

(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2010-28493

(P2010-28493A)

(43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04L 9/12 (2006.01)	H04L 9/00 631	5J104
H04B 10/04 (2006.01)	H04B 9/00 L	5K102
H04B 10/06 (2006.01)		
H04B 10/142 (2006.01)		
H04B 10/152 (2006.01)		

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2008-188029 (P2008-188029)	(71) 出願人	301022471
(22) 出願日	平成20年7月22日 (2008.7.22)		独立行政法人情報通信研究機構
			東京都小金井市貫井北町4-2-1
		(74) 代理人	100087147
			弁理士 長谷川 文廣
		(74) 代理人	100108660
			弁理士 大川 譲
		(74) 代理人	100094662
			弁理士 穂坂 和雄
		(72) 発明者	豊嶋 守生
			東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立
			行政法人情報通信研究機構内
		Fターム(参考)	5J104 AA05 AA30
			5K102 AA61 AB11 PH23

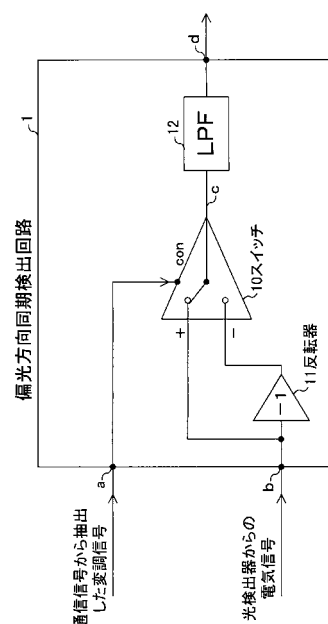
(54) 【発明の名称】 偏光方向同期検出回路及び受信装置

(57) 【要約】

【課題】本発明は偏光方向同期検出回路及び受信装置に関し、2つの偏光方向に変調された光信号を相対的に到来角度が変化しても角度変位成分を効率的に検出し、微弱光でも高精度に偏光軸方向を送信側の偏光基底軸に合わせることを目的とする。

【解決手段】受信した通信信号から抽出した同期信号を含む変調信号を制御信号として入力し、量子暗号信号の偏光方向に合わせた偏光変調信号を受信した光検出器により検出した信号を入力するスイッチを設け、スイッチは、光検出器の検出信号と、その検出信号の反転信号の何れか一方を前記制御信号により選択的に切替え、スイッチの出力をローパスフィルタを介して出力することにより、送信側と受信側の偏光軸の相対角度差 ($\Delta\theta$) が予め設定された所定の偏光角度より大きいと+レベル、所定の偏光角度と等しいと0レベル、0度から所定の偏光角度の範囲の場合は-レベルの信号を出力するよう構成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

信号に応じて 2 つの偏光方向に変調された光信号と同期信号を含む通信信号の光信号を受信する偏光方向同期検出回路において、

受信した通信信号から抽出した同期信号を含む変調信号を制御信号として入力し、量子暗号信号の偏光方向に合わせた偏光変調信号を受信した光検出器により検出した信号を入力するスイッチを設け、

前記スイッチは、前記光検出器の検出信号と、その検出信号の反転信号の何れか一方を前記制御信号により選択的に切替え、

前記スイッチの出力をローパスフィルタを介して出力することにより、送信側と受信側の偏光軸の相対角度差 ($\Delta \theta$) が予め設定された所定の偏光角度より大きいと + レベル、所定の偏光角度と等しいと 0 レベル、0 度から所定の偏光角度の範囲の場合は - レベルの信号が出力されることを特徴とする偏光方向同期検出回路。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記光検出器の出力と前記スイッチの入力との間に前記同期信号の周波数を通過させるバンドパスフィルタを設けたことを特徴とする偏光方向同期検出回路。

【請求項 3】

信号に応じて 2 つの偏光方向に変調された光信号と同期信号を含む通信信号の光信号を受信する受信装置において、

受信光の偏光方向を制御信号により制御する偏光制御部を備えた偏光手段を備え、

前記偏光手段から出力された光信号の通信信号から抽出した同期信号を含む変調信号と、量子暗号信号の偏光方向に合わせた偏光変調信号を受信した光検出器により検出した信号とを入力する偏光方向同期検出回路を設け、

