(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4762923号
(P4762923)

(45)発行日　平成23年8月31日(2011.8.31)　(24)登録日　平成23年6月17日(2011.6.17)

(51)Int.Cl.　　F I
H04B 10/02 (2006.01)　H04B 9/00 M
H04B 10/18 (2006.01)　H04B 9/00 L
H04B 10/04 (2006.01)
H04B 10/06 (2006.01)
H04B 10/142 (2006.01)

請求項の数 20　(全 44 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2007-8009(P2007-8009)
(22)出願日　平成19年1月17日(2007.1.17)
(65)公開番号　特開2008-177751(P2008-177751A)
(43)公開日　平成20年7月31日(2008.7.31)
審査請求日　平成21年1月13日(2009.1.13)

(73)特許権者　000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目３番１号
(74)代理人　100147485
弁理士　杉村　憲司
(72)発明者　谷口　友宏
東京都千代田区大手町二丁目３番１号　日本電信電話株式会社内
(72)発明者　成川　聖
東京都千代田区大手町二丁目３番１号　日本電信電話株式会社内
(72)発明者　桜井　尚也
東京都千代田区大手町二丁目３番１号　日本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光信号発生器及び光通信システム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
電気搬送波信号による光変調を用いて直交した偏波面を持つ複数波長光信号を生成する光信号発生器であって、
或る波長のスペクトルからなる光信号を出力する光源と、
前記光源の出力光信号の偏波面が、第１の偏波面及び前記第１の偏波面に対し垂直の偏波面となる第２の偏波面それぞれと、ゼロではない所定の角度差を持つ直線偏波になるように調整する偏波調整器と、
所定の周波数の電気搬送波信号を出力する電気発振器と、
前記電気発振器の出力電気搬送波信号により、前記偏波調整器の出力光信号に対し、前記第１の偏波面の光信号に対して最も大きく光変調作用を及ぼし、前記第２の偏波面の光信号に対しては光変調作用を及ぼさないように制御する偏波依存型光変調器と、
前記偏波依存型光変調器の出力光信号に対し、前記光変調作用の光変調度を調整する光変調度調整機構とを備えることを特徴とする光信号発生器。
【請求項２】
請求項１に記載の光信号発生器において、
前記偏波依存型光変調器は、入力された前記偏波調整器の出力光信号に対し、両側波帯光変調を施し、
前記光変調度調整機構は、前記光変調作用が前記第１の偏波面の搬送波成分を抑圧する搬送波抑圧型光変調となるように、光変調度を調整することを特徴とする光信号発生器。

【請求項３】
請求項１に記載の光信号発生器において、
前記偏波依存型光変調器は、入力された前記偏波調整器の出力光信号に対し、側波帯光信号として上側波帯光信号又は下側波帯光信号のみを有する単側波帯光変調を施し、
前記光変調度調整機構は、前記光変調作用が前記第１の偏波面の搬送波成分を抑圧する搬送波抑圧型光変調となるように、光変調度を調整することを特徴とする光信号発生器。
【請求項４】
請求項１～３のいずれかに記載の光信号発生器において、
前記光源が、単一スペクトルからなる光信号を出力することを特徴とする光信号発生器。
【請求項５】
請求項１～３のいずれかに記載の光信号発生器において、
前記光源が、複数波長からなる光信号を出力することを特徴とする光信号発生器。
【請求項６】
請求項１～３のいずれかに記載の光信号発生器において、
前記光源が、所定のベースバンド信号で変調された、単一スペクトルからなる変調光信号を出力することを特徴とする光信号発生器。
【請求項７】
請求項１～３のいずれかに記載の光信号発生器において、
前記光源が、所定のベースバンド信号で変調された、複数波長からなる変調光信号を出力することを特徴とする光信号発生器。
【請求項８】
請求項４に記載の光信号発生器を有する光送信部と、
前記光送信部からの光搬送波信号を受信し、所定のベースバンド信号で光変調して変調光信号を生成する偏波依存型の光変調部と、
前記偏波依存型の光変調部からの変調光信号を受信し、前記所定のベースバンド信号及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する受光素子、及び、前記受光素子から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する光受信部とを備え、
前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする光通信システム。
【請求項９】
請求項４に記載の光信号発生器を有する光送信部と、
前記光送信部からの光搬送波信号を受信し、所定のベースバンド信号で光変調して変調光信号を生成する偏波無依存型の光変調部と、
単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する単一スペクトル光源、前記ローカル光信号及び前記偏波無依存型の光変調部からの変調光信号を受信して合波する光合波器、前記光合波器からの出力光信号を受信し、前記ローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する受光素子、前記受光素子からの電気信号を受信して、前記所定のベースバンド信号及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する検波器、及び、前記検波器から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する光受信部とを備え、
前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする光通信システム。
【請求項１０】
請求項４に記載の光信号発生器を有する光送信部と、
第２の所定の周波数の電気搬送波信号を出力する電気発振器、及び、所定のベースバンド信号で前記電気搬送波信号を変調して電気帯域信号を生成する電気変調器を有し、前記光送信部からの光搬送波信号を受信し、前記電気帯域信号で光変調して変調光信号を生成

する偏波無依存型の光変調部と、
単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する単一スペクトル光源、前記ローカル光信号及び前記偏波無依存型の光変調部からの変調光信号を受信して合波する光合波器、前記光合波器からの出力光信号を受信し、前記ローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する受光素子、前記受光素子からの電気信号を受信して、前記所定のベースバンド信号及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する検波器、及び、前記検波器から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する光受信部とを備え、
前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする光通信システム。
【請求項１１】
請求項４に記載の光信号発生器を有する光送信部と、
所定の無線周波数の電気搬送波信号を出力する電気発振器、及び、所定のベースバンド信号で前記電気搬送波信号を変調して無線信号を生成する電気変調器を有する無線端末から、前記無線信号を受信するとともに、前記光送信部からの光搬送波信号を受信し、前記無線信号で光変調して変調光信号を生成する偏波無依存型の光変調部と、
単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する単一スペクトル光源、前記ローカル光信号及び前記偏波無依存型の光変調部からの変調光信号を受信して合波する光合波器、前記光合波器からの出力光信号を受信し、前記ローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する受光素子、前記受光素子からの電気信号を受信して、前記所定のベースバンド信号及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する検波器、及び、前記検波器から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する光受信部とを備え、
前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする光－無線融合型の光通信システム。
【請求項１２】
請求項９～１１のいずれかに記載の光通信システムにおいて、
前記光送信部が、単一スペクトルの光信号を出力する単一スペクトル光源のみから構成され、
前記光受信部の単一スペクトル光源が、請求項４に記載の光信号発生器から構成され、
前記光合波器が、前記光信号発生器からの出力光信号をローカル光信号として、前記偏波無依存型の光変調部からの変調光信号と合波することを特徴とする光通信システム。
【請求項１３】
請求項５に記載の光信号発生器を有する光送信部と、
前記光送信部からの複数波長光信号を波長毎に分離して、複数の光搬送波信号を生成する波長分離光分波器と、
前記波長分離光分波器からの光搬送波信号を受信するとともに、所定のベースバンド信号で光変調して、各複数波長光信号に対応する変調光信号を生成する複数の偏波依存型の光変調部と、
前記複数の偏波依存型の光変調部からの変調光信号を受信し、前記所定のベースバンド信号、及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する受光素子、及び、前記受光素子から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する、光受信部とを備え、
前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする光通信システム。
【請求項１４】
請求項５に記載の光信号発生器を有する光送信部と、
前記光送信部からの複数波長光信号を波長毎に分離して、複数の光搬送波信号を生成す

る波長分離光分波器と、
前記波長分離光分波器からの光搬送波信号を受信するとともに、所定のベースバンド信号で光変調して、各複数波長光信号に対応する変調光信号を生成する複数の偏波無依存型の光変調部と、
単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する単一スペクトル光源、前記ローカル光信号及び前記複数の偏波無依存型の光変調部からの変調光信号を受信して合波する光合波器、前記光合波器からの出力光信号を受信し、前記ローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する受光素子、前記受光素子からの電気信号を受信して、前記所定のベースバンド信号及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する検波器、及び、前記検波器から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する、光受信部とを備え、
前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする光通信システム。
【請求項１５】
請求項５に記載の光信号発生器を有する光送信部と、
前記光送信部からの複数波長光信号を波長毎に分離して、複数の光搬送波信号を生成する波長分離光分波器と、
第２の所定の周波数の電気搬送波信号を出力する電気発振器、及び、所定のベースバンド信号で前記電気搬送波信号を変調して電気帯域信号を生成する電気変調器を有し、前記波長分離光分波器からの光搬送波信号を受信するとともに、前記電気帯域信号で光変調して、各複数波長光信号に対応する変調光信号を生成する複数の偏波無依存型の光変調部と、
単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する単一スペクトル光源、前記ローカル光信号及び前記複数の偏波無依存型の光変調部からの変調光信号を受信して合波する光合波器、前記光合波器からの出力光信号を受信し、前記ローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する受光素子、前記受光素子からの電気信号を受信して、前記所定のベースバンド信号及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する検波器、及び、前記検波器から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する、光受信部とを備え、
前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする光通信システム。
【請求項１６】
請求項５に記載の光信号発生器を有する光送信部と、
前記光送信部からの複数波長光信号を波長毎に分離して、複数の光搬送波信号を生成する波長分離光分波器と、
所定の無線周波数の電気搬送波信号を出力する電気発振器、及び、所定のベースバンド信号で前記電気搬送波信号を変調して無線信号を生成する電気変調器を有する無線端末から、前記無線信号を受信するとともに、前記波長分離光分波器からの光搬送波信号を受信し、前記無線信号で光変調して、各複数波長光信号に対応する変調光信号を生成する複数の偏波無依存型の光変調部と、
単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する単一スペクトル光源、前記ローカル光信号及び前記複数の偏波無依存型の光変調部からの変調光信号を受信して合波する光合波器、前記光合波器からの出力光信号を受信し、前記ローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する受光素子、前記受光素子からの電気信号を受信して、前記所定のベースバンド信号及び前記所定の周波数を中心

周波数とした電気帯域信号を出力する検波器、及び、前記検波器から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する、光受信部とを備え、

前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする光－無線融合型の光通信システム。

【請求項１７】

請求項１４～１６のいずれかに記載の光通信システムにおいて、

前記光受信部が、１つの光受信部からなり、

前記複数の偏波無依存型の光変調部から出力された、それぞれ異なる波長の変調光信号を波長多重し、前記１つの光受信部に出力する波長多重光合波器を更に備えることを特徴とする光通信システム。

【請求項１８】

請求項１４～１６のいずれかに記載の光通信システムにおいて、

前記光受信部が、複数の光受信部からなり、

前記複数の偏波無依存型の光変調部から出力された、それぞれ異なる波長の変調光信号を波長多重する波長多重光合波器、及び、前記波長多重光合波器の出力光信号を複数に分岐し、それぞれ複数の光受信部に出力する光分岐器を更に備えることを特徴とする光通信システム。

【請求項１９】

請求項８～１１のいずれかに記載の光通信システムにおいて、

前記光送信部が、請求項４に記載の光信号発生器及び前記光変調部の代わりに、請求項６に記載の光信号発生器を有し、

前記光受信部が、前記光送信部からの変調光信号を直接受信することを特徴とする光通信システム。

【請求項２０】

請求項１３～１６のいずれかに記載の光通信システムにおいて、

前記光送信部が、請求項５に記載の光信号発生器及び前記光変調部の代わりに、請求項７に記載の光信号発生器を有し、

前記光受信部が、前記光送信部からの変調光信号を直接受信することを特徴とする光通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、光変調作用を用いた複数波長の光信号発生器、及び、その光信号発生器を有する光送信部から送信した光搬送波信号を、光変調部でベースバンド信号、電気帯域信号又は無線信号で光変調して光受信部に送信する光通信システムに関し、並びに、その光信号発生器を有する光送信部から変調光信号を光受信部に送信し、光受信部でベースバンド信号を復調する光通信システム又は光－無線融合通信システムに関する。

【背景技術】

【０００２】

光信号を伝送する際に、光変調部又は光ヘテロダイン検波の偏波依存性を解消する方法として、直交した偏波状態にある２波の光搬送波信号又はローカル光信号を用いる方法が提案されている（例えば、非特許文献１参照）。

【０００３】

一例として、図４１に、光ヘテロダイン検波の偏波依存性を解消する従来の光通信システムを示す。この例では、光送信部１００が光伝送路４００を介して光変調部２００に接続され、その光変調部２００は光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部３００Ｃに接続される。

【０００４】

光送信部１００は、図４２に示すような２つの単一スペクトル光源１０１と、２つの偏

波調整器１０２と、光合波器１０９とを有するように構成される。各単一スペクトル光源１０１は、波長の異なる光搬送波信号を各偏波調整器１０２に出力する。各偏波調整器１０２は、各単一スペクトル光源１０１から出力された光搬送波信号の偏波状態が相対的に直交状態となるように調整した各々の光信号を生成し、光合波器１０９に送出する。光合波器１０９は、各偏波調整器１０２からの各々の光信号を合波して、直交した偏波状態にある２波の光搬送波信号を生成する。

【０００５】

図４１において、光送信部１００は、直交した偏波状態にある２波の光搬送波信号を、光変調部２００に送信する。光変調部２００（偏波無依存型光変調器にベースバンドディジタル信号を印加する構成である）は、その２波の光搬送波信号を、ベースバンドディジタル信号で光信号変調し、光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信器３００Ｃに送信する。

【０００６】

ヘテロダイン光受信器３００Ｃでは、まず、光合波器３０４を用いて、直交した偏波状態にある２波の光信号と単一スペクトル光源３０３から出力されるローカル光信号とを合波する。次に、受光素子３０１により、その合波された光信号を受信し、検波器３０５を用いて、所望のベースバンドディジタル信号を抽出する。

【０００７】

このような構成とすることにより、ローカル光信号の偏波状態と同一の偏波成分を持つ光信号のみを検波することができる光ヘテロダイン検波において、送信側で、直交した偏波状態にある２波の光信号を同時に伝送することにより、受信側で、光伝送路中の偏波変動に依らず、所望のベースバンドディジタル信号を得ることが可能となる。

【０００８】

同様に、図４２のような光信号発生器を用いることにより、光変調部２００に偏波依存型光変調器２０１を介して強度変調された光信号を、受光素子３０１で直接検波して受信する光通信システム（図４３）においても、光変調部の偏波依存性を解消することができる。

【０００９】

また、図４１において、光信号発生器の代わりに単一スペクトル光源を用い、検波に用いるローカル光信号を偏波状態の直交する２波の光信号とした場合にも、光ヘテロダイン検波における偏波依存性を解消することが可能である。

【００１０】

更に、光通信システムにおいて、所定の周波数の単一スペクトルに対して、両側波帯光変調（DSB-SC: Double SideBand-Suppressed Carrier）（例えば、非特許文献２参照）又は単側波帯光変調（SSB-SC: Single SideBand-Suppressed Carrier）（例えば、非特許文献３参照）などの変調光を得る技術が知られている。

【００１１】

【非特許文献１】成川聖、三条広明、桜井尚也、雲崎清美、“光FDMアクセスにおける送信側偏波ダイバーシティ方式”、2005年電子情報通信学会総合大会、B-10-95、(2005)

【非特許文献２】J.J.O’Reilly, et all. “Optical generation of very narrow linewidth millimeter wave signals”, Electronics Letters, vol.28, No.25, 1992

【非特許文献３】K.Higma, et al. “X-cut lithium niobate optical single-sidebamd modulator”, Electronics Letters, vol.37, No.8, 2001

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１２】

上述した従来例の場合は、直交した偏波状態にある２波の光搬送波信号、変調光信号又はローカル光信号を用いて、光変調部又は光ヘテロダイン検波の偏波依存性を解消しているが、光信号発生器に複数の光源を用いて構成しているため、実際の送信部及び光通信システムの構成は複雑になる。即ち、光信号発生器における複数の光源について、これらの

波長（光周波数）・位相・偏波を精密に制御する必要があり、そのような制御は、多大な技術的困難を伴う。

【００１３】

本発明は、このような背景に行われたものであって、単一の光源を用いた簡素な構成で、直交偏波状態にある複数波長の光搬送波信号及び変調光信号を発生する光信号発生器、及び、本発明の光信号発生器を用いた、偏波変動に不感応な光通信システム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】

【００１４】

本発明の第１の態様は、光通信システムにおいて、電気搬送波信号による光変調を用いて直交した偏波面を持つ複数波長光信号を生成する光信号発生器であって、或る波長のスペクトルからなる光信号を出力する光源と、前記光源の出力光信号の偏波面が、第１の偏波面及び前記第１の偏波面に対し垂直の偏波面となる第２の偏波面それぞれと、ゼロではない所定の角度差を持つ直線偏波になるように調整する偏波調整器と、所定の周波数の電気搬送波信号を出力する電気発振器と、前記電気発振器の出力電気搬送波信号により、前記偏波調整器の出力光信号に対し、前記第１の偏波面の光信号に対して最も大きく光変調作用を及ぼし、前記第２の偏波面の光信号に対しては光変調作用を及ぼさないように制御する偏波依存型光変調器と、前記偏波依存型光変調器の出力光信号に対し、前記光変調作用の光変調度を調整する光変調度調整機構とを備えることを特徴とする。

【００１５】

本発明の第１の態様によれば、単一の光源を用いた簡素な構成で、直交偏波状態にある複数波長の光搬送波信号を発生することが可能となる。

【００１６】

本発明の第２の態様は、第１の態様の光信号発生器において、前記偏波依存型光変調器は、入力された前記偏波調整器の出力光信号に対し、両側波帯光変調を施し、前記光変調度調整機構は、前記光変調作用が前記第１の偏波面の搬送波成分を抑圧する搬送波抑圧型光変調となるように、光変調度を調整することを特徴とする。

