

(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2005-134897
(P2005-134897A)

(43) 公開日 平成17年5月26日(2005.5.26)

(51) Int. Cl.⁷

G02F 1/035
H04B 10/04
H04B 10/06
H04B 10/142
H04B 10/152

F I

G02F 1/035
H04B 9/00 L

テーマコード(参考)

2H079
5K102

審査請求 有 請求項の数 13 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2004-297901 (P2004-297901)
(22) 出願日 平成16年10月12日(2004.10.12)
(31) 優先権主張番号 特願2003-352565 (P2003-352565)
(32) 優先日 平成15年10月10日(2003.10.10)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 301022471
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 100092783
弁理士 小林 浩
(74) 代理人 100095360
弁理士 片山 英二
(74) 代理人 100093676
弁理士 小林 純子
(74) 代理人 100116850
弁理士 廣瀬 隆行
(72) 発明者 川西 哲也
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

最終頁に続く

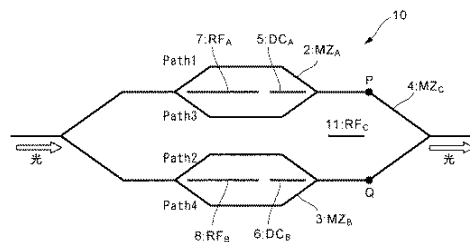
(54) 【発明の名称】 光周波数シフトキーイング変調器

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 光情報通信などに用いることのできる光FSK変調器を提供する。

【解決手段】 第1のサブマツェンダー導波路(MZ_A)2と、第2のサブマツェンダー導波路(MZ_B)3と、前記MZ_A及び前記MZ_Bとを含み、光の入力部と、変調された光の出力部とを具備するメインマツェンダー導波路(MZ_C)4と、前記MZ_Aの2つのアームを伝播する光の位相を制御する第1の直流または低周波用電極(DC_A電極)5と、前記MZ_Bの2つのアームを伝播する光の位相を制御する第2の直流または低周波用電極(DC_B電極)6と、前記MZ_Aを構成する2つのアームにラジオ周波数(RF)信号を入力する第1のRF電極(RF_A電極)7と、前記MZ_Bを構成する2つのアームにRF信号を入力する第2のRF電極(RF_B電極)8と、前記出力部から出力される光の周波数を制御する進行波型電極(RF_C電極)11とを具備する光FSK変調器。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 のサブマッハツェンダー導波路 (MZ_A) と、第 2 のサブマッハツェンダー導波路 (MZ_B) と、

前記 MZ_A 及び前記 MZ_B とを含み、光の入力部と、変調された光の出力部とを具備するメインマッハツェンダー導波路 (MZ_C) と、

前記 MZ_A を構成する 2 つのアームにラジオ周波数 (RF) 信号を入力する第 1 の RF 電極 (RF_A 電極) と、

前記 MZ_B を構成する 2 つのアームに RF 信号を入力する第 2 の RF 電極 (RF_B 電極) と、

入力される RF 信号の電圧を制御することにより前記出力部から出力される光の周波数を制御する進行波型電極である第 3 の RF 電極 (RF_C 電極) とを具備し、

RF 信号に対応した進行波型電極である RF_C 電極に入力される RF 信号の周波数を制御することにより出力部から出力される光の周波数を変調する光周波数シフトキーイング変調器。

【請求項 2】

RF_A 電極及び RF_B 電極として共振型電極を用いる請求項 1 に記載の光周波数シフトキーイング変調器。

【請求項 3】

前記 MZ_A を構成する 2 つのアーム間のバイアス電圧を制御することにより、前記 MZ_A の 2 つのアームを伝播する光の位相を制御する第 1 の直流または低周波用電極 (DC_A 電極) と、

前記 MZ_B を構成する 2 つのアーム間のバイアス電圧を制御することにより、前記 MZ_B の 2 つのアームを伝播する光の位相を制御する第 2 の直流または低周波用電極 (DC_B 電極) と、

を具備する請求項 1 又は請求項 2 に記載の光周波数シフトキーイング変調器。

【請求項 4】

前記 MZ_C を構成する 2 つのアーム間のバイアス電圧を制御することにより、前記 MZ_C の 2 つのアームを伝播する光の位相を制御する第 3 の直流または低周波用電極 (DC_C 電極) を具備する請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の光周波数シフトキーイング変調器。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の光周波数シフトキーイング変調器を用いた光情報伝達方法であって、

前記光の入力部に光を導入する光導入工程と、

前記 RF_A 電極、及び前記 RF_B 電極に RF 信号を入力する RF 信号入力工程と、

前記 RF_C 電極に入力される信号の電圧を制御することにより前記出力部から出力される光の周波数を制御する出力光周波数シフト工程とを含む

光情報伝達方法。

【請求項 6】

前記 RF_C 電極に入力される信号が 500MHz 以上周波数成分をもつ請求項 5 記載の光情報伝達方法。

【請求項 7】

RF_A 電極及び RF_B 電極のいずれか又は両方に入力される RF 信号の強度を制御することにより出力光の振幅を変調し、変調された振幅をも情報として伝達する請求項 5 に記載の光情報伝達方法。

【請求項 8】

送信機と、受信機と、送信機と受信機とを連結するファイバとを含む光通信システムであって、

前記送信機は、レーザ光源と、前記レーザ光源からの光が入力される請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の光周波数シフトキーイング変調器と、前記光周波数シフトキーイング

10

20

30

40

50

変調器へ伝達すべき信号を出力するための信号源と、前記光周波数シフトキーイング変調器に高周波電気信号を与えるための高周波電気信号源とを具備し、

前記受信機は、前記送信機から送信された光信号をその波長に応じて分波する分波器と、

前記分波器により分波された一方の光信号を検出するための第1の光検出器と、
前記分波器により分波された残りの光信号を検出するための第2の光検出器と、
前記第1の光検出器の出力信号と、前記第2の光検出器の出力信号との差分を計算する減算器とを具備する、
光FSK通信システム。

【請求項9】

10

前記信号源は、複数の電圧レベルを設定して切り替えることのできるものである請求項8に記載の光FSK通信システム。

【請求項10】

送信機と、受信機と、送信機と受信機とを連結するファイバを含む光通信システムであって、

前記送信機は、レーザ光源と、前記レーザ光源からの光の強度を変調する光強度変調器と、前記光強度変調器がその強度を変調したレーザ光源からの光が入力される請求項1～4のいずれか1項に記載の光周波数シフトキーイング変調器と、前記光強度変調器へ伝達すべき信号を出力するための強度変調信号源と、前記光周波数シフトキーイング変調器へ伝達すべき信号を出力するための信号源と、前記光周波数シフトキーイング変調器に高周波電気信号を与えるための高周波電気信号源とを具備し、

20

前記受信機は、前記送信機から送信された光信号の強度を測定するための強度測定用光検出器と、

前記送信機から送信された光信号をその波長に応じて分波する分波器と、
前記分波器により分波された一方の光信号を検出するための第1の光検出器と、
前記分波器により分波された残りの光信号を検出するための第2の光検出器と、
前記第1の光検出器の出力信号と、前記第2の光検出器の出力信号との差分を計算する減算器とを具備する、
光FSK、及び光強度変調通信システム。

【請求項11】

30

送信機と、受信機と、送信機と受信機とを連結するファイバを含む光通信システムであって、

前記送信機は、レーザ光源と、前記レーザ光源からの光が入力される請求項1～4のいずれか1項に記載の光周波数シフトキーイング変調器と、前記光周波数シフトキーイング変調器がその周波数を変調したレーザ光源からの光の強度を変調する光強度変調器と、前記光強度変調器へ伝達すべき信号を出力するための強度変調信号源と、前記光周波数シフトキーイング変調器へ伝達すべき信号を出力するための信号源と、前記光周波数シフトキーイング変調器に高周波電気信号を与えるための高周波電気信号源とを具備し、

前記受信機は、前記送信機から送信された光信号の強度を測定するための強度測定用光検出器と、

40

前記送信機から送信された光信号をその波長に応じて分波する分波器と、
前記分波器により分波された一方の光信号を検出するための第1の光検出器と、
前記分波器により分波された残りの光信号を検出するための第2の光検出器と、
前記第1の光検出器の出力信号と、前記第2の光検出器の出力信号との差分を計算する減算器とを具備する、
光FSK、及び光強度変調通信システム。