前記偏光方向同期検出回路の出力を前記偏光制御部に供給して受信光の偏光制御を行い、

前記偏光方向同期検出回路は、前記光検出器の検出信号と、その検出信号の反転信号の何れか一方の信号を前記同期信号を含む変調信号により選択的に切替えるスイッチと、前記スイッチの出力が入力されるローパスフィルタとで構成し、送信側と受信側の偏光軸の相対角度差 ($\Delta \theta$) が予め設定された所定の偏光角度より大きいと + レベル、所定の偏光角度と等しいと 0 レベル、0 度から所定の偏光角度の範囲の場合は - レベルの信号を出力することを特徴とする受信装置。

【請求項 4】

信号に応じて 2 つの偏光方向に変調された光信号と同期信号を含む通信信号の光信号を受信する偏光方向同期検出回路において、

受信した通信信号から抽出した同期信号を含む変調信号を制御信号として入力し、量子暗号信号の偏光方向に合わせた偏光変調信号を受信した光検出器により検出した信号を入力するスイッチを設け、

前記スイッチは、前記光検出器の検出信号と、その検出信号の反転信号の何れか一方を前記制御信号により選択的に切替え、

前記スイッチの出力が入力される包絡線検波器を設けて振幅を検出し、送信側と受信側の偏光軸の相対角度差 ($\Delta \theta$) が予め設定された所定の偏光角度より大きいと + レベル、所定の偏光角度に等しいと 0 レベル、0 度から所定の偏光角度の範囲の場合は - レベルの信号を出力することを特徴とする偏光方向同期検出回路。

【請求項 5】

請求項 4 において、

前記スイッチの出力が入力された包絡線検波器の後段にローパスフィルタを設けたことを特徴とする偏光方向同期検出回路。

【請求項 6】

信号に応じて 2 つの偏光方向に変調された光信号と同期信号を含む通信信号の光信号を

受信する受信装置において、

受信光の偏光方向を制御信号により制御する偏光制御部を備えた偏光手段を備え、

前記偏光手段から出力された光信号の通信信号から抽出した同期信号を含む変調信号と、量子暗号信号の偏光方向に合わせた偏光変調信号を受信した光検出器により検出した信号とを入力する偏光方向同期検出回路を設け、

前記偏光方向同期検出回路の出力を前記偏光制御部に供給して受信光の偏光制御を行い、

前記偏光方向同期検出回路は、前記光検出器の検出信号と、その検出信号の反転信号の何れか一方の信号を前記同期信号を含む変調信号により選択的に切替えるスイッチと、前記スイッチの出力が入力される包絡線検波器とで構成し、送信側と受信側の偏光軸の相対角度差 ($\Delta \theta$) が予め設定された所定の偏光角度より大きいと + レベル、所定の偏光角度と等しいと 0 レベル、0 度から所定の偏光角度の範囲の場合は - レベルの信号を出力することを特徴とする受信装置。

10

【請求項 7】

請求項 6 において、

前記偏光方向同期検出回路は、前記光検出器の検出信号と、その検出信号の反転信号の何れか一方の信号を前記同期信号を含む変調信号により選択的に切替えるスイッチと、前記スイッチの出力が入力される包絡線検波器と、該包絡線検波器の出力が入力されるローパスフィルタとで構成することを特徴とする受信装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は偏光方向同期検出回路及び受信装置に関し、特に衛星等の移動体通信のように量子暗号通信を行う送信側において偏光方向を変調した光信号を、受信側において偏光方向を送信側に同期して検出する偏光方向同期検出回路及び受信装置に関する。

【背景技術】

【0002】

量子暗号通信について、送信機と受信機との間の相対的位置が変化する場合でも、送信機と受信機との間で比較的強いパルス光からなる通信信号を送受信する第 1 の通信手段を設けると共に、該第 1 の通信手段がオフの期間に、比較的弱い量子暗号信号を送受信する第 2 の通信手段を設けた「量子暗号通信装置及び方法」の技術を本発明者等により提案されている（特願 2007-229604，平成 19 年 9 月 5 日出願）。

