

(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2005-294899

(P2005-294899A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int. Cl.⁷

H04B 10/10
H04B 10/105
H04B 10/22

F I

H04B 9/00 R

テーマコード(参考)

5K102

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2004-102533 (P2004-102533)	(71) 出願人	000004329 日本ビクター株式会社 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地
(22) 出願日	平成16年3月31日(2004.3.31)	(74) 代理人	100093067 弁理士 二瓶 正敬
		(72) 発明者	成木 秀敏 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内
		Fターム(参考)	5K102 AA11 AA23 AA24 AL23 LA33 MA01 MA02 MB20 MD01 MH32 PB02 PH32 PH33 PH36

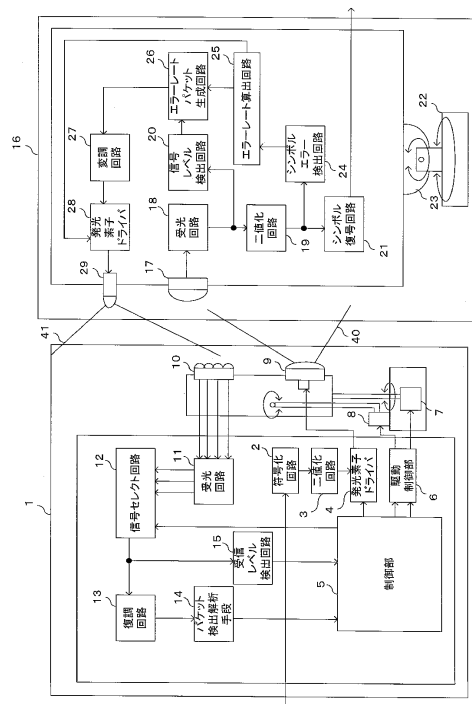
(54) 【発明の名称】 光送信機

(57) 【要約】

【課題】 狭い指向角の送信光を使用するような光無線伝送装置でも簡単に光軸合わせをすることが可能であり、使用中の光軸のずれにおいても速やかに再調整することができる光送信機を提供する。

【解決手段】 補正係数を記憶する記憶手段37と、複数の受信素子によって構成され、第2の光信号を光受信機から受信する受信手段10と、第2の光信号の受信レベルが所定の条件を満たしているか判断する判断手段5と、所定の条件を満たさないとされた場合に送信手段及び/又は受信手段の向きを調整し、また所定の条件を満たすと判断され、第2の光信号に送信手段が送信した第1の光信号に対する受信エラーレート情報が含まれている場合に、送信手段及び/又は受信手段の向きを調整し光軸を合わせる調整手段5とを備え、調整手段は光軸が合わせられた後に光軸のずれが生じた際、補正係数及び第2の光信号の受信レベルに基づいて送信手段及び/又は受信手段の向きを調整し光軸を合わせる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光受信機に対して送信手段から光送信する第 1 の光信号の光軸を調整する光送信機において、

複数の受信素子によって構成され、前記光軸を調整するための第 2 の光信号を前記光受信機から受信する受信手段と、

前記第 2 の光信号の光軸のずれを補正する際の基準となる補正係数を記憶する記憶手段と、

前記受信手段の各前記受信素子によって受信された前記第 2 の光信号の受信レベルが所定の条件を満たしているか否かを判断する判断手段と、

10

前記判断手段によって前記所定の条件を満たさないと判断された場合に、前記所定の条件を満たすように前記受信手段及び / 又は前記送信手段の向きを調整し、また前記判断手段によって前記所定の条件を満たすと判断された場合であって、前記受信手段によって受信された前記第 2 の光信号に前記送信手段が送信した前記第 1 の光信号に対する受信エラーを示す受信エラーレート情報が含まれている場合に、前記受信エラーが無くなるように前記受信手段及び / 又は前記送信手段の向きを調整し、光軸を合わせる調整手段とを備え、

前記調整手段は、光軸が合わせられた後に前記光軸のずれが生じた際、前記記憶手段に記憶された前記補正係数、及び前記光軸のずれが生じた後に前記受信手段によって受信される前記第 2 の光信号の受信レベルに基づいて、前記受信手段及び / 又は前記送信手段の向きを調整し、光軸を合わせることを特徴とする光送信機。

20

【請求項 2】

光受信機に対して送信手段から光送信する第 1 の光信号の光軸を調整する光送信機において、

複数の受信素子によって構成され、前記光軸を調整するための第 2 の光信号を前記光受信機から受信する受信手段と、

前記第 2 の光信号の光軸のずれを補正する際の基準となる第 1 の補正係数を記憶する第 1 の記憶手段と、

前記受信手段の各前記受信素子によって受信された前記第 2 の光信号の受信レベルが所定の条件を満たしているか否かを判断する判断手段と、

30

前記判断手段によって前記所定の条件を満たさないと判断された場合に、前記所定の条件を満たすように前記送信手段及び / 又は前記受信手段の向きを調整し、また前記判断手段によって前記所定の条件を満たすと判断された場合であって、前記受信手段によって受信された前記第 2 の光信号に前記送信手段が送信した前記第 1 の光信号に対する受信エラーを示す受信エラーレート情報が含まれている場合に、前記受信エラーが無くなるように前記送信手段及び / 又は前記受信手段の向きを調整し、光軸を合わせる調整手段と、

前記調整手段によって光軸が合わせられた際の前記第 2 の光信号の受信レベルの情報に基づいて、前記光軸のずれを補正する際の基準となる第 2 の補正係数を算出する算出手段と、

前記算出手段によって算出された前記第 2 の補正係数を記憶する第 2 の記憶手段とを備え、

40

前記調整手段は、光軸が合わせられた後に前記光軸のずれが生じた際、前記第 2 の記憶手段に前記第 2 の補正係数が記憶されている場合には、前記光軸のずれが生じた後に前記受信手段によって受信される前記第 2 の光信号の受信レベル及び前記第 2 の補正係数に基づいて前記第 2 の光信号の受信レベルを補正し、前記第 2 の記憶手段に前記第 2 の補正係数が記憶されていない場合には、前記受信手段によって受信される前記第 2 の光信号の受信レベル及び前記第 1 の記憶手段に記憶された前記第 1 の補正係数に基づいて前記第 2 の光信号の受信レベルを補正し、

前記判断手段は、補正された前記第 2 の光信号の受信レベルが前記所定の条件を満たしているか否かを判断し、

50

前記調整手段は、前記判断手段によって前記所定の条件を満たすと判断された場合、前記受信手段によって受信される前記第2の光信号に、前記所定の条件を満たすと判断された後に前記送信手段が送信した前記第1の光信号に対する受信エラーを示す受信エラーレート情報が含まれている場合に、前記受信エラーが無くなるように前記送信手段及び/又は前記受信手段の向きを調整し、光軸を合わせることを特徴とする光送信機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光無線伝送装置を構成する光送信機と光受信機との間の光軸を合わせる光送信機に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来から、光を用いて情報の空間伝送を行う光無線伝送技術がある。光無線伝送は一般的に赤外光が用いられ、その発光素子として発光ダイオードやレーザダイオードなどの半導体発光素子が用いられている。このような光無線伝送において、送受信間距離を十分にとりたい場合は、受信機側に十分な光レベルを入射させるように送信機から発する光ビームの指向角を鋭く絞る必要がある。この場合、送信機及び受信機の光軸を合わせておかなければならないが、指向角の狭い光ビームを用いることや光ビームに目に見えない赤外光を用いることなどから、光無線伝送装置の光軸合わせは大変煩わしい作業である。そこで、光軸合わせを容易に行えるような光無線伝送装置が下記の特許文献1に開示されている。