【請求項12】

請求項1～4のいずれか1項に記載の光周波数シフトキーイング変調器と前記光周波数シフトキーイング変調器のRF電極及びRF電極に入力するRF信号周波数の2倍以上の周波数成分に应答できる光検出器を用いたミリ波・マイクロ波パルス発生方法。

50

【請求項 13】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の光周波数シフトキーイング変調器と前記光周波数シフトキーイング変調器の R F_A 電極及び R F_B 電極に入力する R F 信号周波数の 2 倍以上の周波数成分に应答できる光検出器を用いた U W B 無線通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光周波数シフトキーイング変調器などに関する。

【背景技術】

【0002】

光周波数シフトキーイング(光 F S K)は、光の周波数に変調をかけ、周波数の違いを信号として伝える技術である。F S K 信号は、一般にその振幅には情報がないので、レベル変動や雑音の影響を受けにくいという特徴がある。

【0003】

デジタル信号を用いた F S K システムは、既に知られている(例えば、特開平 11 - 17746 号公報(特許文献 1)を参照のこと。)。しかしながら、この技術は、あくまでデジタル信号の周波数をシフトさせるものに関し、光の周波数をシフトさせるものではない。

【0004】

光の周波数をシフトされるシステムとして光 F S K システムがある。従来の光 F S K システムでは、波長可変レーザ光源に供給する電流を変化させるなどして、レーザの発振波長そのものを変化させている。そして、受信機側では、分波器で波長ごとの成分に分け、光検出器で電気信号に変換し、その強度を測定し、減算器でその差分を取っていた。しかしながら、このような方式の光 F S K システムにおいては、レーザの波長を変化させるにつれて、レーザの強度も変化してしまうので、それを補償しなければならないという問題がある。さらには、高速化に対応できないという問題がある。

【0005】

また、入力された光の周波数を変換できる装置として、光単側波帯変調器(光 S S B (Single Slide-Band) 変調器)が知られている。図 1 に光 S S B 変調器の基本構成を示すブロック図を示す。図 1 に示されるように、光 S S B 変調器 1 は、第 1 のサブマッハツェンダー導波路(M Z_A) 2 と、第 2 のサブマッハツェンダー導波路(M Z_B) 3 と、前記 M Z_A 及び前記 M Z_B とを具備するメインマッハツェンダー導波路(M Z_C) 4 と、前記 M Z_A を構成する 2 つのアーム間のバイアス電圧を制御することにより、前記 M Z_A の 2 つのアームを伝播する光の位相を制御する第 1 の電極(D C_A 電極) 5 と、前記 M Z_B を構成する 2 つのアーム間のバイアス電圧を制御することにより、前記 M Z_B の 2 つのアームを伝播する光の位相を制御する第 2 の電極(D C_B 電極) 6 と、前記 M Z_A を構成する 2 つのアームにラジオ周波数(R F) 信号を入力する第 1 の R F 電極(R F_A 電極) 7 と、前記 M Z_B を構成する 2 つのアームに R F 信号を入力する第 2 の R F 電極(R F_B 電極) 8 と、前記 M Z_A 及び前記 M Z_B のバイアス電圧を制御することにより前記 M Z_A 及び前記 M Z_B を伝播する光の位相を制御する直流または低周波用電極(D C_C 電極) 9 とを具備する。なお、低周波用電極における「低周波」とは、例えば、0 H z ~ 5 0 0 M H z の周波数を意味する。

【0006】

すなわち、光 S S B 変調器においては、M Z_A 及び M Z_B を伝播する光の位相を制御するために直流または低周波用電極(D C_C 電極) が用いられている。なお、光 S S B 変調器については、(下津ら、"集積型 L N 変調器を用いた光 S S B 変調"、信学技報、OEIC. OP E2000-37, LQE2000-31(2000-07), 29-34, 2000) などに詳しく報告されている。

【0007】

光 S S B 変調器によっても、出力光の周波数を変化させることはできる。しかしながら、周波数を変化させるための制御回路の应答速度に限界があるため、光 S S B 変調器によ

10

20

30

40

50

る周波数変化の速度は、10 ns程度が限界である。もともと光SSB変調器は、出力光の周波数を高速にシフトさせ、シフトした周波数を情報として用いることが意図されていない。したがって、光SSB変調器は、必ずしも光FSK変調器には向かないという問題がある。

【特許文献1】特開平11-17746号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、光情報通信などに用いることのできる光FSK変調器を提供することを目的とする。

10

【0009】

本発明は、光情報通信などに用いることができ、高速に情報を発信できる光FSK変調器を提供することを目的とする。

【0010】

本発明は、光情報通信などに用いることができ、比較的省スペースな光FSK変調器を提供することを目的とする。

【0011】

本発明は、出力光の振幅の変化と、周波数の変化を含む光多重情報通信に用いられる光FSK変調器を提供することを目的とする。

【0012】

本発明は、新たなミリ波源・及びマイクロ波源を提供できる光FSK変調器を提供することを目的とする。

20

【0013】

本発明は、光FSKによる光情報伝達方法を提供することを目的とする。

【0014】

本発明は、光FSKによる光情報伝達システムである、光FSK通信システムを提供することを目的とする。

【0015】

本発明は、多値変調光FSK通信システムを提供することを目的とする。

【0016】

本発明は、光FSK、及び光強度変調による光情報伝達システムである光FSK、及び光強度変調通信システムを提供することを目的とする。

30

【0017】

本発明は、光FSK変調器を用いたミリ波・マイクロ波の発生方法を提供することを目的とする。

【0018】

本発明は、光FSK変調器を用いたUWB無線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】

【0019】

(1) 上記課題の少なくともひとつ以上を解決するため、本発明の光FSK変調器は、第1のサブマッハツェンダー導波路(MZ_A)と、第2のサブマッハツェンダー導波路(MZ_B)と、前記MZ_A及び前記MZ_Bとを含み、光の入力部と、変調された光の出力部とを具備するメインマッハツェンダー導波路(MZ_C)と、前記MZ_Aを構成する2つのアームにラジオ周波数(RF)信号を入力する第1のRF電極(RF_A電極)と、前記MZ_Bを構成する2つのアームにRF信号を入力する第2のRF電極(RF_B電極)と、入力されるRF信号の電圧を制御することにより前記出力部から出力される光の周波数を制御する進行波型電極(RF_C電極)とを具備し、前記RF_B電極に入力されるRF信号の周波数を制御することにより出力部から出力される光の周波数を変調する。

40

【0020】

50

本発明の光 F S K 変調器は、従来の光 S S B 変調器において、D C_c電極に相当する部分に進行波電極である R F_c電極により周波数変調を行うため、高速に（例えば、0.2 ns 程度）周波数シフト信号を出力できる。このため、本発明の光 F S K 変調器によれば、伝送レートが増大することにつながる。また、本発明の光 F S K 変調器では、従来の光 F S K 変調器のように、光源波長を変化させず、光源へ供給する電力を一定に保てるので、寄生的な強度変化が生ずることを防止できる。これによって、本発明の光 F S K 変調器を用いた光通信システムでは、強度変化補償用の強度変調器が不要となり、簡便なシステムかつより精度の高いシステムを達成できる。また、本発明の光 F S K 変調器では、波長シフト量を、高周波電源信号の周波数の 2 倍に一致させることができ、波長シフト量が正確である。

10

【 0 0 2 1 】

さらには、本発明の光 F S K 変調器によれば、R F_c信号を立ち上がり、及び立ち下がり時間の短い矩形パルスとすると U W B 信号を容易に発生することができる。すなわち本発明によれば、新たなミリ波源、及びマイクロ波源を提供できる。

【 0 0 2 2 】

(2) 本発明の光 F S K 変調器では、好ましくは、R F_A電極及び R F_B電極として共振型電極を用いる。R F_A電極及び R F_B電極として共振型電極を用いるので、光 F S K 変調器の小型化と高効率化を図ることができる。

