

(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2007-208472

(P2007-208472A)

(43) 公開日 平成19年8月16日(2007.8.16)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4B 10/02 (2006.01)	HO4B 9/00 M	2H079
HO4B 10/18 (2006.01)	HO4B 9/00 L	5K102
HO4B 10/04 (2006.01)	GO2F 1/01 C	
HO4B 10/06 (2006.01)		
HO4B 10/142 (2006.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-23111 (P2006-23111)
 (22) 出願日 平成18年1月31日 (2006.1.31)

(71) 出願人 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
 (74) 代理人 100074099
 弁理士 大菅 義之
 (74) 代理人 100067987
 弁理士 久木元 彰
 (72) 発明者 秋山 祐一
 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
 Fターム(参考) 2H079 AA02 AA05 AA12 BA01 BA03
 CA04 EA05 FA01 FA03 GA01

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光送信器

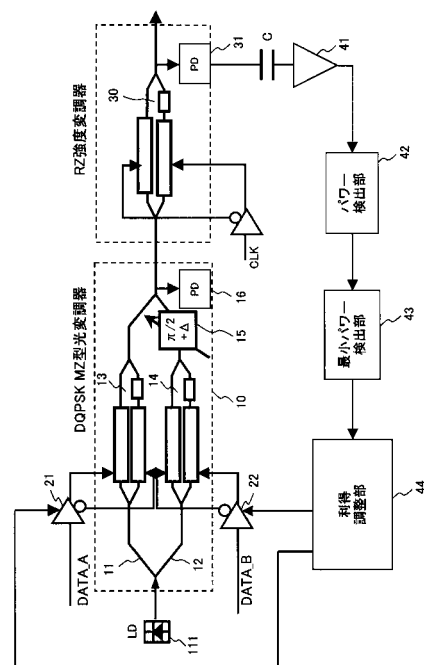
(57) 【要約】

【課題】 DQPSKまたはQPSKを利用した通信の品質を向上するための光送信器を提供する。

【解決手段】 DQPSK光変調器10は、1組の位相変調器13、14を備える。位相変調器13、14には1組の駆動信号data 1、data 2が与えられる。駆動信号data 1、data 2は、増幅器21、22により増幅される。RZ強度変調器30は、DQPSK光変調器から出力されるDQPSK光信号からRZ-DQPSK光信号を生成する。受光器31は、RZ-DQPSK光信号からモニタ信号を生成する。利得調整部44は、モニタ信号のパワーを最小化するように、増幅器21、22の利得を調整する。

【選択図】 図2

第1の実施形態のDQPSK光送信器の構成を示す図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 のアーム上で第 1 の駆動信号に従って第 1 の変調信号を生成する第 1 の位相変調要素と、第 2 のアーム上で第 2 の駆動信号に従って第 2 の変調信号を生成する第 2 の位相変調要素と、前記第 1 のアームと第 2 のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備え、前記第 1 および第 2 の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器と、前記強度変調器から出力される光信号の AC 成分のパワーを検出する検出手段と、前記検出手段により検出されるパワーを最小化するように、前記第 1 の駆動信号または第 2 の駆動信号の少なくとも一方の振幅を調整する調整手段、

10

【請求項 2】

前記調整手段は、前記第 1 および第 2 の駆動信号をそれぞれ増幅する第 1 および第 2 の増幅器と、前記検出手段により検出されるパワーを最小化するように、前記第 1 または第 2 の増幅器の少なくとも一方の利得を調整する利得調整手段、を有することを特徴とする請求項 1 に記載の光送信器。

【請求項 3】

前記利得制御手段は、前記第 1 および第 2 の増幅器の利得を交互に繰り返し調整することを特徴とする請求項 2 に記載の光送信器。

20

【請求項 4】

前記検出手段は、前記強度変調器から出力される光信号を電気信号に変換してモニタ信号を生成する受光素子と、前記受光素子の出力信号から DC 成分を除去する DC 除去要素と、前記 DC 成分が除去されたモニタ信号のパワーを検出するパワー検出手段、を有することを特徴とする請求項 1 に記載の光送信器。

【請求項 5】

第 1 のアーム上で第 1 の駆動信号に従って第 1 の変調信号を生成する第 1 の位相変調要素と、第 2 のアーム上で第 2 の駆動信号に従って第 2 の変調信号を生成する第 2 の位相変調要素と、前記第 1 のアームと第 2 のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備え、前記第 1 および第 2 の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、前記第 1 および第 2 の位相変調要素の動作点を調整するための第 1 および第 2 の DC バイアスを生成する DC バイアス生成手段と、前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器と、前記強度変調器から出力される光信号の AC 成分のパワーを検出する検出手段と、前記検出手段により検出されるパワーを最小化するように、前記第 1 のバイアスまたは第 2 のバイアスの少なくとも一方を調整する調整手段、

30

【請求項 6】

前記調整手段は、前記第 1 および第 2 の位相変調要素の動作点を調整するための第 1 および第 2 の DC バイアスを生成する DC バイアス生成手段と、前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器と、前記強度変調器から出力される光信号のパワーを検出する検出手段と、前記検出手段により検出されるパワーを最大化するように、前記第 1 のバイアスまたは第 2 のバイアスの少なくとも一方を調整する調整手段、

40

50

を有する光送信器。

【請求項 7】

第 1 のアーム上で第 1 の駆動信号に従って第 1 の変調信号を生成する第 1 の位相変調要素と、第 2 のアーム上で第 2 の駆動信号に従って第 2 の変調信号を生成する第 2 の位相変調要素と、前記第 1 のアームと第 2 のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備え、前記第 1 および第 2 の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、

前記第 1 および第 2 の位相変調要素の動作点を調整するための第 1 および第 2 の DC バイアスを生成する DC バイアス生成手段と、

前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器と、

前記強度変調器から出力される光信号の AC 成分のパワーを検出する検出手段と、

10

前記検出手段により検出されるパワーに基づいて、前記第 1 のバイアスまたは第 2 のバイアスの少なくとも一方を調整すると共に、前記移相要素の移相量を調整する調整手段、を有する光送信器。

【請求項 8】

第 1 のアーム上で第 1 の駆動信号に従って第 1 の変調信号を生成する第 1 の位相変調要素と、第 2 のアーム上で第 2 の駆動信号に従って第 2 の変調信号を生成する第 2 の位相変調要素と、前記第 1 のアームと第 2 のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備え、前記第 1 および第 2 の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、

前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器と、

前記強度変調器から出力される光信号の AC 成分のパワーを表すパワー信号を生成する検出手段と、

20

前記第 1 および第 2 の駆動信号を増幅する第 1 および第 2 の増幅器と、

前記第 1 および第 2 の増幅器の利得を調整する利得調整信号を生成する利得調整手段と

、前記利得調整信号に低周波信号を重畳する重畳手段と、

前記低周波信号を利用して前記パワー信号を同期検波する検波手段、を有し、

前記利得調整手段は、前記同期検波の結果に基づいて前記第 1 または第 2 の増幅器の少なくとも一方の利得を調整することを特徴とする光送信器。

【請求項 9】

第 1 のアーム上で第 1 の駆動信号に従って第 1 の変調信号を生成する第 1 の位相変調要素と、第 2 のアーム上で第 2 の駆動信号に従って第 2 の変調信号を生成する第 2 の位相変調要素と、前記第 1 のアームと第 2 のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備え、前記第 1 および第 2 の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、

30

前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器と、

前記強度変調器から出力される光信号の AC 成分のパワーを表すパワー信号を生成する検出手段と、

前記第 1 および第 2 の駆動信号を増幅する第 1 および第 2 の増幅器と、

前記第 1 および第 2 の増幅器の利得を調整する利得調整信号を生成する利得調整手段と

、前記利得調整信号に第 1 の低周波信号を重畳する第 1 の重畳手段と、

40

前記第 1 の低周波信号を利用して前記パワー信号を同期検波する第 1 の検波手段と、

前記移相器の移相量を調整する移相調整信号を生成する移相調整手段と、

前記移相調整信号に第 2 の低周波信号を重畳する第 2 の重畳手段と、

前記第 2 の低周波信号を利用して前記パワー信号を同期検波する第 2 の検波手段、を有し、

前記利得調整手段は、前記第 1 の同期検波手段による同期検波の結果に基づいて前記第 1 または第 2 の増幅器の少なくとも一方の利得を調整し、

前記移相制御手段は、前記第 2 の同期検波手段による同期検波の結果に基づいて前記移相要素の移相量を調整する

ことを特徴とする光送信器。

50

【請求項 10】

第1のアーム上で第1の駆動信号に従って第1の変調信号を生成する第1の位相変調要素と、第2のアーム上で第2の駆動信号に従って第2の変調信号を生成する第2の位相変調要素と、前記第1のアームと第2のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備えて前記第1および第2の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器、を有する光送信器の動作を調整する調整回路であって、

前記強度変調器から出力される光信号のAC成分のパワーを検出する検出手段と、

前記検出手段により検出されるパワーを最小化するように、前記第1の駆動信号または第2の駆動信号の少なくとも一方の振幅を調整する調整手段、

10

を有する光送信器の調整回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、位相変調光信号を生成して送信する光送信器に係わり、特に、DQPSK光信号を生成して送信する光送信器に係わる。

【背景技術】

【0002】

光伝送システムにおいて信号を伝送するための技術の1つとして位相変調が広く実用化されている。位相変調では、送信データに応じて搬送波の位相を制御することにより、データが伝送される。例えば、4値位相シフトキーイング(QPSK: Quadrature Phase Shift Keying)変調では、2ビットのデータから構成される各シンボル「00」「10」「11」「01」に対して、「 θ 」「 $\theta + \pi/2$ 」「 $\theta + \pi$ 」「 $\theta + 3\pi/2$ 」が割り当てられる。ここで、「 θ 」は任意の位相である。そして、受信装置は、受信信号の位相を検出することにより、送信データを再生する。