30

【0003】

その提案された量子暗号通信装置を構成する送信機と受信機の構成をそれぞれ図 4，図 5 に示す。図 4 に示す送信機では、最初にクロック 51 からのクロックにより PN 発生機 52 から発生した予め定められたパターン（PN 信号）がスイッチ SW を通って立下りトリガパルス生成回路 58 を介して通信用レーザ 66 に供給され、通信用レーザ 66 は比較的強いパルス光の波長 λ_1 の通信信号を生成してビームスプリッタ 67 へ出力する。ビームスプリッタ 67 は波長 λ_1 の光をそのまま反射し、変調器 65 からの波長 λ_2 の微弱な光（量子暗号信号）をそのまま透過させる。

40

【0004】

カウンタ 56 はクロック 51 からのクロックをカウントし、カウント値がデータコントローラ 55 に供給され、データコントローラ 55 はカウント値に応じてスイッチ SW を制御し、PN 発生器 52 からの PN 信号の後にスイッチ SW が切替えられて、入力データレコーダ 53 からのデータ（通信データ）が立下りトリガパルス生成回路 58 を通って通信用レーザ 66 へ供給される。立下りトリガパルス生成回路 58 では入力信号の立下りを検出すると、第 1 と第 2 の遅延パルス発生器 59，60 とデータコントローラ 55 を駆動し、データコントローラ 55 はランダム発生器 54 からのランダム信号に従って第 1，第 2 の遅延パルス発生器 59，60 の一方（データコントローラ 55 の出力に応じる）に遅延時間 D の後に遅延パルスを発生させ、その遅延パルスに従って第 1 量子用レーザ 61 また

50

は第2量子用レーザ62から通信信号に比べて弱い波長 λ_2 の量子暗号信号が発生し、偏光ビームスプリッタ63に入力する。第1量子用レーザ61はその偏光がHで偏光方向が0度とすると、第2量子用レーザ62は偏光がVで偏光方向が90度とし、それぞれ2値信号の1または0に対応する。変調器65において偏光ビームスプリッタ63からの光出力の偏光方向をランダム発生器54からのランダム信号を変調信号として45度だけ偏光(変調)し、その出力はビームスプリッタ67で通信用レーザ66からの強いパルス光と重畳されて送信される。

【0005】

図5に示す受信機では、図4に示す送信機からの光信号がビームスプリッタ70で分配されて、 λ_1 の波長の強いパルス信号は通信用受信機71で電気信号に変換され、一方はクロック抽出回路72へ供給され、他方の信号の立下り信号が遅延パルス発生器78に供給され、遅延時間後に第1と第2の単一光子受信機76、77にゲート信号として出力される。また、クロック抽出回路72から出力されたクロックとデータは通信用データレコーダ73に入力され保持(記録)されると共に、データはクロックと共に一致検出回路79へ供給され、PN発生器83からのPN信号(データに先立って送信された所定のデータパターン)と比較され一致が検出されると、検出出力によりクロックをカウントするカウンタ80をリセットする。

【0006】

ビームスプリッタ70で反射した波長 λ_2 の微弱な量子暗号を表す光信号は変調器74においてランダム発生器84からの信号により45度の偏光(変調)を受けた後、偏光ビームスプリッタ75で偏光Hの信号が第1単一光子受信機76へ、偏光Vの信号が第2単一光子受信機77へ分離され、それぞれ遅延パルス発生器78からのゲート信号により信号が抽出されデータコントローラ81へ入力される。こうして、送信側で送信データが立下った無信号の時に、立下りから一定の遅延時間のタイミングで送信されてきた量子暗号信号を抽出してデータコントローラ81に記録することができる。

【0007】

図6は上記図4、図5の送信機と受信機による量子暗号通信の適用例を示し、衛星92が時刻T1に地上局90上に位置する時、衛星92の送信機(図4の構成を備える)から量子鍵 α を生成し、データAに重畳した光信号を地上局90に送信する、地上局90は受信機(図5の構成を備える)でデータA及び量子鍵 α を受信して保持する。この後、衛星92が移動して時刻T2に地上局91上に位置した時に、衛星は別の量子鍵 β を生成し、データBに重畳して地上局91に送信すると、地上局はデータBと量子鍵を受信して保持する。更に、衛星92が量子鍵 α 、 β の排他的論理和の演算をして量子鍵 γ を生成し、地上局90、91に送信し、量子鍵の共有を実現することを可能にする。また、図6の場合は同じ衛星92が地上局90上の位置から地上局91上の位置に移動しているが、衛星92が図示されない別の衛星との間で量子暗号通信を行う場合もある。

