信号  $I$  ,  $Q$  を入力してその差分信号を識別判定し、判定信号 ( $I - Q$ ) を出力する。識別回路 35 - 4 は、信号  $I$  ,  $-Q$  を入力してその差分信号を識別判定し、判定信号 ( $I + Q$ ) を出力する。

【0004】

排他的論理和回路 (E X O R) 36 - 1 は、判定信号 ( $2I$  ,  $2Q$ ) を入力して排他的論理和信号  $A$  を出力する。排他的論理和回路 36 - 2 は、判定信号 ( $I - Q$  ,  $I + Q$ ) を入力して排他的論理和信号  $B$  を出力する。排他的論理和回路 36 - 3 は、排他的論理和信号  $A$  ,  $B$  を入力して排他的論理和信号  $C$  を出力する。この排他的論理和信号  $A$  ,  $B$  ,  $C$  は、QPSK 信号光の送信情報に依存しない信号であり、排他的論理和信号  $C$  は、QPSK 信号光に対する局部発振光の位相誤差に相当する成分を有する。よって、この排他的論理和信号  $C$  をループフィルタ 37 を介して局部発振光源 31 にフィードバックし、QPSK 信号光に対する局部発振光の位相誤差が 0 になるように光周波数制御を行う。

【0005】

ここで、差動出力増幅器 34 - 1 , 34 - 2、識別回路 35 - 1 ~ 35 - 4、排他的論理和回路 36 - 1 ~ 36 - 3 は、QPSK 信号光に対する局部発振光の位相誤差を検出する QPSK 用 COSTAS 回路を構成する。

【0006】

なお、識別回路 35 - 1 ~ 35 - 4 と排他的論理和回路 36 - 1 ~ 36 - 3 は、S/N 比を改善するために、それぞれ正極および負極の各信号成分を入出力処理する構成となっているが、いずれか一方の信号成分を入出力処理する構成であってもよい。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献 1】A. Mizutori, et al., "Stable Costas Loop Homodyne Detection for 20-Gbit/s QPSK Signal Fiber Transmission", ECOC2013, Mo 4 C 1, 2013

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

図 5 に示す従来 of 光位相同期回路 (QPSK 用 COSTAS 回路) は、BPSK 信号光や QPSK 信号光に対する局部発振光の位相誤差を検出することができる。例えば QPSK では、送信情報を  $\pm \pi/4$  ,  $\pm 3\pi/4$  の 4 値位相を使って送信するが、COSTAS 回路では  $I$  と  $Q$  の 2 信号から位相を 4 倍することで、送信情報に依存しない形で位相誤差を検出している。

【0009】

しかし、16 値以上の多値位相変調信号 (例えば 16QAM 信号や 64QAM 信号) の場合は、位相を 4 倍したときに送信情報に依存した情報と、依存しない情報 (真の位相誤差) になる信号がある。例えば 16QAM では、図 6 に示す  $I$   $Q$  空間上に、位相が  $\pm \pi/4$  または  $\pm 3\pi/4$  の QPSK の符号に対応する信号 と、その他の符号に対応する信号 がそれぞれ 8 個ある。このうち、QPSK の符号に対応する信号 はその位相を 4 倍すると  $\pm \pi/4$  となり、 $\pm 3\pi/4$  からのずれが位相誤差として検出できるが、信号 は位相を 4 倍または 8 倍しても位相誤差だけを検出することができない。

【0010】

このように、従来 of COSTAS 回路は、BPSK 信号光や QPSK 信号光に対して位相誤差検出器として機能するが、16 値以上の多値位相変調信号光に対する位相誤差検出器

10

20

30

40

50

として機能させることができない。一方、インターネットが普及した現在、通信容量拡大のために変調方式の多値化が進んでいる。

【0011】

本発明は、16値以上の多値位相変調信号光に対して局部発振光の光位相を同期させることができる光位相同期回路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】