20

【0003】

また、QPSK方式の受信器を比較的容易に実現する技術として、差動4値位相シフトキーイング(DQPSK: Differential QPSK)が知られている。DQPSK変調においては、連続する2つのシンボル間の差分に対して対応する位相(0、 $\pi/2$ 、 π 、 $3\pi/2$)が割り当てられる。したがって、受信装置は、連続する2つのシンボル間の位相差を検出することにより、送信データを再生することができる。

30

【0004】

図18は、一般的なDQPSK送信器の構成を示す図である。ここでは、動作原理を説明するために必要な構成のみを示す。

DQPSK光変調器100は、マッハツェンダ変調器であり、光源111が生成する連続(CW: Continuous Wave)光が与えられる。このCW光は、光スプリッタにより分岐され、第1のアームおよび第2のアームに導かれる。第1のアームには、位相変調器101が設けられ、第2のアームには、位相変調器102および移相器103が設けられている。位相変調器101、102は、それぞれ、駆動信号data1、data2により駆動される。ここで、駆動信号data1、data2は、DQPSKプリコーダを含むデータ生成部112により生成される。また、移相器103は、第1のアームと第2のアームとの間に位相差 $\pi/2$ を与える。そして、位相変調器101、102から出力される1組の光信号を結合することにより、DQPSK信号が生成される。

40

【0005】

図19は、DQPSK送信器の動作を説明する図である。ここでは、連続光の位相をゼロとする。

位相変調器101から出力される光信号の位相は、駆動信号data1に応じて「0」または「 π 」になる。一方、第2のアームには、移相量 $\pi/2$ の移相器103が設けられている。よって、位相変調器102から出力される光信号の位相は、駆動信号data2に従って「 $\pi/2$ 」または「 $3\pi/2$ 」になる。そうすると、2ビットの情報を持つ各シンボル(

50

00、10、11、01)に対して、「 / 4」「3 / 4」「5 / 4」または「7 / 4」が割り当てられることになる。そして、受信装置は、連続する2つのシンボル間の位相差を検出することにより、送信データを再生する。

【0006】

なお、DQPSK光送信器の構成および動作については、例えば、特許文献1に詳しく記載されている。

また、関連する技術として、特許文献2には、マッハツェンダ変調器のDCバイアスをフィードバック制御する構成が記載されている。

【特許文献1】特表2004-516743号公報

【特許文献2】US2004/0028418

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

DQPSKを利用した通信(特に、数10Gbpsの高速データ通信)の品質を高めるためには、DQPSK光送信器から出力される光信号の位相が精度よく制御されている必要がある。ところが、DQPSKは未だ開発途上の技術であり、改良すべき点が多々残されている。

【0008】

例えば、駆動信号data1、data2の振幅が適切に調整されていないときは、DQPSK信号の位相が正しい値からずれてしまう。図20に示す例では、駆動信号data1の振幅が所定値よりも小さい場合を示している。この場合、生成されるDQPSK信号の強度もずれることになる。なお、駆動信号の振幅は、電気駆動系の経時劣化、電子部品または光学部品の特性のばらつき、温度変化等によってずれてしまうことがある。

20

【0009】

また、位相変調器101、102のDCバイアス、あるいは移相器103の移相量が不適切であったときも、DQPSK信号の位相が正しい値からずれてしまう。

なお、この問題は、DQPSKにおいてのみ発生するものではなく、QPSKにおいても同様に発生し得る。

【0010】

本発明の課題は、DQPSKまたはQPSKを利用した通信の品質を向上するための光送信器を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の光送信器は、第1のアーム上で第1の駆動信号に従って第1の変調信号を生成する第1の位相変調要素と、第2のアーム上で第2の駆動信号に従って第2の変調信号を生成する第2の位相変調要素と、前記第1のアームと第2のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備え、前記第1および第2の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器と、前記強度変調器から出力される光信号のAC成分のパワーを検出する検出手段と、前記検出手段により検出されるパワーを最小化するように、前記第1の駆動信号または第2の駆動信号の少なくとも一方の振幅を調整する調整手段、を有する。

40

【0012】

第1および第2の変調信号の位相(および、強度)は、第1および第2の位相変調要素に与えられる第1および第2の駆動信号の振幅に依存する。また、強度変調器から出力される光信号のAC成分のパワーは、第1および第2の駆動信号の振幅が最適化されたときに、最小となる。よって、そのパワー値を最小化するように第1の駆動信号および/または第2の駆動信号の振幅を調整すれば、第1および第2の駆動信号に対応する適切な位相を持った位相変調信号が生成される。

【0013】

本発明の他の態様の光送信器は、第1のアーム上で第1の駆動信号に従って第1の変調

50

信号を生成する第 1 の位相変調要素と、第 2 のアーム上で第 2 の駆動信号に従って第 2 の変調信号を生成する第 2 の位相変調要素と、前記第 1 のアームと第 2 のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備え、前記第 1 および第 2 の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、前記第 1 および第 2 の位相変調要素の動作点を調整するための第 1 および第 2 の DC バイアスを生成する DC バイアス生成手段と、前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器と、前記強度変調器から出力される光信号の AC 成分のパワーを検出する検出手段と、前記検出手段により検出されるパワーに基づいて、前記第 1 のバイアスまたは第 2 のバイアスの少なくとも一方を調整すると共に、前記移相要素の移相量を調整する調整手段、を有する。

【0014】

10

第 1 および第 2 の変調信号の位相（および、強度）は、第 1 および第 2 の位相変調要素に与えられる第 1 および第 2 の DC バイアスに依存する。また、強度変調器から出力される光信号の AC 成分のパワーは、第 1 および第 2 の DC バイアスが最適化されたときに、最小となる。よって、そのパワー値を最小化するように第 1 のバイアスおよび/または第 2 のバイアスを調整すれば、第 1 および第 2 の駆動信号に対応する適切な位相を持った位相変調信号が生成される。ここで、強度変調器から出力される光信号の AC 成分のパワーを検出する検出手段は、DC バイアスの調整および移相要素の移相量の調整のために共用される。よって、全体として装置の小型化を図ることができる。

【発明の効果】

【0015】

20

本発明によれば、DQPSK または QPSK を利用した通信の品質を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。以下では、DQPSK 光信号を生成して送信する構成を示すが、本発明は、QPSK 光信号を生成して出力する光送信器にも適用可能である。

【0017】

図 1 は、本発明の実施形態に係る DQPSK 光送信器の基本構成を示す図である。なお、実施形態の DQPSK 光送信器は、生成した DQPSK 光信号に対してさらに RZ 強度変調を行う構成である。

【0018】

DQPSK 光変調器 10 は、例えば、マッハツェンダ変調器であり、光源 111 が生成する連続（CW：Continuous Wave）光が与えられる。この CW 光は、光スプリッタにより分岐され、1 組のアーム 11、12 に導かれる。なお、アーム 11、12 は、それぞれ、光信号を伝播する光導波路である。

【0019】

アーム 11、12 には、それぞれ、位相変調器 13、14 が設けられている。位相変調器 13、14 は、それぞれ、例えば、マッハツェンダ変調器である。位相変調器 13、14 は、それぞれ、変調電極が設けられている。各変調電極には、それぞれ、対応する駆動信号が与えられる。位相変調器 13、14 の導波路の光パス長は、駆動信号の電圧に従って変化する。したがって、位相変調器 13、14 は、それぞれ、与えられる駆動信号の電圧に対応する位相を持った光信号を生成する。さらに、移相器 15 は、アーム 11、12 間に位相差 $\pi/2$ ($\pi/2 + 2n\pi$ (n は、整数)) を与える。

【0020】

なお、位相変調器 13、14 は、その動作点を調整するために、DC バイアスが与えられる。DC バイアスは、上述した変調電極に与えられなくてもよいし、変調電極とは別に設けられる DC バイアス用電極を介して与えられるようにしてもよい。

【0021】

クロック生成部 112 は、クロック信号を生成する。データ生成部 113 は、クロック

50

生成部 1 1 2 が生成するクロック信号を利用して、1組の駆動信号 data 1、data 2 を生成する。駆動信号 data 1、data 2 は、D Q P S K プリコーダを用いて送信データを符号化することにより得られる。そして、駆動信号 data 1、data 2 は、それぞれ、増幅器 2 1、2 2 により増幅された後、位相変調器 1 3、1 4 の変調電極に与えられる。ここで、駆動信号 data 1、data 2 は、それぞれ、差動信号として位相変調器 1 3、1 4 の変調電極に与えられる。各差動信号の振幅は、位相変調器 1 3、1 4 の動作特性の 2 V に相当する。また、駆動信号 data 1、data 2 間の同期は、クロック生成部 1 1 2 が生成するクロック信号を利用して確立されている。

【0022】

R Z 強度変調器 3 0 は、D Q P S K 光変調器 1 0 により生成される D Q P S K 光信号に対してさらに R Z 強度変調を行う。R Z 強度変調器 3 0 は、例えば、マツハツェンダ変調器であり、変調電極を備える。この変調電極には、クロック生成部 1 1 2 により生成されるクロック信号が強度変調信号として与えられる。なお、R Z 強度変調器 3 0 に与えられる強度変調信号の振幅は、R Z 強度変調器 3 0 の動作特性の V に相当する。

10

【0023】

受光器 1 6 は、D Q P S K 光変調器 1 0 により生成される D Q P S K 光信号を電気信号に変換する。また、受光器 3 1 は、R Z 強度変調器 3 0 により生成される R Z - D Q P S K 光信号を電気信号に変換する。ここで、受光器 1 6、3 1 は、それぞれ、例えば、フォトダイオードである。なお、受光器 1 6、3 1 により得られる信号は、D Q P S K 光送信器の動作を制御するためのフィードバック信号として使用される。

20

【0024】

上記構成の D Q P S K 光送信器において、D Q P S K 光変調器 1 0 の動作は、図 1 9 を参照しながら説明した通りである。すなわち、D Q P S K 光変調器 1 0 により生成される D Q P S K 光信号の位相 ($\pi/4$ 、 $3\pi/4$ 、 $5\pi/4$ 、 $7\pi/4$) は、各シンボルに対応する 1 組の駆動信号 data 1、data 2 (00、10、11、01) に応じて決まる。なお、D Q P S K 光信号により伝送されるデータの速度は、特に限定されるものではないが、数 10 Gbps である。