【 0 0 2 3 】

(3) 本発明の光 F S K 変調器では、好ましくは、M Z_Aを構成する 2 つのアーム間のバイアス電圧を制御することにより、前記 M Z_Aの 2 つのアームを伝播する光の位相を制御する第 1 の直流または低周波用電極（D C_A電極）と、M Z_Bを構成する 2 つのアーム間のバイアス電圧を制御することにより、前記 M Z_Bの 2 つのアームを伝播する光の位相を制御する第 2 の直流または低周波用電極（D C_B電極）とを具備する。この例では、D C 電極と R F 電極とを別に設けるので、M Z 干渉計の外部に D C 電極と R F 電極とを重ね合わせるための回路が不要になる。

20

【 0 0 2 4 】

(4) 本発明の光 F S K 変調器では、好ましくは、M Z_Cを構成する 2 つのアーム間のバイアス電圧を制御することにより、前記 M Z_Cの 2 つのアームを伝播する光の位相を制御する第 3 の直流または低周波用電極（D C_C電極）を具備する。

30

【 0 0 2 5 】

(5) 上記課題の少なくとも一つ以上を解決するため、本発明の光情報伝達方法は、上記の光周波数シフトキーイング変調器を用い前記光の入力部に光を導入する光導入工程と、前記 R F_A電極、及び前記 R F_B電極に R F 信号を入力する R F 信号入力工程と、前記 R F_C電極に入力される R F 信号の周波数を制御することにより前記出力部から出力される光の周波数を制御する出力光周波数シフト工程とを含む光情報伝達方法である。

【 0 0 2 6 】

本発明では、R F_C電極に進行波型電極が用いられるので、高速に出力光の周波数を変調できる。このため、光の周波数変化を情報として効率的に伝達できるので、本発明は、光情報伝達方法として有効である。

40

【 0 0 2 7 】

(6) 本発明の光情報伝達方法は、さらに好ましくは前記 R F_C電極に入力される信号が 5 0 0 M H z 以上の周波数成分をもつ。

【 0 0 2 8 】

(7) 本発明の光情報伝達方法は、さらに好ましくは R F_A電極及び R F_B電極のいずれか又は両方に入力される R F 信号の強度を制御することにより出力光の振幅を変調し、変調された振幅をも情報として伝達する。

【 0 0 2 9 】

光周波数の変化のみならず、光振幅の変化をも情報として伝達することでより多くの情報を一度に伝達することができる。

50

【 0 0 3 0 】

(8) 上記課題の少なくともひとつ以上を解決するため、本発明の光 F S K 通信システムは、送信機と、受信機と、送信機と受信機とを連結するファイバを含む光通信システムであって、前記送信機は、レーザ光源と、前記レーザ光源からの光が入力される上記(1) ~ (4) のいずれかに記載の光周波数シフトキーイング変調器と、前記光周波数シフトキーイング変調器へ伝達すべき信号を出力するための信号源と、前記光周波数シフトキーイング変調器に高周波電気信号を与えるための高周波電気信号源とを具備し、前記受信機は、前記送信機から送信された光信号をその波長に応じて分波する分波器と、前記分波器により分波された一方の光信号を検出するための第 1 の光検出器と、前記分波器により分波された残りの光信号を検出するための第 2 の光検出器と、前記第 1 の光検出器の出力信号と、前記第 2 の光検出器の出力信号との差分を計算する減算器とを具備する。 10

【 0 0 3 1 】

本発明の光 F S K 通信システムでは、従来の光 F S K 通信システムのように、光源波長を変化させず、光源へ供給する電力を一定に保てるので、寄生的な強度変化が生ずることを防止できる。これによって、本発明の光 F S K 通信システムでは、強度補償用の強度変調器が不要となり、簡便なシステムかつより精度の高いシステムを達成できる。

【 0 0 3 2 】

(9) 本発明の光 F S K 通信システムの別態様としては、前記信号源が、複数の電圧レベルを設定して切り替えることのできるものである上記(7)に記載の光 F S K 通信システムが挙げられる。この通信システムを多値変調光 F S K 通信システムとよぶ。 20

【 0 0 3 3 】

多値変調光 F S K 通信システムでは、複数の出力強度をもつ出力信号を得ることができるので、出力信号の情報がより増えることとなる。

【 0 0 3 4 】

(1 0) 上記課題の少なくともひとつ以上を解決するため、本発明の光 F S K 、及び光強度変調通信システムは、送信機と、受信機と、送信機と受信機とを連結するファイバを含む光通信システムであって、前記送信機は、レーザ光源と、前記レーザ光源からの光の強度を変調する光強度変調器と、前記光強度変調器がその強度を変調したレーザ光源からの光が入力される上記(1) ~ (4) のいずれかに記載の光周波数シフトキーイング変調器と、前記光強度変調器へ伝達すべき信号を出力するための強度変調信号源と、前記光周波数シフトキーイング変調器へ伝達すべき信号を出力するための信号源と、前記光周波数シフトキーイング変調器に高周波電気信号を与えるための高周波電気信号源とを具備し、前記受信機は、前記送信機から送信された光信号の強度を測定するための強度測定用光検出器と、前記送信機から送信された光信号をその波長に応じて分波する分波器と、前記分波器により分波された一方の光信号を検出するための第 1 の光検出器と、前記分波器により分波された残りの光信号を検出するための第 2 の光検出器と、前記第 1 の光検出器の出力信号と、前記第 2 の光検出器の出力信号との差分を計算する減算器とを具備する。 30

【 0 0 3 5 】

本発明の光 F S K 、及び光 I M 変調通信システムは、光 F S K 変調の前に、レーザ光の強度を変調し、光 F S K と光強度変調を同時に加えた信号を伝送できる。 40

【 0 0 3 6 】

(1 1) 本発明の光 F S K 、及び光強度変調通信システムの別態様としては、送信機と、受信機と、送信機と受信機とを連結するファイバを含む光通信システムであって、前記送信機は、レーザ光源と、前記レーザ光源からの光が入力される(1) ~ (4) のいずれかに記載の光周波数シフトキーイング変調器と、前記光周波数シフトキーイング変調器がその周波数を変調したレーザ光源からの光の強度を変調する光強度変調器と、前記光強度変調器へ伝達すべき信号を出力するための強度変調信号源と、前記光周波数シフトキーイング変調器へ伝達すべき信号を出力するための信号源と、前記光周波数シフトキーイング変調器に高周波電気信号を与えるための高周波電気信号源とを具備し、前記受信機は、前記送信機から送信された光信号の強度を測定するための強度測定用光検出器と、前記 50

送信機から送信された光信号をその波長に応じて分波する分波器と、前記分波器により分波された一方の光信号を検出するための第1の光検出器と、前記分波器により分波された残りの光信号を検出するための第2の光検出器と、前記第1の光検出器の出力信号と、前記第2の光検出器の出力信号との差分を計算する減算器とを具備する。

【 0 0 3 7 】

すなわち、この態様の光 F S K、及び光強度変調通信システムでは、光強度変調器が、光周波数シフトキーイング変調器が周波数を変調したレーザ光源からの光の強度を変調する。

【 0 0 3 8 】

(1 2) 上記課題の少なくともひとつ以上を解決するため、本発明のミリ波・マイクロ波パルス発生方法は、上記 (1) ~ (4) のいずれかに記載の光周波数シフトキーイング変調器、及び前記光周波数シフトキーイング変調器の R F_A 電極及び R F_B 電極に入力する RF 信号周波数の 2 倍以上の周波数成分に应答できる光検出器を用いたミリ波・マイクロ波パルス発生方法である。

【 0 0 3 9 】

本発明のミリ波・マイクロ波パルス発生方法では、先に説明した光 F S K 変調器を用いるので、R F_C 電極に印加される信号を例えば高周波矩形パルスであって立ち上がり時間が 1 % ~ 1 0 % のものを用いることにより、ミリ波・マイクロ波パルスを得ることができる。そして、前記光周波数シフトキーイング変調器の R F_A 電極及び R F_B 電極に入力する R F 信号周波数の 2 倍以上の周波数成分に应答できる光検出器を用いるので、このようなミリ波・マイクロ波を効果的に検出できる。