【0012】

本発明は、局部発振光を出力する局部発振光源と、QPSK信号光と局部発振光とを入力して合波し、I成分とQ成分の信号光を出力する光90度ハイブリッド回路と、I成分とQ成分の信号光をそれぞれ電気信号に変換し、信号I，Qを出力する受光器と、信号I，Qを入力し、その位相を4倍して送信情報に依存せずにQPSK信号光に対する局部発振光の位相誤差を検出し、この位相誤差に応じた制御信号を局部発振光源に入力してQPSK信号光に対する局部発振光の光位相を同期させるQPSK用COSTAS回路とを備えた光位相同期回路において、QPSK信号光に代えて16値以上の多値位相変調信号光を光90度ハイブリッド回路に入力し、受光器とQPSK用COSTAS回路との間に、受光器から出力される信号I，Qから、位相が $\pm \pi/4$ または $\pm 3\pi/4$ であるQPSKの符号に対応する信号を抽出してQPSK用COSTAS回路に入力するQPSK成分抽出回路を備え、QPSK用COSTAS回路は、多値位相変調信号光のうちQPSKの符号に対応する信号を用いて局部発振光の位相同期制御を行う構成である。

【0013】

本発明の光位相同期回路において、QPSK成分抽出回路は、受光器から出力される信号I，Qの強度を検出する強度検出回路と、信号I，Qの強度とQPSKの符号を識別する所定の閾値とを比較し、信号I，QからQPSKの符号に対応する信号が出現するタイミングを検出し、ラッチ信号を出力する比較回路と、比較回路からラッチ信号を入力したタイミングで、信号I，QからQPSKの符号に対応する信号を抽出してQPSK用COSTAS回路に入力する保持回路とを備える。

【0014】

本発明の光位相同期回路において、QPSK成分抽出回路の比較回路は、1つの閾値を用い、信号I，QからQPSKの符号に対応する信号のうち最小の強度を有する信号を抽出する構成としてもよい。

【発明の効果】

【0015】

本発明の光位相同期回路は、QPSK成分抽出回路を用いて16値以上の多値位相変調信号光からQPSKの符号に対応する信号を抽出することにより、QPSK用COSTAS回路において多値位相変調信号光のうちQPSKの符号に対応する信号を用いて局部発振光の位相同期制御を行うことができる。

【0016】

これにより、16値以上の多値位相変調信号光をホモダイン位相同期検波する多値位相変調信号受信装置を簡単な構成で実現することができ、変調信号光の多値化による通信容量の拡大を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の光位相同期回路の実施例構成を示す図である。

【図2】16QAM信号からQPSKの符号に対応する信号を抽出する動作を説明する図である。

【図3】32QAM信号からQPSKの符号に対応する信号を抽出する動作を説明する図である。

【図4】64QAM信号からQPSKの符号に対応する信号を抽出する動作を説明する図である。

【図5】QPSK信号光に対する従来の光位相同期回路の構成例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図6】16QAM信号の信号空間ダイアグラムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

図1は、本発明の光位相同期回路の実施例構成を示す。

図1において、局部発振光源(LD)31、光90度ハイブリッド回路32、受光器(PD)33-1, 33-2、QPSK用COSTAS回路(差動出力増幅器34-1, 34-2、識別回路35-1~35-4、排他的論理和回路36-1~36-3)、ループフィルタ37は、図5に示す従来の光位相同期回路と同様の構成である。受光器33-1, 33-2については、バランス受光器であってもよい(非特許文献1)。

【0019】

10

本実施例の特徴は、受光器33-1, 33-2と、QPSK用COSTAS回路の差動出力増幅器34-1, 34-2との間に、16値以上の多値位相変調信号からQPSKの符号に対応する信号のみを抽出するQPSK成分抽出回路を挿入した構成にある。ここで、QPSKの符号に対応する信号とは、位相が $\pm \pi/4$ または $\pm 3\pi/4$ の符号である。