【0025】

R Z 強度変調器 3 0 は、D Q P S K 光信号を R Z 強度変調することにより、R Z - D Q P S K 光信号を生成する。R Z - D Q P S K 信号は、送信信号のシンボルレートに相当する周期で D Q P S K 信号の光パワーを低下させることにより得られる。すなわち、R Z - D Q P S K 信号の光パワーは、送信信号のシンボルレートと同じ周波数で変動することになる。なお、R Z 変調によって搬送波の位相は変わることはない。すなわち、R Z - D Q P S K 信号の各シンボルの位相は、「 $\pi/4$ 」、「 $3\pi/4$ 」、「 $5\pi/4$ 」または「 $7\pi/4$ 」である。

30

【0026】

< 第 1 の実施形態 >

図 2 は、第 1 の実施形態の D Q P S K 光送信器の構成を示す図である。第 1 の実施形態の D Q P S K 光送信器は、R Z 強度変調器 3 0 により生成される R Z - D Q P S K 光信号のパワーに基づいて、駆動信号の振幅を調整する機能を提供する。なお、図 2 では、クロック生成部 1 1 2、データ生成部 1 1 3 は省略されている。

40

【0027】

受光器 3 1 は、R Z 強度変調器 3 0 から出力される R Z - D Q P S K 光信号を電気信号 (以下、モニタ信号) に変換する。コンデンサ C は、受光器 3 1 により得られるモニタ信号から DC 成分を除去する。これにより、R Z - D Q P S K 光信号の AC 成分が抽出される。増幅器 4 1 は、DC 成分が除去されたモニタ信号を増幅する。パワー検出部 4 2 は、増幅器 4 1 により増幅されたモニタ信号のパワーを検出する。なお、モニタ信号のパワーは、そのモニタ信号の電圧を平均化 (すなわち、積分) することにより検出される。

【0028】

このように、受光器 3 1、コンデンサ C、増幅器 4 1、パワー検出部 4 2 から構成され

50

るモニタ部は、R Z - D Q P S K 光信号に対応するモニタ信号のパワーを検出する。ここで、このモニタ部の帯域（上限動作速度）は、特に限定されるものではないが、例えば、数 10 MHz ~ 数 GHz 程度であってもよい。

【0029】

最小パワー検出部 43 および利得調整部 44 は、パワー検出部 42 により検出されるモニタ信号のパワーが最小になるように、増幅器 21、22 の利得を調整する。最小パワー検出部 43 および利得調整部 44 は、例えば、予め記述されたプログラムを実行する CPU により実現される。

【0030】

図 3 は、駆動信号の振幅のずれとモニタ信号のパワーとの関係を示すシミュレーション結果である。なお、図 3 (a) は、アーム 12 (Q アーム) の位相変調器 14 に与える駆動信号 data2 の振幅が適切に調整されている前提において、アーム 11 (I アーム) の位相変調器 13 に与える駆動信号 data1 の振幅のずれとモニタ信号のパワーとの関係を示している。同様に、図 3 (b) は、I アームの位相変調器 13 に与える駆動信号 data1 の振幅が適切に調整されている前提において、Q アームの位相変調器 14 に与える駆動信号 data2 の振幅のずれとモニタ信号のパワーとの関係を示している。 10

【0031】

駆動信号 data1、data2 の最適な振幅は、基本的には、図 4 に示すように、位相変調器 13、14 の動作特性の 2V に相当する。そして、駆動信号 data1、data2 の振幅がそれぞれ最適化されると、D Q P S K 光信号の位相が正確に配置され、通信品質が向上する。よって、このシミュレーションでは、駆動信号 data1、data2 の振幅が 2V であるときを基準として計算されている。なお、駆動信号の振幅が 2V からずれると、対応する位相変調器の光強度が変化してしまう。したがって、各駆動信号の振幅が最適値からずれると（あるいは、1組の駆動信号の振幅がアンバランスになると）、図 20 を参照して説明したように、D Q P S K 光信号の位相（および、強度）が不適切な状態となり、通信品質の劣化を引き起こすおそれがある。 20

【0032】

図 3 (a) および図 3 (b) に示すように、I アームおよび Q アームの特性は、互いに概ね同じである。そして、上記シミュレーション結果は、I アーム、Q アームのいずれにおいても、駆動信号 data1、data2 の振幅が適切に調整されると、モニタ信号のパワーが最小になることを示している。したがって、モニタ信号のパワーを最小化するように駆動信号 data1、data2 の振幅を調整すれば、通信品質が向上する。 30

【0033】

なお、図 3 (a) および図 3 (b) に示すように、モニタ部（受光器 31、コンデンサ C、増幅器 41、パワー検出部 42）の帯域が低くなると、パワー検出部 42 により検出されるモニタ信号のパワーが小さくなる。ただし、モニタ部の帯域が下がっても、駆動信号の振幅のずれに対するモニタ信号のパワーの変化量は、ほぼ同じである。例えば、モニタ部の帯域が 1 GHz の場合および 100 MHz の場合のいずれにおいても、駆動信号の振幅が $0.1 \times V$ ずれると、モニタ信号のパワーが約 12 dB 変化している。したがって、モニタ部の帯域を低くしても、モニタ信号のパワーに基づいて駆動信号 data1、data2 の振幅の最適化を図ることが可能である。 40

【0034】

なお、駆動信号の振幅に応じてモニタ信号のパワーが変化する理由は、図 20 を参照しながら説明したように、位相変調面上における原点と D Q P S K 光信号の信号点との間の距離が変化し、光パワーが変化することに起因すると考えられる。

【0035】

また、上述のシミュレーションは、移相器 15 の移相量が正確に $\pi/2$ に調整されているものとして行った。ここで、移相器 15 の移相量が $\pi/2$ からずれると、振幅のずれに対するモニタ信号のパワーの変化量は小さくなるが、同様の特性が得られる。すなわち、移相器 15 の移相量が正確に $\pi/2$ に調整されていない場合であっても、モニタ信号のパ 50

ワーを最小化するように増幅器 2 1、2 2 の利得を調整すれば、駆動信号の振幅は最適化される。したがって、移相器 1 5 の移相量の調整の前に駆動信号の振幅を最適化しておくことが可能であり、移相器 1 5 の移相量の調整をより正確に行うことが可能になる。

【0036】

図 5 は、駆動信号の振幅を調整する処理を示すフローチャートである。この処理は、I アームおよび Q アームのそれぞれについて実行する。

ステップ S 1 ~ S 6 では、増幅器 2 1 (または、2 2) の利得を変えながら、モニタ信号のパワー値を取得する。具体的には、現在の利得で得られるパワー値 A、現在の利得よりも所定値だけ小さい利得で得られるパワー値 B、および現在の利得よりも所定値だけ大きい利得で得られるパワー値 C を取得し、保持する。

10

【0037】

ステップ S 7 ~ S 10 では、パワー値 A、B、C を比較する。そして、「 $A < B$ 」かつ「 $A < C$ 」であれば (ステップ S 7 : Yes)、現在の利得で得られるモニタ信号のパワーが極小値であると判断し、処理を終了する。「 $A > B$ 」かつ「 $A < C$ 」であれば (ステップ S 8 : Yes)、ステップ S 11 において、増幅器 2 1 の利得を所定値だけ小さくしてステップ S 1 に戻る。「 $A < B$ 」かつ「 $A > C$ 」であれば (ステップ S 9 : Yes)、ステップ S 12 において、増幅器 2 1 の利得を所定値だけ大きくしてステップ S 1 に戻る。なお、「 $A > B$ 」かつ「 $A > C$ 」である場合は、エラー状態と考えられるが、ステップ S 13 において、増幅器 2 1 の利得を所定値だけ小さくしてステップ S 1 に戻る。

【0038】

上記処理は、例えば、I アームおよび Q アームについて交互に繰り返し実行される。これにより、I アームおよび Q アームの双方において、駆動信号の振幅が最適化される。

20

また、上記処理は、I アームおよび Q アームについて実行することが望ましいが、I アームまたは Q アームの一方について実行するだけでも通信品質は改善する。

【0039】

< 第 2 の実施形態 >

図 6 は、第 2 の実施形態の D Q P S K 光送信器の構成を示す図である。第 2 の実施形態の D Q P S K 光送信器は、R Z 強度変調器 3 0 により生成される R Z - D Q P S K 光信号のパワーに基づいて、D Q P S K 光変調器 1 0 の各位相変調器 1 3、1 4 の DC バイアスを調整する機能を提供する。なお、クロック生成部 1 1 2、データ生成部 1 1 3 は省略されている。

30

【0040】

図 6 において、モニタ部 (すなわち、受光器 3 1、コンデンサ C、増幅器 4 1、パワー検出部 4 2) については、基本的に、第 1 の実施形態と同じである。すなわち、モニタ部は、R Z - D Q P S K 光信号のパワーを検出し、モニタ信号を生成する。

【0041】

最小パワー検出部 5 1 およびバイアス調整部 5 2 は、パワー検出部 4 2 により検出されるモニタ信号のパワーが最小になるように、位相変調器 1 3、1 4 の動作点を調整するための DC バイアスを調整する。ここで、最小パワー検出部 5 1 およびバイアス調整部 5 2 は、例えば、予め記述されたプログラムを実行する CPU により実現される。そして、DC バイアス生成部 5 3 は、バイアス調整部 5 2 の指示に従って DC バイアスを生成して位相変調器 1 3、1 4 に与える。

40

【0042】

図 7 は、DC バイアスのずれとモニタ信号のパワーとの関係を示すシミュレーション結果である。なお、図 7 (a) は、アーム 1 2 (Q アーム) の位相変調器 1 4 に与える DC バイアスが適切に調整されている前提において、アーム 1 1 (I アーム) の位相変調器 1 3 に与える DC バイアスのずれとモニタ信号のパワーとの関係を示している。同様に、図 7 (b) は、I アームの位相変調器 1 3 に与える DC バイアスが適切に調整されている前提において、Q アームの位相変調器 1 4 に与える DC バイアスのずれとモニタ信号のパワーとの関係を示している。