【 0 0 4 0 】

(1 3) 上記課題の少なくともひとつ以上を解決するため、本発明の U W B 無線通信システムは、上記 (1) ~ (4) のいずれかに記載の光周波数シフトキーイング変調器と、前記光周波数シフトキーイング変調器の R F_A 電極及び R F_B 電極に入力する R F 信号周波数の 2 倍以上の周波数成分に应答できる光検出器を用いた U W B 無線通信システムである。

【 0 0 4 1 】

本発明の U W B 無線通信システムでは、先に説明した光 F S K 変調器を用いるので、R F_C 電極に印加される信号を例えば高周波矩形パルスであって立ち上がり時間が 1 % ~ 1 0 % のものを用いることにより、ミリ波・マイクロ波パルスを得ることができる。また、前記光周波数シフトキーイング変調器の R F_A 電極及び R F_B 電極に入力する R F 信号周波数の 2 倍以上の周波数成分に应答できる光検出器を用いるので、このようなミリ波・マイクロ波を効果的に検出できる。本発明の U W B 無線通信システムは、これにより U W B 無線通信システムを達成できる。

【 発明の効果 】

【 0 0 4 2 】

本発明によれば、光情報通信などに用いることのできる光 F S K 変調器を提供できる。

【 0 0 4 3 】

本発明によれば、光情報通信などに用いることができ、高速に情報を発信できる光 F S K 変調器を提供できる。

【 0 0 4 4 】

本発明によれば、光情報通信などに用いることができ、比較的省スペースな光 F S K 変調器を提供できる。

【 0 0 4 5 】

本発明によれば、出力光の振幅の変化と、周波数の変化を含む光多重情報通信に用いられる光 F S K 変調器を提供できる。

【 0 0 4 6 】

本発明によれば、新たなミリ波源、及びマイクロ波源を提供できる光 F S K 変調器を提供できる。

【 0 0 4 7 】

本発明によれば、新たな光 F S K 情報伝達方法を提供できる。

【 0 0 4 8 】

本発明によれば、光 F S K による光情報伝達システムである、光 F S K 通信システムを提供できる。

【 0 0 4 9 】

本発明によれば、多値変調光 F S K 通信システムを提供できる。

【 0 0 5 0 】

本発明によれば、光 F S K、及び光強度変調による光情報伝達システムである光 F S K、及び光強度変調通信システムを提供できる。

10

【 0 0 5 1 】

本発明によれば、光 F S K 変調器を用いたミリ波・マイクロ波の発生方法を提供できる。

【 0 0 5 2 】

本発明によれば、光 F S K 変調器を用いた U W B 無線通信システムを提供できる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 5 3 】

(1 . 光 F S K 変調器)

以下、本発明の第 1 の実施形態である光 F S K 変調器 1 0 について、図面を参照しながら説明する。図 2 は、このような光 F S K 変調器の基本構成を表すブロック図である。図 2 に示されるように本発明の光 F S K 変調器は、例えば、第 1 のサブマッハツェンダー導波路 (M Z_A) 2 と、第 2 のサブマッハツェンダー導波路 (M Z_B) 3 と、前記 M Z_A 及び前記 M Z_B とを含み、光の入力部と、変調された光の出力部とを具備するメインマッハツェンダー導波路 (M Z_C) 4 と、前記 M Z_A を構成する 2 つのアーム間のバイアス電圧を制御することにより、前記 M Z_A の 2 つのアームを伝播する光の位相を制御する第 1 の直流または低周波用電極 (D C_A 電極) 5 と、前記 M Z_B を構成する 2 つのアーム間のバイアス電圧を制御することにより、前記 M Z_B の 2 つのアームを伝播する光の位相を制御する第 2 の直流または低周波用電極 (D C_B 電極) 6 と、前記 M Z_A を構成する 2 つのアームにラジオ周波数 (R F) 信号を入力する第 1 の R F 電極 (R F_A 電極) 7 と、前記 M Z_B を構成する 2 つのアームに R F 信号を入力する第 2 の R F 電極 (R F_B 電極) 8 と、入力される R F 信号の周波数を制御することにより前記出力部から出力される光の周波数を制御する進行波型電極 (R F_C 電極) 1 1 とを具備する。

20

30

【 0 0 5 4 】

(1 . 1 . マッハツェンダー導波路)

それぞれのマッハツェンダー導波路は、例えば、並列する 2 つの位相変調器を具備するようにして構成される。図 2 の例では、第 1 のサブマッハツェンダー導波路 (M Z_A) 2 と、第 2 のサブマッハツェンダー導波路 (M Z_B) 3 と、前記 M Z_A 及び前記 M Z_B とを含み、光の入力部と、変調された光の出力部とを具備するメインマッハツェンダー導波路 (M Z_C) 4 とを含む。

【 0 0 5 5 】

40

(1 . 2 . 基板)

基板の材質としては、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム - タンタル酸リチウム固溶体等の電気光学結晶が好ましく、X - c u t (X - カット) L i N b O₃ 基板が特に好ましい。光導波路の形成方法としては、チタン拡散法等の内拡散法やプロトン交換法など公知の形成方法を利用できる。すなわち、本発明の光 F S K 変調器は、例えば以下のようにして製造できる。まず、ニオブ酸リチウムのウエハー上に、フォトリソグラフィ法によって、チタンをパターニングし、熱拡散法によってチタンを拡散させ、光導波路を形成する。この際の条件は、チタンの厚さを 1 0 0 ~ 2 0 0 0 オングストロームとし、拡散温度を 5 0 0 ~ 2 0 0 0 とし、拡散時間を 1 0 ~ 4 0 時間としすればよい。基板の主面に、二酸化珪素の絶縁バッファ層 (厚さ 0 . 5 - 2 μ m) を形成する。次い

50

で、これらの上に厚さ $15 - 30 \mu\text{m}$ の金属メッキからなる電極を形成する。次いでウエハーを切断する。このようにして、チタン拡散導波路が形成された光変調器が形成される。

【 0 0 5 6 】

(1 . 3 . 共振型電極)

共振型光電極 (共振型光変調器) は、変調信号の共振を用いて変調を行う電極である。共振型電極としては公知のものを採用でき、例えば特開 2 0 0 2 - 2 6 8 0 2 5 号公報に記載のものを採用できる。

【 0 0 5 7 】

(1 . 4 . 進行波型電極)

進行波型電極 (進行波型光変調器) は、光波と電気信号を同方向に導波させ導波している間に光を変調する電極 (変調器) である (例えば、西原浩、春名正光、栖原敏明著、「光集積回路」(改訂増補版) オーム社、119頁~120頁)。進行波型電極は公知のものを採用でき、例えば、特開平 1 1 - 2 9 5 6 7 4 号公報、特開平 1 1 - 2 9 5 6 7 4 号公報、特開 2 0 0 2 - 1 6 9 1 3 3 号公報、特開 2 0 0 2 - 4 0 3 8 1 号公報、特開 2 0 0 0 - 2 6 7 0 5 6 号公報、特開 2 0 0 0 - 4 7 1 5 9 号公報、特開平 1 0 - 1 3 3 1 5 9 号公報などに開示されたものを用いることができる。

【 0 0 5 8 】

進行波型電極として好ましくは、いわゆる対称型の接地電極配置 (進行波型の信号電極の両側に、少なくとも一对の接地電極が設けられているもの) を採用するものが挙げられる。このように、信号電極を挟んで接地電極を対称に配置することによって、信号電極から出力される高周波は、信号電極の左右に配置された接地電極に印加されやすくなるので、高周波の基板側への放射を、抑圧できる。

【 0 0 5 9 】

(2 . 光 F S K 変調器の動作)

光 F S K 変調器の動作を以下に説明する。並列する 4 つの光位相変調器に位相が 90° ずつ異なる正弦波 R F 信号を入力する。また、光に関してもそれぞれの位相差が 90° となるようにバイアス電圧 $D C_A$ 電極、 $D C_B$ 電極、 $R F_C$ 電極を調整する。すると、R F 信号の周波数分だけ周波数がシフトした光が出力される。周波数シフトの方向 (減少 / 増加) は、バイアス電圧を設定することにより選択できる。すなわち、各位相変調器で、電気・光とも 90° ずつの位相差をもつ。なお、基板として、X - カット基板を用いると R F 信号用電極 $R F_A$ 電極、及び $R F_B$ 電極に位相が 90° 異なる正弦波を供給するだけで、4 つの位相変調器でそれぞれ位相が 0° 、 90° 、 180° 、 270° の R F 信号の変調を実現できる (日隅ら、X カットリチウムニオブ光 S S B 変調器、エレクトロンレター、vol. 37, 515-516 (2001)。)。