【００１７】

本発明の第２の態様によれば、第１の偏波面（以下、偏波面Ｘとも称する）の搬送波成分（f_c）が抑圧されているため、光変調作用を受けずに出力される第２の偏波面（以下、偏波面Ｙとも称する）の光搬送波成分（f_c）への干渉が起こらず、偏波状態も変化しない。所定の周波数（f_s）の電気搬送波信号を用いることにより、光変調部からは、偏波面Ｘの２波の両側波帯信号（$f_c - f_s$，$f_c + f_s$）と偏波面Ｙの１波の搬送波信号（f_c）が出力されることになり、単一の光変調部で、互いに直交した偏波面（Ｘ，Ｙ）を有する３波の光信号を生成することができる。また、これらの光信号の波長間隔は、上記の電気発振器から出力される電気搬送波信号の周波数を基にしているため、複数の光源を周波数安定化制御する場合と比較して、非常に精密に制御することが可能である。

【００１８】

本発明の第３の態様は、第１の態様の光信号発生器において、前記偏波依存型光変調器は、入力された前記偏波調整器の出力光信号に対し、側波帯光信号として上側波帯光信号又は下側波帯光信号のみを有する単側波帯光変調を施し、前記光変調度調整機構は、前記光変調作用が前記第１の偏波面の搬送波成分を抑圧する搬送波抑圧型光変調となるように、光変調度を調整することを特徴とする。

【００１９】

本発明の第３の態様によれば、第２の態様と同様に、偏波面Ｘの搬送波成分（f_c）が抑圧されているため、光変調作用を受けずに出力される偏波面Ｙ（f_c）の光搬送波信号への干渉が起こらず、偏波状態も変化しない。これにより、光変調部からは、偏波面Ｘの１波の上側波帯信号（$f_c + f_s$）又は下側波帯信号（$f_c - f_s$）と、偏波面Ｙの１波の搬送波信号（f_c）が出力されることになり、単一の光変調部で、互いに直交した偏波面（Ｘ，Ｙ）を有する２波の光信号を生成することができる。また、第２の発明同様、波

長間隔を非常に精密に制御することが可能である。

【００２０】

本発明の第４の態様は、本発明による第１～３の態様のいずれかの光信号発生器において、前記光源が、単一スペクトルからなる光信号を出力することを特徴とする。

【００２１】

本発明の第４の態様によれば、偏波依存型光変調器に入力した偏波調整器の出力光信号に対して、偏波面Ｘの光信号成分に対して電気搬送波信号で光変調作用を施し、側波帯光信号を発生させる一方で、偏波面Ｙの光信号成分に対しては光変調作用を及ぼさず、単一スペクトルの状態で出力させることができ、簡素な構成とできる。

【００２２】

本発明の第５の態様は、本発明による第１～３の態様のいずれかの光信号発生器において、前記光源が、複数波長からなる光信号を出力することを特徴とする。

【００２３】

本発明の第５の態様によれば、単一の光変調部で、複数波長の入力光信号を基に、互いに直交した偏波面を持ち、波長間隔が電気発振器の出力周波数（f_s）で精密に制御された２波又は３波の光信号を、一括して生成することができる。

【００２４】

ここで、本発明の第４又は第５の態様において、偏波調整器及び光変調度調整機構は、光変調作用で偏波面Ｘにおいて発生する側波帯光信号と、光変調作用を受けずに出力される偏波面Ｙの光信号が、偏波依存型光変調器の出力において等しい光信号電力になるように、前記偏波依存型光変調器に入力する光信号の偏波状態（偏波面Ｘの成分と偏波面Ｙの成分との比率）及び光変調度を調整することもできる。これにより、光変調部から出力される、直交した偏波面を持つ複数波長光信号の各光信号の信号電力を均一化することができるようになる。

【００２５】

また、本発明の第４又は第５の態様において、前記偏波依存型光変調器は、光変調作用媒質として電気光学結晶を用いた方向性結合器型の光変調部として構成することもできる。これにより、バイアス電圧と、変調信号として入力する電気搬送波信号の信号電力を調節することで、偏波面Ｙの搬送波成分の抑圧、又は出力光信号の光信号電力の均一化を目的とした光変調度調整が容易に実現できる。

【００２６】

また、本発明の第４又は第５の態様において、前記偏波依存型光変調器は、光変調作用媒質として光半導体を用いた方向性結合器型の光変調部として構成することもできる。これにより、前述と同様に、偏波面Ｙの搬送波成分の抑圧、又は出力光信号の光信号電力の均一化を目的とした光変調度調整が容易に実現できる。

【００２７】

本発明の第６の態様は、本発明による第１～第３の態様のいずれかの光信号発生器において、前記光源が、所定のベースバンド信号で変調された、単一スペクトルからなる変調光信号を出力することを特徴とする。

【００２８】

本発明の第６の態様において、例えば、前記光源が、所定のベースバンド信号で直接変調可能な単一スペクトルの光信号を出力する直接変調型光源からなる変調光発生部で構成させることができる。或いは、前記光源が、単一スペクトルの光搬送波信号を発生する光源部、及び、前記光源部からの光搬送波信号を所定のベースバンド信号から生成した電気帯域信号で変調する光変調器からなる変調光発生部で構成させることができる。

【００２９】

本発明の第６の態様によれば、第４の態様と同様に、偏波依存型光変調器に入力した変調光信号に対して、偏波面Ｙの光信号に対しては光変調作用を及ぼさず、偏波面Ｘの光信号成分に対してのみ光変調作用を施すことができる。また、偏波調整器及び光変調度調整機構で、偏波依存型光変調器に入力する変調光信号の偏波状態と光変調度を調整すること

で、互いに直交した偏波面（Ｘ，Ｙ）を有し、更に等しい光信号電力を持つ、２波又は３波の変調光信号を生成することができる。

【００３０】

本発明の第７の態様は、本発明による第１～第３の態様のいずれかの光信号発生器において、前記光源が、所定のベースバンド信号で変調された、複数波長からなる変調光信号を出力することを特徴とする。

【００３１】

本発明の第７の態様において、前記光源が、所定のベースバンド信号で直接変調可能な、出力光信号の波長が異なる複数の直接変調型光源、及び、前記複数波長の直接変調型光源の各々からの出力光信号を受信して波長多重する波長多重型光合波器からなる複数波長変調光発生部で構成させることができる。或いは、前記光源が、異なる波長の光搬送波信号を出力する複数の単一スペクトル光源、前記複数の単一スペクトル光源部からの光搬送波信号を所定のベースバンド信号から生成した電気帯域信号で変調する複数の光変調器、及び、前記複数の光変調器の各々からの光信号を受信して合波する波長多重型光合波器からなる複数波長変調光発生部で構成させることができる。

【００３２】

本発明の第７の態様によれば、第５の態様と同様に、単一の光変調部で、複数波長の入力変調光信号を基に、互いに直交した偏波面を持ち、波長間隔が電気発振器の出力周波数（f_s）で精密に制御された２波又は３波の光信号を、一括して生成することができる。

【００３３】

本発明の第８の態様は、光通信システムであって、第４の態様の光信号発生器を有する光送信部と、前記光送信部からの光搬送波信号を受信し、所定のベースバンド信号で光変調して変調光信号を生成する偏波依存型の光変調部と、前記偏波依存型の光変調部からの変調光信号を受信し、前記所定のベースバンド信号及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する受光素子、及び、前記受光素子から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する光受信部とを備え、前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする。

【００３４】

本発明の第８の態様によれば、例えば、光送信部から、遠隔した光変調部に光ファイバ伝送する際に、光ファイバ伝送中の偏波変動により、光変調部で用いる光変調部の偏波依存性に起因する受信特性の変動が懸念される場合においても、受光素子による受光時に偏波ダイバーシティ効果が得られるため、上記の受信特性の変動を低減することができる。特に、光送信部において、前述の前記偏波調整器及び前記光変調度調整機構は、前記光変調作用により偏波面Ｘで発生する側波帯光信号、及び、光変調作用を受けずに出力される偏波面Ｙの光信号が、前記偏波依存型光変調器の出力において等しい光信号電力になるように、光信号発生器において前記偏波依存型光変調器に入力する光信号の偏波状態（偏波面Ｘの成分と偏波面Ｙの成分との比率）及び光変調度を調整する場合には、上記の受信特性の変動を完全に抑圧することができる。

【００３５】

本発明の第９の態様は、光通信システムであって、本発明の第４の態様の光信号発生器を有する光送信部と、前記光送信部からの光搬送波信号を受信し、所定のベースバンド信号で光変調して変調光信号を生成する偏波無依存型の光変調部と、単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する単一スペクトル光源、前記ローカル光信号及び前記偏波無依存型の光変調部からの変調光信号を受信して合波する光合波器、前記光合波器からの出力光信号を受信し、前記ローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する受光素子、前記受光素子からの電気信号を受信して、前記所定のベースバンド信号及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する検波器、及び、前記検波器から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する光受信部とを備え、前記光受信部により、前

記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする。

【００３６】

本発明の第９の態様によれば、第８の態様と同様に、光受信部で行う光ヘテロダイン検波の偏波依存性に起因する受信特性の変動を低減することができる。

【００３７】

本発明の第１０の態様は、光通信システムであって、本発明の第４の態様の光信号発生器を有する光送信部と、第２の所定の周波数の電気搬送波信号を出力する電気発振器、及び、所定のベースバンド信号で前記電気搬送波信号を変調して電気帯域信号を生成する電気変調器を有し、前記光送信部からの光搬送波信号を受信し、前記電気帯域信号で光変調して変調光信号を生成する偏波無依存型の光変調部と、単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する単一スペクトル光源、前記ローカル光信号及び前記偏波無依存型の光変調部からの変調光信号を受信して合波する光合波器、前記光合波器からの出力光信号を受信し、前記ローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する受光素子、前記受光素子からの電気信号を受信して、前記所定のベースバンド信号及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する検波器、及び、前記検波器から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する光受信部とを備え、前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする。

【００３８】

本発明の第１０の態様によれば、第８及び９の態様と同様に、光受信部で行う光ヘテロダイン検波の偏波依存性に起因する受信特性の変動を低減することができる。

【００３９】

本発明の第１１の態様は、光－無線融合型の光通信システムであって、本発明の第４の態様の光信号発生器を有する光送信部と、所定の無線周波数の電気搬送波信号を出力する電気発振器、及び、所定のベースバンド信号で前記電気搬送波信号を変調して無線信号を生成する電気変調器を有する無線端末から、前記無線信号を受信するとともに、前記光送信部からの光搬送波信号を受信し、前記無線信号で光変調して変調光信号を生成する偏波無依存型の光変調部と、単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する単一スペクトル光源、前記ローカル光信号及び前記偏波無依存型の光変調部からの変調光信号を受信して合波する光合波器、前記光合波器からの出力光信号を受信し、前記ローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する受光素子、前記受光素子からの電気信号を受信して、前記所定のベースバンド信号及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する検波器、及び、前記検波器から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する光受信部とを備え、前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする。

【００４０】

本発明の第１１の態様によれば、前述の第８～１０の態様と同様に、光受信部で行う光ヘテロダイン検波の偏波依存性に起因する受信特性の変動を低減することができる。

【００４１】

本発明の第１２の態様は、本発明による第９～１１の態様のいずれかの光通信システムにおいて、前記光送信部が、単一スペクトルの光信号を出力する単一スペクトル光源のみから構成され、前記光受信部の単一スペクトル光源が、第４の態様の光信号発生器から構成され、前記光合波器が、前記光信号発生器からの出力光信号をローカル光信号として、前記偏波無依存型の光変調部からの変調光信号と合波することを特徴とする。

【００４２】

本発明の第１２の態様によれば、第９～１１の態様と同様に、光受信部で行う光ヘテロダイン検波の偏波依存作に起因する受信特性の変動を低減することができる。また、光受

信部におけるローカル光信号の発生源として、特に、光信号発生器の前記偏波調整器及び前記光変調度調整機構が、前記光変調作用により偏波面Ｘで発生する側波帯光信号、及び、光変調作用を受けずに出力される偏波面Ｙの光信号について、前記偏波依存型光変調器の出力において等しい光信号電力になるように、前記偏波依存型光変調器に入力する光信号の偏波状態（偏波面Ｘの成分と偏波面Ｙの成分との比率）及び光変調度を調整する場合には、上記の受信特性の変動を完全に抑圧することができる。

【００４３】

本発明の第１３の態様は、光通信システムであって、第５の態様の光信号発生器を有する光送信部と、前記光送信部からの複数波長光信号を波長毎に分離して、複数の光搬送波信号を生成する波長分離光分波器と、前記波長分離光分波器からの光搬送波信号を受信するとともに、所定のベースバンド信号で光変調して、各複数波長光信号に対応する変調光信号を生成する複数の偏波依存型の光変調部と、前記偏波依存型の光変調部からの変調光信号を受信し、前記所定のベースバンド信号、及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する受光素子、及び、前記受光素子から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する、光受信部とを備え、前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする。

【００４４】

本発明の第１４の態様は、光通信システムであって、第５の態様の光信号発生器を有する光送信部と、前記光送信部からの複数波長光信号を波長毎に分離して、複数の光搬送波信号を生成する波長分離光分波器と、前記波長分離光分波器からの光搬送波信号を受信するとともに、所定のベースバンド信号で光変調して、各複数波長光信号に対応する変調光信号を生成する複数の偏波依存型の光変調部と、単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する単一スペクトル光源、前記ローカル光信号及び前記偏波無依存型の光変調部からの変調光信号を受信して合波する光合波器、前記光合波器からの出力光信号を受信し、前記ローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する受光素子、前記受光素子からの電気信号を受信して、前記所定のベースバンド信号及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する検波器、及び、前記検波器から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する、光受信部とを備え、前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする。

【００４５】

本発明の第１５の態様は、光通信システムであって、第５の態様の光信号発生器を有する光送信部と、前記光送信部からの複数波長光信号を波長毎に分離して、複数の光搬送波信号を生成する波長分離光分波器と、第２の所定の周波数の電気搬送波信号を出力する電気発振器、及び、所定のベースバンド信号で前記電気搬送波信号を変調して電気帯域信号を生成する電気変調器を有し、前記波長分離光分波器からの光搬送波信号を受信するとともに、前記電気帯域信号で光変調して、各複数波長光信号に対応する変調光信号を生成する複数の偏波無依存型の光変調部と、単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する単一スペクトル光源、前記ローカル光信号及び前記偏波無依存型の光変調部からの変調光信号を受信して合波する光合波器、前記光合波器からの出力光信号を受信し、前記ローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する受光素子、前記受光素子からの電気信号を受信して、前記所定のベースバンド信号及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する検波器、及び、前記検波器から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する、光受信部とを備え、前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする。

【００４６】

本発明の第１６の態様は、光－無線融合型の光通信システムであって、第５の態様の光

信号発生器を有する光送信部と、前記光送信部からの複数波長光信号を波長毎に分離して、複数の光搬送波信号を生成する波長分離光分波器と、所定の無線周波数の電気搬送波信号を出力する電気発振器、及び、所定のベースバンド信号で前記電気搬送波信号を変調して無線信号を生成する電気変調器を有する無線端末から、前記無線信号を受信するとともに、前記波長分離光分波器からの光搬送波信号を受信し、前記無線信号で光変調して、各複数波長光信号に対応する変調光信号を生成する複数の偏波無依存型の光変調部と、単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する単一スペクトル光源、前記ローカル光信号及び前記複数の偏波無依存型の光変調部からの変調光信号を受信して合波する光合波器、前記光合波器からの出力光信号を受信し、前記ローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する受光素子、前記受光素子からの電気信号を受信して、前記所定のベースバンド信号及び前記所定の周波数を中心周波数とした電気帯域信号を出力する検波器、及び、前記検波器から出力された電気信号を積分処理し、前記中心周波数の電気帯域信号を除去する積分回路を有する、光受信部とを備え、前記光受信部により、前記所定のベースバンド信号を復調することを特徴とする。

【００４７】

本発明の第１３～１６の態様によれば、例えば、波長多重伝送によりユーザ多重／サービス多重を実現する光通信システム又は光－無線融合通信システムへの適用が可能となる。このような波長多重伝送システムにおいて、第８～１２の態様と同様に、光変調部で用いる光変調部の偏波依存性、又は、光受信部で行う光ヘテロダイン検波の偏波依存性に起因する受信特性の変動を低減することができる。

【００４８】

本発明の第１７の態様は、本発明による第１４～１６の態様のいずれかの光通信システムにおいて、前記光受信部が、１つの光受信部からなり、前記複数の偏波無依存型の光変調部から出力された、それぞれ異なる波長の変調光信号を波長多重し、前記１つの光受信部に出力する波長多重光合波器を更に備えることを特徴とする。

【００４９】

本発明の第１７の態様によれば、例えば、波長多重伝送によりサービス多重を行い、光受信部では、ローカル光信号の波長を調節し、波長多重伝送された変調光信号の中から光ヘテロダイン検波により受信する光信号を選択する、光チューナ機能を有する光通信システムへの適用が可能で、前述の第１４～１６の態様と同様、光受信部で行う光ヘテロダイン検波の偏波依存性に起因する受信特性の変動を低減することができる。

【００５０】

本発明の第１８の態様は、本発明による第１４～１６の態様のいずれかの光通信システムにおいて、前記光受信部が、複数の光受信部からなり、前記複数の偏波無依存型の光変調部から出力された、それぞれ異なる波長の変調光信号を波長多重する波長多重光合波器、及び、前記波長多重光合波器の出力光信号を複数に分岐し、それぞれ複数の光受信部に出力する光分岐器を更に備えることを特徴とする。

【００５１】

本発明の第１８の態様によれば、例えば、波長多重伝送でサービス多重を行い、光分岐器を用いて上記の波長多重信号を複数のユーザに伝送し、光受信部では光ヘテロダイン検波による光チューナ機能を有する光通信システムへの適用が可能で、前述の第１４～１６の態様と同様、光受信部で行う光ヘテロダイン検波の偏波依存性に起因する受信特性の変動を低減することができる。

【００５２】

本発明の第１９の態様は、本発明による第８～１１の態様のいずれかの光通信システムにおいて、前記光送信部が、第４の態様における前記光信号発生器及び前記光変調部の代わりに、第６の態様の光信号発生器を有し、前記光受信部が、前記光送信部からの変調光信号を直接受信することを特徴とする。