50

【0043】

DCバイアスの適正值は、図8に示す通りであり、位相変調器の出力光強度が極小になる点を中心にして駆動信号が振動する状態が得られる値である。そして、図7に示すシミュレーションは、位相変調器のDCバイアスが適正值からずれた場合について計算している。なお、DCバイアスが適正值からずれると、対応する位相変調器の光強度が変化してしまう。よって、各位相変調器のDCバイアスが適正值からずれると（あるいは、1組の位相変調器のDCバイアスがアンバランスになると）、DQPSK光信号の位相（および、強度）が不適切な状態となり、通信品質の劣化を引き起こすおそれがある。なお、位相変調器の動作点は、DCドリフトあるいは温度変化等により変動することがある。

【0044】

図7(a)および図7(b)に示すように、IアームおよびQアームの特性は、互いに概ね同じである。そして、上記シミュレーション結果は、Iアーム、Qアームのいずれにおいても、位相変調器13、14のDCバイアスが適切に調整されると、モニタ信号のパワーが最小になることを示している。したがって、モニタ信号のパワーを最小化するようにDCバイアスを調整すれば、通信品質が向上する。ここで、モニタ信号のパワーを最小化する処理手順は、基本的に、図5に示すフローチャートに従う。

【0045】

なお、図6に示す実施例では、RZ強度変調器30から出力されるRZ-DQPSK光信号を利用してモニタ信号が生成される。ここで、DQPSK光変調器10から出力されるDQPSK光信号を利用してモニタ信号を生成することもできる。この場合、受光器16により得られるモニタ信号がコンデンサCおよび増幅器41を介してパワー検出部42に送られる。しかし、図7(a)および図7(b)に示すように、DQPSK光信号を利用して得られるモニタ信号のパワーの変化は、RZ-DQPSK光信号を利用してモニタ信号を得る場合と比べて小さい。したがって、DCバイアスを調整するためには、RZ-DQPSK光信号を利用してモニタ信号を生成する構成の方が有利である。また、DQPSK光変調器10およびRZ強度変調器30が1つの基板上に形成される場合には、RZ強度変調器30の出力光をモニタする構成の方が小型化に有利である。

【0046】

図9は、第2の実施形態の変形例を示す図である。図6に示すDQPSK光送信器は、受光器31により得られるモニタ信号のDC成分を除去するコンデンサCを備えており、RZ-DQPSK光信号のAC成分を利用して位相変調器13、14のDCバイアスを制御する。これに対して、図9に示すDQPSK光送信器は、モニタ信号のDC成分を除去するコンデンサCを備えていない。すなわち、モニタ信号は、DC成分を含んだ状態でパワー検出部42に送られる。

【0047】

最大パワー検出部54およびバイアス調整部55は、パワー検出部42により検出されるモニタ信号のパワーが最大になるように、位相変調器13、14の動作点を調整するためのDCバイアスを調整する。そして、DCバイアス生成部53は、バイアス調整部55の指示に従ってDCバイアスを生成して位相変調器13、14に与える。

【0048】

図10は、DCバイアスのずれとモニタ信号のパワーとの関係を示すシミュレーション結果である。なお、図10(a)および図10(b)は、図7(a)および図7(b)と同様に条件で得られたIアームおよびQアームについてのシミュレーション結果を示している。

【0049】

上記シミュレーション結果は、Iアーム、Qアームのいずれにおいても、位相変調器13、14のDCバイアスが適切に調整されると、モニタ信号のパワーが最大になることを示している。したがって、この場合、モニタ信号のパワーを最大化するようにDCバイアスを調整すれば、通信品質が向上する。なお、図9に示す構成（モニタ信号のDC成分を除去しない構成）では、図10(a)および図10(b)に示すように、DQPSK光信

10

20

30

40

50

号からモニタ信号を生成する場合と、RZ-DQPSK光信号からモニタ信号を生成する場合とで大きな差異はない。

【0050】

<第3の実施形態>

図11は、第3の実施形態のDQPSK光送信器の構成を示す図である。第3の実施形態のDQPSK光送信器は、第2の実施形態のDCバイアス制御機能に加えて、DQPSK光変調器10の移相器15の移相量を調整する機能も備えている。

【0051】

制御部60は、パワー検出部42により得られるモニタ信号のパワー値に基づいて、DCバイアス制御機能および移相量調整機能を提供する。ここで、制御部60は、例えば、10 予め記述されたプログラムを実行するCPUにより実現される。なお、利得調整部61は、図6に示す最小パワー検出部51およびバイアス調整部52と同じものである。

【0052】

移相器15の移相量は、上述したように、 $\pi/2$ に正確に調整されている必要がある。そして、移相器15の移相量は、この実施例では、その移相器15に印加されるDCバイアスにより調整される。

【0053】

DCバイアス生成部62は、バイアス調整部66の指示に従って、移相器15の移相量を調整するためのDCバイアス信号を生成する。パイロット信号生成部63は、パイロット信号を生成する。パイロット信号の周波数(以下、 f_0)は、送信データのビットレートと比べて十分に低く、例えば、数kHz~数MHz程度である。また、生成されたパイロット信号は、DCバイアス信号に重畳されて移相器15に与えられる。これにより、移相器15の移相量は、周波数 f_0 で変化することになる。この結果、DQPSK光信号、RZ-DQPSK光信号、およびモニタ信号は、 f_0 成分およびその高調波成分を含むこととなる。20

【0054】

バンドパスフィルタ64は、 f_0 成分を抽出する。すなわち、モニタ信号のパワーを表すパワー信号から f_0 成分が抽出される。同期検波部65は、パイロット信号生成部63により生成されるパイロット信号を用いて、バンドパスフィルタ64の出力信号を同期検波する。そして、バイアス調整部66は、その同期検波の結果に応じて、バイアス生成部61が生成すべき移相量調整のためのDCバイアスを決定する。30

【0055】

ここで、図12を参照しながら、移相器15の移相量を調整する方法を説明する。パワー検出部42により検出されるパワーは、図12(a)に示すように、移相器15の移相量に依存し、その移相量が「 $\pi/2$ 」のときに最小になる。

【0056】

移相器15にパイロット信号が与えられると、移相器15の移相量は、周波数 f_0 で変化することとなる。このとき、移相量が「 $\pi/2$ 」または「 $3\pi/2$ 」に近い値であれば、パイロット信号が与えられたときの移相量は、パワー検出部42により検出されるパワーが極小値となる点を跨ぐようにして振動することになる。例えば、パイロット信号の1周期期間(時刻 $t_1 \sim t_5$)において、パワー検出部42により検出されるパワーは次のように変化する。時刻 t_1 : +30dB(相対値)、時刻 t_2 : ゼロ(相対値)、時刻 t_3 : 約+30dB(相対値)、時刻 t_4 : ゼロ(相対値)、時刻 t_5 : 約+30dB(相対値)。40 すなわち、パワー検出部42により検出されるパワーは、図12(b)に示すように、周波数 $2f_0$ で振動することになる。すなわち、パワー検出部42の出力信号は、 $2f_0$ 成分を含むこととなる。

【0057】

一方、移相量が「 $\pi/2$ 」からずれると、パイロット信号が与えられたときの移相量は、パワー検出部42により検出されるパワーが極小値となる点から離れた領域で振動することになる。例えば、時刻 $t_1 \sim t_5$ において、パワー検出部42により検出されるパワ50

ーは次のように変化する。時刻 t_1 : 約 + 36 dB (相対値)、時刻 t_2 : 約 + 39 dB (相対値)、時刻 t_3 : 約 + 42 dB (相対値)、時刻 t_4 : 約 + 39 dB (相対値)、時刻 t_5 : 約 + 36 dB (相対値)。すなわち、この場合、パワー検出部 42 の出力信号は、図 11 (c) に示すように、 f_0 成分を含むが、 $2f_0$ 成分を含まないことになる。

【 0058 】

このように、移相量が「 $\pi/2$ 」からずれていると、パワー検出部 42 の出力信号から f_0 成分が検出されるが、 $2f_0$ 成分は検出されない。そして、移相量が「 $\pi/2$ 」に近づくと、パワー検出部 42 の出力信号から $2f_0$ 成分が検出されるようになるとともに、 f_0 成分は低下していく。したがって、同期検波部 65 により検出される f_0 成分が最小になるように、移相器 15 に対してフィードバック制御を行えば、移相量を「 $\pi/2$ 」に収束させることができる。

10

【 0059 】

さらに、移相量が正側にずれた場合と負側にずれた場合とでは、パワー検出部 42 から出力される f_0 成分信号の位相が互いに反転する。よって、バイアス調整部 66 は、同期検波部 65 により検出される f_0 成分信号の位相に基づいて、移相器 15 による移相量を増やすべきか減らすべきか (すなわち、正側に回転させるか負側に回転させるか) を決定することができる。同期検波部 65 の出力信号を図 13 に示す。

【 0060 】

このように、第 3 の実施形態の D Q P S K 光送信器は、D C バイアス制御機能および移相量調整機能を提供する。そして、モニタ信号を生成するモニタ部 (すなわち、受光器 31、コンデンサ C、増幅器 41、パワー検出部 42) は、これら 2 つの機能を実現するために共用される。したがって、回路規模の増大を抑えることができる。なお、D C バイアス制御処理および移相量調整処理は、並列的に実行してもよいし、別々に実行してもよい。

20

【 0061 】

< 第 4 の実施形態 >

図 14 は、第 4 の実施形態の D Q P S K 光送信器の構成を示す図である。第 4 の実施形態の D Q P S K 光送信器は、パイロット信号を利用して駆動信号の振幅を調整する機能を備える。

【 0062 】

制御部 70 は、駆動信号 data1、data2 の振幅を最適化するために、パワー検出部 42 により得られるモニタ信号パワー値に基づいて、増幅器 21、22 の利得を調整する。ここで、制御部 70 は、例えば、予め記述されたプログラムを実行する C P U により実現される。