この特許文献1に開示されている光無線伝送装置は、送信装置から可視光をピンポイントに絞って信号伝送用の赤外光と同一光軸、あるいは平行光軸にして一緒に送り、受信装置側に設けた可視光反射手段に当てるものであり、可視光反射手段により反射させられた可視光を操作者が見ながら送信装置の光軸調整を行う。また、この他の技術としては送信装置に照準機を設置して、その照準機を見ながら光軸を合わせる光無線伝送装置や、受信装置側に受光レベル検出用測定器を接続して二人一組で光軸合わせを行う光無線伝送装置もある。また、受光装置側に光軸調整用の光源を用いて、送信装置からの送信光の受信レベル情報を折り返し、それに応じて光軸を合わせるものが下記の特許文献2に開示されている。

20

【特許文献1】特開昭62-110339号公報(図1、図2)

30

【特許文献2】特開平7-131422号公報(図1)

【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、特許文献1に開示された光無線伝送装置は、送信装置に光無線伝送の目的以外に使用する可視光を発生させる構成を必要としている。送受信装置間の距離を十分にとりたい場合などは、この可視光の発光出力を十分大きいものにしなくてはならず、またその構成を追加する必要があるため、送信装置のコストアップとなってしまいう上、装置が大型になってしまうという問題がある。これは、送信装置に照準機を設置する場合も同様である。また、可視光の光軸や、照準機の照準と信号伝送用の赤外光の光軸とを厳密に合わせる必要があることもコストアップの要因となる。また、受光レベル検出用測定器を受信装置に接続して二人一組で行う場合においても、受光レベル検出用測定器を用意する必要があり、人手を要するなどの欠点があった。このように、従来の光無線伝送装置は、光軸合わせを簡単化しようとする、送受信装置のコストアップや大型化を招き、送受信装置のコストダウンや小型化を行おうとすると、光軸合わせの作業に手間がかかるなどの欠点を有していた。

40

【0004】

また、特許文献2に開示された技術では、上述した問題点の解決を図っているが、受信機に取り付けられた光軸調整用の光送信素子からパイロット信号としての送信光を、送信機に搭載した単一の受光素子で受光し、その受光レベルと送信機からの信号伝送用の送信

50

光の受信機での受信レベルのみを基準に光軸を調整している。このため、人がこの情報を基にレベル表示装置などを用いて光軸を調整する場合には十分その手間を簡単化することができるが、自動で光軸を調整する場合は不要な動作が多くなってしまふ。その理由は、単純に単一の受光素子で得られる光軸調整用の送信光のレベルだけでは上下左右どちらに受信機が有るかを判別することはできない。そのため自動で光軸を調整するためには必ず一度やみくもに動かし、受光レベルと比較して自身の動いた方向が正しいかどうかを判定しなければならず、動いてみてから判断しなければならない。これでは、無駄な動きが多くなってしまひ、メカ駆動に要する時間を考えると、高速な自動光軸合わせの足かせとなってしまうという問題がある。

【0005】

10

以上のようなことを考慮して、おおまかな(粗い)方向へ調整した後に、受信機から受信する送信機が送信した光信号に対する送達情報を基に光軸を合わせるという考えもある。特に、狭い指向角の送信光を用いる場合には、初期段階での粗い調整の精度が重要となってくる。しかしながら、実際の光無線伝送装置では、組み立て誤差や部品のばらつきなどから生じる光軸調整誤差や、外装や光フィルタが光送受信部の前面に取り付けられることによる外装などでの光信号の屈折による光軸調整誤差が発生し、特に送信光が狭い指向角である場合にはその影響は無視できず、光軸のずれによって送信が不能となってしまうケースも起こり得る。

【0006】

20

また、上述した受信機から送信される送達情報によって送信機が光軸調整をするものにおいても、送信機が送信中に動いてしまひわずかに光軸がずれてしまった場合、光軸を再調整する必要があるが、その際に、送信機はいずれの方向に送信機を動かせばよいかは送達情報のみで類推することは困難である。そのために、光軸の再調整を無作為に行いながら光軸の合う位置を探すようになり、必ずしも速やかに光軸の合う位置に復帰できるとは限らない。

【0007】

本発明は、上記問題を解決するためのものであり、狭い指向角の送信光を使用するような光無線伝送装置でも簡単に光軸合わせをすることが可能であり、使用中の光軸のずれにおいても速やかに再調整することができる光送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】

30

【0008】

上記目的を達成するために、本発明によれば、光受信機に対して送信手段から光送信する第1の光信号の光軸を調整する光送信機において、複数の受信素子によって構成され、前記光軸を調整するための第2の光信号を前記光受信機から受信する受信手段と、前記第2の光信号の光軸のずれを補正する際の基準となる補正係数を記憶する記憶手段と、前記受信手段の各前記受信素子によって受信された前記第2の光信号の受信レベルが所定の条件を満たしているか否かを判断する判断手段と、前記判断手段によって前記所定の条件を満たさないと判断された場合に、前記所定の条件を満たすように前記受信手段及び/又は前記送信手段の向きを調整し、また前記判断手段によって前記所定の条件を満たすと判断された場合であって、前記受信手段によって受信された前記第2の光信号に前記送信手段が送信した前記第1の光信号に対する受信エラーを示す受信エラーレート情報が含まれている場合に、前記受信エラーが無くなるように前記受信手段及び/又は前記送信手段の向きを調整し、光軸を合わせる調整手段とを備え、前記調整手段は、光軸が合わせられた後に前記光軸のずれが生じた際、前記記憶手段に記憶された前記補正係数、及び前記光軸のずれが生じた後に前記受信手段によって受信される前記第2の光信号の受信レベルに基づいて、前記受信手段及び/又は前記送信手段の向きを調整し、光軸を合わせることを特徴とする光送信機が提供される。ここで、所定の条件とは、例えば4つの受信素子(以下、受光素子とも言う)からなる受信手段が受信する第2の光信号の受信レベルのそれぞれが同一であることを言う。また、送信手段は、後述する第1の光送信手段9に相当するものである。

40

50

【 0 0 0 9 】

また、本発明によれば、光受信機に対して送信手段から光送信する第1の光信号の光軸を調整する光送信機において、複数の受信素子によって構成され、前記光軸を調整するための第2の光信号を前記光受信機から受信する受信手段と、前記第2の光信号の光軸のずれを補正する際の基準となる第1の補正係数を記憶する第1の記憶手段と、前記受信手段の各前記受信素子によって受信された前記第2の光信号の受信レベルが所定の条件を満たしているか否かを判断する判断手段と、前記判断手段によって前記所定の条件を満たさないと判断された場合に、前記所定の条件を満たすように前記送信手段及び/又は前記受信手段の向きを調整し、また前記判断手段によって前記所定の条件を満たすと判断された場合であって、前記受信手段によって受信された前記第2の光信号に前記送信手段が送信した前記第1の光信号に対する受信エラーを示す受信エラーレート情報が含まれている場合に、前記受信エラーが無くなるように前記送信手段及び/又は前記受信手段の向きを調整し、光軸を合わせる調整手段と、前記調整手段によって光軸が合わせられた際の前記第2の光信号の受信レベルの情報に基づいて、前記光軸のずれを補正する際の基準となる第2の補正係数を算出する算出手段と、前記算出手段によって算出された前記第2の補正係数を記憶する第2の記憶手段とを備え、前記調整手段は、光軸が合わせられた後に前記光軸のずれが生じた際、前記第2の記憶手段に前記第2の補正係数が記憶されている場合には、前記光軸のずれが生じた後に前記受信手段によって受信される前記第2の光信号の受信レベル及び前記第2の補正係数に基づいて前記第2の光信号の受信レベルを補正し、前記第2の記憶手段に前記第2の補正係数が記憶されていない場合には、前記受信手段によって受信される前記第2の光信号の受信レベル及び前記第1の記憶手段に記憶された前記第1の補正係数に基づいて前記第2の光信号の受信レベルを補正し、前記判断手段は、補正された前記第2の光信号の受信レベルが前記所定の条件を満たしているか否かを判断し、前記調整手段は、前記判断手段によって前記所定の条件を満たすと判断された場合、前記受信手段によって受信される前記第2の光信号に、前記所定の条件を満たすと判断された後に前記送信手段が送信した前記第1の光信号に対する受信エラーを示す受信エラーレート情報が含まれている場合に、前記受信エラーが無くなるように前記送信手段及び/又は前記受信手段の向きを調整し、光軸を合わせることを特徴とする光送信機が提供される。