【００５３】

本発明の第２０の態様は、本発明による第１３～１６の態様のいずれかの光通信システムにおいて、前記光送信部が、第５の態様における前記光信号発生器及び前記光変調部の代わりに、第７の態様の光信号発生器を有し、前記光受信部が、前記光送信部からの変調光信号を直接受信することを特徴とする。

【００５４】

本発明の第１９及び２０の態様によれば、第６又は７の光信号発生器からの変調光信号を直接受信することができ、より簡素な構成とできる。

【発明の効果】

【００５５】

本発明によれば、本発明の光信号発生器は、直交した偏波状態にある２波または３波の光搬送波信号又はローカル光信号を用いて、光変調部又は光ヘテロダイン検波の偏波依存性を解消する方式において、光信号発生器を単一の光源を用いて構成することが可能となる。また、光信号発生器は、直交偏波状態にある複数波長の光搬送波信号及び変調光信号を発生する場合にも、波長制御は電気発振器から出力される電気搬送波信号の周波数を基にしているため、複数の光源を周波数安定化制御する場合と比較して、極めて精密に制御することが可能となる。更に、そのような単一の光源を用いた光信号発生器を光通信システムに適用することで、偏波変動に不感応な光通信システムを提供することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００５６】

まず、光通信システムにおいて、電気搬送波信号による光変調を用いて直交した偏波面を持つ複数波長光信号を生成する光信号発生器の実施例を説明する。尚、全ての図において、同様な構成要素には同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【００５７】

（光信号発生器の実施例）

図１及び図２は、本発明の光信号発生器の実施例を示し、図３は、各信号の周波数スペクトルの一例を示す。

【００５８】

図１に示すように、本実施例の光信号発生器は、光源１０１と、偏波調整器１０２と、電気発振器１０４と、偏波依存型光変調器１０３と、光変調度調整機構１０５とを備える。光源１０１は、或る波長のスペクトルからなる光信号を出力する光源として構成でき、図１においては、単一スペクトルからなる光信号を出力する構成である。

【００５９】

偏波調整器１０２は、光源１０１の出力光信号の偏波面に対して、ある偏波面Ｘ及び偏波面Ｘと垂直の偏波面Ｙとを有するように、且つ、偏波面Ｘ及び偏波面Ｙが、ゼロではない所定の角度差を持つ直線偏波になるように調整する。

【００６０】

電気発振器１０４は、所定の周波数（f_s）の電気搬送波信号を出力する。偏波依存型光変調器１０３は、電気発振器１０４の出力電気搬送波信号により、偏波調整器１０２の出力光信号に対し、偏波面Ｘの光信号に対して最も大きく光変調作用を及ぼし、偏波面Ｙの光信号に対しては光変調作用を及ぼさないように制御する。

【００６１】

光変調度調整機構１０５は、偏波依存型光変調器１０３の出力光信号に対し、その光変調作用の光変調度を調整する。

【００６２】

上記の偏波依存型光変調器１０３は、例えば、ニオブ酸リチウム（LN: LiNb03）結晶を用いたマッハツェンダ型光変調器（LN-MZM: LN-Mach-Zehnder Modulator）や、光変調を行う媒質として光半導体を用いた光半導体マッハツェンダ光変調器を用いることができる。また、光変調度調整機構１０５は、例えば、図２に示すように、電気発振器１０４の出力電気搬送信号１ｃの信号強度を調整する出力調整器１０５１と、この出力調整器１０５

１の出力電気搬送波信号に所定のバイアスを印加するバイアスＴ１０５２で構成される。

【００６３】

ここで、図３に示すように、偏波調整器１０２により、単一スペクトルの光信号１ａの偏波面を、偏波依存型光変調器１０３が最も大きな光変調作用を及ぼす偏波面Ｘ、また、この偏波面と垂直な偏波面Ｙとの角度差がゼロではない値の直線偏波になるよう調整することで（１ｂ）、単一の偏波依存型光変調器１０３により、一方では、入力された単一スペクトルの光信号１ａの偏波面Ｙの光信号成分に対して光変調作用を与えずに、単一スペクトルの状態で出力し、他方では、偏波面Ｘの光信号成分に対して光変調作用を及ぼし、側波帯光信号を発生させることができる（１ｄ）。

【００６４】

また、偏波依存型光変調器１０３において、偏波面Ｘの光搬送波成分を抑圧する両側波帯光変調（DSB-SC）又は単側波帯光変調（SSB-SC）を施すようにする。この場合、変調作用を受けない偏波面Ｙの光搬送波成分（周波数f_c）が、偏波面Ｘの光搬送波成分（周波数f_c）からの干渉を受けないため、互いに偏波が直交した３波の光信号１ｄ１、又は２波の光信号１ｄ２を発生させることができる。尚、図示される光信号１ｄ２は、単側波帯変調は、上側波帯光成分を抑圧し、下側波帯成分（$f_c - f_s$）のみを発生させた場合のスペクトル図である。

【００６５】

更に、偏波調整器１０２と光変調度調整機構１０５によって、偏波面Ｘの光側波帯成分と、偏波面Ｙの光搬送波成分の光電力が等しくなるように、偏波依存型光変調器１０３に入力する単一スペクトルの光信号１ｂの偏波状態（偏波面Ｘの成分と偏波面Ｙの成分との比率であり、以下、偏波状態と称する）及び光変調度を調整することができる。例えば、単側波帯光変調の場合には、互いに偏波が直交し、光電力が均一な２波の光信号１ｄ３を発生させることができる。そのような光変調度の調整は、例えば、光変調度調整機構１０５内に配置される出力調整器１０５１により、電気発振器１０４の出力を調整し、偏波依存型光変調器１０３に印加される電気搬送波信号強度を変化させることで実現することができる。

【００６６】

次に、図１に示す光信号発生器を用いた、実施例１の光通信システムについて説明する。

【００６７】

（実施例１の光通信システム）

図４は、本発明による実施例１の光通信システム（例えば、ＩＭ／ＤＤ（Intensity-Modulation/ Direct-Detection）システム）を示し、図５は、実施例１の光通信システムにおける各信号の周波数スペクトルの一例を示す。

【００６８】

本実施例の光通信システムは、光送信部１００と、光変調部２００と、光受信部３００とを備え、光受信部３００は、受光素子３０１と、積分回路３０２とを有する。光送信部１００は、図１に示す光信号発生器を有する。

【００６９】

光変調部２００は、光送信部１００からの光搬送波信号２ａを受信し、所定のベースバンド信号（例えば、ベースバンドディジタル信号）２ｂで光変調して変調光信号２ｃを生成する偏波依存型光変調器２０１を有する。受光素子３０１は、偏波依存型光変調器２０１からの変調光信号２ｃを受信し、所定のベースバンド信号２ｂ、及び所定の周波数（f_s）を中心周波数とした電気帯域信号２ｄを出力する。積分回路３０２は、受光素子３０１から出力された電気信号を積分処理し、中心周波数（f_s）の電気帯域信号２ｄを除去する。これにより、光受信部３００は、所定のベースバンド信号２ｂを復調することができる。

【００７０】

以下、光送信部１００が光伝送路４００を介して光変調部２００に接続され、その光変

調部２００は光伝送路５００を介して光受信部３００に接続される構成例について詳細に説明する。

【００７１】

図４において、光送信部１００は、図１に構成例を示す光信号発生器であり、偏波依存型光変調器１０３の出力光信号を、光伝送路４００を介して光変調部２００に送信する。ここで、光送信部１００において、光搬送波抑圧単側波帯変調（SSB-SC）を施し、更に、偏波依存型光変調器１０３への入力光信号（１ｂ）の偏波状態と光変調度の調整により、各成分の光電力が均一化された２波の光信号２ａ（１ｄ３と同一）を送信する場合について図示している。

【００７２】

光変調部２００は、偏波依存型光変調器２０１を備え、偏波依存型光変調器２０１は、光受信部３００へ送信するベースバンドディジタル信号２ｂで、光送信部１００から送信された光信号２ａを光変調して、出力変調光信号２ｃを生成する。この出力変調光信号２ｃは、光伝送路５００を介して光受信部３００に送信される。ここで、ベースバンドディジタル信号２ｂのビットレート（又は、シンボルレート）は、光送信部１００において偏波依存型光変調器１０３に入力する電気搬送波信号（１ｃ）の周波数f_sに等しいものとする。

【００７３】

ここで、光伝送路４００として偏波保持型でなく、通常、加入者網などに用いられるシングルモードファイバ（ＳＭＦ）を想定した場合、伝送中に、光送信部１００から送信された２波の光信号２ａに偏波変動が生じる場合がある。この結果、偏波依存型光変調器２０１の入力時点において、光信号２ａの２波間の偏波直交性は保持されるが、それぞれの光信号が含む互いに直交する偏波面（偏波面Ｘ，Ｙ）の成分の電力比率は変動することになる。

【００７４】

一方、図５に示すように、偏波依存型光変調器２０１は、入力光信号のうち偏波面Ｙの成分にのみ変調作用を及ぼすとすると、例えば、光周波数f_c-f_s，f_sの入力光信号２ａの偏波面がそれぞれＸ，Ｙに等しいとき（２ｃ１）は、光周波数f_c-f_sの光信号は変調されず、光周波数f_cの光信号だけが最大の光変調度で変調される。逆に、光周波数f_c-f_s，f_sの入力光信号２ａの偏波面がそれぞれＹ，Ｘに等しいとき（２ｃ２）は、光周波数f_c-f_sの光信号のみが最大の光変調度で変調される。また、２波の光信号２ａのいずれも偏波面Ｘ，Ｙに一致しないとき（２ｃ３）には、それぞれの光信号のうち偏波面Ｙの成分だけが変調される。このように、偏波依存型光変調器２０１に入力される２波の光信号２ａの偏波状態に応じて、出力光信号の変調度がそれぞれ変動することになる（２ｃ）。

【００７５】

光受信部３００において、受光素子３０１は、光変調部２００から送信された２波の光信号２ｃを受光し、ベースバンドディジタル信号及び中心周波数f_sの電気帯域信号（２ｄ）を出力する。積分回路３０２は、この受光素子３０１の出力電気信号２ｄに、周波数f_sの成分とこの逓倍の周波数成分を抑圧する積分処理を加え、中心周波数f_sの電気帯域信号のみを除去し、所望のベースバンドディジタル信号２ｅを出力する（即ち、２ｂを抽出する）。積分回路３０２は、例えば、トランスバーサル型フィルタとサンプルホールド回路で構成することができる。

【００７６】

このように、光送信部１００において、互いに偏波が直交し、光電力が等しい２波の光信号２ａを生成して送信しているため、光受信部３００の受光素子３０１の受光において偏波ダイバーシティ効果を得ることができ、光伝送路４００における伝送中の偏波変動に影響を受けることなく、一定の受信特性を維持することができる。

【００７７】

尚、本実施例では、光通信に使用する光信号の波長帯域を最小化するための波長／周波

数配置を示している。即ち、光受信部３００でのデータ復調において、上述の積分処理により、不要な電気帯域信号（中心周波数f_S）の除去を行うには、光送信部１００において偏波依存型光変調器に入力する電気搬送波信号の周波数と、ベースバンドディジタル信号２ｅのビットレート（又はシンボルレート）が正確に一致していることが必要である。従来例のように、複数の光源を用いて光送信部１００を構成した場合には、これらの波長・位相・偏波を精密に制御する必要が生じ、多大な技術的困難を伴う構成であったのに対し、図４に示す光送信部１００の構成であれば簡素にでき、且つ、出力光信号２ｅの波長間隔について、電気発振器の出力周波数f_Sを調整することで精密に制御することができる。

【００７８】

次に、図１に示す光信号発生器を用いた、実施例２の光通信システムについて説明する。

【００７９】

（実施例２の光通信システム）

図６は、本発明による実施例２の光通信システム（例えば、ヘテロダイン－ベースバンドシステム）を示し、図７は、実施例２の光通信システムにおける各信号の周波数スペクトルの一例を示す。

【００８０】

本実施例の光通信システムは、光送信部１００と、光変調部２００と、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）とを備え、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）は、単一スペクトル光源３０３と、光合波器３０４と、受光素子３０１と、検波器３０５と、積分回路３０２とを有する。光送信部１００は、図１に示す光信号発生器を有する。光変調部２００は、光送信部１００からの光搬送波信号３ａを受信し、所定のベースバンド信号（例えば、ベースバンドディジタル信号）３ｂで光変調して変調光信号３ｃを生成する偏波無依存型光変調器２０２を有する。

【００８１】

単一スペクトル光源３０３は、単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する。光合波器３０４は、そのローカル光信号及び偏波無依存型光変調器２０２からの変調光信号３ｃを受信して合波する。受光素子３０１は、光合波器３０４からの出力光信号を受信し、そのローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号（f_{IF}）及びその第１の中間周波数信号に対し、所定の周波数（f_S）だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号（$f_{IF}+f_S$）を出力する。検波器３０５は、受光素子３０１から出力された電気信号を受信して、所定のベースバンド信号３ｂ及び所定の周波数（f_S）を中心周波数とした電気帯域信号３ｆを出力する。積分回路３０２は、検波器３０５から出力された電気信号を積分処理し、中心周波数（f_S）の電気帯域信号を除去する。これにより、所定のベースバンド信号を復調することが可能となる。

【００８２】

以下、光送信部１００が光伝送路４００を介して光変調部２００に接続され、その光変調部２００は光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に接続される構成例について詳細に説明する。

【００８３】

図６において、光送信部１００は、図１に構成例を示す光信号発生器であり、偏波依存型光変調器１０３の出力光信号を、光伝送路４００を介して光変調部２００に送信する。ここでは、実施例１と同様、光送信部１００から、各成分の光電力が均一化された２波の光信号３ａ（１ｄ３と同一）を送信する場合について図示している。

【００８４】

光変調部２００において、偏波無依存型光変調器２０２は、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）へ送信するベースバンドディジタル信号３ｂで、光送信部１００から送信された光信号３ａを光変調し、この出力変調光信号３ｃを、光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に送信する。ここで、ベースバンドディジタル信号３ｂのビ

ットレート（又は、シンボルレート）は、光送信部１００において偏波依存型光変調器に入力する電気搬送波信号の周波数ｆ$_s$に等しいものとする。

【００８５】

ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）において、光合波器３０４は、光変調部２００から送信された２波の光信号３ｃと、単一スペクトル光源３０３から出力されたローカル光信号とを合波する。受光素子３０１は、光ヘテロダイン検波を行うために、光合波器３０４の出力光信号３ｄを受光する。ここで、受光素子３０１は、第１及び第２の中間周波数信号３ｅを検波器３０５に入力することになるが、光ヘテロダイン検波の偏波依存性に起因し、光伝送路５００における伝送中の偏波変動が生じる場合がある。この場合、例えば、図示するように、２波の中間周波数信号の信号電力がそれぞれ変動する（３ｅ）。検波器３０５は、ベースバンドディジタル信号と中心周波数ｆ$_s$の電気帯域信号を出力する（３ｆ）。この出力電気信号３ｆを受信する積分回路３０２は、周波数ｆ$_s$の成分とこの逓倍の周波数成分を抑圧する積分処理を行い、中心周波数ｆ$_s$の電気帯域信号のみを除去し、所望のベースバンドディジタル信号３ｇを出力する（即ち、３ｂを抽出する）。

【００８６】

このように、光送信部１００において、互いに偏波が直交し、光電力が等しい２波の光信号３ａを生成して送信しているため、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）の検波器３０５の検波において偏波ダイバーシティ効果を得ることができ、光伝送路５００における伝送中の偏波変動に影響を受けることなく、一定の受信特性を維持することができる。

【００８７】

次に、図１に示す光信号発生器を用いた、実施例３の光通信システムについて説明する。

【００８８】

（実施例３の光通信システム）

図８は、本発明による実施例３の光通信システム（例えば、ヘテロダイン－ＳＣＭ（Sub Carrier Modulation)システム）を示す。

【００８９】

本実施例の光通信システムは、光送信部１００と、光変調部２００と、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）とを備え、光変調部２００は、電気発振器２０３と、電気変調器（例えば乗算器）２０４と、偏波無依存型光変調器２０２を有し、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）は、単一スペクトル光源３０３と、光合波器３０４と、受光素子３０１と、検波器３０５と、積分回路３０２とを有する。光送信部１００は、図１に示す光信号発生器を有する。

【００９０】

電気発振器２０３は、第２の所定の周波数（ｆ$_{sc}$）の電気搬送波信号を出力する。電気変調器（例えば乗算器）２０４は、所定のベースバンド信号（例えば、ベースバンドディジタル信号）で、その電気搬送波信号を変調して電気帯域信号４ｂを生成する。偏波無依存型光変調器２０２は、電気帯域信号４ｂで光変調して変調光信号４ｃを生成する。単一スペクトル光源３０３は、単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する。光合波器３０４は、そのローカル光信号及び偏波無依存型光変調器２０２からの変調光信号４ｃを受信して合波する。受光素子３０１は、光合波器３０４からの出力光信号を受信し、そのローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号（ｆ$_{IF}$）及びその第１の中間周波数信号に対し、所定の周波数（ｆ$_s$）だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号（ｆ$_{IF}$＋ｆ$_s$）を出力する。検波器３０５は、受光素子３０１から出力された電気信号を受信して、所定のベースバンド信号及び所定の周波数（ｆ$_s$）を中心周波数とした電気帯域信号４ｆを出力する。積分回路３０２は、検波器３０５から出力された電気信号を積分処理し、中心周波数（ｆ$_s$）の電気帯域信号を除去する。これにより、所定のベースバンド信号を復調することが可能となる。

【００９１】

以下、光送信部１００が、光伝送路４００を介して光変調部２００に接続され、その光

変調部２００は光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に接続される例について詳細に説明する。本実施例は、光変調部２００において、電気発振器２０３からの電気搬送波信号と、ベースバンドディジタル信号とを基に生成された電気帯域信号で、光送信部１００から入力された光搬送波信号を光変調する構成である。