【0008】

上記したように送信機からの量子暗号信号に同期して偏光変調を行い、信号(“1”, “0”)に応じて2つの角度(θ_1 , θ_2)に偏光を行う。図4の例では第1量子用レーザ61から0度(偏光H: $\theta_1 = 0$ の場合)に偏光した光か、第2量子用レーザ62から90度(偏光V: $\theta_2 = 90$ 度の場合)に偏光した光の一方を選択することで偏光変調が施されて送信される。

【0009】

図7に送信側と受信側での偏光変調の角度関係を示す。図中、 θ_1 , θ_2 は送信側の軸を表し、この例は θ_1 と θ_2 は直交している例(直交しなくてもよい)であり、 θ_1 は0度(deg), θ_2 は90度(deg)として、送信側で偏光変調を行った時に、移動通信の受信側が相対的に送信側に対して到来角度が $\Delta\theta$ (位相差 $\Delta\theta$)だけ変化した場合を示し、図7の水平方向は受信側の偏光基底(方向)を表す。

【0010】

図8は偏光変調された信号を偏光子を通して受信した光の強度を示す。上記図7に示す

10

20

30

40

50

ように偏光変調された信号を0度に偏光した光を通過させ90度に偏光した光を通さない偏光子を通して受信した場合の光の強度であり、A.は通信データ信号の偏光変調波形であり、送信側において90度と0度の信号が交互に発生している。このA.の信号を位相差 $\Delta\theta = 0$ 度で受信した場合、上記0度を通過する偏光子を通すと、B.に示すように0度に偏光した光の受信光強度が最大で、90度に偏光した光の受信光強度は0になる。これに対し、 $0^\circ < |\Delta\theta| < 45^\circ$ の場合は、0度の偏光子を通過させても、送信側の0度の信号と90度の信号の両方の信号成分が受光されC.に示すような波形となる。また、位相差が $45^\circ < |\Delta\theta| < 135^\circ$ の場合は0度の信号が偏光子を通過しにくくなり、90度の信号の受信光強度の方が大きくなり、D.のような波形となり送信波形A.と位相が反転する。更に位相差が $135^\circ < |\Delta\theta| < 180^\circ$ の場合は、信号波形はE.となりC.と同様になる。

10

【0011】

このように衛星等の移動体（送信側または受信側）のように相対的に到来角度関係が変化する光信号の偏光角度関係が変化して角度変位成分を効率的に検出して送信側の偏光基底軸に受信側の偏光軸方向を合わせるため同期検出回路が必要となるが、上記の本願の発明者等により提案された技術には具体的な構成を開示していない。

【0012】

また、直線偏光をしている光の検出において偏光方向が回転する光波を作り出し、この光波を偏光ビームスプリッタに透過させて光強度を変化させて光検出器で電気信号を変換してロックインアンプを用いて偏光方向の回転に同期した信号で同期検波を行う技術が提案されている（特許文献1参照）。

20

【特許文献1】特許第2920502号**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0013】**

上記特許文献1の技術によれば、微弱光を偏光を回転させることで検出するものであり、受信側で偏光が回転しているために、偏光基底軸を固定して用いる量子暗号信号に用いることができない。

【0014】

本発明は送信側で光の偏光方向を2つの角度で偏光変調した光を相対的に到来角度が変化しても角度変位成分を効率的に検出することができ、微弱な光でも高精度に偏光軸方向を送信側の選択した偏光基底軸に合わせることができる偏光方向同期検出回路及び偏光方向同期を検出する受信装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】**【0015】**

本発明は、信号に応じて2つの偏光方向に変調された光信号と同期信号を含む通信信号の光信号を受信する偏光方向同期検出回路は、受信した通信信号から抽出した同期信号を含む変調信号を制御信号として入力し、量子暗号信号の偏光方向に合わせた偏光変調信号を受信した光検出器により検出した信号を入力するスイッチを設け、スイッチは、光検出器の検出信号と、その検出信号の反転信号の何れか一方を制御信号により選択的に切替え、スイッチの出力をローパスフィルタを介して出力することにより、送信側と受信側の偏光軸の相対角度差（ $\Delta\theta$ ）が予め設定された所定の偏光角度より大きいと+レベル、所定の偏光角度と等しいと0レベル、0度から所定の偏光角度の範囲の場合は-レベルの信号が出力されるようにしたものである。