10

20

【 発明の効果 】

【 0 0 1 0 】

本発明の情報表示サーバは、上記構成を有し、狭い指向角の送信光を使用するような光無線伝送装置でも簡単に光軸合わせをすることが可能であり、使用中の光軸のずれにおいても速やかに再調整することができる。

30

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 1 】

< 第1の実施の形態 >

以下、本発明の第1の実施の形態について図1から図9を用いて説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態に係る光送信機と光受信機の構成を示す図である。図2は、本発明の第1の実施の形態に係る光送信機を含む光無線伝送装置を示す模式図である。図3は、本発明の第1の実施の形態に係る光送信機における光受信機の方角を検出する原理を説明するための図である。図4Aは、本発明の第1の実施の形態に係る光送信機における光受信機の方角を検出する原理を説明するための図である。図4Bは、本発明の第1の実施の形態に係る光送信機における光受信機の方角を検出するために用いられる受光レベルの関係を示す表である。図5は、本発明の第1の実施の形態に係る光送信機と光受信機との間の光軸のずれがない場合の光無線伝送装置について説明するための図である。図6は、本発明の第1の実施の形態に係る光送信機と光受信機との光軸のずれがある場合の光無線伝送装置について説明するための図である。図7は、本発明の第1の実施の形態に係る光送信機に外装がある場合の光軸のずれを説明するための図である。図8は、本発明の第1の実施の形態に係る光送信機の制御部の構成を示す図である。図9は、本発明の第1の実施の形態に係る光送信機における光軸調整の動作フローを示すフローチャートである。

40

50

【 0 0 1 2 】

まず、本発明の第 1 の実施の形態に係る光送信機を含む光無線伝送装置について図 2 を用いて説明する。光無線伝送装置は、映像制御装置 5 3 に設置された光送信機 1 から光無線により伝送されるデジタル映像信号データを、映像表示装置 5 4 側に設置された光受信機 1 6 によって受信し、映像表示装置 5 4 に映像を表示させるものである。ここで、映像表示装置 5 4 は、例えばプラズマ・ディスプレイ・パネル (P D P) テレビのような高品位表示装置である。また、映像制御装置 5 3 は、例えばチューナーである。

【 0 0 1 3 】

光無線伝送装置は、光送信機 1 から放たれる第 1 の光送信信号 (以下送信光とも言う) 4 0 によって光受信機 1 6 へデータを伝送するものであり、限られた光パワーで効率的にデータを伝送するために、送信光 4 0 は狭い送信指向角度において行うものであり、送信光 4 0 を光受信機 1 6 へ正確に当てることが重要な伝送条件となっている。このことから、送信光 4 0 を光受信機 1 6 へ合わせることを要求される光無線伝送装置では光軸調整という概念 (機能) が求められる。さらに、光送信機 1 はチューナーなどの映像制御装置 5 3 側に設置されるため、実用上、日常生活での衝撃、例えば掃除などによっても位置 (光軸) がずれてしまうこともあり、そのたびにユーザが精密な光軸調整を行うことは、使用快適度を著しく妨げるものである。そこで、光送信機 1 には自動的に光軸を調整する機能があることが望ましく、使用中に光軸のずれが生じてても、速やかに自動的に光軸を再調整できることが望ましい。また、このような光送信機 1 に自動光軸調整機能を持たせるためには、光受信機 1 6 側に、光送信機 1 が光軸を調整するための第 2 の光送信信号、例えばパイロット光 4 1 を放射する手段が装備されることになる。

【 0 0 1 4 】

次に、本発明の第 1 の実施の形態に係る光送信機及び光受信機の構成について図 1 を用いて説明する。まず、光受信機 1 6 の構成について説明する。光受信機 1 6 では、光送信機 1 の第 1 の光送信手段 9 によって空間伝送される第 1 の光送信信号 4 0 を受光するための、比較的広い指向角の第 1 の光受信手段 1 7 が第 1 の光送信信号 4 0 を受信し、受光回路 1 8 が受信した第 1 の光送信信号 4 0 に電氣的に増幅するなどの処理をし、二値化回路 1 9 が増幅された第 1 の光送信信号 4 0 をデジタル信号化し、シンボル復号回路 2 1 が復号化を行い、不図示の受像装置などの外部装置へ送信する。ここで、第 1 の光受信手段 1 7 は、例えば P D (Photo Diode)、A P D (Advanced Photo Diode)、集光レンズなどで構成されたものである。また、シンボル復号回路 2 1 は、例えば 1 0 B 8 B 変換回路である。

【 0 0 1 5 】

また光受信機 1 6 では、光送信機 1 が光軸を調整するために広い指向角を有する第 2 の光送信手段 2 9 が、光送信機 1 に対して第 2 の光送信信号 4 1 を送信する。ここで、第 2 の光送信手段 2 9 は、例えば L E D (Light Emitting Diode) 又は L E D にレンズを加えたものである。また、第 2 の光送信信号 4 1 は、例えばパイロット光である。さらに、第 2 の光送信手段 2 9 は、第 1 の光受信手段 1 7 で受信した第 1 の光送信信号 4 0 に対する受信エラーを示す受信エラーレート情報を送信する機能も兼ね備えており、光受信機 1 6 では、第 1 の光受信手段 1 7 で受信され、二値化回路 1 9 でデジタル化された第 1 の光送信信号 4 0 のエラー検出を行っている。このエラー検出にシンボルエラー検出回路 2 4 が用いられている。ここで検出されるエラーをエラーレート算出回路 2 5 が一定時間監視 (カウント) し、その結果を第 2 の光送信手段 2 9 で伝送するためにエラーレートパケット生成回路 2 6 がパケット化し、変調回路 2 7 がパケットに応じて変調を加え、発光素子ドライバ 2 8 に送る。これにより、第 2 の光送信手段 2 9 を用いて、光送信機 1 から送信されてくる第 1 の光送信信号 4 0 の受信状況を光送信機 1 に送っている。

【 0 0 1 6 】

また、光受信機 1 6 において受信された第 1 の光送信信号 4 0 のエラー検出をする際に、第 1 の光送信信号 4 0 を一定レベル以上で受信していない場合には、エラーの検出を見合わせるために、信号レベル検出回路 2 0 は、第 1 の光受信手段 1 7 及び受光回路 1 8 で

受けた光信号の受信レベルを監視し、エラーレートパケットの発生を停止させる。

【0017】

次に、本発明の第1の実施の形態に係る光送信機について説明する。光送信機1では、不図示の外部のデータ発生機器から送られる映像信号などの信号を受信し、その信号を符号化回路2が符号化し、符号化された信号を二値化回路3が光送信可能な二値化デジタル信号に変換し、発光素子ドライバ4へ送る。発光素子ドライバ4は、二値化された信号を光伝送するために第1の光送信手段9をドライブして、指向角の狭い送信光として光受信機16へデータを空間伝送する。ここで、符号化回路2は、例えば8B10B変換回路である。また、第1の光送信手段9は、例えばLEDやLD(Laser Diode)、集光レンズなどで構成されたものである。