【0020】

QPSK成分抽出回路は、強度検出回路11、比較回路12、保持回路13-1, 13-2により構成される。強度検出回路11は、受光器33-1, 33-2から出力される信号I, Qを入力してその強度Rを検出する。例えば、信号I, Qをそれぞれ2乗する2乗回路と、2乗回路の各出力を加算する加算回路により構成される。

【0021】

20

比較回路12は、強度検出回路11で検出された強度Rと1つ以上の閾値とを比較し、QPSKの符号に対応する信号の出現タイミングを検出してラッチ信号を出力する。例えば、後述するように16QAM信号に対して2つの閾値 $R_1, R_2$ ( $R_1 < R_2$ )を用いるとき、強度検出回路11で検出された強度Rと閾値 $R_1$ を比較し、 $R < R_1$ のときに論理「1」の信号を出力する比較器と、強度検出回路11で検出された強度Rと閾値 $R_2$ を比較し、 $R > R_2$ のときに論理「1」の信号を出力する比較器と、各比較器の出力の論理和をとり、 $R < R_1$ または $R > R_2$ のときにラッチ信号として論理「1」の信号を出力する論理和回路により構成される。

【0022】

30

保持回路13-1, 13-2は、比較回路12がラッチ信号を出力するタイミング、すなわちQPSKの符号に対応する信号の出現タイミングで、受光器33-1, 33-2が出力する信号I, QからQPSKの符号に対応する信号を抽出してQPSK用COSTAS回路の差動出力増幅器34-1, 34-2に入力する。

【0023】

ここで、QPSK成分抽出回路の動作について、図2に示す16QAM信号の場合、図3に示す32QAM信号の場合、図4に示す64QAM信号の場合を例に説明する。

【0024】

40

図2に示す16QAM信号の場合、各符号はIQ空間の  $(\pm\sqrt{2}, \pm\sqrt{2})$  で表される。  $(\pm\sqrt{2}, \pm\sqrt{2})$  は、16QAM信号のうち位相が $\pm\pi/4$ または $\pm 3\pi/4$ のQPSKの符号に対応する信号であり、  $(\pm\sqrt{2}, 0)$  はその他の符号に対応する信号を示す。比較回路12に与える閾値 $R_1, R_2$ ( $R_1 < R_2$ )は、信号  $(\pm\sqrt{2}, \pm\sqrt{2})$  と信号  $(\pm\sqrt{2}, 0)$  との境界を示す。したがって、信号I, Qの強度Rが $R < R_1$ または $R > R_2$ であればQPSKの符号に対応する信号  $(\pm\sqrt{2}, \pm\sqrt{2})$  を示し、信号I, Qの強度Rが $R_1 < R < R_2$ であれば、QPSKの符号に対応しない信号  $(\pm\sqrt{2}, 0)$  を示す。

【0025】

50

比較回路12は、1つの閾値 $R_1$ または $R_2$ を用い、 $R < R_1$ または $R > R_2$ となるタイミングでラッチ信号を出力すると、保持回路13-1, 13-2は16QAM信号のうちQPSKの符号に対応する信号  $(\pm\sqrt{2}, \pm\sqrt{2})$  を4個抽出し、QPSK用COSTAS回路の差動出力増幅器34-1, 34-2に入力する。あるいは、2つの閾値 $R_1, R_2$ を用い、 $R < R_1$ または $R > R_2$ となるタイミングでラッチ信号を出力すると、保持回路13-1, 13-2は16QAM信号のうちQPSKの符号に対応する信号  $(\pm\sqrt{2}, \pm\sqrt{2})$  を8個抽出し、QPSK用C