【００９２】

図８において、光送信部１００は、図１に構成例を示す光信号発生器であり、偏波依存型光変調部１０３の出力光信号を、光伝送路４００を介して光変調部２００に送信する。

【００９３】

実施例３において、光変調部２００の偏波無依存型光変調器２０２は、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）へ送信するベースバンドディジタル信号と電気発振器２０３の出力電気搬送波信号（f_{sc}）を電気変調器（例えば乗算器）２０４で乗算することで得られる電気帯域信号４ｂで、光送信部１００から送信された光信号４aを光変調し、出力変調光信号４ｃを生成する。この出力変調光信号４ｃは、光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に送信される。受信部３００Ａの構成は、実施例２（図６）と同様である。

【００９４】

実施例３において、光送信部２００のベースバンドディジタル信号のビットレート（又は、シンボルレート）は、光送信部１００において偏波依存型光変調器に入力する電気搬送波信号の周波数f_sに等しいものとする。ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）は、光変調部２００から送信された光信号４ｃと単一スペクトル光源３０３から出力されたローカル光信号とを合波する光合波器３０４、及び、光合波器３０４の出力光信号５ｄを受光する受光素子３０１を備えており、光ヘテロダイン検波を行う。

【００９５】

このように、光送信部１００において、互いに偏波が直交し、光電力が等しい２波の光信号３ａを生成して送信しているため、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）の検波器３０５の検波において偏波ダイバーシティ効果を得ることができ、光伝送路５００における伝送中の偏波変動に影響を受けることなく、一定の受信特性を維持することができる。

【００９６】

次に、図１に示す光信号発生器を用いた、実施例４の光通信システムについて説明する。

【００９７】

（実施例４の光通信システム）

図９は、本発明による実施例４の光通信システム（例えば、ヘテロダイン－ＲＯＦ(Radio-On-Fiber)システム）を示す。

【００９８】

本実施例の光通信システムは、光送信部１００と、無線端末６００からの無線信号を受信する光変調部２００と、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）とを備え、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）は、単一スペクトル光源３０３と、光合波器３０４と、受光素子３０１と、検波器３０５と、積分回路３０２とを有する。無線端末６００は、電気発振器６０１と、電気変調器（例えば乗算器）６０２を有する。光送信部１００は、図１に示す光信号発生器を有する。

【００９９】

電気発振器６０１は、所定の無線周波数（f_{RF}）の電気搬送波信号を出力する。電気変調器（例えば乗算器）６０２は、所定のベースバンド信号（例えば、ベースバンドディジタル信号）で前記電気搬送波信号を変調して無線信号４ｂを生成する。光変調部２００は、無線端末６００から、無線信号４ｂを受信するとともに、光送信部１００からの光搬送波信号４ａを受信し、無線信号４ｂで光変調して変調光信号４ｃを生成する偏波無依存型光変調器２０２を有する。

【０１００】

単一スペクトル光源３０３は、単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力す

る。光合波器３０４は、そのローカル光信号及び偏波無依存型光変調器２０２からの変調光信号４ｃを受信して合波する。受光素子３０１は、光合波器３０４からの出力光信号を受信し、そのローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及びその第１の中間周波数信号に対し、所定の周波数（f_s）だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する。検波器３０５は、受光素子３０１から出力された電気信号を受信して、所定のベースバンド信号及び所定の周波数（f_s）を中心周波数とした電気帯域信号４ｆを出力する。積分回路３０２は、検波器３０５から出力された電気信号を積分処理し、中心周波数（f_s）の電気帯域信号を除去する。これにより、所定のベースバンド信号を復調することが可能となる。

【０１０１】

以下、光送信部１００が、光伝送路４００を介して光変調部２００に接続され、その光変調部２００は光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に接続される構成について、詳細に説明する。

【０１０２】

図９に示すように、光送信部１００は、図１に構成例を示す光信号発生器であり、偏波依存型光変調部１０３の出力光信号を、光伝送路４００を介して光変調部２００に送信する。図１０では、実施例１及び２と同様、光送信部１００から、各成分の光電力が均一化された２波の光信号４ａ（１ｄ３と同一）を送信する場合について図示している。

【０１０３】

光変調部２００の偏波無依存型光変調器２０２は、所定の無線周波数（f_{RF}）の電気搬送波信号を出力する電気発振器６０１と、所定のベースバンド信号でその電気搬送波信号を変調して無線信号を生成する電気変調器（例えば乗算器）６０２を有する無線端末から、その無線信号４ｂ（f_{RF}）を受信するとともに、光送信部１００から送信された光搬送波信号４ａを受信する。更に、偏波無依存型光変調器２０２は、無線端末６００から送信された無線信号４ｂ（f_{RF}）で、光送信部１００から送信された光信号４ａを光変調し、変調光信号４ｃを生成する。偏波無依存型光変調器２０２は、この出力変調光信号４ｃを、光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に送信する。受信部３００Ａの構成は、実施例２（図６）と同様である。

【０１０４】

実施例４において、無線端末６００から送信するベースバンドディジタル信号のビットレート（又は、シンボルレート）は、光送信部１００において偏波依存型光変調器に入力する電気搬送波信号の周波数f_sに等しいものとする。ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）は、光変調部２００から送信された光信号４ｃと単一スペクトル光源３０３から出力されたローカル光信号とを合波する光合波器３０４、及び、光合波器３０４の出力光信号４ｄを受光する受光素子３０１を備えており、光ヘテロダイン検波を行う。

【０１０５】

このように、光送信部１００において、互いに偏波が直交し、光電力が等しい２波の光信号４ａを生成して送信しているため、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）の検波器３０５の検波において偏波ダイバーシティ効果を得ることができ、光伝送路５００における伝送中の偏波変動に影響を受けることなく、一定の受信特性を維持することができる。

【０１０６】

図１０に、上述した実施例３及び４における各信号の周波数スペクトルの一例を示す。図１０では、ローカル光信号の光周波数が、実施例３において$f_c+f_{sc}+f_{IF}$（実施例４において$f_c+f_{RF}+f_{IF}$）である例を示しているが、ローカル光信号として、光周波数が実施例３において$f_c-f_s+f_{sc}-f_{IF}$，$f_c-f_{sc}+f_{IF}$，$f_c-f_s-f_{sc}-f_{IF}$（実施例４において$f_c-f_s+f_{RF}-f_{IF}$，$f_c-f_{RF}+f_{IF}$，$f_c-f_s-f_{RF}-f_{IF}$）の単一スペクトルの光信号を用いても、同様に、第１及び第２の中間周波数信号４ｅ（f_{IF}，$f_{IF}+f_s$）を生成することができる。ここで、光ヘテロダイン検波の偏波依存性に起因し、光伝送路５００における伝送中の偏波変動が生じた場合、図示するように、受光素子３０１から検波器３０５に入力される、第１及び第２の中間周波

数信号の信号電力がそれぞれ変動する（４ｅ）。検波器３０５は、ベースバンドディジタル信号と中心周波数f_sの電気帯域信号を出力し（４ｆ）、この出力電気信号４ｆは、積分回路３０２において、周波数長の成分とこの逓倍の周波数成分を抑圧する積分処理により、中心周波数f_sの電気帯域信号のみが除去され、所望のベースバンドディジタル信号が抽出される（４ｇ）。

【０１０７】

次に、図１に示す光信号発生器を用いた、実施例５の光通信システムについて説明する。

【０１０８】

（実施例５の光通信システム）

図１１は、本発明による実施例５の光通信システム（例えば、ヘテロダイン－ベースバンドシステム）を示し、図１２は、実施例５における各信号の周波数スペクトルの一例を示す。

【０１０９】

本実施例の光通信システムは、実施例２（図６）の光通信システムに対し、光送信部１００が、単一スペクトル（f_c）の光信号を出力する単一スペクトル光源７００のみから構成され、ヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）は、ヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）の単一スペクトル光源３０３が、図１に示す光信号発生器（図１１において、光信号発生器３０６）に置き換えられて構成される。ここで、光合波器３０４は、光信号発生器３０６からの出力光信号をローカル光信号として、偏波無依存型光変調器２０２からの変調光信号５ｃと合波する。これにより、所定のベースバンド信号（例えば、ベースバンドディジタル信号）５ｂを復調することが可能となる。

【０１１０】

以下、単一スペクトル光源７００が光伝送路４００を介して光変調部２００に接続され、その光変調部２００は光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）に接続される構成例について詳細に説明する。

【０１１１】

図１１において、単一スペクトル光源７００の出力５ａが、光伝送路４００を介して光変調部２００に送信される。

【０１１２】

光変調部２００は、ヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）へ送信するベースバンドディジタル信号５ｂで、単一スペクトル光源７００から送信された光信号５ａを光変調する、偏波無依存型光変調器２０２を備え、出力変調光信号５ｃを、光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）に送信する。ここで、ヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）内に配置される光信号発生器３０６は、図１に構成例を示す光信号発生器であり、ベースバンドディジタル信号５ｂのビットレート（又は、シンボルレート）は、光信号発生器３０６において偏波依存型光変調器１０３に入力する電気搬送波信号の周波数f_sに等しいものとする。ヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）は、光変調部２００から送信された１波の光信号５ｃと光信号発生器３０６から出力された２波のローカル光信号とを合波する光合波器３０４、及び、光合波器３０４の出力光信号５ｄを受光する受光素子３０１を備えており、光ヘテロダイン検波を行う。

【０１１３】

図１２では、実施例１と同様、光信号発生器３０６から、各成分の光電力が均一化された２波の光信号（５ｄのf_c+f_{IF}，$f_c+f_{IF}+f_s$成分）を送信する場合について図示する。図１２を参照して、受光素子３０１からの第１及び第２の中間周波数信号５ｅは、検波器３０５に入力されるが、光ヘテロダイン検波の偏波依存性に起因し、光伝送路５００における伝送中の偏波変動が生じた場合、図示するように、２波の中間周波数信号の信号電力がそれぞれ変動する(５ｅ)。検波器３０５は、ベースバンドディジタル信号と中心周波数f_sの電気帯域信号を出力する(５ｆ)。積分回路３０２は、この出力電気信号５ｆを、周波数f_sの成分とこの逓倍の周波数成分を抑圧するように積分処理し、中心周波

数f_sの電気帯域信号のみを除去して、所望のベースバンドディジタル信号５ｇを出力する（即ち、５ｂが抽出される）。

【０１１４】

このように、光信号発生器３０６において、互いに偏波が直交し、光電力が等しい２波のローカル光信号（５ｄのf_c+f_{IF}，$f_c+f_{IF}+f_s$成分）を生成して送信しているため、ヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）の検波器３０５の検波において偏波ダイバーシティ効果を得ることができ、光伝送路５００における伝送中の偏波変動に影響を受けることなく、一定の受信特性を維持することができる。

【０１１５】

次に、図１に示す光信号発生器を用いた、実施例６の光通信システムについて説明する。

【０１１６】

（実施例６の光通信システム）

図１３は、本発明による実施例６の光通信システム（例えば、ヘテロダイン－ＳＣＭシステム）を示す。

【０１１７】

本実施例の光通信システムは、実施例３（図８）の光通信システムに対して、光送信部１００が、単一スペクトル（f_c）の光信号を出力する単一スペクトル光源７００のみから構成され、ヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）は、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）の単一スペクトル光源３０３が、図１に示す光信号発生器（図１３において、光信号発生器３０６）に置き換えて構成される。ここで、光合波器３０４は、光信号発生器３０６からの出力光信号をローカル光信号として、偏波無依存型光変調器２０２からの変調光信号６ｃと合波する。これにより、所定のベースバンド信号を復調することが可能となる。

【０１１８】

以下、単一スペクトル光源７００が光伝送路４００を介して光変調部２００に接続され、その光変調部２００は光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）に接続される。本実施例において、光変調部２００では、電気発振器２０３からの電気搬送波信号と、ベースバンドディジタル信号とを基に生成された電気帯域信号で、光送信部１００から入力された光搬送波信号を光変調する例について詳細に説明する。

【０１１９】

図１３において、単一スペクトル光源７００の出力６ａが、光伝送路４００を介して光変調部２００に送信される。本実施例においては、光変調部２００の偏波無依存型光変調器２０２は、ヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）へ送信するベースバンドディジタル信号と電気発振器２０３の出力電気搬送波信号（f_{sc}）とを乗算器２０４で乗算することで得られる電気帯域信号６ｂで、単一スペクトル光源７００から送信された光信号６ａを光変調し、出力変調光信号６ｃを生成する。また、偏波無依存型光変調器２０２は、この出力変調光信号６ｃを、光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）に送信する。受信部３００Ｂの構成は、実施例２（図６）及び実施例３（図８）の受信部３００Ａと同様である。

【０１２０】

本実施例において、光送信部２００のビットレート（又は、シンボルレート）は、光信号発生器３０６において偏波依存型光変調器に入力する電気搬送波信号の周波数f_sに等しいものとする。ヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）は、光変調部２００から送信された光信号６ｃと光信号発生器３０６から出力された２波のローカル光信号とを合波する光合波器３０４、及び、光合波器３０４の出力光信号６ｄを受光する受光素子３０１を備えており、光ヘテロダイン検波を行う。

【０１２１】

このように、光信号発生器３０６において、互いに偏波が直交し、光電力が等しい２波の光信号（６ｄのうち$f_c+f_{sc}+f_{IF}$，$f_c+f_{sc}+f_{IF}+f_s$成分）を生成して

送信しているため、ヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）の検波器３０５の検波において偏波ダイバーシティ効果を得ることができ、光伝送路５００における伝送中の偏波変動に影響を受けることなく、一定の受信特性を維持することができる。

【０１２２】

次に、図１に示す光信号発生器を用いた、実施例７の光通信システムについて説明する。

【０１２３】

（実施例７の光通信システム）

図１４は、本発明による実施例７の光通信システム（例えば、ヘテロダイン－ＲＯＦシステム）を示す。

【０１２４】

本実施例の光通信システムは、実施例４（図９）の光通信システムに対して、光送信部１００が、単一スペクトル（f_c）の光信号を出力する単一スペクトル光源７００のみから構成され、ヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）は、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）の単一スペクトル光源３０３が、図１に示す光信号発生器（図１４において、光信号発生器３０６）に置き換えて構成される。ここで、光合波器３０４は、光信号発生器３０６からの出力光信号をローカル光信号として、偏波無依存型光変調器２０２からの変調光信号６ｃと合波する。これにより、所定のベースバンド信号を復調することが可能となる。

【０１２５】

以下、単一スペクトル光源７００が光伝送路４００を介して光変調部２００に接続され、その光変調部２００は光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）に接続される構成であり、光変調部２００で、無線端末６００から送信された無線信号で入力されたを光変調する例について詳細に説明する。

【０１２６】

図１４において、単一スペクトル光源７００の出力６ａが、光伝送路４００を介して光変調部２００に送信される。本実施例においては、光変調部２００は、無線端末６００から送信された無線信号６ｂ（f_{RF}）で、単一スペクトル光源７００から送信された光信号６ａを光変調する、偏波無依存型光変調器２０２を備え、この出力変調光信号６ｃを、光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）に送信する。受信部３００Ｂの構成は、実施例２（図６）及び実施例４の受信部３００Ａ（図９）と同様である。

【０１２７】

本実施例において、無線端末６００から送信するベースバンドディジタル信号のビットレート（又は、シンボルレート）は、光信号発生器３０６において偏波依存型光変調器に入力する電気搬送波信号の周波数f_sに等しいものとする。ヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）は、光変調部２００から送信された光信号６ｃと光信号発生器３０６から出力された２波のローカル光信号と合波する光合波器３０４、及び、光合波器３０４の出力光信号５ｄを受光する受光素子３０１を備えており、光ヘテロダイン検波を行う。

【０１２８】

このように、光信号発生器３０６において、互いに偏波が直交し、光電力が等しい２波の光信号（６ｄのうち$f_c+f_{RF}+f_{IF}$，$f_c+f_{RF}+f_{IF}+f_s$成分）を生成して送信しているため、ヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）の検波器３０５の検波において偏波ダイバーシティ効果を得ることができ、光伝送路５００における伝送中の偏波変動に影響を受けることなく、一定の受信特性を維持することができる。

【０１２９】

図１５に、上述した実施例６及び７における各信号の周波数スペクトルの一例を示す。図１５では、光信号発生器３０６から、ローカル光信号として、各成分の光電力が均一化されたされた２波の光信号、即ち６ｄに示す実施例６における$f_c+f_{sc}+f_{IF}$，$f_c+f_{sc}+f_{IF}+f_s$成分（実施例７における$f_c+f_{RF}+f_{IF}$，$f_c+f_{RF}+f_{IF}+f_s$成分）を送信する場合について図示しているが、ローカル光信号として、光周波数

が、実施例６において$f_c+f_{sc}-f_{IF}$及び$f_c+f_{sc}-f_{IF}-f_s$の２波、$f_c-f_{sc}+f_{IF}$及び$f_c-f_{sc}+f_{IF}+f_s$の２波、又は$f_c-f_{sc}-f_{IF}$及び$f_c-f_{sc}-f_{IF}-f_s$の２波の光信号（実施例７において$f_c+f_{RF}-f_{IF}$及び$f_c+f_{RF}-f_{IF}-f_s$の２波、$f_c-f_{RF}+f_{IF}$及び$f_c-f_{RF}+f_{IF}+f_s$の２波、又は$f_c-f_{RF}-f_{IF}$及び$f_c-f_{RF}-f_{IF}-f_s$の２波の光信号）を用いても、同様に、第１及び第２の中間周波数信号６ｅ（f_{IF}，$f_{IF}+f_s$）を生成することができる。

【０１３０】

ここで、光ヘテロダイン検波の偏波依存性に起因し、光伝送路５００における伝送中の偏波変動が生じた場合、図示するように、受光素子３０１から検波器３０５に入力される、第１及び第２の中間周波数信号の信号電力がそれぞれ変動する(６ｅ)。検波器３０５は、ベースバンドディジタル信号と中心周波数f_sの電気帯域信号を出力し(６ｆ)、この出力電気信号６ｆは、積分回路３０２により、周波数f_sの成分とこの逓倍の周波数成分を抑圧するように積分処理される。これにより、中心周波数f_sの電気帯域信号のみが除去され、所望のベースバンドディジタル信号６ｇが抽出される。