【 0 0 6 0 】

図 3 は、光 F S K 変調器の各点での光スペクトルを示す概念図である。図中の矢印は光を表す。図 2 のそれぞれの M Z 構造部分において $D C_A$ 電極、 $D C_B$ 電極のバイアス電圧を 2 つの P a t h (パス 1 とパス 3、パス 2 とパス 4) での光の位相差が 180° となるように調整する (図 3 左)。 $R F_C$ 電極のバイアス電圧を、2 つの M Z 構造部分の光位相差が 90° となるように調整する。図 2 の P 点、及び Q 点においては、それぞれ両側波帯が存在する (図 3 中央)。しかしながら、P 点と Q 点とでは、下側波帯の位相が逆である。このため、これらの光を合波した出力光では、上側波成分のみが含まれるのである (図 3 右)。

【 0 0 6 1 】

一方、 $R F_C$ 電極のバイアス電圧を、2 つの M Z 構造部分の光位相差が 270° となるように調整すると、下側波成分のみが出力される。したがって、 $R F_C$ 電極の信号電圧を切り替えることで、上側波成分と下側波成分とを切り替えて出力できる。なお、 $R F_C$ 電極の信号電流又は信号周波数を切り替えてもよい。

【 0 0 6 2 】

本発明では、 $R F_C$ 電極として、R F 周波数に対応した進行波型電極を用いたので、上

記の周波数シフトを高速に行うことができる。したがって、本発明は、光 F S K 変調器及び、光 F S K 変調器を用いた光情報伝達方法を提供できる。

【 0 0 6 3 】

(3 . 光 F S K 通信システム)

光 F S K 通信システムとは、光周波数シフトキーイングを用いた光情報通信のためのシステムである。本発明の光 F S K 通信システムを図面に従って説明する。図 4 は、本発明の光 F S K 通信システムの基本構成を示すブロック図である。図 4 に示されるように、本発明の光 F S K 通信システムは、通常の光通信システムと同様に、送信機 (2 1) と、受信機 (2 2) と、送信機と受信機とを連結するファイバ (2 3) とを含む。

【 0 0 6 4 】

10

(3 . 1 . 送信機)

図 4 に示されるように、本発明の光 F S K 通信システムにおける送信機 (2 1) は、レーザー光源 (2 4) と、前記レーザー光源からの光が入力される光 F S K 変調器 (2 5) と、前記光 F S K 変調器へ伝達すべき信号を出力するための信号源 (2 6) と、前記光周波数シフトキーイング変調器に高周波電気信号を与えるための高周波電気信号源 (2 7) とを具備する。

【 0 0 6 5 】

(3 . 1 . 1 . レーザ光源)

レーザー光源 (2 4) は、レーザーを発生するためのデバイスである。従来の光 F S K システムでは、レーザー光源から発生するレーザー自体の波長を変化させていた。しかしながら、本発明の光 F S K 変調器、及び光 F S K 通信システムでは、光変調器を用いるので、レーザー光源自体の出力を一定に保つことができる。

【 0 0 6 6 】

(3 . 1 . 2 . 光 F S K 変調器)

光 F S K 変調器 (2 5) としては、先に説明した光 F S K 変調器を用いることができる。

【 0 0 6 7 】

(3 . 1 . 3 . 信号源)

信号源 (2 6) は、光 F S K 変調器へ伝達すべき信号を出力するためのデバイスであり、公知の信号源を採用できる。信号源 (F S K 信号源) は、光 F S K 変調器の R F_c 電極へ伝達される信号を制御する。信号源として、複数の電圧レベルを設定して切り替えることのできるものを用いることは、多値変調可能な光 F S K 通信に関する態様である。信号源から R F_c 電極に入力される信号としては、好ましくは 5 0 0 M H z 以上、3 0 0 G H z 以下の周波数成分をもつ信号が挙げられ、好ましくは 5 0 0 M H z ~ 1 0 G H z である。なお、信号源が制御する R F_c 電極へ伝達される信号の周波数は、後述の高周波電気信号源が制御する R F_a 電極及び R F_b 電極へ伝達される信号の周波数に比べて小さいことが好ましい。信号源が制御する R F_c 電極へ伝達される信号の周波数が、後述の高周波電気信号源が制御する R F_a 電極及び R F_b 電極へ伝達される信号の周波数に比べて大きいと装置が複雑となるからである。

【 0 0 6 8 】

40

(3 . 1 . 4 . 高周波電気信号源)

高周波電気信号源 (2 7) は、光周波数シフトキーイング変調器に高周波電気信号を与えるためのデバイスであり、公知の高周波電気信号源を採用できる。高周波電気信号源は、主に R F_a 電極及び R F_b 電極へ伝達される信号を制御する。高周波周波数としては、例えば 1 G H z ~ 1 0 0 G H z が挙げられる。高周波電気信号源の出力としては、一定の周波数を有する正弦波が挙げられる。

【 0 0 6 9 】

(3 . 2 . 受信機)

図 4 に示されるように、本発明の光 F S K 通信システムにおける受信機 (2 2) は、前記送信機から送信された光信号をその波長に応じて分波する分波器 (2 8) と、前記分波

50

器により分波された一方の光信号を検出するための第1の光検出器(29)と、前記分波器により分波された残りの光信号を検出するための第2の光検出器(30)と、前記第1の光検出器の出力信号と、前記第2の光検出器の出力信号との差分を計算する減算器(31)とを具備する。

【0070】

(3.2.1.分波器)

分波器(28)は、送信機から送信された光信号をその波長に応じて分波するデバイスであり、公知の分波器を採用できる。

【0071】

(3.2.2.光検出器)

光検出器(29、30)は、分波器により分波された光信号を検出するためのデバイスであり、公知の光検出器を採用できる。この光検出器としては、例えばフォトダイオードを含むデバイスを採用できる。光検出器は、例えば、光信号を検出し、電気信号に変換するものが挙げられる。光検出器によって、光信号の強度などが検出できる。

10

【0072】

(3.2.3.減算器)

減算器(31)は、第1の光検出器の出力信号と、前記第2の光検出器の出力信号との差分を計算する計算回路などを含むデバイスであり、公知の減算器を採用できる。

【0073】

(4.光FSK通信システムの動作)

以下では、光FSK通信システムの動作の例を説明する。レーザ光源からの光が光FSK変調器(25)に入力される。光FSK変調器では、信号源(26)によって、RF₀電極へ所定の信号が加えられ、高周波電気信号源(27)からRF_A電極及びRF_B電極へ所定の信号が加えられる。これにより所定の信号が送信機から送信される。

20

【0074】

図5は、光FSK変調器からの出力スペクトルの例を示すグラフである。この例において、レーザ光は、193THz、0dBmのレーザ光とし、信号源からの信号を2.5GbpsのNRZ信号とし、高周波電気信号源からの信号を10GHzの信号とし、光FSK変調器における位相変化量を105度とした。

【0075】

図5に示されるような主に2つの周波数成分からなる出力が、シングルモードファイバなどの光ファイバを通過して受信機へ到達することとなる。

30

【0076】

受信機(22)では、分波器(28)が、送信機から送信された光信号をその波長に応じて分波する。第1の光検出器(29)は、分波器により分波された一方の光信号を検出する。第2の光検出器(30)は、前記分波器により分波された残りの光信号を検出する。減算器(31)は、前記第1の光検出器の出力信号と、前記第2の光検出器の出力信号との差分を計算する。そして、減算器が求めた信号は、図示しないモニターなどに出力されることとなる。