10

【0018】

また、光送信機1には、光受信機16の光軸調整用に搭載された第2の光送信手段29によって送信される第2の光送信信号41を受信するための第2の光受信手段10が存在する。ここで、第2の光受信手段10は、例えば複数の受光素子で構成されている。受光回路11は、各受光素子で受信された受信信号を電氣的に増幅させるなどの処理を加える。この受光回路11によって処理された受信信号を制御部5が信号セレクト回路12を用いて特定の受信信号のみを選択し、受信レベル検出回路15がその受信レベルを検出し、制御部5へその結果を引き渡す。さらに、制御部5によって信号セレクト回路12で選択される受信信号は、復調回路13で復調し、光受信機16側での第1の光送信信号40の受信エラーレート情報を得るために、パケット検出・解析手段14が光受信機16からの

20

【0019】

ここで、制御部5は、光送信機1の光軸を光受信機16へ合わせるために適時、信号セレクト回路12を用いて必要な第2の光受信手段10による受信信号を選択し、受信レベル検出回路15や光受信機16から送られてくる受信エラーレート情報をパケット検出・解析手段14によって得て、これらの情報を基に駆動制御部6を制御し、駆動手段7、8を制御し、第1の光送信手段9及び第2の光受信手段10の向きを調整する。また、制御部5は、受信レベル検出回路15からの情報を基に、第1の光送信信号40が光軸合わせ中に不用意に周辺に放出することを防止するように発光素子ドライバ4を制御している。ここで、制御部5は、例えばMPUやDSP(Digital Signal Processor)などである。

30

【0020】

次に、上述した図2のような第2の光送信手段29によって発光される第2の光送信信号41をパイロット光として、光送信機1が第2の光受信手段10を用いて光受信機16の方向を検出する基本的原理の一例を図3、図4A及び図4Bの表を用いて説明する。まず、ここでは、光送信機1が備える第2の光受信手段10が図3に示すような4個のPD素子からなり、それらが1つのレンズで封入された場合について説明する。図3に示すように、4分割PDは、4つのPD1、PD2、PD3、PD4が1つの光学レンズの中に収められている。この素子は、光の入射方向によって各受光素子PD1、PD2、PD3、PD4の受光レベル(以下、受信レベルとも言う)が変化するものであり、図3ではその原理を3つのパターン(a)、(b)、(c)に分けて示している。

40

【0021】

図3の(a)の場合は、4分割PDに対して光源300が左側(PD1及びPD3側)に位置している場合であり、この場合には各PDが封入されるレンズによって入射光はPD2及びPD4側へ集光することになり、その結果として各受光レベルの関係はPD1 < PD2、PD3 < PD4となる。図3の(b)の場合は、光源300が4分割PDの正面に位置する場合であり、この場合は各PDの位置する中央に集光されるため、各受光レベルの関係は、PD1 = PD2、PD3 = PD4となる。図3の(c)の場合は、4分割PDに対して光源300が右側(PD2、PD4側)に位置している場合であり、この場合には各PDが封入されるレンズによって入射光はPD1及びPD3側へ集光することにな

50

り、その結果として各受光レベルの関係は、 $PD1 > PD2$ 、 $PD3 > PD4$ となる。

【0022】

このことから、4分割PDのような受光素子の特性を利用して光源300の位置する方向を受光素子の各受光レベルを比較することで知ることができる。このことを利用して方向合わせについての動作の一例を図4A及び図4Bの表を用いて説明する。図4Aには、光送信機1が搭載する受光素子PD1、PD2、PD3、PD4からなる第2の光受信手段10が示されており、第2の光受信手段10から見て光受信機16がどこにあるかを示したものである。なお、図4A中では、光受信機16の位置を第2の光送信手段29の位置として「光源」として表記している。

【0023】

ここで、光送信機1から見て図4Aに示す光源300の位置Aの方向に光受信機16がある場合、光送信機1の第2の光受信手段10のPD1の受信レベルをSL1、PD2の受信レベルをSL2、PD3の受信レベルをSL3、PD4の受信レベルをSL4とすると、図4Bの表に示すようにおおよそ $SL1 = SL2 < SL3 = SL4$ という関係になる。このことから、制御部5は、これら第2の光受信手段10から得られる受信レベルを比較し、 $SL1 = SL2 < SL3 = SL4$ の関係から光受信機16が上方にあると判断し、駆動制御部6に第1の光送信手段9及び第2の光受信手段10が上を向くように制御信号を出す。同様に、位置AからBに光受信機16がある場合には、図4Bの表に示すような関係がSL1からSL4の間で発生し、制御部5はこれらの関係を見ながら第1の光送信手段9及び第2の光受信手段10を制御し、このような制御を繰り返すことで光送信機1の第2の光受信手段10の各受信レベルSL1からSL4がすべて同じ値になる位置まで光送信機1を動かすことにより、光送信機1は、光受信機16をおおよそ捕らえたことになる。

【0024】

しかしながら、実際の光無線伝送装置においては、上述したような第2の光受信手段10による第2の光送信信号41（パイロット光）の受光レベルの情報のみでは正確な光軸合わせは難しく、量産時の組立調整などにおいては大きな負担が生じている。特に、データ伝送速度を高め、かつ伝送距離を長く取りたい場合などでは、第1の光送信信号40の放射指向角を狭くする必要があり、一層正確な光軸合わせが求められる。そのため、このような光無線伝送装置において、上述したパイロット光の受光レベルの情報のみによる光軸調整では十分ではない。十分でないことを図5から図7を用いて説明する。

【0025】

まず、図5に示すように、光送信機1の第1の光送信手段9と第2の光受信手段10とが一枚の基板44上に設置され、送信軸及び受信軸が平行に保たれている。さらに、光受信機16の第1の光受信手段17と第2の光送信手段29とが基板45上に設置され、送信軸及び受信軸が平行に保たれている。光送信機1及び光受信機16の光学素子の送受信軸が平行に確保されている場合には、光送信機1の第2の光受信手段10における受光軸50を光受信機16の第2の光送信手段29へ向ける（すなわち、4分割PDの各PDの受光レベルが一致するようにする）ことで、結果的に光送信機1の第1の光送信手段9から放出される第1の光送信信号40は、光受信機16の第1の光受信手段17へ当てることが可能となり、第1の光受信手段17によって第1の光送信信号40を受信することが可能となる。すなわち、この状態は、光送信機1と光受信機16との光軸が合っている状態である。

【0026】

しかしながら、上述したように、図5のような各光学素子の受発光軸を正確に平行にすることは非常に困難で、各素子自体の軸ずれのばらつきや組立時の組立誤差などによって軸の平行を確保することが量産工程において大きな負担となる。そこで、一般に各軸の平行が確保されない場合について図6を用いて説明する。図6は、第2の光受信手段10の受光軸50及び第1の光送信手段9の発光軸51が基板44への素子取り付け時に平行が確保できていない場合であって、第2の光受信手段10の受光軸50を光受信機16の第

10

20

30

40

50

2の光送信手段29へ合わせた場合における光送信機1と光受信機16との間の光軸のずれの様子を示している。なお、図6の(a)には、第1の光送信信号40が比較的広い指向角で放出される場合が示されており、図6の(b)には、第1の光送信信号40が狭い指向角で放出される場合が示されている。

【0027】

これらからわかるように、第1の光送信手段9の発光軸51と第2の光受信手段10の受光軸50の平行が確保されていない状況では、たとえ第2の光受信手段10の受光軸50を光受信機16の第2の光送信手段29へ合わせても、光送信機1の第1の光送信手段9の発光軸51は光受信機16の第1の光受信手段17からそれてしまう。図6の(a)に示すように、第1の光送信信号40の放射指向角が比較的広い場合には各軸が多少ずれても第1の光送信信号40が第1の光受信手段17を捕らえることができるかもしれない。しかし、図6の(b)に示すように、伝送速度、伝送距離が求められる光無線伝送装置では第1の光送信信号40の放射指向角を狭くする必要があり、このような光無線伝送装置では、わずかな軸のずれにおいても第1の光送信信号40が第1の光受信手段17からそれてしまい、伝送路を確保できないことがあり大きな問題となる。