【０１３１】

次に、光通信システムにおいて、電気搬送波信号による光変調を用いた複数波長光源を備える光信号発生器の実施例を説明する。

【０１３２】

（複数波長光源を備える光信号発生器の実施例）

図１６～１９は、本発明の複数波長光源を備える光送信部の実施例を示し、図２０は、各信号の周波数スペクトルの一例を示す。

【０１３３】

本実施例の光信号発生器は、複数波長光源１０６と、偏波調整器１０２と、電気発振器１０４と、偏波依存型光変調器１０３と、光変調度調整機構１０５とを備える。複数波長光源１０６は、或る波長のスペクトルからなる光信号を出力する光源として構成でき、例えば、図１７においては、複数波長からなる光信号を出力するように、複数の単一スペクトル光源１０６１と、各々の単一スペクトル光源１０６１の出力を合波する波長多重光合波器１０６２とから構成される。偏波調整器１０２は、複数波長光源１０６の出力光信号の偏波面に対して、ある偏波面Ｘ及びその偏波面Ｘと垂直の偏波面Ｙとを有するように、且つ、偏波面Ｘ及び偏波面Ｙが、ゼロではない所定の角度差を持つ直線偏波になるように調整する。電気発振器１０４は、所定の周波数（f_s）の電気搬送波信号を出力する。偏波依存型光変調器１０３は、電気発振器１０４の出力電気搬送波信号により、偏波調整器１０２の出力光信号に対し、偏波面Ｘの光信号に対して最も大きく光変調作用を及ぼし、偏波面Ｙの光信号に対しては光変調作用を及ぼさないように制御する。光変調度調整機構１０５は、偏波依存型光変調器１０３の出力光信号に対し、その光変調作用の光変調度を調整する。

【０１３４】

このように、図１６及び図２０を参照して、本光信号発生器は、前述の光信号発生器の実施例（図１、図２及び図３）における、単一スペクトルの光信号１ａを出力する単一スペクトル光源１０１を、複数波長からなる光信号７ａを出力する複数波長光源１０６に置き換えて構成される。複数波長光源１０６は、例えば、図１７に示すように、それぞれ出力光信号の波長が異なる複数の単一スペクトル光源１０６１とこれらの出力光信号を波長多重する波長多重光合波器１０６２を用いることができ、また、図１８及び図１９に示すように、所望の周波数の電気搬送波信号を出力する電気発振器１０６３と、その所望の周波数に応じた波長間隔を持つ複数波長からなる光信号７ａを出力する、スーパーコンティニウム光源１０６４、又はモード同期光源１０６５で構成することができる。

【０１３５】

次に、図１６に示す光信号発生器を用いた、実施例８の光通信システムについて説明する。

【０１３６】

（実施例８の光通信システム）
図２１は、本発明による実施例８の光通信システム（例えば、ＷＤＭ(Wavelength Division Multiplexing)－ＩＭ／ＤＤシステム）を示す。図１６に示す光信号発生器を、実施例１の光通信システムに応用することができ、実施例１における参照番号に基づいて、以下のように構成させることができる。

【０１３７】
実施例１からの応用である本実施例の光通信システムは、図１６に示す光信号発生器を有する光送信部１００Ａと、波長分離光分波器８００と、光変調部２００と、光受信部３００とを備える。波長分離光分波器８００は、光送信部１００Ａからの複数波長光信号を波長毎に分離して、複数の光搬送波信号を生成する。光変調部２００は、波長分離光分波器８００からの光搬送波信号を受信するとともに、所定のベースバンド信号（例えば、ベースバンドディジタル信号）で光変調して、各複数波長光信号に対応する変調光信号を生成する複数の偏波依存型変調器２０１から構成される。光受信部３００は、複数の偏波依存型変調器２０１からの変調光信号を受信し、所定のベースバンド信号及び所定の周波数（f_s）を中心周波数とした電気帯域信号を出力する受光素子３０１、及び、受光素子３０１から出力された電気信号を積分処理し、その中心周波数（f_s）の電気帯域信号を除去する積分回路３０２を有する。これにより、光受信部３００は、所定のベースバンド信号を復調することを可能とする。

【０１３８】
以下、光送信部１００Ａが光伝送路４００を介して波長分離光合波器８００に接続され、その波長分離光合波器８００は複数の光伝送路４０１を介して複数の光変調部２００に接続され、その複数の光変調部２００は複数の光伝送路５００を介して複数の光受信部３００に接続される構成例について詳細に説明する。

【０１３９】
図２１において、光送信部１００Ａは、図１６に構成例を示す光信号発生器であり、偏波依存型光変調器１０３の出力光信号を、光伝送路４００を介して波長分離光合波器８００に送信する。波長分離光合波器８００により、複数波長の光信号は、各波長成分に分離され、それぞれ別の光伝送路４０１を介して複数の光変調部２００へ送信される。各光変調部２００は、実施例１と同様の信号変調を施し、各光伝送路５００を介して各光受信部３００に接続される。各光受信部３００は、実施例１と同様に、光信号を検波し、所望のベースバンドディジタル信号を得るように構成される。

【０１４０】
このように、本実施例では、実施例１の光通信システムと同様に、伝送中の偏波変動に影響を受けることなく、一定の受信特性を維持することができる。更に、図１６に構成例を示す光送信部１００Ａを用いることにより、複数波長成分を持つ光信号を一括で生成することが可能となるため、個別に光信号発生器を配置する場合と比較し、大きく光部品点数を削減することが可能となる。

【０１４１】
次に、図１６に示す光信号発生器を用いた、実施例９の光通信システムについて説明する。

【０１４２】
（実施例９の光通信システム）
図２２は、本発明による実施例９の光通信システム（ＷＤＭ－ヘテロダインシステム）を示す。図１６に示す光信号発生器を、実施例２～４の光通信システムに応用することができ、実施例２～４の各々における参照番号に基づいて、以下のように構成させることができる。

【０１４３】
実施例２からの応用である本実施例の光通信システムは、図１６に示す光信号発生器を有する光送信部１００Ａと、波長分離光分波器８００と、光変調部２００と、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）とを備える。また、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）は、

単一スペクトル光源３０３、光合波器３０４、受光素子３０１、検波器３０５、及び、積分回路３０２を有する。波長分離光分波器８００は、光送信部１００Ａからの複数波長光信号を波長毎に分離して、複数の光搬送波信号を生成する。光変調部２００は、波長分離光分波器８００からの光搬送波信号を受信するとともに、所定のベースバンド信号（例えば、ベースバンドディジタル信号）で光変調して、各複数波長光信号に対応する変調光信号を生成する複数の偏波無依存型変調器２０２から構成される。光合波器３０４は、単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する。光合波器３０４は、そのローカル光信号及び複数の偏波無依存型変調器２０２からの変調光信号を受信して合波する。受光素子３０１は、光合波器３０４からの出力光信号を受信し、そのローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数（f_s）だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する。検波器３０５は、受光素子３０１から出力された電気信号を受信して、所定のベースバンド信号及び所定の周波数（f_s）を中心周波数とした電気帯域信号を出力する。積分回路３０２は、検波器３０５から出力された電気信号を積分処理し、中心周波数（f_s）の電気帯域信号を除去する。これにより、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）（複数の光受信部からなるときは各々の光受信部）は、所定のベースバンド信号を復調することを可能とする。

【０１４４】

実施例３からの応用である本実施例の光通信システムは、図１６に示す光信号発生器を有する光送信部１００Ａと、波長分離光分波器８００と、光変調部２００と、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）とを備える。また、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）は、単一スペクトル光源３０３、光合波器３０４、受光素子３０１、検波器３０５、及び、積分回路３０２を有する。波長分離光分波器８００は、光送信部１００Ａからの複数波長光信号を波長毎に分離して、複数の光搬送波信号を生成する。光変調部２００は、第２の所定の周波数（f_{sc}）の電気搬送波信号を出力する電気発振器２０３、及び、所定のベースバンド信号で電気搬送波信号を変調して電気帯域信号を生成する電気変調器２０４を有し、波長分離光分波器８００からの光搬送波信号を受信するとともに、電気帯域信号で光変調して、各複数波長光信号に対応する変調光信号を生成する複数の偏波無依存型変調器２０２から構成される。単一スペクトル光源３０３は、単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する。光合波器３０４は、そのローカル光信号及び複数の偏波無依存型変調器２０２からの変調光信号を受信して合波する。受光素子３０１は、光合波器３０４からの出力光信号を受信し、そのローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数（f_s）だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する。検波器３０５は、受光素子３０１から出力された電気信号を受信して、所定のベースバンド信号及び所定の周波数（f_s）を中心周波数とした電気帯域信号を出力する。積分回路３０２は、検波器３０５から出力された電気信号を積分処理し、中心周波数（f_s）の電気帯域信号を除去する。これにより、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）（複数の光受信部からなるときは各々の光受信部）は、所定のベースバンド信号を復調することを可能とする。

【０１４５】

実施例４からの応用である本実施例の光通信システムは、光－無線融合型の光通信システムとして構成でき、図１６に示す光信号発生器を有する光送信部１００Ａと、波長分離光分波器８００と、光変調部２００と、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）とを備える。また、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）は、単一スペクトル光源３０３、光合波器３０４、受光素子３０１、検波器３０５、及び、積分回路３０２を有する。波長分離光分波器８００は、光送信部１００Ａからの複数波長光信号を波長毎に分離して、複数の光搬送波信号を生成する。光変調部２００は、所定の無線周波数（f_{RF}）の電気搬送波信号を出力する電気発振器６０１、及び、所定のベースバンド信号で電気搬送波信号を変調して無線信号を生成する電気変調器６０２を有する無線端末６００から、その無線信号を受信するとともに、波長分離光分波器８００からの光搬送波信号を受信し、その無線信号で光

変調して、各複数波長光信号に対応する変調光信号を生成する複数の偏波無依存型変調器２０２から構成される。単一スペクトル光源３０３は、単一スペクトルの光信号をローカル光信号として出力する。光合波器３０４は、そのローカル光信号及び複数の偏波無依存型変調器２０２からの変調光信号を受信して合波する。受光素子３０１は、光合波器３０４からの出力光信号を受信し、そのローカル光信号を用いて光ヘテロダイン検波し、第１の中間周波数信号及び前記第１の中間周波数信号に対し前記所定の周波数（f_s）だけ中心周波数が異なる第２の中間周波数信号を出力する。検波器３０５は、受光素子３０１から出力された電気信号を受信して、所定のベースバンド信号及び所定の周波数（f_s）を中心周波数とした電気帯域信号を出力する。積分回路３０２は、検波器３０５から出力された電気信号を積分処理し、中心周波数（f_s）の電気帯域信号を除去する。これにより、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）（複数の光受信部からなるときは各々の光受信部）は、所定のベースバンド信号を復調することを可能とする。

【０１４６】

以下、光送信部１００Ａが光伝送路４００を介して波長分離光合波器８００に接続され、その波長分離光合波器８００は複数の光伝送路４０１を介して複数の光変調部２００に接続され、その複数の光変調部２００は複数の光伝送路５００を介して複数のヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に接続される構成例について詳細に説明する。

【０１４７】

図２２において、光送信部１００Ａは、図１６に構成例を示す光信号発生器であり、偏波依存型光変調器１０３の出力光信号を、光伝送路４００を介して波長分離光合波器８００に送信する。波長分離光合波器８００により、複数波長光信号は各波長成分に分離され、それぞれ別の光伝送路４０１を介して複数の光変調部２００へ送信される。各光変調部２００は、実施例２～４と同様の信号変調を施し、各光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に接続される。各ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）は、実施例２～４と同様に、光信号を検波し、所望のベースバンドディジタル信号を得るように構成される。

【０１４８】

このように、図１６に構成例を示す光送信部１００Ａを、実施例２～４の光通信システムに応用した実施例９では、実施例２～４と同様に、伝送中の偏波変動に影響を受けることなく、一定の受信特性を維持することができる。更に、図１６に構成例を示す光送信部１００Ａを用い、複数波長成分を持つ光信号を一括で生成することが可能となるため、個別に光信号発生器を配置する場合と比較し、大きく光部品点数を削減することが可能となる。

【０１４９】

次に、図１６に示す光信号発生器を用いた、実施例１０の光通信システムについて説明する。

【０１５０】

（実施例１０の光通信システム）

図２３は、本発明による実施例１０の光通信システム（例えばＦＤＭ(Frequency Division Multiplexing)－ヘテロダインシステム）を示す。本実施例は、実施例９の更に別の例を示すものである。

【０１５１】

本実施例の光通信システムは、実施例９の光通信システムに対して、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）が、１つのヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）（図２３）からなり、複数の偏波無依存型変調器からなる光変調部２００から出力された、それぞれ異なる波長の変調光信号を波長多重し、１つのヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に出力する波長多重光合波器８０１を備える。

【０１５２】

本実施例では、光送信部１００Ａは、光伝送路４００を介して波長分離光合波器８００に接続され、波長分離光合波器８００は、複数の光伝送路４０１を介して複数の光変調部

２００に接続される。また、その複数の光変調部２００は、複数の光伝送路４０２を介して波長多重光合波器８０１に接続され、その波長多重光合波器８０１は光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に接続される。

【０１５３】

図２３において、光送信部１００Ａは、図１６に構成例を示す光信号発生器であり、偏波依存型光変調器１０３の出力光信号を、光伝送路４００を介して波長分離光合波器８００に送信する。波長分離光合波器８００により、複数波長光信号は各波長成分に分離され、それぞれ別の光伝送路４０１を介して複数の光変調部２００へ送信される。各光変調部２００は、実施例２～４の光通信システムと同様の信号変調を施し、各光伝送路４０２を介して波長多重光合波器８０１に送信する。波長多重光合波器８０１により、変調を施された各波長成分は合波され、単一の光伝送路５００を介してヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に接続される。ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）は、実施例２～４と同様に、光信号を検波し、所望のベースバンドディジタル信号を得る構成である。

【０１５４】

このように、本実施例では、実施例２～４と同様に伝送中の偏波変動に影響を受けることなく、一定の受信特性を維持することができる。更に、図１６に構成例を示す光送信部１００Ａと複数の光変調部２００を用い、複数波長成分を持つ光信号を生成するため、例えば、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）内の単一スペクトル光源３０３を波長可変光源とすることで、複数波長光信号から任意の波長成分をもつ光信号を選択受信することが可能となる。

【０１５５】

次に、図１６に示す光信号発生器を用いた、実施例１１の光通信システムについて説明する。

【０１５６】

（実施例１１の光通信システム）

図２４は、本発明による実施例１１の光通信システム（例えばＦＤＭ－ＰＯＮ(Passive Optical Network)－ヘテロダインシステム）を示す。本実施例は、実施例９及び１０の更に別の例を示すものである。

【０１５７】

本実施例の光通信システムは、実施例９の光通信システムに対して、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）が、複数のヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）（図２４）からなり、複数の偏波無依存型変調器からなる光変調部２００から出力された、それぞれ異なる波長の変調光信号を波長多重する波長多重光合波器８０１、及び、波長多重光合波器の出力光信号を複数に分岐し、それぞれ複数のヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に出力する光分岐器８０２を更に備える。

【０１５８】

本実施例では、光送信部１００Ａは、光伝送路４００を介して波長分離光合波器８００に接続され、波長分離光合波器８００は、複数の光伝送路４０１を介して複数の光変調部２００に接続される。また、複数の光変調部２００は、複数の光伝送路４０２を介して波長多重光合波器８０１に接続され、波長多重光合波器８０１は、光伝送路４０３を介して光分岐器８０２に接続される。更に、光分岐器８０２は、複数の光伝送路５００を介して複数のヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に接続される。

【０１５９】

図２４において、光送信部１００Ａは、図１６に構成例を示す光信号発生器であり、偏波依存型光変調器１０３の出力光信号を、光伝送路４００を介して波長分離光合波器８００に送信する。波長分離光合波器８００により、複数波長光信号は各波長成分に分離され、それぞれ別の光伝送路４０１を介して複数の光変調部２００へ送信される。各光変調部２００は、実施例２～４の光通信システムと同様の信号変調を施し、各光伝送路４０２を介して波長多重光合波器８０１に送信する。

【０１６０】

波長多重光合波器８０１により、変調を施された各波長成分は合波され、単一の光伝送路４０３を介して光分岐器８０２に送信される。光分岐器８０２により、複数波長光信号は、例えば光強度分岐又は光波長分岐され、複数の光伝送路５００を介して複数のヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に接続される。ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）は、実施例２～４と同様に、光信号を検波し、所望のベースバンドディジタル信号を得るように構成される。

【０１６１】

このように、本実施例では、実施例２～４と同様に伝送中の偏波変動に影響を受けることなく、一定の受信特性を維持することができる。更に、複数波長光信号発生器１００Ａと複数の光変調部２００を用い、複数波長成分を持つ光信号を生成するため、例えば、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）内の単一スペクトル光源３０３を波長可変光源とすることで、複数波長光信号から任意の波長成分を持つ光信号を選択受信することが可能となる。更に、実施例９（図２２）と異なり、複数の光変調部２００と複数のヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）間の光伝送路を一部複数信号で共用する構成であるため、必要な光伝送路数を低減し、簡易な光ネットワークを構成することが可能となる。

【０１６２】

次に、実施例１２～１４の光通信システムについて説明する。

【０１６３】

（実施例１２～１４の光通信システム）

図２５～２７は、本発明による実施例１２～１４の光通信システムをそれぞれ示し、図２８～３０は、実施例１２～１４で用いられる光変調部の構成例をそれぞれ示す。

【０１６４】

これらの実施例では、光送受信部９００は、光伝送路４００及び光伝送路５００を介して光変調部２００に接続される構成である。実施例１２では、光送受信部９００に、光信号発生器９０１及び光受信部３００が配置され（図２５）、実施例１３では、光送受信部９００に、光信号発生器９０１及びヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）が配置され（図２６）、実施例１４では、光送受信部９００に、単一スペクトル光源７００及びヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）が配置される（図２７）。