40

【0016】

また、好ましくは、光検出器の信号をスイッチへ入力する前に同期信号の周波数を通過するバンドパスフィルタを通過させるよう偏光方向同期検出回路を構成することができる。

【0017】

さらに、スイッチの出力後に包絡線検波器とローパスフィルタを設けるよう偏光方向同

50

期検出回路を構成することができる。

【0018】

また、本発明の信号に応じて2つの偏光方向に変調された光信号と同期信号を含む通信信号の光信号を受信する受信装置を構成することができ、受信装置は受信光の偏光方向を制御信号により制御する偏光制御部を備えた偏光手段を備え、偏光手段から出力された光信号の通信信号から抽出した同期信号を含む変調信号と、量子暗号信号の偏光方向に合わせた偏光変調信号を受信した光検出器により検出した信号とを入力する偏光方向同期検出回路を設け、偏光方向同期検出回路の出力を偏光制御部に供給して受信光の偏光制御を行い、偏光方向同期検出回路は、光検出器の検出信号と、その検出信号の反転信号の何れか一方の信号を同期信号を含む変調信号により選択的に切替えるスイッチと、スイッチの出力が入力されるローパスフィルタまたは包絡線検波器とローパスフィルタとで構成し、送信側と受信側の偏光軸の相対角度差($\Delta\theta$)が予め設定された所定の偏光角度より大きいと+レベル、所定の偏光角度と等しいと0レベル、0度から所定の偏光角度の範囲の場合は-レベルの信号を出力するようにしたものである。

10

【0019】

更に、受信装置を構成する偏光方向同期検出回路として、スイッチの出力が入力される包絡線検波器を配置して振幅を検出するよう構成することができる。また、受信装置を構成する偏光方向同期検出回路において、スイッチの出力が入力される包絡線検波器の後段にローパスフィルタを設けるよう構成することができる。

20

【発明の効果】

【0020】

本発明により、受信側で送信側の姿勢角度情報を知る必要がなく、空間伝送のような背景光がある状況下でも高精度に偏光角度の測定が可能であり、偏光変調した参照光により偏光を用いた量子暗号用微弱光の偏光軸方向を送信側の選択した偏光基底軸に合わせることが可能となる。これにより、受信側で偏光基底を同定し、量子暗号に供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

図1は偏光方向同期検出回路の実施例の構成であり、図2は実施例の構成による各部の信号波形を示す図である。図1において、1は偏光方向同期検出回路、10は2つの入力端子+、-へ入力する信号の一方を選択するよう入力(変調信号)aにより切替え制御されるスイッチ(SW)、11は反転器、12はローパスフィルタ(LPF)である。

30

【0022】

図2のA.は送信側の偏光変調であり、上記図8のAと同じであり、この偏光変調信号の受信信号は図1の入力bとしてスイッチ10の切替信号として供給される。受信側での受信信号を45°だけ偏光させる偏光子を通過させた光信号の交流成分は、偏光の相対角度差($\Delta\theta$)によって振幅と位相が異なり、図2のB.の(1)は偏光角度($\Delta\theta$)が45° $<|\Delta\theta|<135^\circ$ の場合であり変調波形と同じ位相の信号波形となり、(2)の $\Delta\theta=45^\circ$ の場合は振幅は0となり、(3)の0° $|\Delta\theta|<45^\circ$ の場合は、変調波形の逆相の信号波形となる。

40

【0023】

図1の偏光方向同期検出回路1の入力端子aから変調信号(データパターンから受信信号回路で抽出した信号)が供給されるとスイッチ10の制御端子conに inputs され、偏光子を通った光信号を光検出器で検出した電気信号(図2のB.)が入力端子bに inputs され、スイッチ10の+端子に直接 inputs され、反転器11を通った信号がスイッチ10の-端子に inputs される。

【0024】

図2のB.に示す入力信号に対して、制御端子conからの変調信号に対してスイッチ10は、制御端子conの信号が+レベルの場合はスイッチ10の+端子を選択するよう切替えられ、-レベルの場合はスイッチ10の-端子を選択するよう切替えられる。これ