10

【0028】

また、上述したような各光学素子の軸のずれが原因となる光送信機1及び光受信機16間での光軸のずれに加えて、実際の光無線伝送装置を考慮すると、透過光学フィルタなどの外装での光の屈折などによる軸のずれ問題なども挙げられる。これについて、図7を用いて説明する。図7では、光送信機1及び光受信機16の各光学受発光手段の間に外装などとして取り付けられた透過板42が存在する場合について説明する。光送信機1と光受信機16との間に不要な外乱光の除去などを目的とした光学フィルタなどの透過板42がある場合、光受信機16からの第2の光送信信号41は透過板42で屈折することになり、光送信機1の第2の光受信手段10は第2の光送信信号41が図7中に示した第2の光送信手段29の虚像39の位置から放たれているように認識する。これによって、光送信機1は第2の光受信手段10の受光軸50を虚像39の方向に向けることとなり、光送信機1の第1の光送信手段9から放たれる第1の光送信信号40を光受信機16の第1の光受信手段17へ当てることができず、異なる方向へ第1の光送信信号40を放つことになる。

20

【0029】

以上説明したように、光送信機1と光受信機16との光通信光軸を合わせるためには、図3、図4A及び図4Bの表を用いて説明したように一方が放つパイロット光を、他方が4分割PD素子などによって受光し、そのレベル情報に基づいて方向合わせをするだけでは正確な光軸調整が困難であり、狭い指向角の光を用いる光無線伝送装置の実現には不十分である。このため、狭い指向角の光を用いた光無線伝送装置では、図2で説明したように、光受信機16側が光送信機1からの第1の光送信信号40の受信状態の送達情報を折り返し返信することで、光送信機1は最終的にこの光受信機16からの送達情報を基に光受信機16との光軸を一致させる仕組みを有している。

30

【0030】

すなわち、光送信機1は、光受信機16へ通信光軸を合わせるために、まずパイロット光の受信レベルの情報に基づいて、素早く第2の光受信手段10及び/又は第1の光送信手段9を光受信機16の方向へ向け、その後、光受信機16から第1の光送信信号40の受信状況を知らせる送達情報に基づいて、光受信機16の第1の光受信手段17が第1の光送信信号40を正しく受信できるようになるまで光受信機16との間の通信光軸を調整する。

40

【0031】

ここで、光送信機1が光受信機16との間の通信光軸を最終的に合わせるためには、光受信機16からの受信状況(送達情報)を基にした光軸調整が必要であるが、このような光軸調整(以下、送達確認光軸調整とも言う)では光受信機16の方向を知ることはできず、速やかに通信光軸のずれの調整を実現することは難しく、ある程度の時間をかけな

50

ればならない。ここで、送達情報は上述した受信エラーレート情報を含むものである。また、送達確認光軸調整では、上述したように光受信機16の方向が不明であるため、場合によっては正しい方向とは逆の方向へ調整してしまうようなケースも生じ、それを踏まえて最終的な光軸が一致する位置を見つけ出すことになる。もちろん、方向調整移動アルゴリズムなどを工夫することで、ある程度スムーズな送達確認光軸調整が可能となることが予想されるが、処理が重くなり制御部5への負担や処理速度に起因して結果として高速な調整が期待できないことも考えられる。

【0032】

また、図2のような光無線伝送装置では、使用中に光送信機1がわずかにずれてしまったりして映像の一部が乱れるようなことが起こり得る。このような場合に、送達確認光軸調整で送信光軸を再調整すると、最初の調整である初動作において、必ずしも映像の乱れが回復できる方向へ調整されるとは限らず、場合によってはいったん映像が一層乱れる方向に動いてしまうこともあり、ユーザにとっては使用上不快なものになってしまう。

【0033】

そこで、本発明では、いったん送達確認光軸調整を用いて光送信機1と光受信機16との間の送信光軸を合わせた後に衝撃や信号などによって光送信機1がずれて光軸がずれた場合には、送達確認光軸調整で光軸を再調整するのではなく、第2の光送信信号41の受光レベルによって方向判断する光軸調整を行うことにより、比較的速やかに光軸を調整し、伝送路を回復するものである。これによって、ユーザは上述したような使用時に光軸の再調整が発生しても不快感がなく光軸の復旧を待つことができる。

【0034】

ただし、上述したように、光送信機1と光受信機16との間の送信光軸の再調整時における第2の光送信信号41の受光レベルの情報による方向合わせでは、図6及び図7で説明したように各光学素子の送受信軸の組み立て時のずれや外装での光の屈折の影響などがあるため、必ずしも第2の光受信手段10の各受光素子における第2の光送信信号41の受光レベルの一致するところが光軸の一致する位置とは限らない。そこで、本発明では、いったん送達確認光軸調整によって光軸が合ったならば、あらかじめ光送信機1に記憶された第1補正係数を用いてパイロット光の受光レベルを補正し、迅速、かつ正確に光軸を合わせることを可能とする。ここで、第1補正係数とは、例えば光軸がずれた後、光軸がおおよそ合うように光軸のずれた後に受信する受光レベルに乗算するための、初期時に設定される係数を言うがこれに限られるものではない。

【0035】

図8には、本発明の第1の実施の形態に係る光送信機1の構成の一部が示されている。図8に示すように、制御部5は、第2の光送信信号であるパイロット光41の第2の光受信手段10における各PD素子での受光レベルを基に、第2の光受信手段10及び/又は第1の光送信手段9の方向調整をし、光受信機16からの受信状況(送達情報)に基づいて通信光軸を正確に合わせた後、使用中に何らかの原因で通信光軸がずれた場合に、第1補正係数により第2の光受信手段10の各PD素子の受光レベルを補正する。

【0036】

また、制御部5は第2の光受信手段10及び第1の光送信手段9の方向を駆動制御するための光軸調整制御部35を有している。光軸調整制御部35は、第2の光受信手段10及び/又は第1の光送信手段9の方向を変えるごとに、第2の光受信手段10の各受光素子で受信される信号を順次選択させるために信号セレクト回路12を制御し、第1補正係数記録メモリ37から第1補正係数を読み出し、レベル補正演算部36へ引き渡す。レベル補正演算部36は、受信レベル検出回路15から送られる各受光素子(PD1、PD2、PD3、PD4)の受光レベルを第1補正係数記録メモリ37から得た第1補正係数で乗じ(演算し)て、光軸調整制御部35へ送る。

【0037】

光軸調整制御部35は、レベル補正演算部36から送られる補正処理された各受光素子(PD1、PD2、PD3、PD4)の受光レベルを比較し、それに応じて駆動手段7、

10

20

30

40

50

8を制御して第2の光受信手段10及び/又は第1の光送信手段9の向いている方向を変える。このような動作を第2の光受信手段10の各受光素子の補正後の受光レベルが一致するまで繰り返すことにより光送信機1の光軸を光受信機16へ合わせる。