30

【 0063 】

パイロット信号生成部 71 は、増幅器 21、22 の利得を調整するためのパイロット信号を生成する。このパイロット信号の周波数 (以下、 f_1) は、送信データのビットレートと比べて十分に低く、例えば、数 kHz ~ 数 MHz 程度である。また、生成されたパイロット信号は、増幅器 21、22 の利得を制御するための 1 組の利得制御信号にそれぞれ重畳されて増幅器 21、22 に与えられる。これにより、増幅器 21、22 の利得が周波数 f_1 で変化し、さらに駆動信号 data1、data2 の振幅も周波数 f_1 で変動することになる。この結果、D Q P S K 光信号、R Z - D Q P S K 光信号、およびモニタ信号は、それぞれ f_1 成分およびその高調波成分を含むことになる。

40

【 0064 】

同期検波部 72 は、パイロット信号生成部 71 により生成されるパイロット信号 (または、パイロット信号の周波数を 2 倍に高めた 2 倍波信号) を用いて、パワー検出部 42 により得られるモニタ信号のパワーを表すパワー信号を同期検波する。そして、利得調整部 73 は、同期検波の結果に応じて、増幅器 21、22 の利得を調整するための利得調整信号を生成する。なお、同期検波部 72 の前段に、モニタ信号のパワーを表すパワー信号から f_1 成分 (または、 $2f_1$ 成分) を抽出するためのバンドパスフィルタ 74 を設けても

50

よい。

【0065】

図15は、同期検波部72による同期検波について説明する図である。同期検波部72の出力は、駆動信号data1、data2の振幅が最適化されているときは、ゼロ（または、概ねゼロ）になる。したがって、同期検波部72の出力がゼロに収束するように増幅器21、22の利得を調整すれば、駆動信号の振幅が最適化される。また、同期検波部72の出力の極性（正、負）は、駆動信号の振幅がその最適値よりも大きいか小さいかに応じて変化する。したがって、同期検波部72の出力の極性をモニタすれば、増幅器21、22の利得を大きくすべきか小さくすべきかを認識できる。

【0066】

図16は、制御部70の動作を示すフローチャートである。ステップS21では、同期検波部72から出力される同期検波信号を取得する。ステップS22では、その同期検波信号がゼロ（または、概ねゼロ）であるか否かを調べる。ここで、「概ねゼロ」は、予測されるノイズ等よりも小さいことを意味する。そして、同期検波信号がゼロ（または、概ねゼロ）であれば、駆動信号の振幅が最適値に調整されているものと判断し、処理を終了する。

【0067】

ステップS23、S24では、同期検波信号の極性を調べる。そして、同期検波信号の極性が正であれば、駆動信号の振幅が大きすぎると判断し、ステップS25において、増幅器21（または、22）の利得を所定量だけ小さくする旨の指示を生成する。一方、同期検波信号の極性が負であれば、駆動信号の振幅が小さすぎると判断し、ステップS26において、増幅器21（または、22）利得を所定量だけ大きくする旨の指示を生成する。ステップS23～S26の処理は、同期検波信号がゼロ（または、概ねゼロ）に収束するまで繰り返し実行される。

【0068】

なお、このフローチャートの処理は、DQPSK光送信器の初期設定時に行われると共に、必要に応じて、DQPSK光送信器の動作中に行われるようにしてもよい。

<第5の実施形態>

図17は、第5の実施形態のDQPSK光送信器の構成を示す図である。第5の実施形態のDQPSK光送信器は、第4の実施形態の振幅調整機能に加えて、移相器15の移相量を調整する機能も備えている。

【0069】

制御部80は、図11を参照しながら説明したDCバイアス生成部62、パイロット信号生成部63、同期検波部65、バイアス調整部66、及び、図15を参照しながら説明したパイロット信号生成部71、同期検波部72、利得調整部73を備え、振幅調整処理および移相量調整処理を実行する。なお、制御部80の動作については、第3および第4の実施形態の説明において既にしてしているので、ここでは省略する。

【0070】

ただし、パイロット信号生成部71が生成する振幅調整のためのパイロット信号およびパイロット信号生成部62が生成する移相量調整のためのパイロット信号の周波数は、互いに異なっていることが望ましい。特に、振幅調整処理および移相量調整処理を並列に実行する場合は、両者の周波数は互いに異なっている必要がある。

【0071】

<バリエーション>

第1～第5の実施形態の調整処理は、DQPSK光送信器の初期設定時に行われると共に、必要に応じて、DQPSK光送信器の動作中に行われるようにしてもよい。DQPSK光送信器の動作中に調整処理を行う場合は、その処理を定期的に行ってもよいし、継続的に実行してもよい。

【0072】

第1、第4、第5の実施形態においては、駆動信号を増幅する増幅器の利得を調整する

10

20

30

40

50

ことにより駆動信号の振幅の最適化を図る構成を示したが、本発明はこの構成に限定されるものではない。すなわち、増幅器 21、22 の代わりに駆動信号の振幅を調整する可変減衰器を設け、モニタ信号を利用してその可変減衰器の減衰量を調整するようにしてもよい。

【0073】

上述の実施形態では、主に、DQPSK 変調について説明したが、本発明の制御は、QPSK 変調にもそのまま適用可能である。また、本発明は、 2^n PSK ($n \geq 3$) あるいは QAM にも適用可能である。ただし、本発明をこれらの変調方式に適用する場合には、例えば、データ変調部に入力されるデータ信号として 4 値以上の多値データを用いるようにする。

10

【0074】

変調器として LN (LiNbO_3) 変調器を用いた場合、LN 変調器は偏波依存性を有するので、光源と DQPSK 光変調器との間、および DQPSK 光変調器と RZ 強度変調器との間の接続には、偏波保持ファイバを用いることが望ましい。

【0075】

(付記 1)

第 1 のアーム上で第 1 の駆動信号に従って第 1 の変調信号を生成する第 1 の位相変調要素と、第 2 のアーム上で第 2 の駆動信号に従って第 2 の変調信号を生成する第 2 の位相変調要素と、前記第 1 のアームと第 2 のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備え、前記第 1 および第 2 の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、

20

前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器と、

前記強度変調器から出力される光信号の AC 成分のパワーを検出する検出手段と、

前記検出手段により検出されるパワーを最小化するように、前記第 1 の駆動信号または第 2 の駆動信号の少なくとも一方の振幅を調整する調整手段、

を有する光送信器。

【0076】

(付記 2)

前記調整手段は、

前記第 1 および第 2 の駆動信号をそれぞれ増幅する第 1 および第 2 の増幅器と、

前記検出手段により検出されるパワーを最小化するように、前記第 1 または第 2 の増幅器の少なくとも一方の利得を調整する利得調整手段、を有する

30

ことを特徴とする付記 1 に記載の光送信器。

【0077】

(付記 3)

前記利得制御手段は、前記第 1 および第 2 の増幅器の利得を個別に調整する

ことを特徴とする付記 2 に記載の光送信器。

【0078】

(付記 4)

前記利得制御手段は、前記第 1 および第 2 の増幅器の利得を交互に繰り返し調整する

ことを特徴とする付記 2 に記載の光送信器。

40

【0079】

(付記 5)

前記検出手段は、

前記強度変調器から出力される光信号を電気信号に変換してモニタ信号を生成する受光素子と、

前記受光素子の出力信号から DC 成分を除去する DC 除去要素と、

前記 DC 成分が除去されたモニタ信号のパワーを検出するパワー検出手段、を有する

ことを特徴とする付記 1 に記載の光送信器。

【0080】

(付記 6)

50

前記調整手段は、

前記第 1 および第 2 の駆動信号をそれぞれ減衰する第 1 および第 2 の可変減衰器と、
前記検出手段により検出されるパワーを最小化するように、前記第 1 または第 2 の可変減衰器の少なくとも一方の減衰量を調整する減衰量調整手段、を有することを特徴とする付記 1 に記載の光送信器。

【 0 0 8 1 】

(付記 7)

第 1 のアーム上で第 1 の駆動信号に従って第 1 の変調信号を生成する第 1 の位相変調要素と、第 2 のアーム上で第 2 の駆動信号に従って第 2 の変調信号を生成する第 2 の位相変調要素と、前記第 1 のアームと第 2 のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備え、前記第 1 および第 2 の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、
前記第 1 および第 2 の位相変調要素の動作点を調整するための第 1 および第 2 の DC バイアスを生成する DC バイアス生成手段と、
前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器と、
前記強度変調器から出力される光信号の AC 成分のパワーを検出する検出手段と、
前記検出手段により検出されるパワーを最小化するように、前記第 1 のバイアスまたは第 2 のバイアスの少なくとも一方を調整する調整手段、
を有する光送信器。

10

【 0 0 8 2 】

(付記 8)

第 1 のアーム上で第 1 の駆動信号に従って第 1 の変調信号を生成する第 1 の位相変調要素と、第 2 のアーム上で第 2 の駆動信号に従って第 2 の変調信号を生成する第 2 の位相変調要素と、前記第 1 のアームと第 2 のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備え、前記第 1 および第 2 の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、
前記第 1 および第 2 の位相変調要素の動作点を調整するための第 1 および第 2 の DC バイアスを生成する DC バイアス生成手段と、
前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器と、
前記強度変調器から出力される光信号のパワーを検出する検出手段と、
前記検出手段により検出されるパワーを最大化するように、前記第 1 のバイアスまたは第 2 のバイアスの少なくとも一方を調整する調整手段、
を有する光送信器。

20

30

【 0 0 8 3 】

(付記 9)

第 1 のアーム上で第 1 の駆動信号に従って第 1 の変調信号を生成する第 1 の位相変調要素と、第 2 のアーム上で第 2 の駆動信号に従って第 2 の変調信号を生成する第 2 の位相変調要素と、前記第 1 のアームと第 2 のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備え、前記第 1 および第 2 の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、
前記第 1 および第 2 の位相変調要素の動作点を調整するための第 1 および第 2 の DC バイアスを生成する DC バイアス生成手段と、
前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器と、
前記強度変調器から出力される光信号の AC 成分のパワーを検出する検出手段と、
前記検出手段により検出されるパワーに基づいて、前記第 1 のバイアスまたは第 2 のバイアスの少なくとも一方を調整すると共に、前記移相要素の移相量を調整する調整手段、
を有する光送信器。