50

により、制御端子 $c o n$ からの変調信号を用いた同期検出の回路により光検出信号 b を反転させることで、図 2 の B . の (1) , (3) に示す波形から図 2 の C . の (1) , (3) に示すような + 側及び - 側での反転波形の信号をスイッチ 10 の出力端子 c から得ることができる。スイッチ 10 の出力信号をローパスフィルタ 12 を通すことにより平滑化して図 2 の D . の (1) , (2) , (3) に示すように、 $\Delta \theta = (\theta 2 - \theta 1) / 2$ を境にレベルが反転する。図 2 の例では、 $\theta 2 = 90^\circ$, $\theta 1 = 0^\circ$, $\Delta \theta = 45^\circ$ であり、 45° を境に + レベルから - レベルに反転する。

【0025】

図 1 の光検出器からの電気信号の入力端子 b には、その前段にバンドパスフィルタ (B P F) を設けることにより、フェージングによる揺らぎが発生するのを防止することができる。その場合、バンドパスフィルタが通過させる周波数は図 2 の A . に示す変調周波数とする。

【0026】

また、図 1 ではスイッチ 10 の出力をローパスフィルタ 12 を設けて振幅を検出しているが、スイッチ 10 の出力を包絡線検波器に入力して振幅を検出するようにしてもよい。さらに、包絡線検波器の後にローパスフィルタを設ける構成にすることができ、これにより振幅検出の精度と応答速度を上げることができる。

【0027】

図 3 は本発明による偏光方向同期検出回路の適用例を示す。図中、2 は送信装置、20 はレーザ、21 は通信信号変調器、22 は量子暗号信号の偏光方向に合わせた偏光変調信号により通信信号の偏光変調を行う偏光変調器である。3 は送信装置から送信された偏光変調信号を受信する受信装置、30 は偏光方向を制御可能な偏光変調器、30a は偏光変調器 30 による偏光機能を制御する偏光制御部、31 は光信号を分配するビームスプリッタ、32 はビームスプリッタを通過した光を一定角度 (例えば 45°) だけ偏光する偏光子、33 はビームスプリッタ 31 で反射した同期信号を含む光信号を入力してデータを復調する計測機器、34 は偏光子 32 で偏光した信号を検出して電気信号を発生する光検出器 (P D) である。また、図 3 の中に設けられた 1 は上記図 1 に示す構成を備えた偏光方向同期検出回路であり、偏光方向同期検出回路 1 の入力端子、出力端子を表す a , b , d の各符号は上記図 1 に示す回路に付した同一の各符号と同じである。

【0028】

なお、図 3 の偏光変調器 30 としては、偏光方向を機械的に回転させて制御する半波長板や、ファラデー素子 E / O (電気 / 光) 変調器等により実現することができる。

【0029】

送信装置 2 の通信信号変調器 21 は同期用のレーザ 20 からの光信号をデータ信号に応じて変調し、偏光変調器 22 では偏光変調信号 (同期信号を含む) の入力に応じて通信信号変調器 21 の出力を 90° または 0° の直交 (または非直交でもよい) の偏光変調をし、出力光が空間に送信される。

【0030】

受信装置 3 では受信された光信号が偏光変調器 30 に入力されると、その時の回転制御部 30a による回転角度に対応した偏光 (偏光基底) を施し、ビームスプリッタ 31 で反射した同期信号 (クロック成分) を含むデータ信号が計測機器 33 で復調され、偏光方向同期検出回路 1 の入力端子 a に偏光変調信号 (図 2 の A .) として供給される。

【0031】

ビームスプリッタ 31 を通過した同期用通信信号は偏光子 32 により量子暗号通信の偏光方向に合った偏光が検出され、光検出器 (P D) 34 に入力すると光検出に応じた電気信号が出力される。光検出器 34 からの出力は偏光方向同期検出回路 1 の入力端子 b に供給される。偏光方向同期検出回路 1 において入力信号 a , b に対して図 2 の A . ~ C . に示すような動作を行うことで、偏光角度に応じた + , 0 , - の信号出力を発生すると、その信号出力が図 3 の偏光変調器 30 の偏光制御部 30a に入力され、偏光を制御する。この偏光制御により、偏光角度 ($\Delta \theta$) が量子暗号信号の偏光方向に合うように制御される

10

20

30

40

50

。

【 0 0 3 2 】

なお、 $\Delta \theta = (\theta 2 - \theta 1) / 2 \pm \pi / 2$ の場合にも符号反転（図 2 D . の (1) から (3) への変化またはその逆の変化）が起きるが、回転方向に対して極性が反転するので、 $\pi / 2$ の角度が異なっていることは識別可能である。