【０１６５】

図２５において、光送受信部９００内に配置される光信号発生器９０１は、図１に構成例を示す光信号発生器であり、偏波依存型光変調器１０３の出力光信号を、光伝送路４００を介して光変調部２００に送信する。光変調部２００は、実施例１と同様の信号変調を施し、光伝送路５００を介して、光送受信部９００内に配置される光受信部３００に接続される。光受信部３００は、実施例１と同様に、光信号を検波し、所望のベースバンド信号（例えば、ベースバンドディジタル信号）を得るように構成される。

【０１６６】

図２６において、光送受信部９００内に配置される光信号発生器９０１は、図１に構成例を示す光信号発生器であり、偏波依存型光変調器１０３の出力光信号を、光伝送路４００を介して光変調部２００に送信する。光変調部２００は、実施例２～４と同様の信号変調を施し、光伝送路５００を介して、光送受信部９００内に配置されるヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に接続される。ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）は、実施例２～４と同様に、光信号を検波し、所望のベースバンド信号（例えば、ベースバンドディジタル信号）を得るように構成される。

【０１６７】

図２７において、光送受信部９００内に配置される単一スペクトル光源７００は、実施例５～７と同様に、単一スペクトルの光信号を、光伝送路４００を介して光変調部２００に送信する。光変調部２００は、実施例２～４と同様の信号変調を施し、光伝送路５００を介して、光送受信部９００内に配置されるヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）に接続される。ヘテロダイン光受信部Ｂ（３００Ｂ）は、実施例５～７と同様に、光信号を検波し、所望のベースバンド信号（例えば、ベースバンドディジタル信号）を得るように構成

される。
【０１６８】
ここで、図２５～２７の光変調部２００の一例として、例えば図２８～３０のような構成とすることが可能である。図２８において、光変調部２００は、実施例２～４における光変調部２００と同様の構成を備える。図２９において、光変調部２００は、光変調部２０６と光サーキュレータ２０７を備え、図２５～２７の光伝送路４００及び５００について、同一の光伝送路を用いることが可能なように構成される。このとき、図２５～２７の光送受信部９００内にも同様に、例えば光サーキュレータを配置し、光信号を分離する必要がある。
【０１６９】
図３０において、光変調部２００は、反射型光変調器２０８を備え、図２５～２７の光伝送路４００及び５００について、同一の光伝送路を用いることが可能なように構成される。このとき、図２５～２７の光送受信部９００内には、例えば光サーキュレータを配置し、光信号を分離する必要がある。また、反射型光変調器２０８としては、例えば半導体光増幅器や電界吸収型光変調器を用いることができる。
【０１７０】
このように、これらの実施例では、実施例１と同様に伝送中の偏波変動に影響を受けることなく、一定の受信特性を維持することができる。また、光信号を変調する箇所において、光信号生成器や単一スペクトル光源等の光源を配置する必要が無く、光送受信部において光スペクトルを厳密に管理することで、光変調部での精密な制御を不要とすることができる。
【０１７１】
これらの実施例においては、実施例８～１１と同様に、複数波長を伝送する形とすることも可能であり、その場合には、複数配置される光変調部で個別に制御する必要が無く、複数波長からなる光信号を光送受信部において一括で制御することができる。
【０１７２】
次に、変調光信号を出力する光信号発生器である、変調光信号発生器の実施例について説明する。
【０１７３】
（変調光信号発生器の実施例）
図３１～３３は、本発明による実施例の変調光信号発生器を示し、図３４は、各信号の周波数スペクトルの一例を示す。
【０１７４】
本実施例の変調光信号発生器は、図１に示す光信号発生器において、単一スペクトル光源１０１（図１）を用いる代わりに、所定のベースバンド信号で変調された、単一スペクトルからなる光信号を出力する光源を用いる。そのような光源は、変調光発生部１０７（図３１）として、所定のベースバンド信号（例えば、ベースバンドディジタル信号）で直接変調可能な単一スペクトルの光信号を出力する直接変調型光源１０７１で構成することができ、又は、単一スペクトルの光搬送波信号を発生する光源部１０７２、及び、光源部１０７２からの光搬送波信号を所定のベースバンド信号から生成した電気帯域信号で変調する光変調器１０７３で構成することができる。本実施例の変調光信号発生器を、前述の実施例１～４のいずれかに応用することができる。
【０１７５】
即ち、本発明による図１に示す光信号発生器における、単一スペクトルの光信号１ａを出力する単一スペクトル光源１０１を、ベースバンド信号、又は、電気搬送波信号とベースバンド信号から生成した電気帯域信号で変調された変調光信号８ａを出力する変調光発生部１０７に置き換えた構成であり、以下、図３１～３３を参照して、ベースバンド信号で変調された変調光信号８ａを出力する例を説明する。
【０１７６】
変調光発生部１０７は、例えば、図３２に示すように、ベースバンド信号で駆動電流を

変化させることで直接変調が可能な直接変調型光源１０７１を用いることができる。また、図３３に示すように、単一スペクトル光源１０７２、及び、単一スペクトル光源１０７２の出力光搬送波信号をベースバンド信号で変調する光変調部１０７３で構成させることもできる。このように、光変調部２００で、ベースバンド信号を光変調せずに、変調光発生部１０７で、ベースバンド信号を光変調することができる。即ち、実施例１～４のいずれかの光通信システムにおいて、光送信部１００が、本実施例の変調光信号発生器を有する場合には、実施例１～４の光通信システムの効果を有しながら、光受信部３００（又はヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ））が、本実施例の変調光信号発生器からの変調光信号を直接受信することができる。

【０１７７】

図３４に示すように、光信号発生器の実施例（図１及び図２）と同様、入力された変調光信号８ｂの偏波面Ｙの光信号成分には変調作用を与えずに、偏波面Ｘの光信号成分に光変調作用を及ぼし、側波帯光信号を発生させることができる(８ｄ)。また、搬送波抑圧型の光変調（DSB-SC又はSSB-SC）を施すことで、互いに偏波が直交した３波の光信号８ｄ１、又は２波の光信号８ｄ２を発生させることができる。更に、光信号発生器の実施例（図１及び図２）と同様に、偏波面Ｘの光側波帯成分と、偏波面Ｙの光搬送波成分の光電力が等しくなるように、変調光信号８ｂの偏波状態（偏波面Ｘの成分と偏波面Ｙの成分との比率）と光変調度を調整することで、例えば、単側波帯光変調の場合には、互いに偏波が直交し、光電力が均一な２波の光信号８ｄ３を発生させることができる。

【０１７８】

次に、複数波長の変調光信号を出力する光信号発生器である、複数波長変調光信号発生器の実施例について説明する。

【０１７９】

（複数波長変調光信号発生器の実施例）

図３５～３７は、本発明による実施例の複数波長変調光信号発生器を示し、図３８は、各信号の周波数スペクトルの一例を示す。

【０１８０】

本実施例の変調光信号発生器は、図１６に示す光信号発生器において、複数波長光源１０６（図１６）を用いる代わりに、所定のベースバンド信号で変調された、複数波長からなる光信号を出力する光源を用いる。そのような光源は、複数波長変調光発生部１０８として、所定のベースバンド信号（例えば、ベースバンドディジタル信号）で直接変調可能な、出力光信号の波長が異なる複数の直接変調型光源１０８１、及び、複数波長の直接変調型光源１０８１の各々からの出力光信号を受信して波長多重する波長多重型光合波器１０８２で構成することができ、又は、異なる波長の光搬送波信号を出力する複数の単一スペクトル光源１０８３、複数の単一スペクトル光源部１０８３からの光搬送波信号を所定のベースバンド信号から生成した電気帯域信号で変調する複数の光変調器１０８４、及び、複数の光変調器１０８４の各々からの光信号を受信して合波する波長多重型光合波器１０８２で構成することができる。複数波長変調光発生部１０８から、複数波長からなる光信号が出力される。

【０１８１】

即ち、本発明による実施例の変調光信号発生器（図３１～３４）における、変調光信号８ａを出力する変調光発生部１０７を、複数波長の変調光信号９ａを出力する複数波長変調光発生部１０８に置き換えた構成であり、以下、図３５～３７を参照して、ベースバンド信号でそれぞれ変調された複数波長変調光信号９ａを出力する例を説明する。

【０１８２】

複数波長変調光発生部１０８は、例えば、図３６に示すように、それぞれ出力光信号の波長が異なる複数の直接変調型光源１０８１、及び、これらの出力変調光信号を波長多重する波長多重型光合波器１０８２で構成させることができる。また、図３７に示すように、複数波長変調光発生部１０８は、異なる波長の光信号を出力する複数の単一スペクトル光源１０８３、これら複数の単一スペクトル光源１０８３の出力光搬送波信号をそれぞれ

ベースバンド信号で変調する光変調器１０８４、及び、これらの光変調部の出力変調光信号を波長多重する波長多重型光合波器１０８２で構成させることもできる。このように、光変調部２００で、ベースバンド信号を光変調せずに、複数波長変調光発生部１０８で、ベースバンド信号を光変調することができる。即ち、実施例８～１１のいずれかの光通信システムにおいて、光送信部１００Ａが、本実施例の複数波長変調光信号発生器を有する場合には、実施例８～１１の光通信システムの効果を有しながら、光受信部３００（又はヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ））が、本実施例の変調光信号発生器からの変調光信号を直接受信することができる。

【０１８３】

次に、図３１に示す変調光信号発生器を用いた、実施例１５の光通信システムについて説明する。

【０１８４】

（実施例１５の光通信システム）

図３９は、本発明による実施例の光通信システム（例えば、ヘテロダイン－ベースバンドシステム）を示し、図４０は、実施例１５における各信号の周波数スペクトルの一例を示す。

【０１８５】

本実施例では、光送信部１００が光伝送路４００を介してヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に接続される構成例に基づいて説明する。図３９において、光送信部１００は、図３１に構成例を示す変調光信号発生器を有する。その変調光信号発生器は、偏波依存型光変調器１０３の出力変調光信号１０ａを、光伝送路４００を介してヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）に送信する。ここでは、実施例２の光通信システム（図６及び図７）と同様、光送信部１００から、各成分の光電力が均一化された２波の変調光信号１０ａ（即ち、図３４に示す８ｄ３と同一）を送信する場合について図示する。尚、ベースバンドディジタル信号のビットレート（又は、シンボルレート）は、光送信部１００において偏波依存型光変調器に入力する電気搬送波信号の周波数f_sに等しいものとする。

【０１８６】

ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）は、第２～４の実施例と同様、光変調部２００から送信された２波の光信号１０ａと単一スペクトル光源３０３から出力されたローカル光信号とを合波して光ヘテロダイン検波を行う。受光素子３０１から出力される第１及び第２の中間周波数信号１０ｃを検波器３０５で検波して得られる、ベースバンドディジタル信号と中心周波数f_sの電気帯域信号（１０ｄ）を、積分回路３０２において、周波数f_sの成分とこの逓倍の周波数成分を抑圧するよう積分処理して、中心周波数f_sの電気帯域信号のみを除去することで、所望のベースバンドディジタル信号が抽出される（１０ｅ）。

【０１８７】

このように、光送信部１００において、互いに偏波が直交し、光電力が等しい２波の変調光信号１０ａを生成して送信しているため、ヘテロダイン光受信部Ａ（３００Ａ）の検波器３０５の検波において偏波ダイバーシティ効果を得ることができ、光伝送路４００における伝送中の偏波変動に影響を受けることなく、一定の受信特性を維持することができる。

【０１８８】

本実施例の応用として、図３１に示す変調光信号発生器の代わりに、図３５の複数波長変調光信号発生器を用いることができる。図３５の複数波長変調光信号発生器に用いられる複数波長変調光発生部１０８について、図３６又は図３７に構成例を示す複数波長変調光発生部を用いて構成させることができ、実施例８～１１と同様、複数波長を伝送する光通信システムとすることも可能である。複数波長を伝送する光通信システムとして構成した場合には、複数配置される光変調部で個別に制御する必要が無く、複数波長の光スペクトルを光送受信部において一括で制御することができる。

【０１８９】

上述の実施例については代表的な例として説明したが、本発明の趣旨及び範囲内で、多くの変更及び置換ができることは当業者に明らかである。即ち、本発明は、上述の実施例によって制限するものと解するべきではなく、特許請求の範囲によってのみ制限される。

【産業上の利用可能性】

【０１９０】

光信号発生器を有する光送信部から送信した光搬送波信号を、光変調部でベースバンド信号、電気帯域信号又は無線信号で光変調して光受信部に送信する光通信システム、並びに、光信号発生器を有する光送信部から変調光信号を光受信部に送信し、光受信部でベースバンド信号を復調する光通信システム又は光－無線融合通信システムに有用である。

【図面の簡単な説明】

【０１９１】

【図１】本発明による実施例の光信号発生器を示す図である。

【図２】本発明による実施例の光信号発生器において光変調度調整機構の構成例を示す図である。

【図３】本発明による実施例の光信号発生器における信号スペクトルを示す図である。

【図４】本発明による実施例１の光通信システムを示す図である。

【図５】本発明による実施例１の光通信システムにおける信号スペクトルを示す図である。

【図６】本発明による実施例２の光通信システムを示す図である。

【図７】本発明による実施例２の光通信システムにおける信号スペクトルを示す図である。

【図８】本発明による実施例３の光通信システムを示す図である。

【図９】本発明による実施例４の光通信システムを示す図である。

【図１０】本発明による実施例３及び４の光通信システムにおける信号スペクトルを示す図である。

【図１１】本発明による実施例５の光通信システムを示す図である。

【図１２】本発明による実施例５の光通信システムにおける信号スペクトルを示す図である。

【図１３】本発明による実施例６の光通信システムを示す図である。

【図１４】本発明による実施例７の光通信システムを示す図である。

【図１５】本発明による実施例６及び７の光通信システムにおける信号スペクトルを示す図である。

【図１６】本発明による実施例の複数波長光源を備える光送信部を示す図である。

【図１７】本発明による実施例の複数波長光源を備える光送信部において複数波長光源の第１の構成例を示す図である。

【図１８】本発明による実施例の複数波長光源を備える光送信部において複数波長光源の第２の構成例を示す図である。

【図１９】本発明による実施例の複数波長光源を備える光送信部において複数波長光源の第３の構成例を示す図である。

【図２０】本発明による実施例の光信号発生器における信号スペクトルを示す図である。

【図２１】本発明による実施例８の光通信システムを示す図である。

【図２２】本発明による実施例９の光通信システムを示す図である。

【図２３】本発明による実施例１０の光通信システムを示す図である。

【図２４】本発明による実施例１１の光通信システムを示す図である。

【図２５】本発明による実施例１２の光通信システムを示す図である。

【図２６】本発明による実施例１３の光通信システムを示す図である。

【図２７】本発明による実施例１４の光通信システムを示す図である。

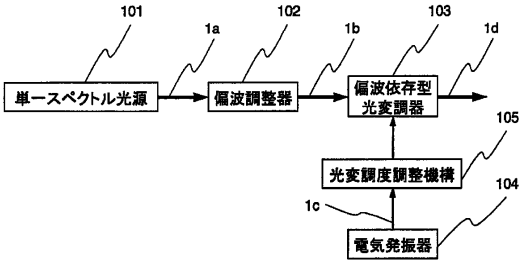
【図２８】本発明による実施例１２～１４の光通信システムにおける光変調部の第１の構成例を示す図である。

【図２９】本発明による実施例１２～１４の光通信システムにおける光変調部の第２の構

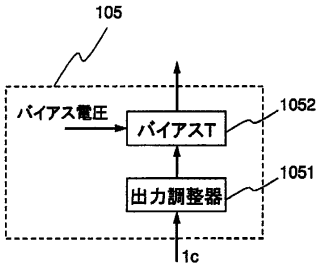
成例を示す図である。
【図３０】本発明による実施例１２～１４の光通信システムにおける光変調部の第３の構成例を示す図である。
【図３１】本発明による実施例の変調光信号発生器を示す図である。
【図３２】本発明による実施例の変調光信号発生器において変調光発生部の第１の構成例を示す図である。
【図３３】本発明による実施例の変調光信号発生器において変調光発生部の第２の構成例を示す図である。
【図３４】本発明による実施例の変調光信号発生器における信号スペクトルを示す図である。
【図３５】本発明による実施例の複数波長変調光信号発生器を示す図である。
【図３６】本発明による実施例の複数波長変調光発生部において第１の構成例を示す図である。
【図３７】本発明による実施例の複数波長変調光発生部において第２の構成例を示す図である。
【図３８】本発明による実施例の複数波長変調光信号発生器における信号スペクトルを示す図である。
【図３９】本発明による実施例１５の光通信システムを示す図である。
【図４０】本発明による実施例１５の光通信システムにおける信号スペクトルを示す図である。
【図４１】従来の光通信システムの第１の構成例を示す図である。
【図４２】従来の光信号発生器の構成例を示す図である。
【図４３】従来の光通信システムの第２の構成例を示す図である。
【符号の説明】
【０１９２】
１００　光送信部
１００Ａ　光送信部
１０１　単一スペクトル光源
１０２　偏波調整器
１０３　偏波依存型光変調器
１０４　電気発振器
１０５　光変調度調整機構
１０６　複数波長光源
１０７　変調光発生部
１０８　複数波長変調光発生部
１０９　光合波器
２００　光変調部
２０１　偏波依存型光変調器
２０２　偏波無依存型光変調器
２０３　電気発振器
２０４　乗算器
２０５　アンテナ
２０６　光変調器
２０７　光サーキュレータ
２０８　反射型光変調器
３００　光受信部
３００Ａ　ヘテロダイン光受信部Ａ
３００Ｂ　ヘテロダイン光受信部Ｂ
３００Ｃ　ヘテロダイン光受信部Ｃ
３０１　受光素子