40

【 0 0 8 4 】

(付記 1 0)

第 1 のアーム上で第 1 の駆動信号に従って第 1 の変調信号を生成する第 1 の位相変調要素と、第 2 のアーム上で第 2 の駆動信号に従って第 2 の変調信号を生成する第 2 の位相変調要素と、前記第 1 のアームと第 2 のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備え、前記第 1 および第 2 の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、

50

前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器と、
 前記強度変調器から出力される光信号のAC成分のパワーを表すパワー信号を生成する
 検出手段と、
 前記第1および第2の駆動信号を増幅する第1および第2の増幅器と、
 前記第1および第2の増幅器の利得を調整する利得調整信号を生成する利得調整手段と
 、
 前記利得調整信号に低周波信号を重畳する重畳手段と、
 前記低周波信号を利用して前記パワー信号を同期検波する検波手段、を有し、
 前記利得調整手段は、前記同期検波の結果に基づいて前記第1または第2の増幅器の少
 なくとも一方の利得を調整することを特徴とする光送信器。

10

【0085】

(付記11)

第1のアーム上で第1の駆動信号に従って第1の変調信号を生成する第1の位相変調要
 素と、第2のアーム上で第2の駆動信号に従って第2の変調信号を生成する第2の位相変
 調要素と、前記第1のアームと第2のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備
 え、前記第1および第2の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、
 前記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器と、
 前記強度変調器から出力される光信号のAC成分のパワーを表すパワー信号を生成する
 検出手段と、
 前記第1および第2の駆動信号を増幅する第1および第2の増幅器と、
 前記第1および第2の増幅器の利得を調整する利得調整信号を生成する利得調整手段と

20

、
 前記利得調整信号に第1の低周波信号を重畳する第1の重畳手段と、
 前記第1の低周波信号を利用して前記パワー信号を同期検波する第1の検波手段と、
 前記移相器の移相量を調整する移相調整信号を生成する移相調整手段と、
 前記移相調整信号に第2の低周波信号を重畳する第2の重畳手段と、
 前記第2の低周波信号を利用して前記パワー信号を同期検波する第2の検波手段、を有
 し、
 前記利得調整手段は、前記第1の同期検波手段による同期検波の結果に基づいて前記第
 1または第2の増幅器の少なくとも一方の利得を調整し、
 前記移相制御手段は、前記第2の同期検波手段による同期検波の結果に基づいて前記移
 相要素の移相量を調整する
 ことを特徴とする光送信器。

30

【0086】

(付記12)

第1のアーム上で第1の駆動信号に従って第1の変調信号を生成する第1の位相変調要
 素と、第2のアーム上で第2の駆動信号に従って第2の変調信号を生成する第2の位相変
 調要素と、前記第1のアームと第2のアームとの間に所定の位相差を与える移相要素を備
 えて前記第1および第2の変調信号を結合して位相変調信号を生成する位相変調器と、前
 記位相変調器から出力される位相変調信号を強度変調する強度変調器、を有する光送信器
 の動作を調整する調整回路であって、
 前記強度変調器から出力される光信号のAC成分のパワーを検出する検出手段と、
 前記検出手段により検出されるパワーを最小化するように、前記第1の駆動信号または
 第2の駆動信号の少なくとも一方の振幅を調整する調整手段、
 を有する光送信器の調整回路。

40

【図面の簡単な説明】

【0087】

【図1】本発明の実施形態に係るDQPSK光送信器の基本構成を示す図である。

【図2】第1の実施形態のDQPSK光送信器の構成を示す図である。

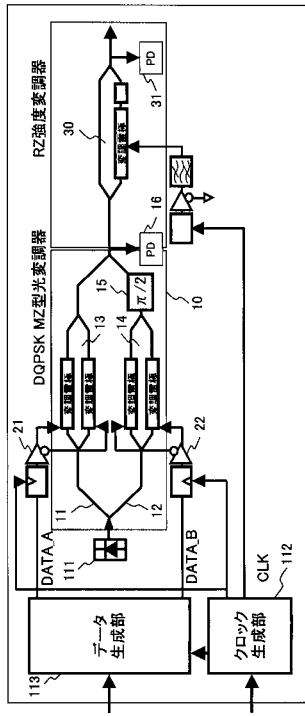
【図3】振幅のずれとモニタ信号のパワーとの関係を示すシミュレーション結果である。

50

- 【図 4】駆動信号の振幅について説明する図である。
- 【図 5】駆動信号の振幅を調整する処理を示すフローチャートである。
- 【図 6】第 2 の実施形態の D Q P S K 光送信器の構成を示す図である。
- 【図 7】図 6 に示す構成において D C バイアスのずれとモニタ信号のパワーとの関係を示すシミュレーション結果である。
- 【図 8】位相変調器の D C バイアスについて説明する図である。
- 【図 9】第 2 の実施形態の変形例を示す図である。
- 【図 10】図 9 に示す構成において D C バイアスのずれとモニタ信号のパワーとの関係を示すシミュレーション結果である。
- 【図 11】第 3 の実施形態の D Q P S K 光送信器の構成を示す図である。 10
- 【図 12】移相量の調整方法の原理を説明する図である。
- 【図 13】 f_0 成分と位相ずれとの関係を示す図である。
- 【図 14】第 4 の実施形態の D Q P S K 光送信器の構成を示す図である。
- 【図 15】同期検波部による同期検波について説明する図である。
- 【図 16】第 4 の実施形態の制御部の動作を示すフローチャートである。
- 【図 17】第 5 の実施形態の D Q P S K 光送信器の構成を示す図である。
- 【図 18】一般的な D Q P S K 送信器の構成を示す図である。
- 【図 19】D Q P S K 送信器の動作を説明する図である。
- 【図 20】従来の D Q P S K の問題点を説明する図である。
- 【符号の説明】 20
- 【0088】
- | | | |
|----------|----------------|----|
| 10 | D Q P S K 光変調器 | |
| 11、12 | アーム | |
| 13、14 | 位相変調器 | |
| 15 | 移相器 | |
| 16、31 | 受光器 | |
| 21、22 | 増幅器 | |
| 30 | R Z 強度変調器 | |
| 42 | パワー検出部 | |
| 43 | 最小パワー検出部 | 30 |
| 44 | 利得調整部 | |
| 51 | 最小パワー検出部 | |
| 52 | バイアス調整部 | |
| 53 | D C バイアス生成部 | |
| 54 | 最大パワー検出部 | |
| 55 | バイアス調整部 | |
| 60、70、80 | 制御部 | |
| 61、66 | バイアス調整部 | |
| 62 | D C バイアス生成部 | |
| 63 | パイロット信号生成部 | 40 |
| 65 | 同期検波部 | |
| 71 | パイロット信号生成部 | |
| 72 | 同期検波部 | |
| 73 | 利得調整部 | |