【 0 0 3 3 】

このように、受信側の光入射部の偏光変調器を制御させる信号をフィードバック制御することで、受信側で送信側が選択した偏光基底軸に合わせることが可能であり、同期検波を用いるため、背景光雑音に強く、微弱な光でも偏光を追尾することができる。

【 図面の簡単な説明 】

10

【 0 0 3 4 】

【 図 1 】 偏光方向同期検出回路の実施例の構成を示す図である。

【 図 2 】 実施例の構成による各部の信号波形を示す図である。

【 図 3 】 本発明による偏光方向同期検出回路の適用例を示す図である。

【 図 4 】 提案された量子暗号通信装置を構成する送信機の構成を示す図である。

【 図 5 】 提案された量子暗号通信装置を構成する受信機の構成を示す図である。

【 図 6 】 量子暗号通信の適用例を示す図である。

【 図 7 】 送信側と受信側での偏光変調の角度関係を示す図である。

【 図 8 】 偏光変調された信号を偏光子を通して受信した光の強度を示す図である。

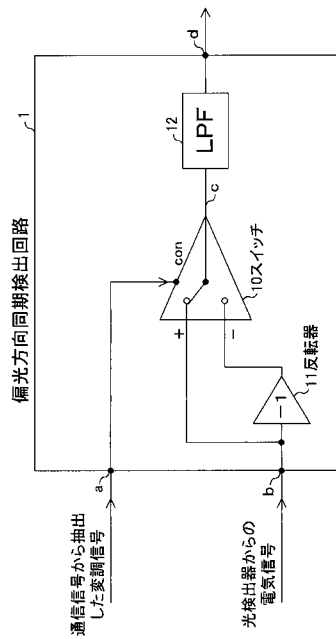
【 符号の説明 】

20

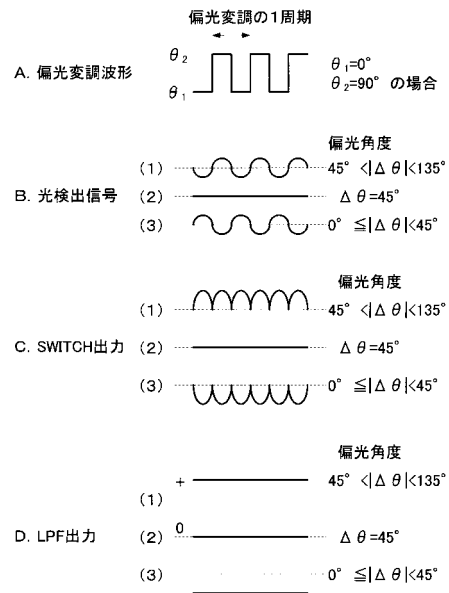
【 0 0 3 5 】

- 1 偏光方向同期検出回路
- 1 0 スイッチ（ S W ）
- 1 1 反転器
- 1 2 ローパスフィルタ（ L P F ）
- a 変調信号の入力端子
- b 光検出器の電気信号の入力端子
- c 出力端子