【0038】

次に、本発明の第1の実施の形態に係る光送信機における光軸調整の動作フローについて図9を用いて説明する。まず、制御部5が信号セレクト回路12を制御して第2の光送信信号(パイロット光)41を順次セレクトする(ステップS1)。制御部5は、第1補正係数記録メモリ37から第1補正係数を読み出す(ステップS2)。制御部5のレベル補正演算部36は、受信レベル検出回路15から送られる第2の光送信信号41の受光レベルに読み出された第1補正係数を乗じて(演算して)、受光レベルを補正する(ステップS3)。制御部5は、補正された受光レベルが一定のレベル以上の受光レベルであるかを判定する(ステップS4)。これは、第2の光受信手段10の指向角内に光受信機16があるかを判定することで、外乱光などのノイズ受信による誤判定を避けるためのものである。この判定で一定のレベルを超えた受信が無い場合に、制御部5は第1の光送信手段9の発光を停止させ(ステップS5)、不必要な第1の光送信信号40の放出を避け、周辺外界への配慮をする。制御部5の光軸調整制御部35は、駆動制御部6を制御して駆動手段7、8を駆動させ、第2の光受信手段10及び/又は第1の光送信手段9の方向を駆動する(ステップS6)。

【0039】

また、ステップS4において、一定レベル以上の受光レベルであると判定された場合に、制御部5はすべての受光レベルが一致しているかを判定する(ステップS7)。一致していないと判定された場合には、上述したステップS6の処理が行われる。受光レベルがすべて一致していると判定された場合には、第1の光送信手段9は、第1の光送信信号40を光受信機16へ送信し(ステップS8)、第2の光受信手段10は、第1の光送信信号40に対する送達情報を光受信機16から受信する(ステップS9)。制御部5は、受信した送達情報にエラーがあるかを判定し(ステップS10)、エラーが無いと判定された場合には光軸は合ったということで終了する。一方、ステップS10においてエラーがあると判定された場合に、制御部5の光軸調整制御部35は、エラーの無い位置を探すために第2の光受信手段10及び/又は第1の光送信手段9を方向駆動させる(ステップS11)。なお、上述した実施の形態は一例であり、その構成は適宜変更可能である。

【0040】

<第2の実施の形態>

次に、本発明の第2の実施の形態に係る光送信機について図10及び図11を用いて説明する。本発明の第2の実施の形態に係る光送信機1も上述した本発明の第1の実施の形態に係る光送信機1とほぼ同様の構成及び機能であるため、重複する部分については説明を省略し、相違する部分について説明する。構成上の相違部分は、第2補正係数を記憶する第2補正係数記録メモリ38を有するところである。まず、本発明の第2の実施の形態に係る光送信機1の構成の一部について図10を用いて説明する。図10に示すように、制御部5は、第2の光送信信号(パイロット光)41の第2の光受信手段10における各PD素子での受光レベルを基に、第2の光受信手段10及び/又は第1の光送信手段9の方向調整をし、光受信機16からの受信状況(送達情報)に基づいて通信光軸を正確に合わせた後、通信光軸が正確に合っている状態での第2の光受信手段10の各PD素子の受光レベルから算出した第2補正係数を第2補正係数記録メモリ38に記憶し、使用中に何らかの原因で通信光軸がずれた場合に、第2補正係数記録メモリ38に記憶された第2補正係数により第2の光受信手段10の各PD素子の受光レベルを補正する。ここで、第2補正係数とは、例えば通信光軸が正確に合っている状態における第2の光受信手段10の各PD素子の受信レベルを等しくするような係数を言うがこれに限られるものではない。

【0041】

また、制御部5は第2の光受信手段10及び第1の光送信手段9の方向を駆動制御する

ための光軸調整制御部 35 を有している。光軸調整制御部 35 は、第 2 の光受信手段 10 及び第 1 の光送信手段 9 の方向を変えるごとに、第 2 の光受信手段 10 の各受光素子で受信される信号を順次選択させるために信号セレクト回路 12 を制御し、第 1 補正係数記録メモリ 37 又は第 2 補正係数記録メモリ 38 から各補正係数を読み出し、レベル補正演算部 36 へ引き渡す。ここで、光軸調整制御部 35 は、第 2 補正係数記録メモリ 38 に第 2 補正係数があれば第 2 補正係数をレベル補正演算部 36 へ引き渡し、なければ第 1 補正係数をレベル補正演算部 36 へ引き渡す。レベル補正演算部 36 は、受信レベル検出回路 15 から送られる各受光素子 (PD1、PD2、PD3、PD4) の受光レベルを第 1 補正係数記録メモリ 37 又は第 2 補正係数記録メモリ 38 から得た各補正係数で乗じ (演算し) て、光軸調整制御部 35 へ送る。

10

【0042】

光軸調整制御部 35 は、レベル補正演算部 36 から送られる補正処理された各受光素子 (PD1、PD2、PD3、PD4) の受光レベルを比較し、それに応じて駆動手段 7、8 を制御して第 2 の光受信手段 10 及び / 又は第 1 の光送信手段 9 の向いている方向を変える。このような動作を第 2 の光受信手段 10 の各受光素子の補正後の受光レベルが一致するまで繰り返すことにより光送信機 1 の光軸を光受信機 16 へ合わせる。

【0043】

次に、本発明の第 2 の実施の形態に係る光送信機における光軸調整の動作フローについて図 11 を用いて説明する。まず、制御部 5 が信号セレクト回路 12 を制御して第 2 の光送信信号 (パイロット光) 41 を順次セレクトする (ステップ S1)。制御部 5 は、第 2 補正係数記録メモリ 38 に第 2 補正係数があるか否かを判定し (ステップ S2)、第 2 補正係数があると判定した場合に第 2 補正係数記録メモリ 38 から第 2 補正係数を読み出す (ステップ S3)。制御部 5 のレベル補正演算部 36 は、第 2 補正係数を用いて受光レベルを補正する (ステップ S4)。次に、制御部 5 は、補正された受光レベルが一定のレベル以上の受光レベルであるか否かを判定する (ステップ S5)。これは、第 2 の光受信手段 10 の指向角内に光受信機 16 があるか否かを判定することで、外乱光などのノイズ受信による誤判定を避けるためのものである。この判定で一定のレベルを超えた受信が無い場合に、制御部 5 は第 1 の光送信手段 9 の送信を停止させ (ステップ S6)、不必要な第 1 の光送信信号 40 の放出を避け、周辺外界への配慮をする。制御部 5 の光軸調整制御部 35 は、駆動制御部 6 を制御して駆動手段 7、8 を駆動させ、第 2 の光受信手段 10 及び / 又は第 1 の光送信手段 9 の向きを駆動する (ステップ S7)。

20

30

【0044】

また、ステップ S5 において、一定レベル以上の受光レベルであると判定された場合に、制御部 5 はすべての受光レベルが一致しているか否かを判定する (ステップ S8)。一致していないと判定された場合には、上述したステップ S7 の処理が行われる。受光レベルがすべて一致していると判定された場合には、第 1 の光送信手段 9 は、第 1 の光送信信号 40 を光受信機 16 へ送信し (ステップ S9)、第 2 の光受信手段 10 は、第 1 の光送信信号 40 に対する送達情報を光受信機 16 から受信する (ステップ S10)。制御部 5 は、受信した送達情報にエラーがあるか否かを判定し (ステップ S11)、エラーが無いと判定された場合に、制御部 5 が信号セレクト回路 12 を制御して第 2 の光送信信号 (パイロット光) 41 を順次セレクトする (ステップ S12)。

40

【0045】

制御部 5 は、選択した受光レベルをすべて等しくするような係数である第 2 補正係数を算出し (ステップ S13)、第 2 補正係数を登録、更新する (ステップ S14)。一方、ステップ S11 においてエラーがあると判定された場合に、制御部 5 の光軸調整制御部 35 は、エラーの無い位置を探すために第 2 の光受信手段 10 及び / 又は第 1 の光送信手段 9 を方向駆動させる (ステップ S15)。なお、上述した実施の形態は一例であり、その構成は適宜変更可能である。なお、ステップ S2 において第 2 補正係数がないと判定した場合に第 1 補正係数記録メモリ 37 から第 1 補正係数を読み出し (ステップ S16)、制御部 5 のレベル補正演算部 36 は、受信レベル検出回路 15 から送られる第 2 の光送信信