【0077】

図6は、このようにして出力される出力信号のアイダイアグラムである。この例では、先に説明した送信機を用い、光ファイバとして50kmのシングルモードファイバを用い、光ファイバを伝送後、10dBmの出力一定モードの光アンプにて光信号を増幅し、光検出器の出力をカットオフ周波数2.5G×0.75Hzのベッセルフィルタで平滑化したものである。図6から、良好なアイ開口が得られており、本発明の光FSK通信システムは、デジタル信号伝送が可能であることがわかる。

40

【0078】

(5.多値変調光FSK通信システムの動作)

多値変調光FSK通信システムでは、上記の光FSK通信システムの動作において、信号源が、複数の電圧レベルを設定して切り替えることにより達成される。先に説明した光

50

F S K 通信システムでは、出力信号が「 1 」か「 - 1 」であった。しかしながら、多値変調光 F S K 通信システムでは、光 F S K 変調器から出力される 2 種類の波長の光の強度をも調整できるので、複数のレベルの出力信号を得ることができる。

【 0 0 7 9 】

図 7 は、5 段階の値を有する信号出力を説明するための図である。なお、図 7 において、光 F S K 変調器からの出力を 1、及び 2 とした。すなわち、減算器では、1 由来の出力信号から、2 由来の出力信号が減算されることとなる。図 7 に示される例では、「 1 」、「 0 . 5 」、「 0 」、「 - 0 . 5 」、及び「 - 1 」の 5 段階の出力を得ることができることとなる。

【 0 0 8 0 】

10

(6 . 光 F S K、及び光強度変調通信システム)

本発明の光 F S K、及び光強度変調通信システムを、図面を参照しつつ説明する。図 8 は、本発明の光 F S K、及び光強度変調通信システムの基本構成を示す概略図である。図 8 に示されるとおり、本発明の光 F S K、及び光強度変調通信システムは、通常の光通信システムと同様に、送信機 (2 1) と、受信機 (2 2) と、送信機と受信機とを連結するファイバ (2 3) とを含む。

【 0 0 8 1 】

(6 . 1 . 送信機)

図 8 に示されるように、送信機 (2 1) は、レーザ光源 (2 4) と、前記レーザ光源からの光の強度を変調する光強度変調器 (3 2) と、前記光強度変調器がその強度を変調したレーザ光源からの光が入力される光周波数シフトキーイング変調器 (2 5) と、前記光強度変調器へ伝達すべき信号を出力するための強度変調信号源 (3 3) と、前記光周波数シフトキーイング変調器へ伝達すべき信号を出力するための信号源 (F S K 信号源) (2 6) と、前記光周波数シフトキーイング変調器に高周波電気信号を与えるための高周波電気信号源 (2 7) とを具備する。送信機の構成のうち、先に光 F S K 通信システムの説明において説明してものについては、これらと同様のものを同様に用いることができる。

20

【 0 0 8 2 】

なお、特に図示しないが、送信機 (2 1) が、レーザ光源 (2 4) と、前記レーザ光源からの光が入力される光周波数シフトキーイング変調器 (2 5) と、前記光周波数シフトキーイング変調器がその周波数を変調したレーザ光源からの光の強度を変調する光強度変調器 (3 2) と、前記光強度変調器へ伝達すべき信号を出力するための強度変調信号源 (3 3) と、前記光周波数シフトキーイング変調器へ伝達すべき信号を出力するための信号源 (F S K 信号源 : 2 6) と、前記光周波数シフトキーイング変調器に高周波電気信号を与えるための高周波電気信号源 (2 7) とを具備するものは、先に説明した本発明の光 F S K、及び光強度変調通信システムとは別の態様である。

30

(6 . 1 . 1 . 光強度変調器)

光強度変調器 (3 2) は、レーザ光源からの光の強度を変調するためのデバイスであり、公知の光強度変調器を採用できる。なお、光強度変調器は、レーザ光源からの出力光の強度を直接変調してもよいし、光周波数シフトキーイング変調器からの出力光の強度を変調してもよい。

40

【 0 0 8 3 】

(6 . 1 . 2 . 強度変調信号源)

強度変調信号源は、光強度変調器へ伝達すべき信号を出力するためのデバイスであり、公知の強度変調信号源を採用できる。

【 0 0 8 4 】

(6 . 2 . 受信機)

図 8 に示されるように、本発明の光 F S K、及び光強度変調通信システムにおける受信機 (2 2) は、前記送信機から送信された光信号の強度を測定するための強度測定用光検出器 (3 4) と、前記送信機から送信された光信号をその波長に応じて分波する分波器 (

50

28)と、前記分波器により分波された一方の光信号を検出するための第1の光検出器(29)と、前記分波器により分波された残りの光信号を検出するための第2の光検出器(30)と、前記第1の光検出器の出力信号と、前記第2の光検出器の出力信号との差分を計算する減算器(31)とを具備する。受信機の構成のうち、先に光FSK通信システムの説明において説明してものについては、これらと同様のものを同様にして用いることができる。

【0085】

(6.2.1.強度測定用光検出器)

強度測定用光検出器(34)は、送信機から送信された光信号の強度を測定するためのデバイスであり、公知の光検出器を採用できる。

10

【0086】

(7.光FSK、及び光強度変調通信システムの動作)

本発明の光FSK、及び光強度変調通信システムの動作は、基本的には先に説明した光FSK通信システムの動作と同様である。本発明の光FSK、及び光強度変調通信システムでは、レーザ光源からの光の強度を変調し、送信機から伝送された光信号を分波する前に、その光信号の強度を測定する。

【0087】

図9は、光FSK、及び光強度変調通信システムにおける、光FSK変調器からの出力スペクトルの例を示すグラフである。この例において、レーザ光は、193THz、0dBmのレーザ光とし、光強度変調器での消光比を10dBとし、光強度変調信号からの信号を20GbpsのNRZ信号とし、FSK信号源からの信号を1GbpsのNRZ信号とし、高周波電気信号源からの信号を50GHzの信号とし、光FSK変調器における位相変化量を105度とした。

20

【0088】

図9に示されるような主に2つの周波数成分からなる出力が、シングルモードファイバなどの光ファイバを通過して受信機へ到達することとなる。

【0089】

受信機(22)では、光強度検出用の光検波器(34)が光信号の強度を検出する。分波器(28)が、送信機から送信された光信号をその波長に応じて分波する。第1の光検出器(29)は、分波器により分波された一方の光信号を検出する。第2の光検出器(30)は、前記分波器により分波された残りの光信号を検出する。減算器(31)は、前記第1の光検出器の出力信号と、前記第2の光検出器の出力信号との差分を計算する。そして、減算器が求めた信号は、図示しないモニターなどに出力されることとなる。

30

【0090】

図10は、このようにして出力される出力信号のアイダイアグラムである。図10(a)は、光強度検出用の光検波器の出力信号を表し、図10(b)では減算器が求めた出力信号を表す。この例では、先に説明した送信機を用い、光ファイバとして50kmのシングルモードファイバを用い、光ファイバを伝送後、光強度検出用の光検出器の出力をカットオフ周波数30GHzのベッセルフィルタで平滑化し、減算器が求めた出力をカットオフ周波数2GHzのベッセルフィルタで平滑化したものである。図10(a)から、光強度検出用の光検波器の出力では良好なアイ開口が得られており、デジタル信号伝送が可能であることがわかる。また、図10(b)から、減算器が求めた出力では強度変調の影響でゼロレベルとマークレベルでの分散が大きくなっているが、アイ開口は確保されて入ることがわかる。以上から、本発明の光FSK、及び光強度変調通信システムでは、強度変調信号と、FSK信号が同時に伝送可能であることがわかる。

40

【0091】

(8.ミリ波・マイクロ波パルス発生方法)

以下では、本発明のミリ波・マイクロ波パルス発生方法について説明する。本発明のミリ波・マイクロ波パルス発生方法は、光周波数シフトキーイング変調器と前記光周波数シフトキーイング変調器のRF_A電極及びRF_B電極に入力するRF信号周波数の2倍以上の

50

周波数成分にตอบสนองできる光検出器を用いたミリ波・マイクロ波パルス発生方法である。このような光検出器としては、「単一走行キャリア・フォトダイオード」(石橋忠夫、伊藤弘、「単一走行キャリア・フォトダイオード」、応用物理、第70巻、第11号、p.1304-1307(2001))などが挙げられる。