３０２　積分回路
３０３　単一スペクトル光源
３０４　光合波器
３０５　検波器
３０６　光信号発生器
４００，４０１，４０２，４０３　光伝送路
５００　光伝送路
６００　無線端末
６０１　電気発振器
６０２　電気変調器（乗算器）
６０３　アンテナ
７００　単一スペクトル光源
８００，８０１　波長分離光合波器
８０２　光分岐器
９００　光送受信部
９０１　光信号発生器
１０５１　出力調整器
１０５２　バイアスＴ
１０６１　単一スペクトル光源
１０６２　波長多重光合波器
１０６３　電気発振器
１０６４　スーパーコンティニウム光源
１０６５　モード同期光源
１０７１　直接変調型光源
１０７２　単一スペクトル光源
１０７３　光変調器
１０８１　直接変調型光源
１０８２　波長多重光合波器
１０８３　単一スペクトル光源
１０８４　光変調器

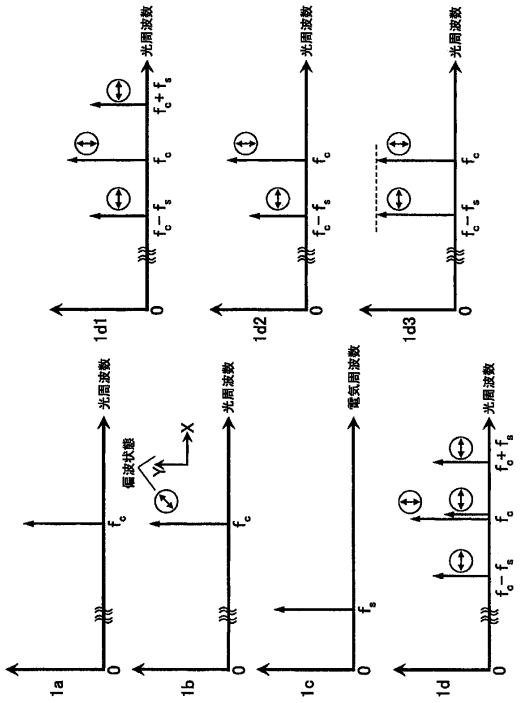
【図１】


101
1a
102
1b
103
1d
単一スペクトル光源
偏波調整器
偏波依存型
光変調器
105
光変調度調整機構
104
1c
電気発振器

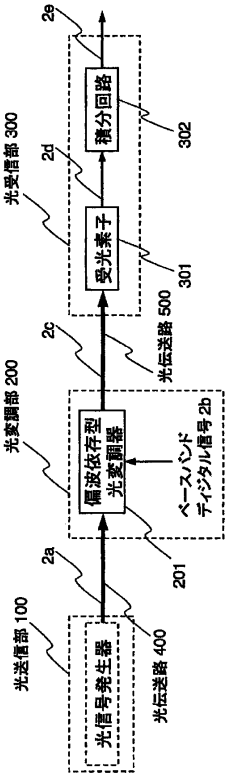
【図２】


105
バイアス電圧
バイアスT
1052
出力調整器
1051
1c

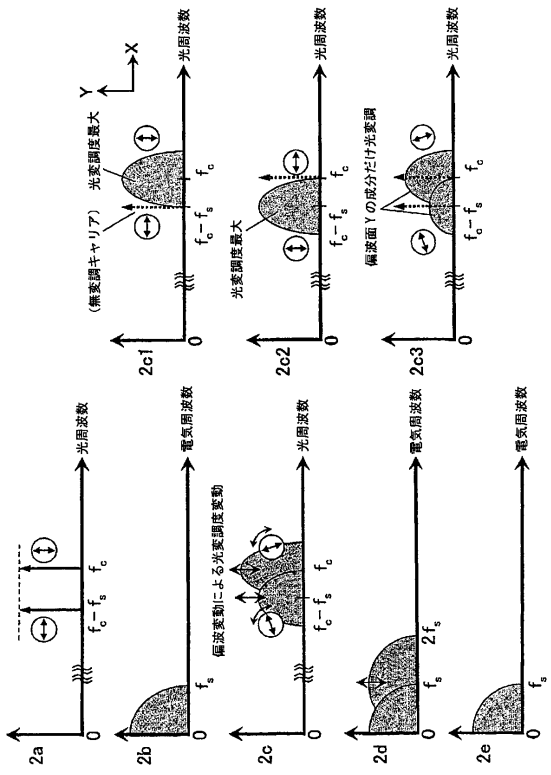
【図３】


光周波数
1d1
1d2
1d3
偏波状態
X
Y
電気周波数
1a
1b
1c
1d

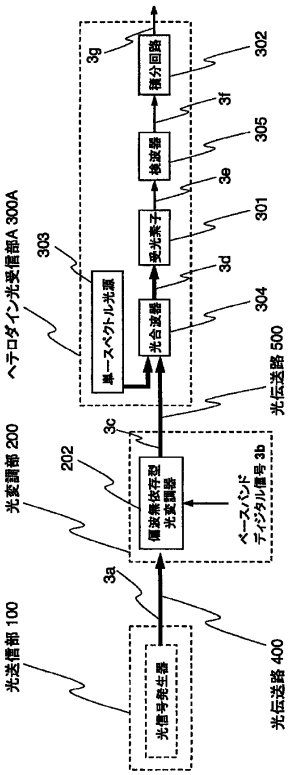
【図４】


2e
光受信部 300
2d
積分回路
302
受光素子
301
光伝送路 500
2c
光変調部 200
偏波依存型
光変調器
ベースバンド
ディジタル信号 2b
201
2a
光送信部 100
光信号発生器
光伝送路 400

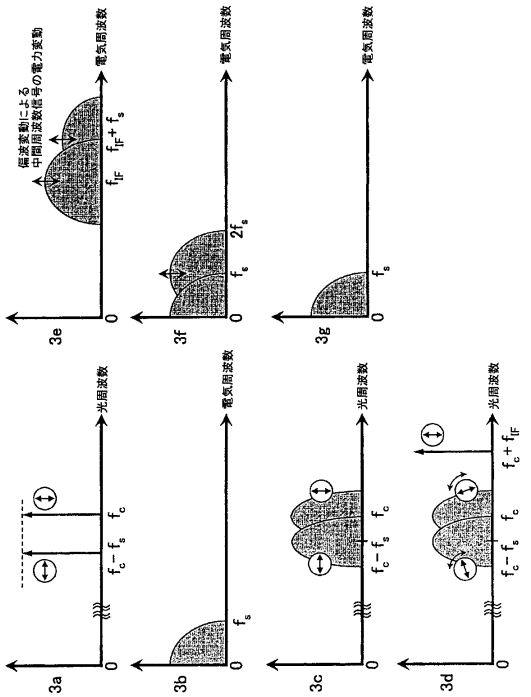
【図５】


光周波数
X
Y
（無変調キャリア）
光変調度最大
偏波面Yの成分だけ光変調
2c1
2c2
2c3
電気周波数
偏波変動による光変調度変動
2a
2b
2c
2d
2e

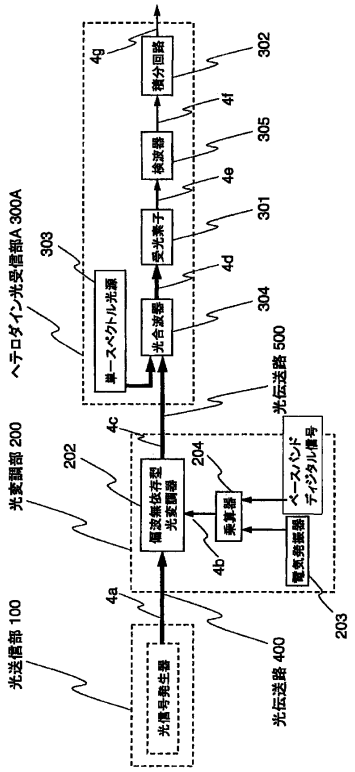
【図６】


光送信部 100
光信号発生器
光伝送路 400
光変調部 200
202
偏波無依存型光変調器
ベースバンドディジタル信号 3b
3a
3c
ヘテロダイン光受信部A 300A
303
単一スペクトル光源
光合波器
受光素子
検波器
積分回路
304
301
305
302
3d
3e
3f
3g
光伝送路 500

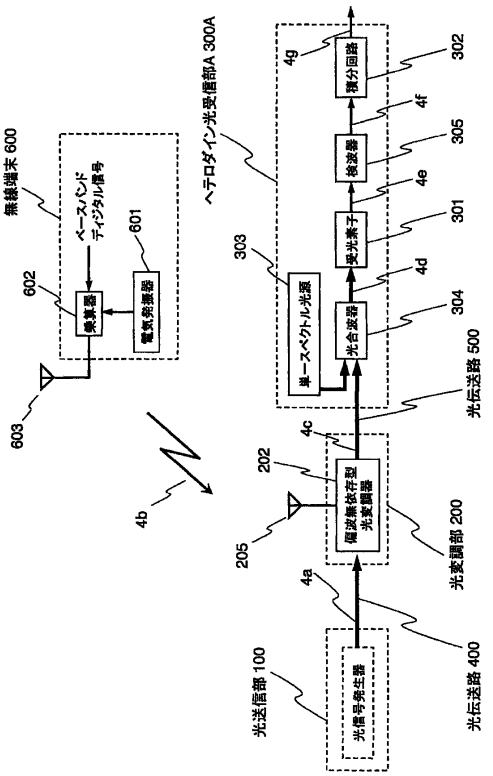
【図７】


偏波変動による中間周波数信号の電力変動
電気周波数
光周波数
f_{IF}
$f_{IF}+f_s$
f_s
$2f_s$
f_c-f_s
f_c
f_c+f_{IF}
0
3a
3b
3c
3d
3e
3f
3g

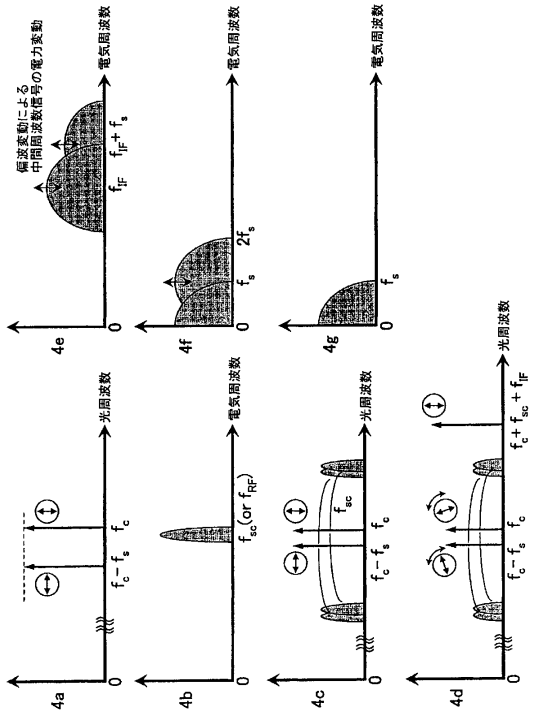
【図８】


光送信部 100
光信号発生器
光伝送路 400
光変調部 200
202
偏波無依存型光変調器
4a
4b
4c
乗算器
電気発振器
ベースバンドディジタル信号
203
204
ヘテロダイン光受信部A 300A
303
単一スペクトル光源
光合波器
受光素子
検波器
積分回路
304
301
305
302
4d
4e
4f
4g
光伝送路 500

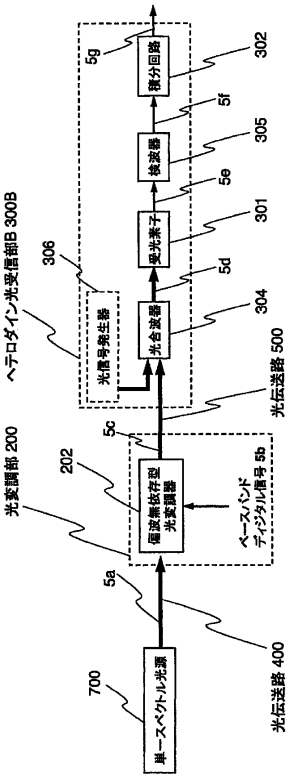
【図９】


無線端末 600
ベースバンドディジタル信号
601
602
603
乗算器
電気発振器
4b
ヘテロダイン光受信部A 300A
303
単一スペクトル光源
光合波器
受光素子
検波器
積分回路
304
301
305
302
4d
4e
4f
4g
光伝送路 500
202
205
偏波無依存型光変調器
4a
4c
光変調部 200
光送信部 100
光信号発生器
光伝送路 400