50

号 4 1 の受光レベルに読み出された第 1 補正係数を乗じて（演算して）、受光レベルを補正する（ステップ S 1 7）。そして、ステップ S 5 以降に続く。

【 0 0 4 6 】

なお、ステップ S 1 2 の後に、制御部 5 のレベル補正演算部 3 6 は、受信レベル検出回路 1 5 から送られる第 2 の光送信信号 4 1 の受光レベルに第 1 補正係数記録メモリ 3 7 から読み出された第 1 補正係数を乗じて（演算して）、受光レベルを補正してからステップ S 1 3 以降を行ってもよい。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 4 7 】

本発明に係る光送信機は、狭い指向角の送信光を使用するような光無線伝送装置でも簡単に光軸合わせをすることが可能であり、使用中の光軸のずれにおいても速やかに再調整することができるため、光無線伝送装置を構成する光送信機と光受信機との間の光軸を合わせる光送信機などに有用である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 8 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る光送信機と光受信機の構成を示す図である。

【 図 2 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る光送信機を含む光無線伝送装置を示す模式図である。

【 図 3 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る光送信機における光受信機の方角を検出する原理を説明するための図である。

【 図 4 A 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る光送信機における光受信機の方角を検出する原理を説明するための図である。

【 図 4 B 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る光送信機における光受信機の方角を検出するために用いられる受光レベルの関係を示す表である。

【 図 5 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る光送信機と光受信機との間の光軸のずれがない場合の光無線伝送装置について説明するための図である。

【 図 6 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る光送信機と光受信機との光軸のずれがある場合の（ a ）第 1 の光送信信号が広い指向角で放出される場合についての図である。（ b ）第 1 の光送信信号が狭い指向角で放出される場合についての図である。

【 図 7 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る光送信機に外装がある場合の光軸のずれを説明するための図である。

【 図 8 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る光送信機の制御部の構成を示す図である。

【 図 9 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る光送信機における光軸調整の動作フローを示すフローチャートである。

【 図 1 0 】 本発明の第 2 の実施の形態に係る光送信機の制御部の構成を示す図である。

【 図 1 1 】 本発明の第 2 の実施の形態に係る光送信機における光軸調整の動作フローを示すフローチャートである。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 9 】

- 1 光送信機
- 2 符号化回路
- 3、19 二値化回路
- 4、28 発光素子ドライバ
- 5 制御部（判断手段、調整手段、算出手段）
- 6 駆動制御部
- 7、8、23 駆動手段
- 9 第 1 の光送信手段（送信手段）
- 10 第 2 の光受信手段（受信手段）
- 11、18 受光回路
- 12 信号セレクト回路

10

20

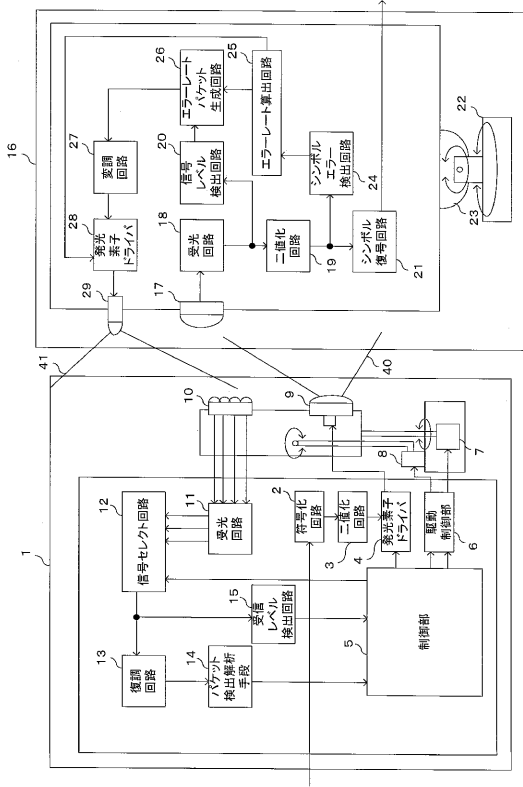
30

40

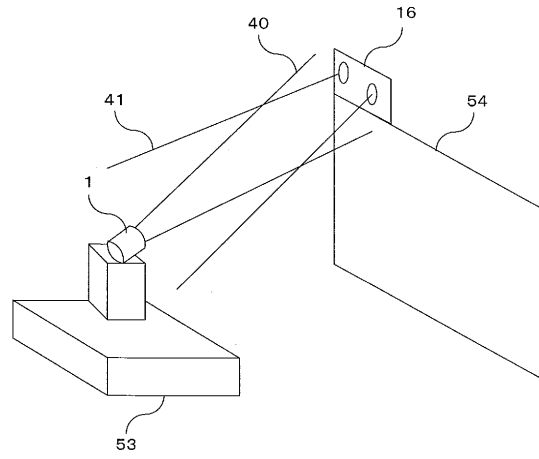
50

1 3	復調回路	
1 4	パケット検出・解析手段	
1 5	受信レベル検出回路	
1 6	光受信機	
1 7	第 1 の光受信手段	
2 0	信号レベル検出回路	
2 1	シンボル復号回路	
2 2	水平可動部	
2 3	垂直可動部	
2 4	シンボルエラー検出回路	10
2 5	エラーレート算出回路	
2 6	エラーレートパケット生成回路	
2 7	変調回路	
2 9	第 2 の光送信手段	
3 0	屈折角	
3 5	光軸調整制御部	
3 6	レベル補正演算部	
3 7	第 1 補正係数記録メモリ (記憶手段、第 1 の記憶手段)	
3 8	第 2 補正係数記録メモリ (第 2 の記憶手段)	
3 9	虚像	20
4 0	第 1 の光送信信号 (送信光)	
4 1	第 2 の光送信信号 (パイロット光)	
4 2	透過板 (光学フィルタ)	
4 4、4 5	基板	
5 0	第 2 の光受信手段の受光軸	
5 1	第 1 の光送信手段の発光軸	
5 2	第 2 の光送信手段の発光軸	
5 3	映像制御装置	
5 4	映像表示装置	
3 0 0	光源	30
P D 1、P D 2、P D 3、P D 4	受光素子	