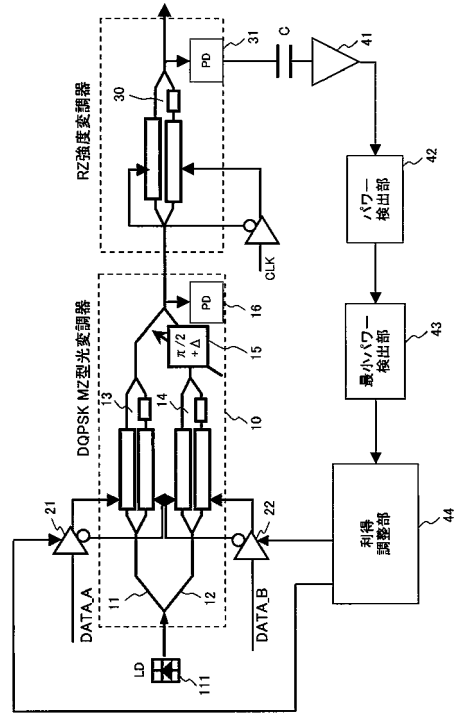
【 図 1 】

本発明の実施形態に係るDQPSK光送信器の基本構成を示す図



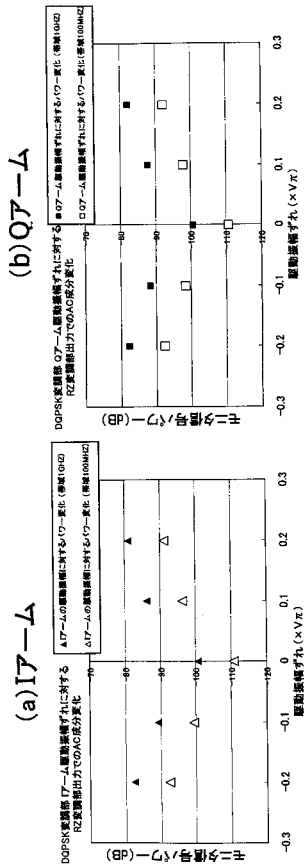
【 図 2 】

第1の実施形態のDQPSK光送信器の構成を示す図



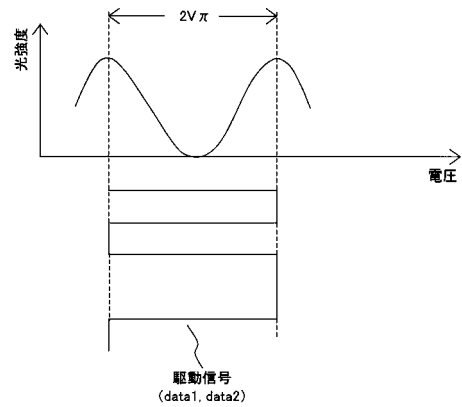
【 図 3 】

振幅のずれとモニタ信号のパワーとの関係を示すシミュレーション結果



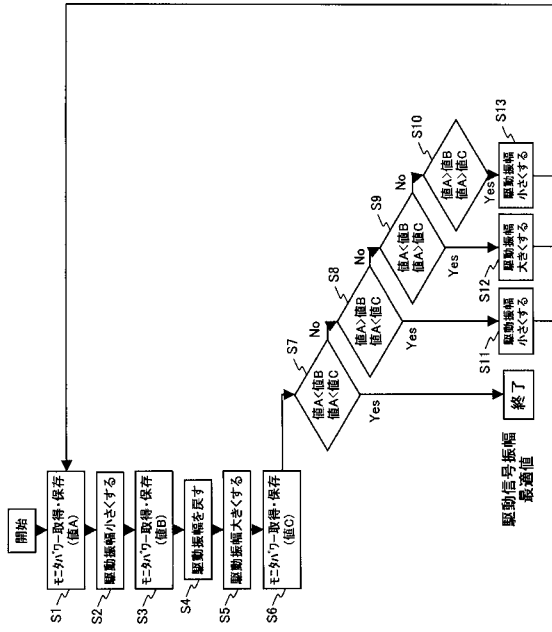
【 図 4 】

駆動信号の振幅について説明する図



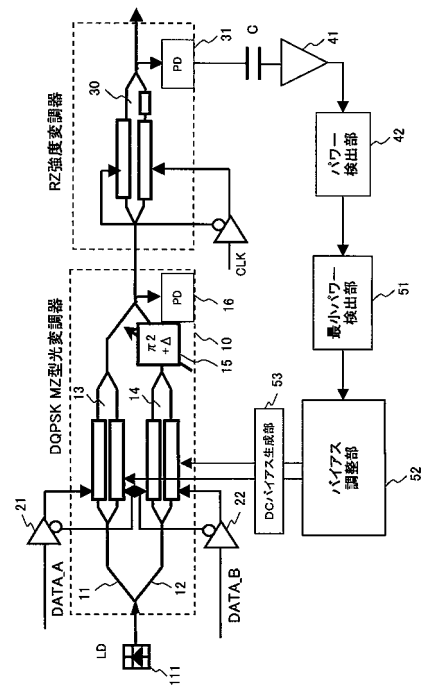
【 図 5 】

駆動信号の振幅を調整する処理を示すフローチャート



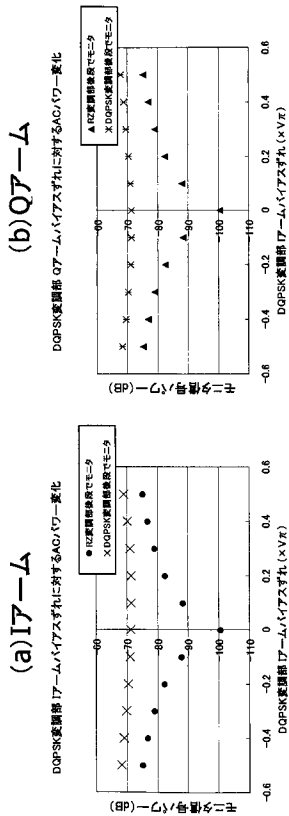
【 図 6 】

第2の実施形態のDQPSK光送信器の構成を示す図



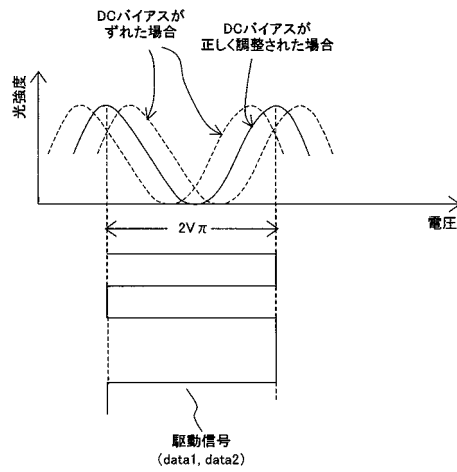
【 図 7 】

図6に示す構成においてDCバイアスのずれとモニタ信号のパワーとの関係を示すシミュレーション結果



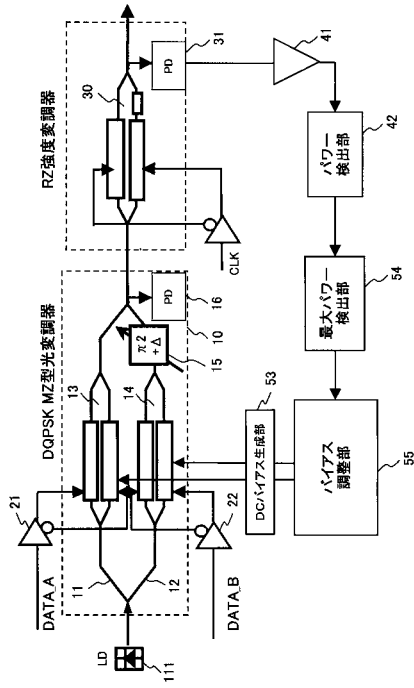
【 図 8 】

位相変調器のDCバイアスについて説明する図



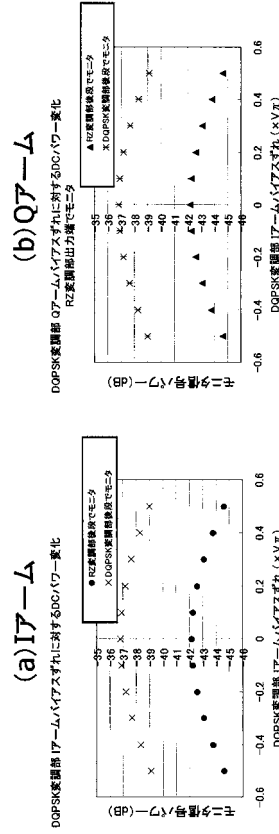
【 図 9 】

第2の実施形態の変形例を示す図



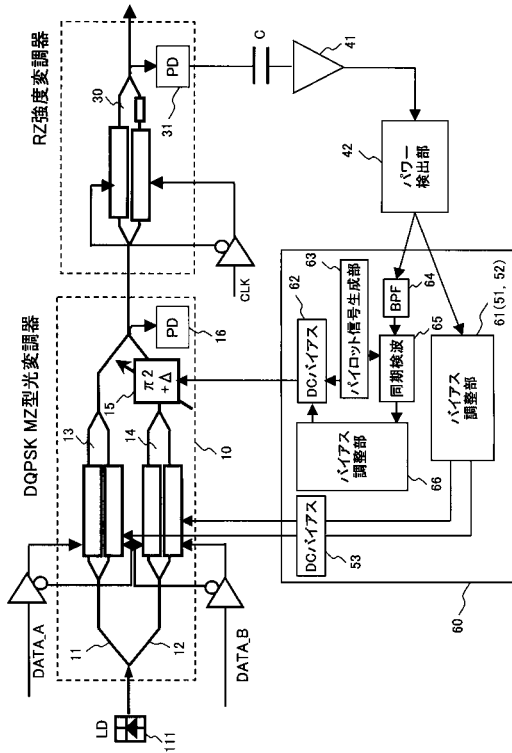
【 図 10 】

図9に示す構成においてDCバイアスのずれとモニタ信号のパワーとの関係を示すシミュレーション結果



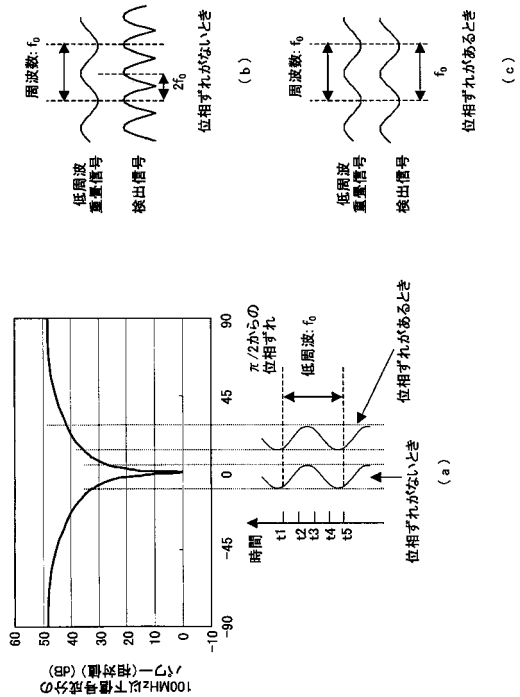
【 図 11 】

第3の実施形態のDQPSK光送信器の構成を示す図