O S T A S 回路の差動出力増幅器 3 4 - 1 , 3 4 - 2 に入力する。

【 0 0 2 6 】

Q P S K 用 C O S T A S 回路では、16 Q A M 信号のうち Q P S K の符号に対応する信号から、図 5 を参照して説明したように位相誤差を検出し、ループフィルタ 3 7 を介して局部発振光源 ( L D ) 3 1 にフィードバックし、Q P S K 信号光と同様に 16 Q A M 信号光に対する局部発振光の位相誤差が 0 になるように光周波数制御を行い、16 Q A M 信号光のホモダイン位相同期検波が可能となる。

【 0 0 2 7 】

図 3 に示す 32 Q A M 信号の場合、各符号は I Q 空間の  $\pm \pi/4$  と  $\pm 3\pi/4$  で表される。  $\pm \pi/4$  は、32 Q A M 信号のうち位相が  $\pm \pi/4$  または  $\pm 3\pi/4$  の Q P S K の符号に対応する信号であり、  $\pm 3\pi/4$  はその他の符号に対応する信号を示す。比較回路 1 2 に与える閾値  $R_1$  ,  $R_2$  ,  $R_3$  (  $R_1 < R_2 < R_3$  ) は、信号  $I$  と信号  $Q$  との境界を示す。したがって、信号  $I$  ,  $Q$  の強度  $R$  が  $R < R_1$  または  $R_2 < R < R_3$  であれば Q P S K の符号に対応する信号  $I$  を示し、信号  $I$  ,  $Q$  の強度  $R$  が  $R > R_3$  または  $R_1 < R < R_2$  であれば、Q P S K の符号に対応しない信号  $Q$  を示す。

【 0 0 2 8 】

比較回路 1 2 は、1 つの閾値  $R_1$  を用い、 $R < R_1$  となるタイミングでラッチ信号を出力すると、保持回路 1 3 - 1 , 1 3 - 2 は 32 Q A M 信号のうち Q P S K の符号に対応する信号  $I$  を 4 個抽出し、Q P S K 用 C O S T A S 回路の差動出力増幅器 3 4 - 1 , 3 4 - 2 に入力する。あるいは、2 つの閾値  $R_2$  ,  $R_3$  を用い、 $R_2 < R < R_3$  となるタイミングでラッチ信号を出力すると、保持回路 1 3 - 1 , 1 3 - 2 は 32 Q A M 信号のうち Q P S K の符号に対応する信号  $Q$  を 4 個抽出し、Q P S K 用 C O S T A S 回路の差動出力増幅器 3 4 - 1 , 3 4 - 2 に入力する。あるいは、3 つの閾値  $R_1$  ,  $R_2$  ,  $R_3$  を用い、 $R < R_1$  または  $R_2 < R < R_3$  となるタイミングでラッチ信号を出力すると、保持回路 1 3 - 1 , 1 3 - 2 は 32 Q A M 信号のうち Q P S K の符号に対応する信号  $I$  を 8 個抽出し、Q P S K 用 C O S T A S 回路の差動出力増幅器 3 4 - 1 , 3 4 - 2 に入力する。

【 0 0 2 9 】

Q P S K 用 C O S T A S 回路では、32 Q A M 信号のうち Q P S K の符号に対応する信号から、図 5 を参照して説明したように位相誤差を検出し、ループフィルタ 3 7 を介して局部発振光源 ( L D ) 3 1 にフィードバックし、Q P S K 信号光と同様に 32 Q A M 信号光に対する局部発振光の位相誤差が 0 になるように光周波数制御を行い、32 Q A M 信号光のホモダイン位相同期検波が可能となる。

【 0 0 3 0 】

図 4 に示す 64 Q A M 信号の場合も同様であり、強度検出回路 1 1 が検出する信号  $I$  ,  $Q$  の強度  $R$  と閾値  $R_1 \sim R_4$  を比較することにより、64 Q A M 信号のうち Q P S K の符号に対応する各信号  $I$  ,  $Q$  を抽出し、Q P S K 用 C O S T A S 回路の差動出力増幅器 3 4 - 1 , 3 4 - 2 に入力し、局部発振光の位相同期が可能である。128 値以上の多値位相変調信号についても同様である。