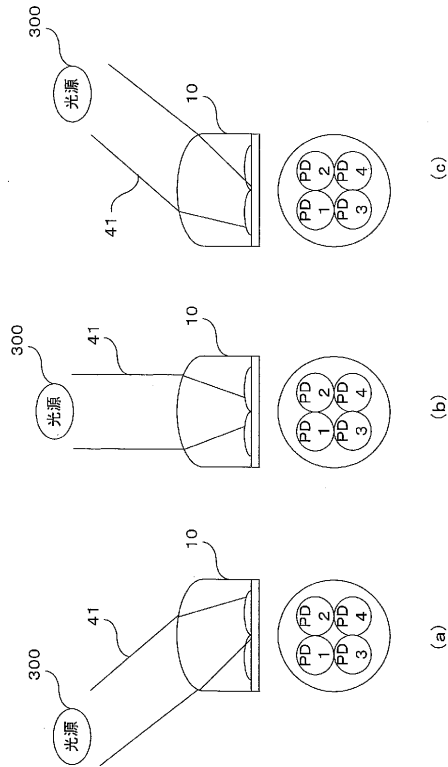
【 図 1 】



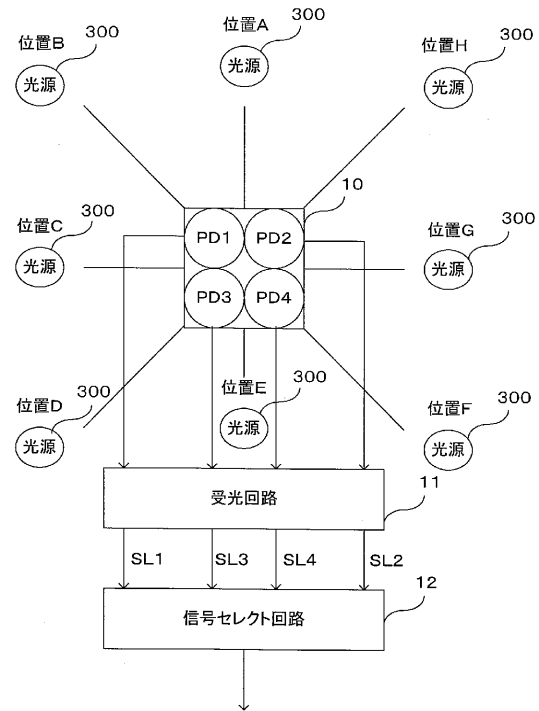
【 図 2 】



【 図 3 】



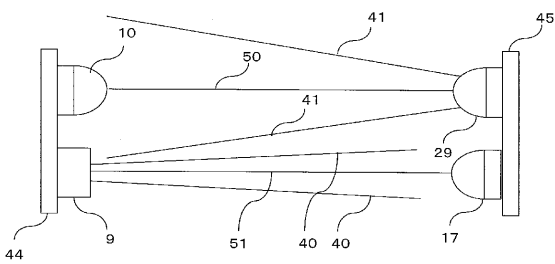
【 図 4 A 】



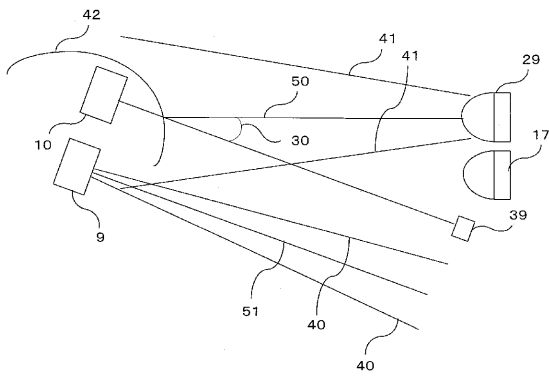
【 図 4 B 】

光源位置	受光レベルの大小関係	駆動方向
位置A	$SL1 = SL2 < SL3 = SL4$	↑
位置B	$SL1 < SL2 = SL3 < SL4$	↙
位置C	$SL1 = SL3 < SL2 = SL4$	←
位置D	$SL3 < SL1 = SL4 = SL2$	↘
光源位置	受光レベルの大小関係	駆動方向
位置E	$SL3 = SL4 < SL1 = SL2$	↓
位置F	$SL4 < SL2 = SL3 = SL1$	↗
位置G	$SL2 = SL4 < SL1 = SL3$	→
位置H	$SL2 < SL1 = SL4 = SL3$	↖

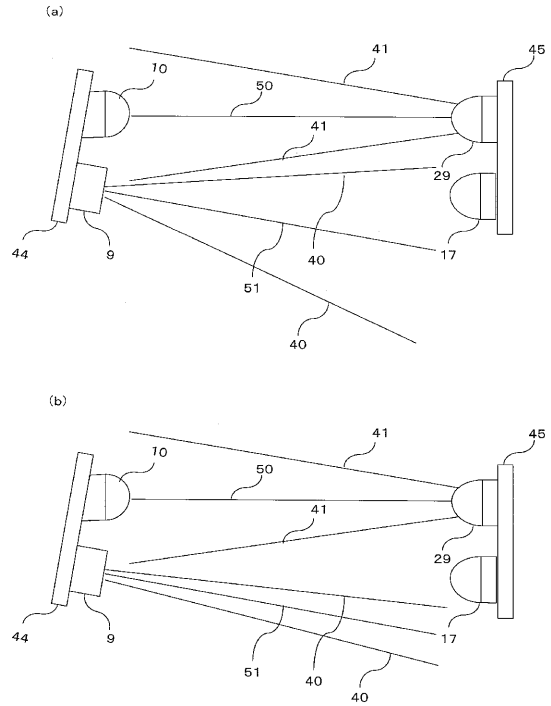
【 図 5 】



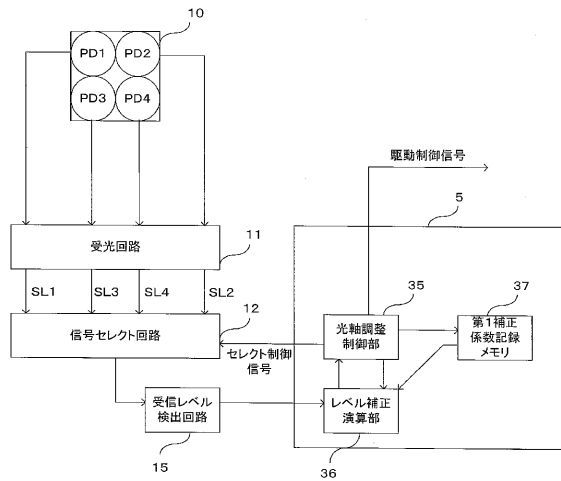
【 図 7 】



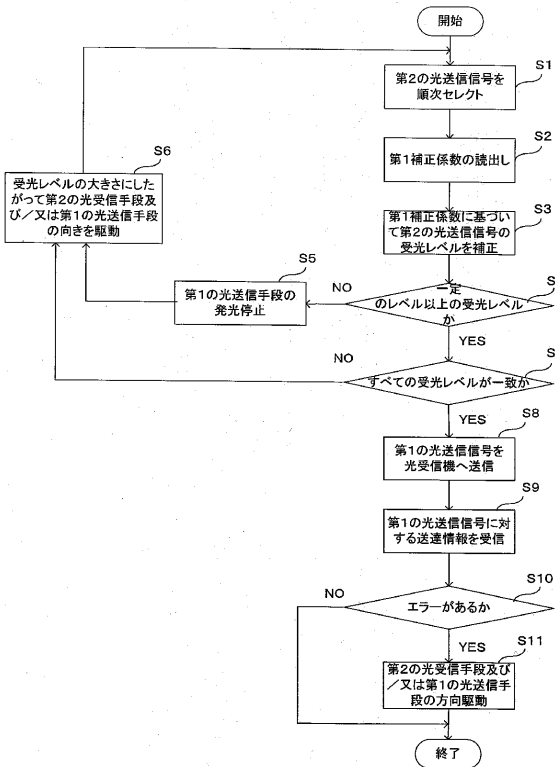
【 図 6 】



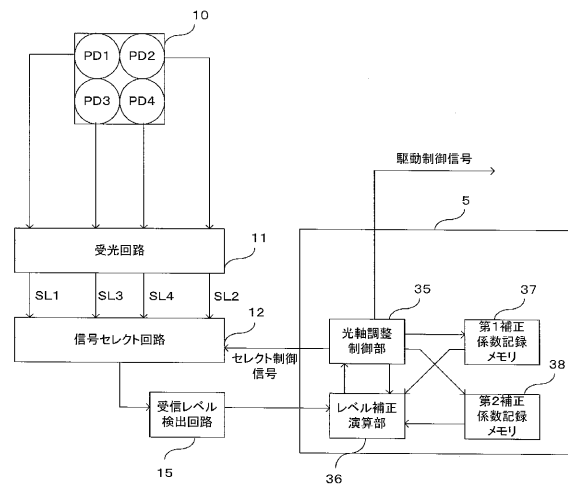
【 図 8 】



【図 9】



【図 10】



【図 11】