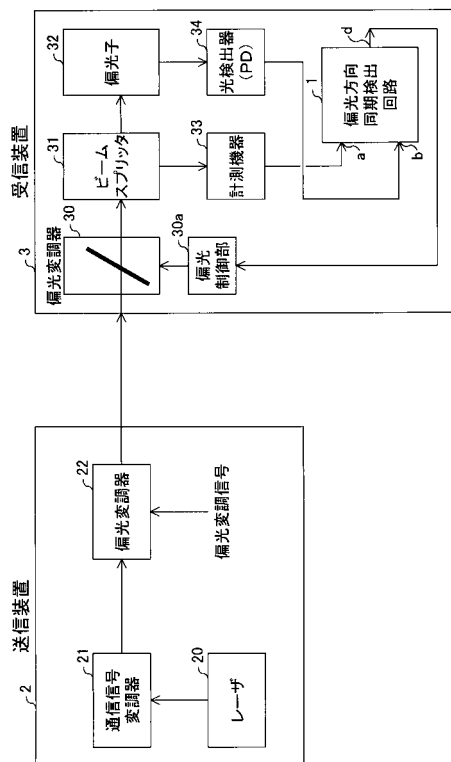
【 図 1 】



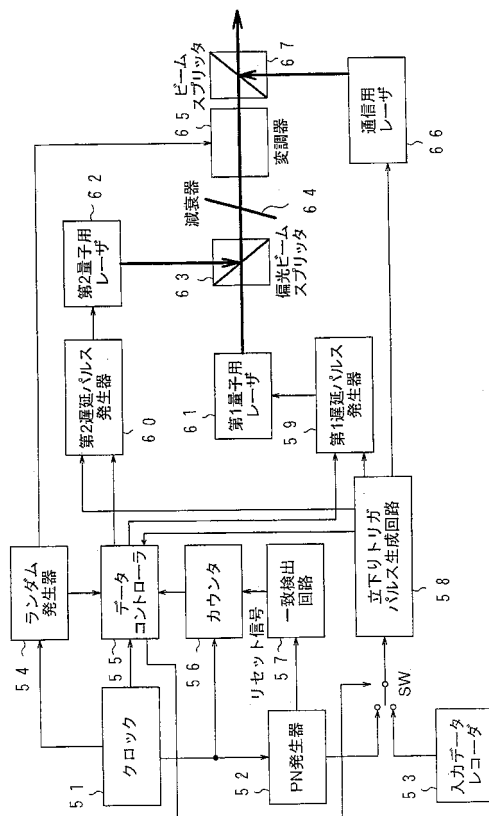
【 図 2 】



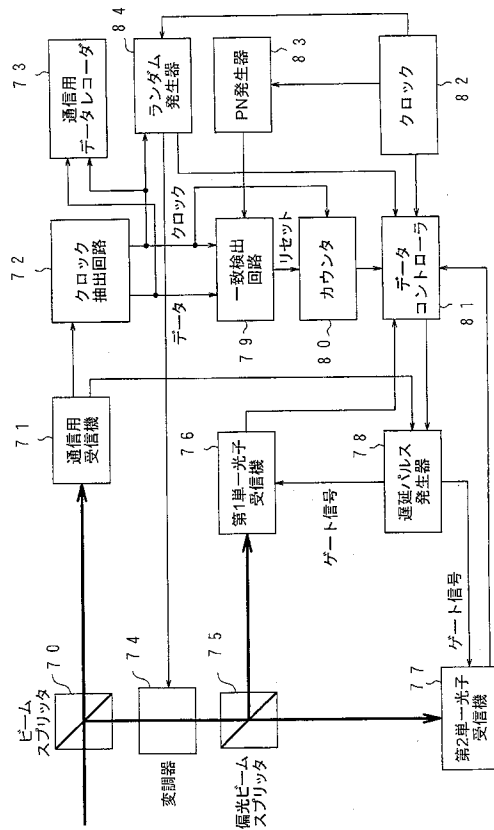
【 図 3 】



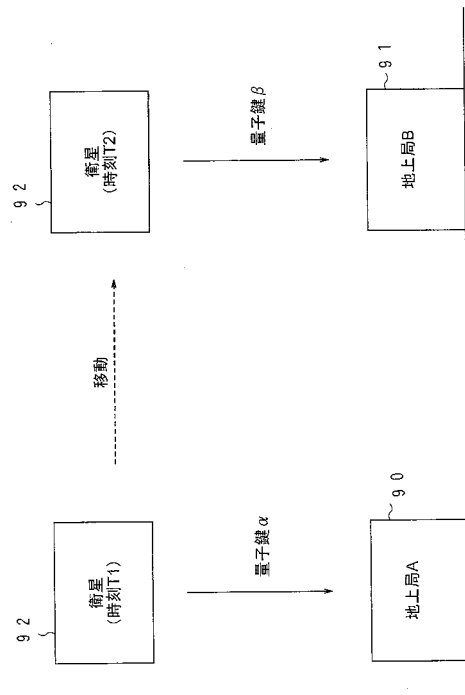
【 図 4 】



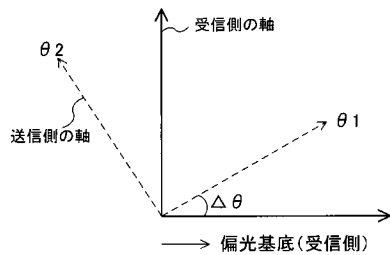
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