【 0 0 9 2 】

本発明のミリ波・マイクロ波パルス発生方法は、光 F S K 変調器において、光周波数切替え時に上側波帯、下側波帯の 2 成分が過渡的に同時に発生するという現象を利用するものである。これらの 2 成分の周波数差 ($R F_A$ 電極及び $R F_B$ 電極に入力する $R F$ 信号周波数の 2 倍) 以上の周波数成分にตอบสนองできる光検出器に変調器の出力光を導くと、2 成分が同時発生している間のみ周波数差に相当する周波数をもつ $R F$ 信号が発生する。周波数切替え時の過渡的な現象であるので、光周波数切替えのための信号 ($R F_C$) を立ち上がり・立ち下がり時間の短い矩形パルスとすると、非常に短い時間だけ $R F$ 信号を発生させることができる。

【 0 0 9 3 】

すなわち、本発明のミリ波・マイクロ波パルスの発生方法は、先に説明した光 F S K 変調器を用い、 $R F_C$ 電極に印加される信号を例えば高周波矩形パルスであって、立ち上がり時間が 1% ~ 10% のものを用いることにより、ミリ波・マイクロ波パルスを得るものである。また、このようにして得られたミリ波・マイクロ波パルスを用いれば、UWB 信号を得ることができるので、UWB 無線通信システムを得ることができる。例えば $R F_C$ に立ち上がり時間 0.05 ナノ秒の矩形パルスを入力し、 $R F_A$ 電極及び $R F_B$ 電極に入力する $R F$ 信号周波数を 25 GHz とした場合、パルス幅 0.1 ナノ秒の 50 GHz $R F$ 信号 (UWB 信号) が得られる。

【 0 0 9 4 】

UWB 無線通信システムは、1 ナノ秒以下という非常に幅の狭いパルス (インパルス波) を用いた、非常に広帯域な周波数幅 (数 GHz ~ 数十 GHz 程度) を使用する無線システムであり、通信やリモートセンシングに利用されるシステムである。この方式を用いることにより、従来に比べてより少ない消費電力で高いデータ伝送速度の通信を実現できる。UWB 無線通信システムの帯域幅は、既存のワイドバンド CDMA (Wide-band CDMA) などと比べて千倍以上の帯域幅となる。比帯域幅 = (帯域幅) / (中心周波数) で 25% 以上のものを通常、UWB とよぶ。

【 0 0 9 5 】

UWB 無線通信システムは、電力スペクトル密度が極めて低い (雑音レベル、DS-SS (直接拡散を用いたスペクトラム拡散方式 SS: Spread Spectrum) 以下) という特徴がある。また、UWB 無線通信システムは、既存の通信システムとの与干渉・被干渉が少なく、共存が可能であるという特徴がある。UWB 無線通信システムは、平均電力レベルが 1 mW 以下で数キロメートル伝送できるという特徴がある。また、UWB 無線通信システムは、極めて短い (ns 単位) のパルスを利用しているため、RAKE 受信によりマルチパスに強い (すなわち高いパス分離能力を有する) という特徴があり、またレーダとして用いた場合は、高精度測距 (数 cm 単位) が可能 (高い距離分解能を有する) という特徴がある。UWB 無線通信システムは、キャリアが無く、信号放射時間が極めて短いので小型・低消費電力のシステムを構築できるという特徴がある。UWB 無線通信システムは、常に広い帯域 (例えば GHz オーダ) を占有できるので、大容量多元接続・超高速伝送 (< 数百 Mbps) が可能となる。UWB 無線通信システムは通信と測距が同時にできるので ITS (車車間通信など) に応用できる。

【 0 0 9 6 】

UWB 信号のキャリア周波数は高周波電気信号源の周波数の 2 倍となるので、高い周波数成分を有する信号を生成でき、また周波数を容易に制御できる。UWB 信号のパルス波形は $R F_C$ 信号波形によって決まるので、UWB 信号のパルス形状を例えば、立ち上がり時間などを調整することによって容易に制御できる。

【 0 0 9 7 】

図 1 1 は、本発明のミリ波・マイクロ波パルス発生方法によって出力される出力信号の波形例を表す図面に変るグラフである。図 1 1 (a) は U W B 信号 (ミリ波・マイクロ波パルス) を表し、図 1 1 (b) はその拡大図を表す。この例では、先に説明した光 F S K 通信システムの送信機 (図 4 ; 2 1) を用い、信号源からの信号を立ち上がり時間が 5 % である 1 G H z の繰り返し矩形パルスとし、高周波電気信号源からの信号を 2 5 G H z の信号とし、高速光検出器を用いて検出した。なお、 $R F_0$ による光位相変化を P とすると、光検出器出力の包絡線は $\cos(P/2)\sin(P/2)$ で表される。ここで $P=0$ 度の場合は、1 のみ出力され、 $P=180$ 度の場合は 2 のみ出力されるとした。過渡状態では $0 < P < 180$ 度となり光検出器から R F 信号が発生する。図 1 1 から、本発明の光 F S K 変調器を用いれば、U W B 信号を得ることができることがわかる。

10

【産業上の利用可能性】

【0098】

本発明の光 F S K 変調器は、光の強度が変化せず S / N 比のよい信号を得ることができるので、光情報伝送システムに好適に用いられる。

【0099】

また本発明の光 F S K 変調器は、高速に光の位相を変調できるので、高速の光情報通信に用いることができる。

【0100】

また本発明の光 F S K 変調器は、光パケットのラベル部分に位相変調を施せるので、強度変調技術と合わせた光情報伝送システムに好適に用いられる。

20

【0101】

さらに本発明の光 F S K 変調器は、 $R F_A$ 電極と $R F_B$ 電極から入力される R F 信号の強度を制御することで、出力光の振幅を制御できる。したがって、 $R F_B$ 電極での出力光の周波数制御とあわせて、光周波数変調及び光振幅変調を施した光情報伝達システムに好適に用いられる。

【0102】

さらに本発明の光 F S K 変調器は、R F パルスを作成する新たなデバイスなのでミリ波領域での伝送のための新たなミリ波源などとして好適に用いられる。

【0103】

本発明の光 F S K 通信システムは、光情報伝達システムとして利用できる。

30

【0104】

本発明の多値変調光 F S K 通信システムは、光情報伝達システムとして利用できる。

【0105】

本発明の光 F S K、及び光強度変調通信システムは、光情報伝達システムとして利用できる。

【0106】

本発明のミリ波・マイクロ波の発生方法は、新たなミリ波・マイクロ波の発生方法として光情報伝達システムなどに利用できる。

【0107】

本発明の U W B 無線通信システムは、I T S など様々な情報通信分野で利用できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0108】

【図 1】図 1 は、光 S S B 変調器の基本構成を示すブロック図である。

【図 2】図 2 は、本発明の第 1 の実施の形態である光 F S K 変調器の基本構成を表すブロック図である。

【図 3】図 3 は、光 F S K 変調器 (図 2) の各点での光スペクトルを示す概念図である。

【図 4】図 4 は、本発明の光 F S K 通信システムの基本構成を示すブロック図である。

【図 5】図 5 は、光 F S K 変調器からの出力スペクトルの例を示すグラフである。

【図 6】図 6 は、光 F S K 通信システムにおける出力信号のアイダイアグラムである。

【図 7】図 7 は、5 段階の値を有する信号出力を説明するための図である。図 7 (a)、 50

図 7 (b)、図 7 (c)、図 7 (d)、及び図 7 (e) は、それぞれ「 1 」、「 0 . 5 」、「 0 」、「 - 0 . 5 」、及び「 - 1 」の出力を与える場合を示す。

【図 8】図 8 は、本発明の光 F S K、及び光強度変調通信システムの基本構成を示す概略図である。

【図 9】図 9 は、光 F S K、及び光強度変調通信システムにおける、光 F S K 変調器からの出力スペクトルの例を示すグラフである。

【図 10】図 10 は、光 F S K、及び光強度変調通信システムにおける、出力信号のアイダイアグラムである。図 10 (a) は、光強度検出用の光検波器の出力信号を表し、図 10 (b) では減算器が求めた出力信号を表す。