【 0 0 3 1 】

なお、図 1 に示す光位相同期回路を用いて、16 値以上の多値位相変調信号光に対して局部発振光の位相同期を行うには、局部発振光源 3 1 のスペクトル線幅と P L L ループ帯域幅に応じて、多値位相変調信号光のうち Q P S K の符号に対応する信号の出現率が所定値以上である必要がある。例えば、スペクトル線幅が 3 k H z 、位相誤差を 2 度程度に抑えるには、ループ帯域は 2 M H z となり、500 n s e c に 1 回の割合で局部発振光源 3 1 の位相を補正すればよいことになる。多値位相変調信号光のビットレートが 12.5 G b i t / s とすると、Q P S K の符号に対応する信号の出現率は 1 / 16 程度で十分である。

【 0 0 3 2 】

例えば、1 つの閾値を用いて、信号  $I$  ,  $Q$  から Q P S K の符号に対応する信号のうち最小の強度を有する 4 個の信号を抽出できれば、16 Q A M 信号の場合の符号出現率は 4 / 16 となり、32 Q A M 信号の場合の符号出現率は 4 / 32 となり、64 Q A M 信号の場合の符号出

10

20

30

40

50

現率は  $4 / 64$  となり、それぞれ十分に位相同期が可能である。また、 $128 \text{ QAM}$  信号の場合でも、複数の閾値を用いて  $\text{QPSK}$  の符号に対応する信号を 8 個抽出できれば、符号出現率は  $8 / 128 = 1 / 16$  となり、十分に位相同期が可能である。局部発振光源 31 のスペクトル線幅と PLL ループ帯域幅を変えれば、例えば  $1024 \text{ QAM}$  信号と局部発振光の位相同期も可能である。また、局部発振光源 31 の狭線幅化により、位相同期に必要な  $\text{QPSK}$  の符号に対応する信号の出現率を小さくできるので、閾値の数を減らして比較回路 12 の構成を簡単にする事ができる。

【0033】

また、図 1 に示す  $\text{QPSK}$  成分抽出回路、 $\text{QPSK}$  用  $\text{COSTAS}$  回路およびループフィルタ 37 のすべてをデジタル回路で実現することができる。この場合、 $\text{QPSK}$  成分抽出回路の前段にアナログ/デジタル変換器 (A/D) を配置し、デジタルループフィルタの後段にデジタル/アナログ変換 (D/A) を配置すればよい。

10

【符号の説明】

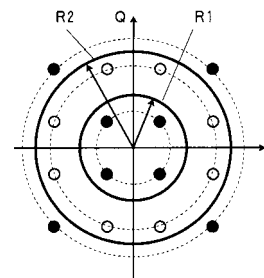
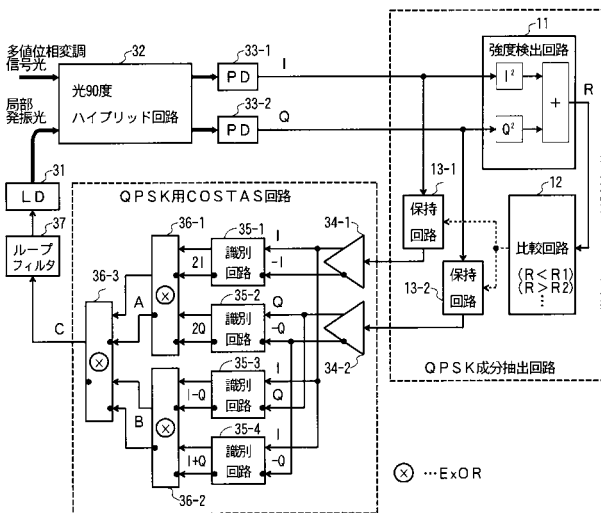
【0034】