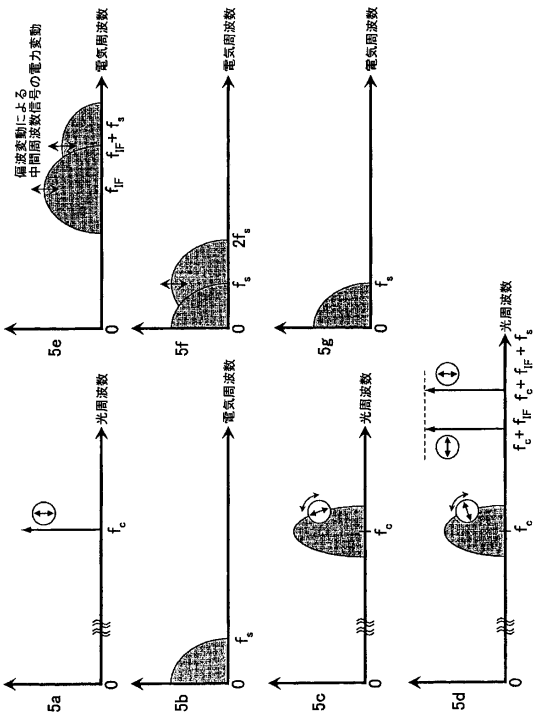
【図１０】



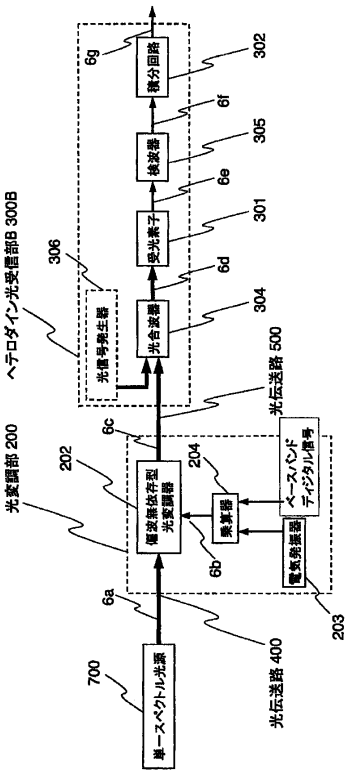
【図１１】



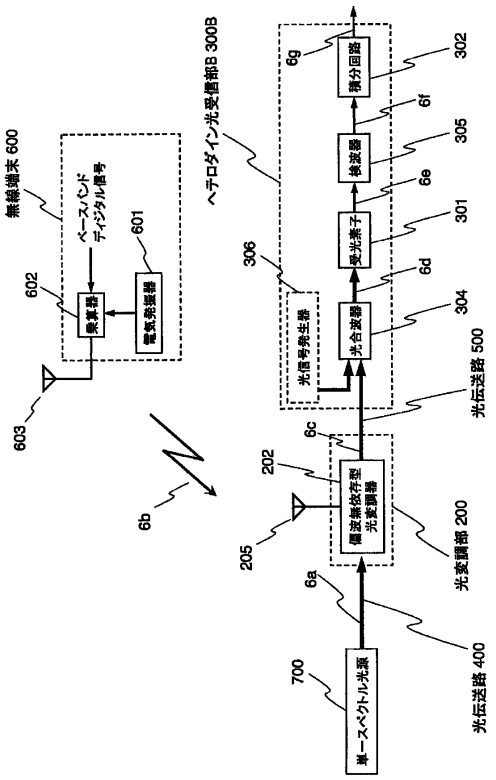
【図１２】



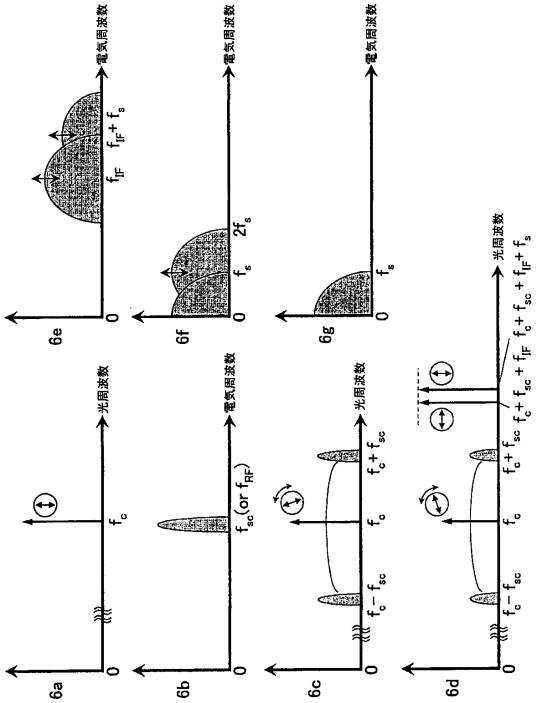
【図１３】



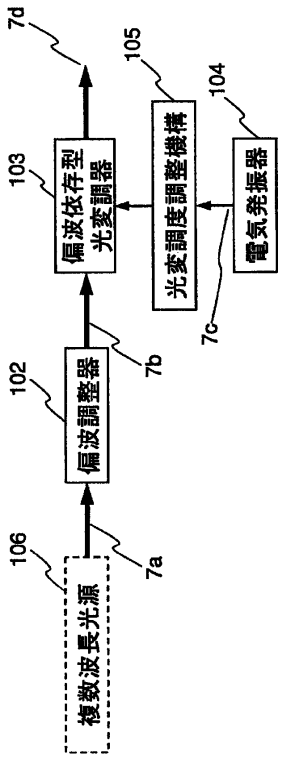
【図１４】



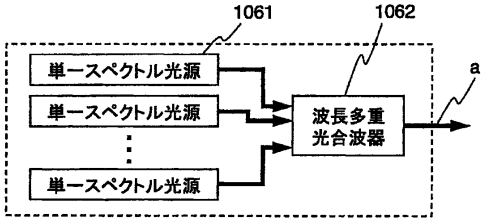
【図１５】



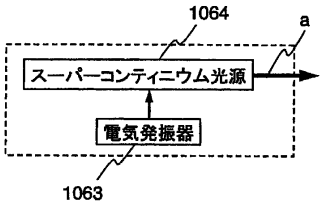
【図１６】



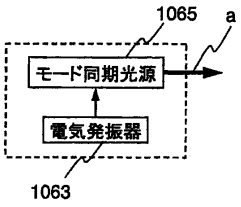
【図１７】



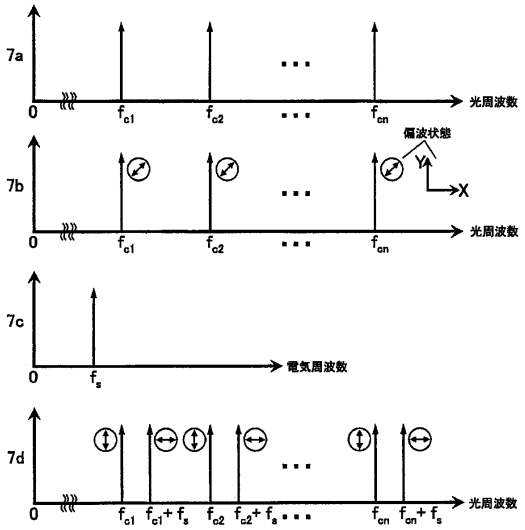
【図１８】



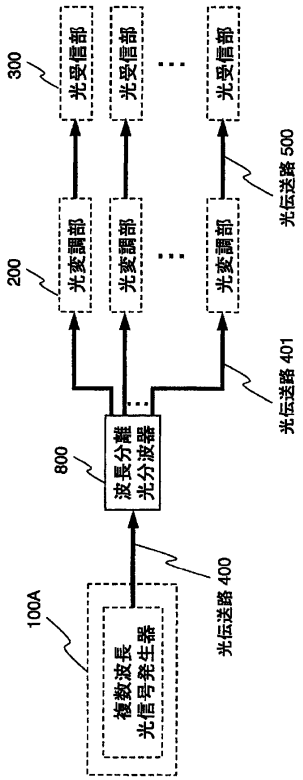
【図１９】



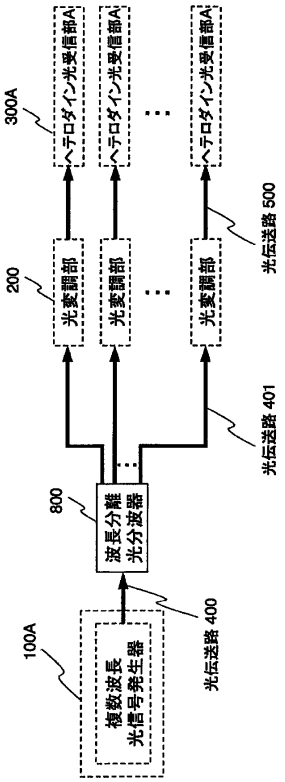
【図２０】



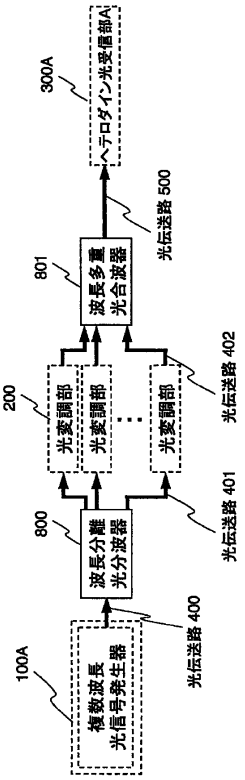
【図２１】



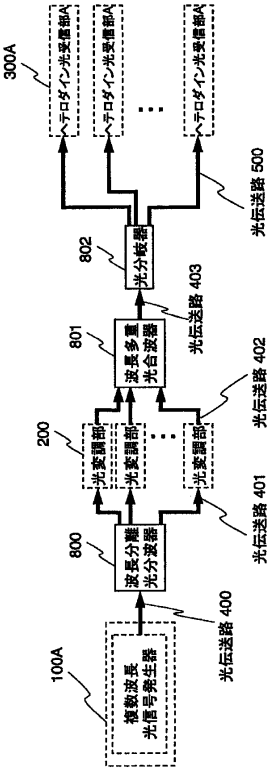
【図２２】



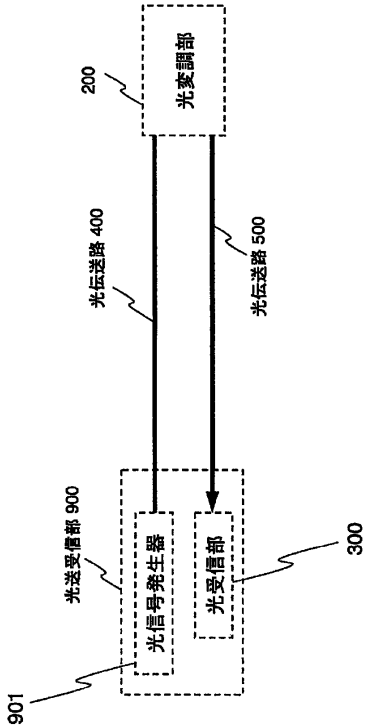
【図２３】



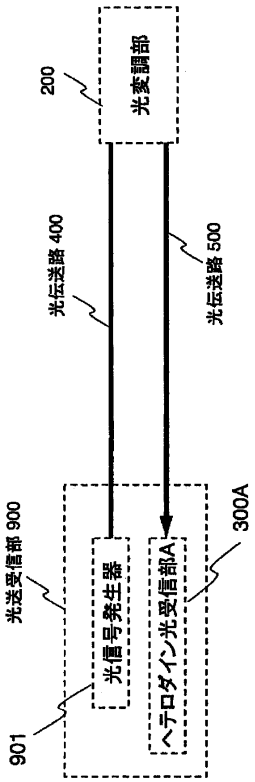
【図２４】



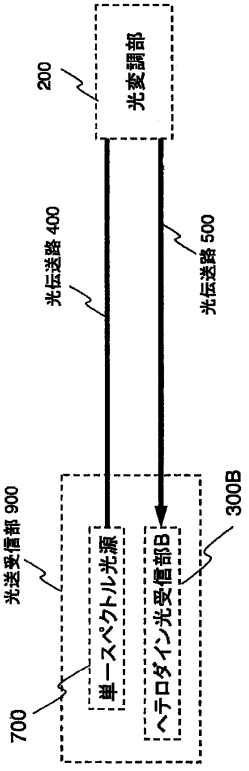
【図２５】



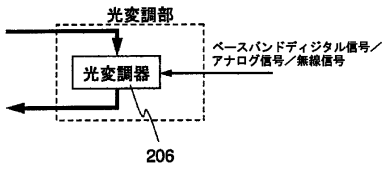
【図２６】



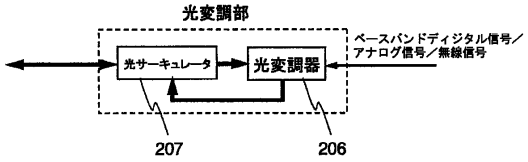
【図２７】



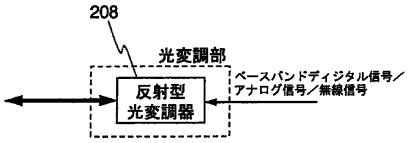
【図２８】



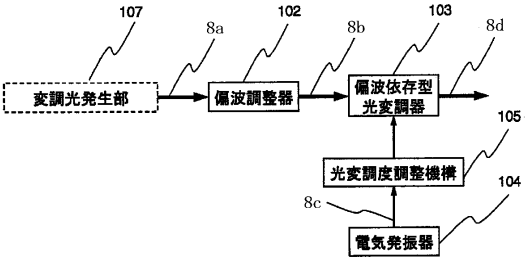
【図２９】



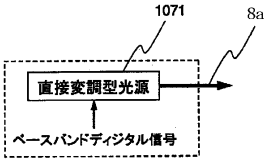
【図３０】



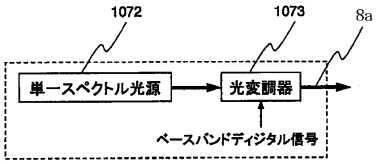
【図３１】



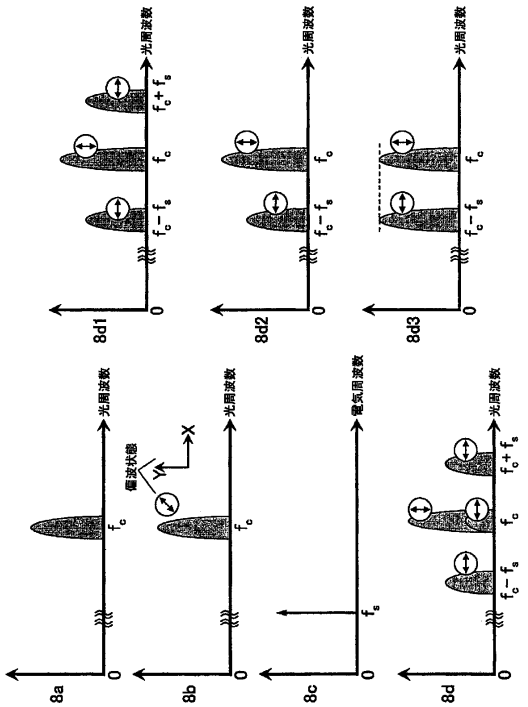
【図３２】



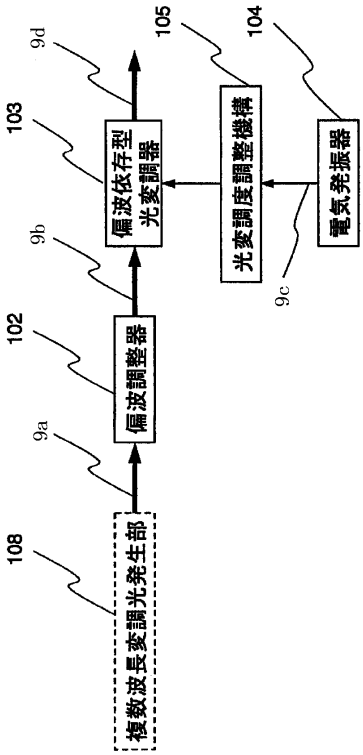
【図３３】



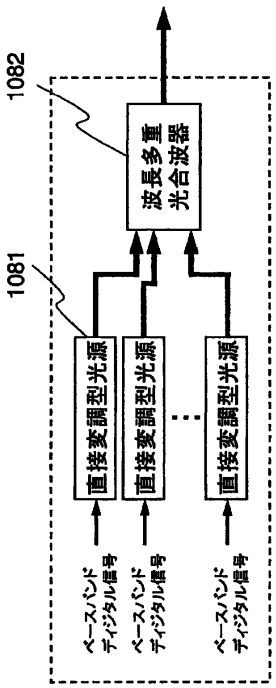
【図３４】



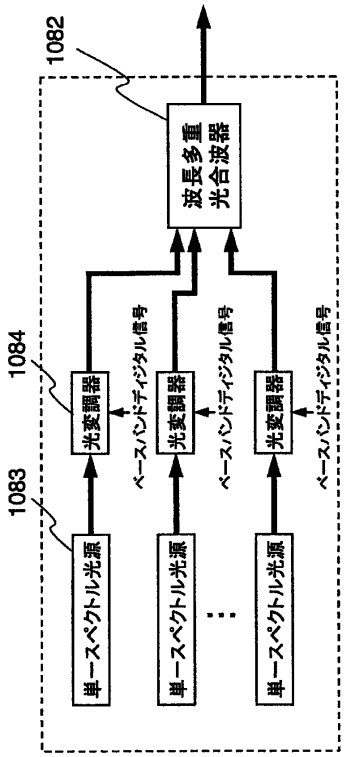
【図３５】



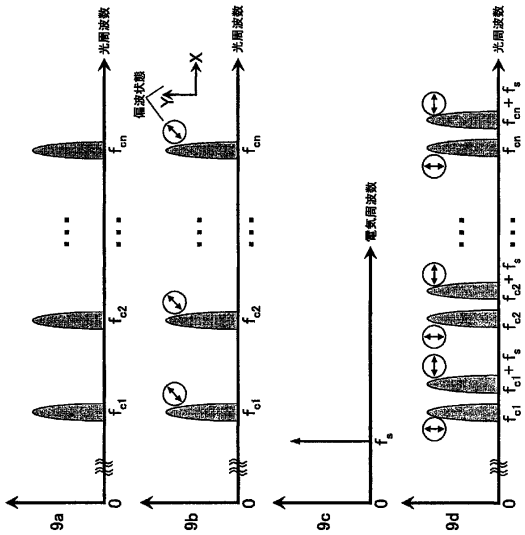
【図３６】



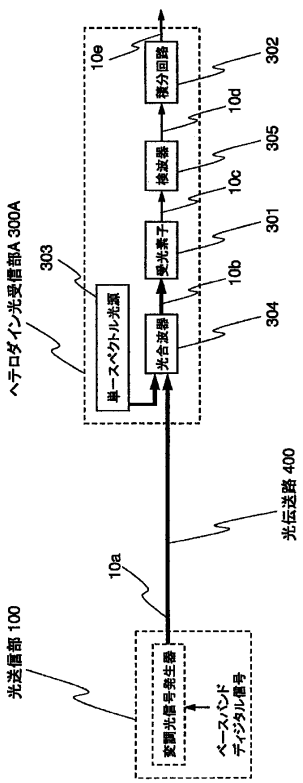
【図３７】



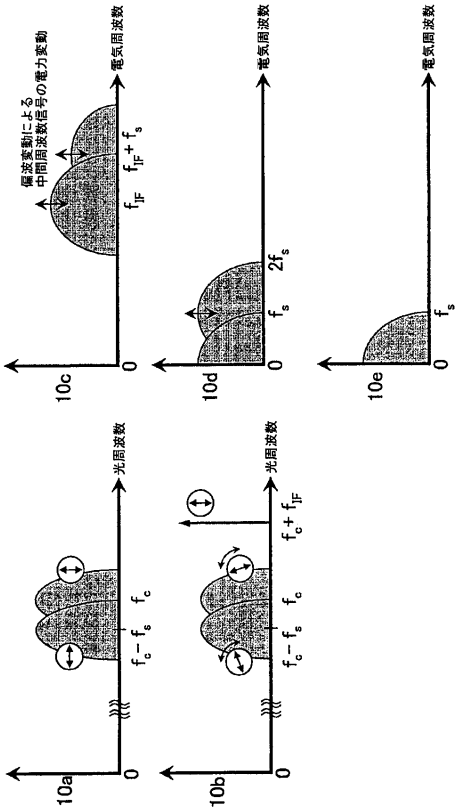
【図３８】



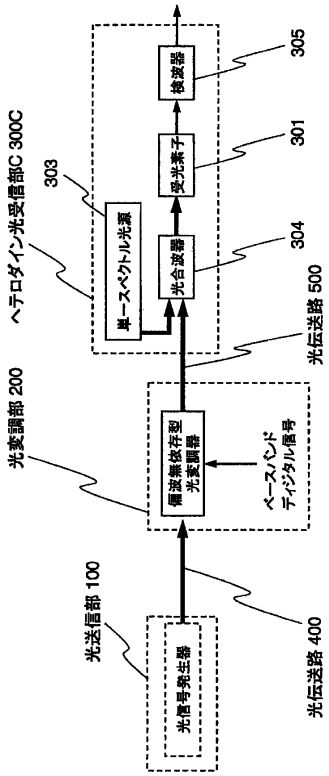
【図３９】



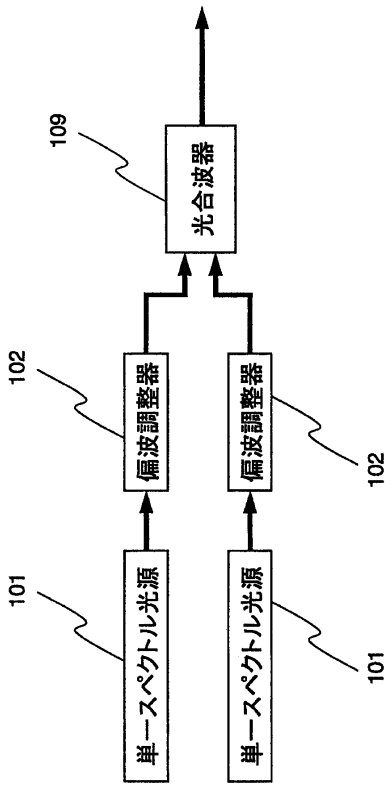
【図４０】



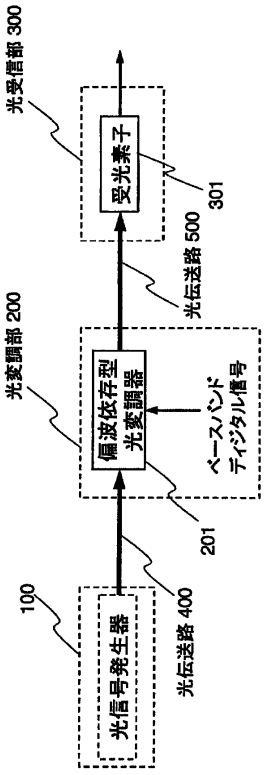
【図４１】



【図４２】



【図４３】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ＦＩ
Ｈ０４Ｂ 10/152 (2006.01)

審査官 角田 慎治

(56)参考文献 特開２００３－２４９８９７（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－０２１８１６（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２６０６９６（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－２０８９２０（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－７７７９４（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２４５７５０（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－１５８４８８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０４Ｂ １０／００－１０／２８
Ｈ０４Ｊ １４／００－１４／０８