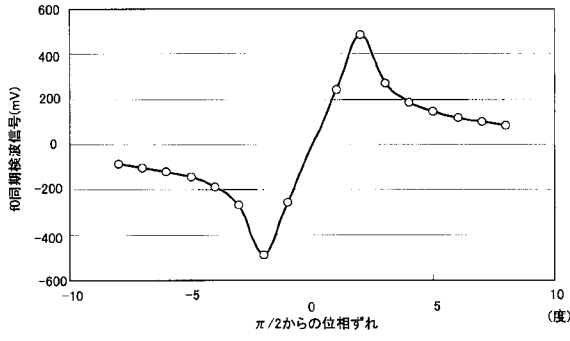
【 図 12 】

移相量の調整方法の原理を説明する図



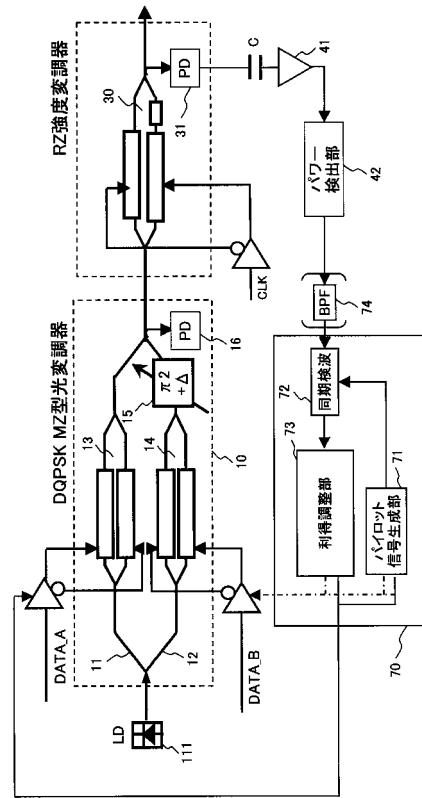
【 図 1 3 】

f0 成分と位相ずれとの関係を示す図



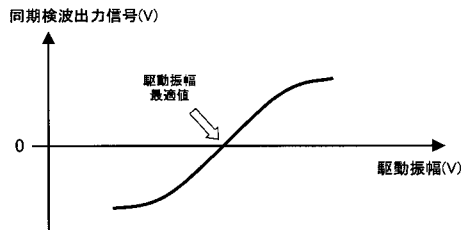
【 図 1 4 】

第4の実施形態のDQPSK光送信器の構成を示す図



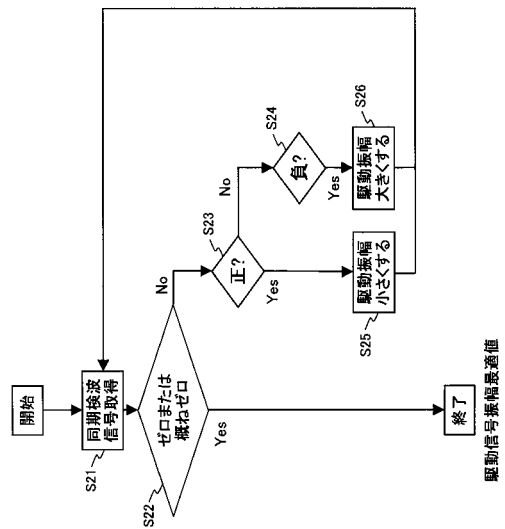
【 図 1 5 】

同期検波部による同期検波について説明する図



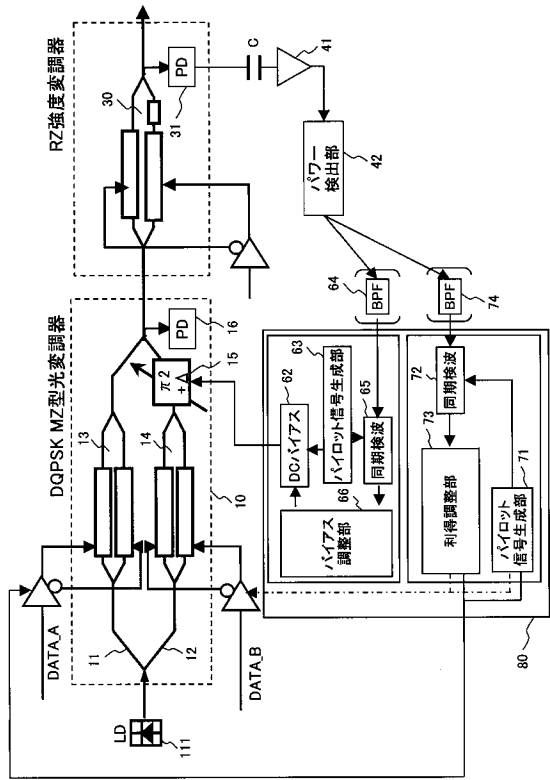
【 図 1 6 】

第4の実施形態の制御部の動作を示すフローチャート



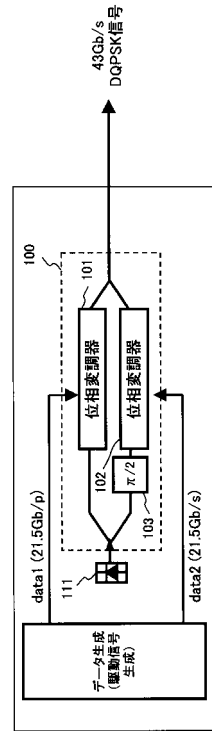
【 図 1 7 】

第5の実施形態のDQPSK光送信器の構成を示す図



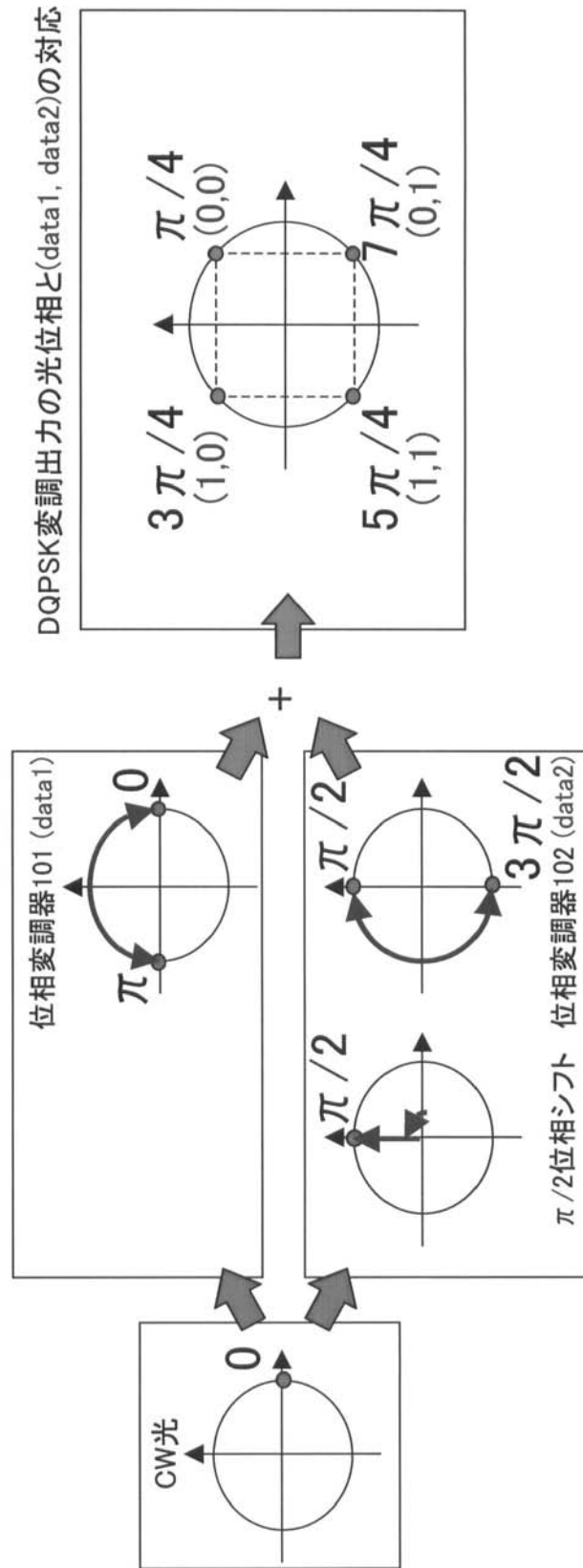
【 図 1 8 】

一般的なDQPSK送信器の構成を示す図



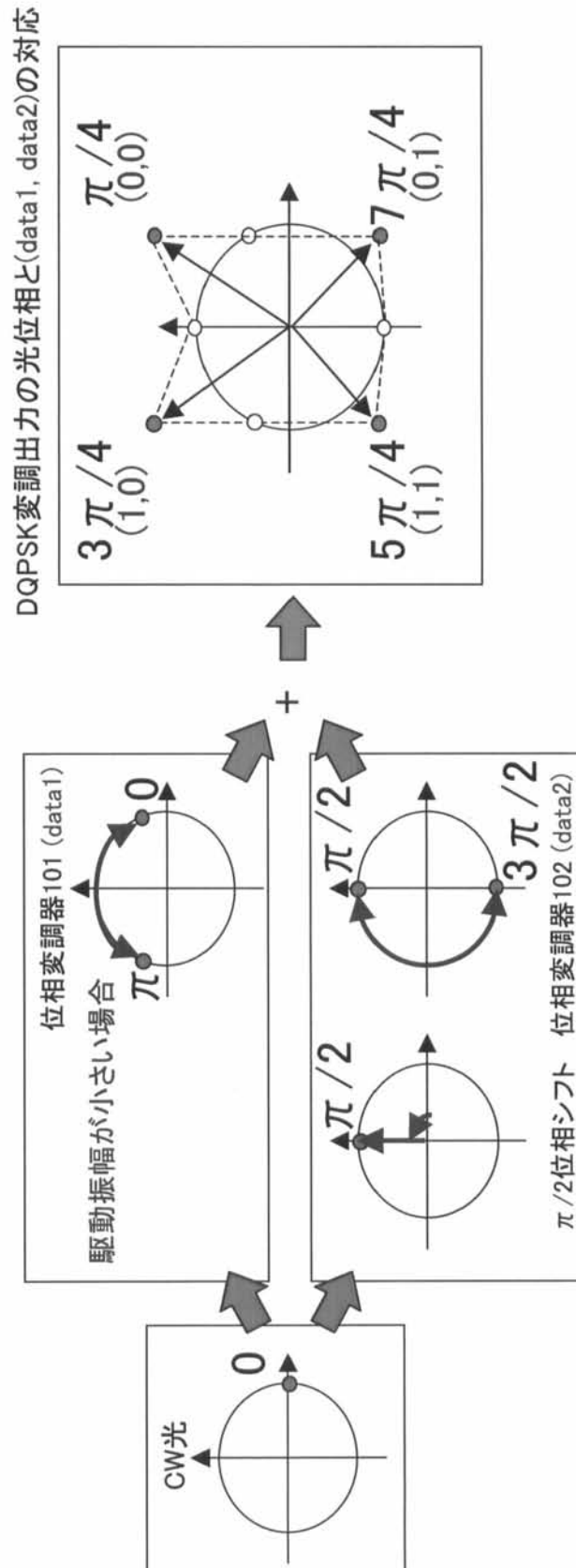
【 図 1 9 】

DQPSK送信器の動作を説明する図



【 図 2 0 】

従来のDQPSKの問題点を説明する図



フロントページの続き

(51) Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 B 10/152 (2006.01)

G 0 2 F 1/01 (2006.01)

Fターム(参考) 5K102 AA01 AA63 AH02 AH22 AH26 AH27 KA19 KA39 KA42 MA01
MB04 MC11 MD01 MH02 MH13 MH22 PA12 PH02 PH49 RB01
RD04 RD05 RD12 RD28