- 11 強度検出回路
- 12 比較回路
- 13-1, 13-2 保持回路
- 31 局部発振光源 (LD)
- 32 光90度ハイブリッド回路
- 33-1, 33-2 受光器 (PD)
- 34-1, 34-2 差動出力増幅器
- 35-1 ~ 35-4 識別回路
- 36-1 ~ 36-3 排他的論理和回路 (E x O R)
- 37 ループフィルタ

20

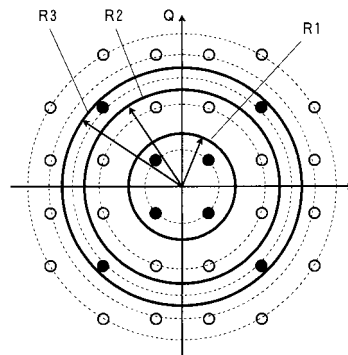
【図 1】

【図 2】



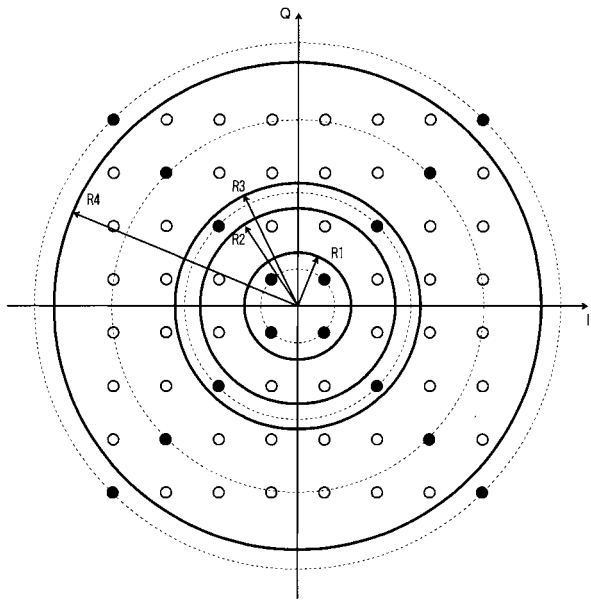
(16QAM)  
 $R < R1 \dots$  の 4 符号を抽出  
 $R > R2 \dots$  の 4 符号を抽出  
 $R < R1$  または  $R > R2$  の 8 符号を抽出

【図 3】

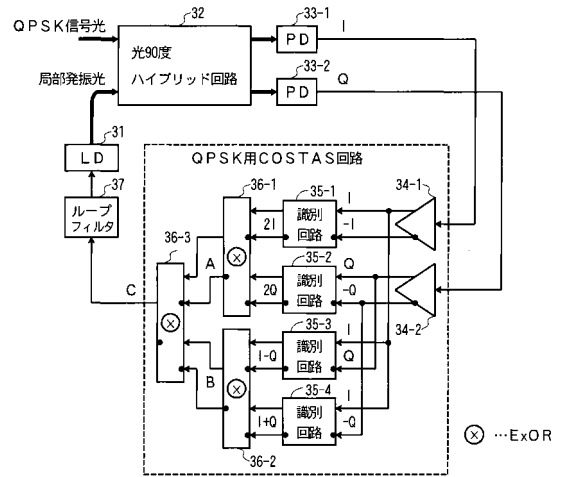


(32QAM)  
 $R < R1 \dots$  の 4 符号を抽出  
 $R2 < R < R3 \dots$  の 4 符号を抽出  
 $R < R1$  または  $R2 < R < R3$  の 8 符号を抽出

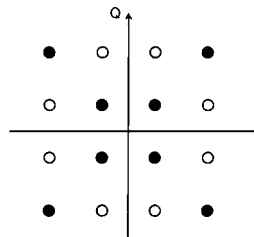
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】





---

フロントページの続き

Fターム(参考) 5K102 AA61 AH13 AH14 AH27 AH31 MA01 MB03 MC26 MD01 MD03  
MH03 MH12 MH27 RD11 RD27