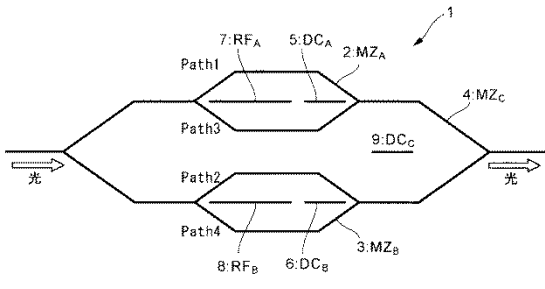
【図 11】図 11 は、本発明のミリ波・マイクロ波パルス発生方法によって出力される出力信号の波形例を表す図面に変るグラフである。図 11 (a) は U W B 信号 (ミリ波・マイクロ波パルス) を表し、図 11 (b) はその拡大図を表す。

【符号の説明】

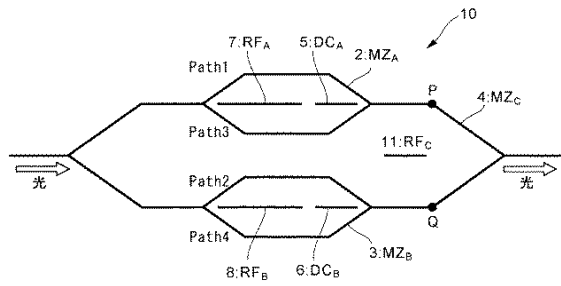
【 0 1 0 9 】

- | | | |
|----|---|----|
| 1 | 光 S S B 変調器 | |
| 2 | 第 1 のサブマッハツエンダー導波路 (M Z _A) | |
| 3 | 第 2 のサブマッハツエンダー導波路 (M Z _B) | |
| 4 | メインマッハツエンダー導波路 (M Z _C) | |
| 5 | 第 1 の電極 (D C _A 電極) | |
| 6 | 第 2 の電極 (D C _B 電極) | 20 |
| 7 | 第 1 の R F 電極 (R F _A 電極) | |
| 8 | 第 2 の R F 電極 (R F _B 電極) | |
| 9 | 直流または低周波用電極 (D C _C 電極) | |
| 10 | 光 F S K 変調器 | |
| 11 | 第 3 の R F 電極 (R F _C 電極) | |
| 21 | 送信機 | |
| 22 | 受信機 | |
| 23 | ファイバ | |
| 24 | レーザ光源 | |
| 25 | 光 F S K 変調器 | 30 |
| 26 | 信号源 | |
| 27 | 高周波電気信号源 | |
| 28 | 分波器 | |
| 29 | 第 1 の光検出器 | |
| 30 | 第 2 の光検出器 | |
| 31 | 減算器 | |
| 32 | 光強度変調器 | |
| 33 | 強度変調信号源 | |
| 34 | 強度測定用光検出器 | |

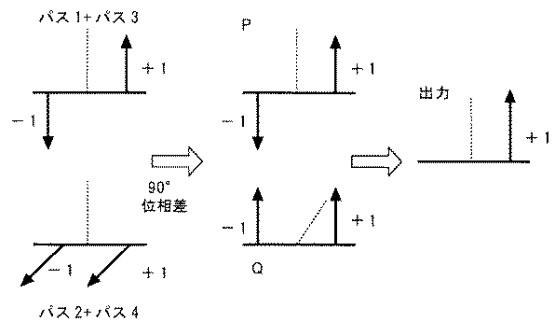
【 図 1 】



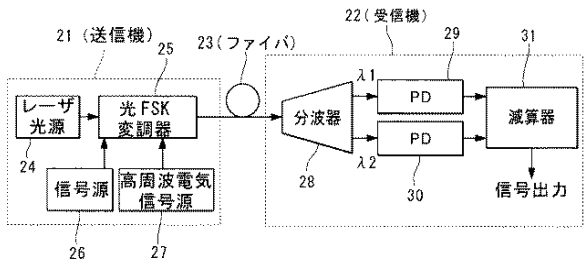
【 図 2 】



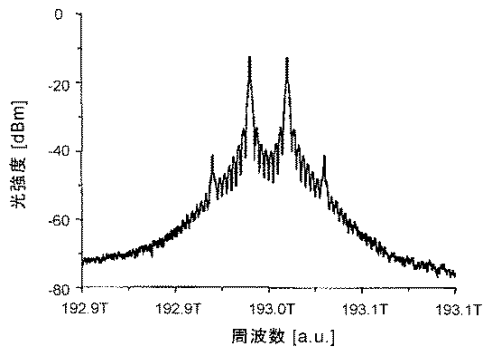
【 図 3 】



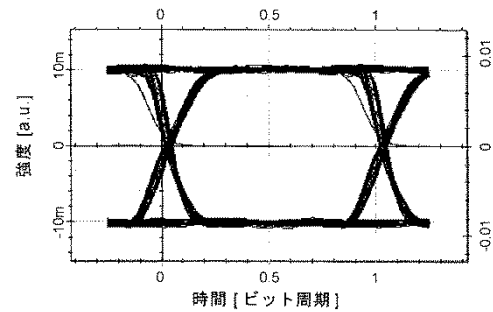
【 図 4 】



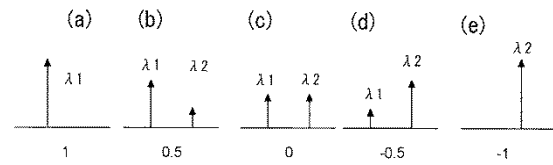
【 図 5 】



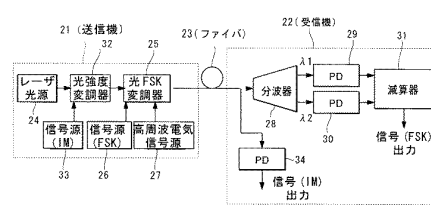
【 図 6 】



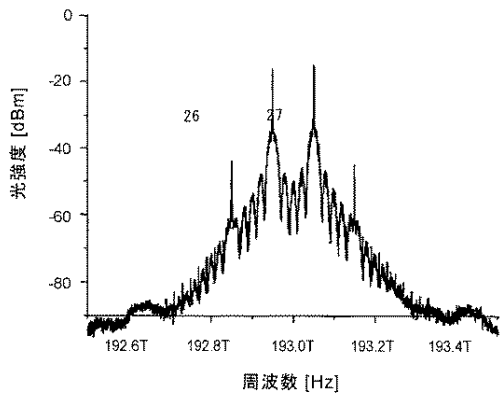
【 図 7 】



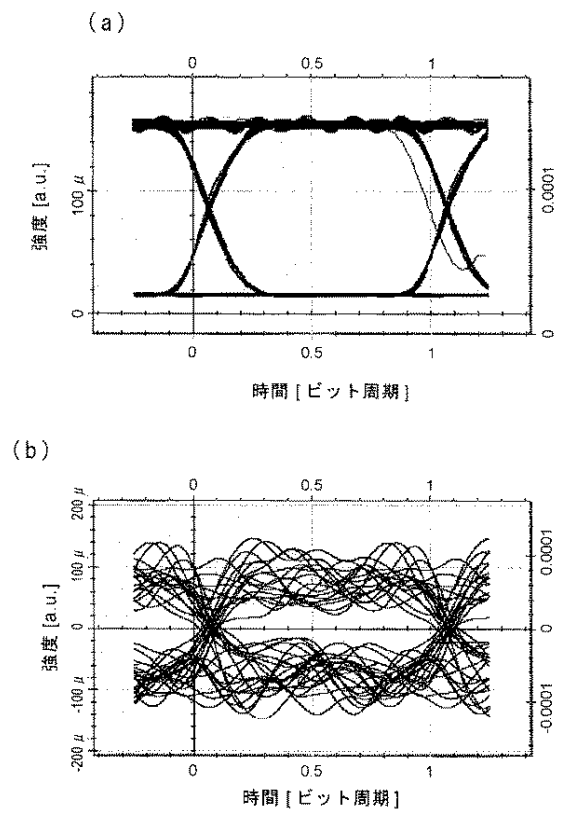
【 図 8 】



【 図 9 】

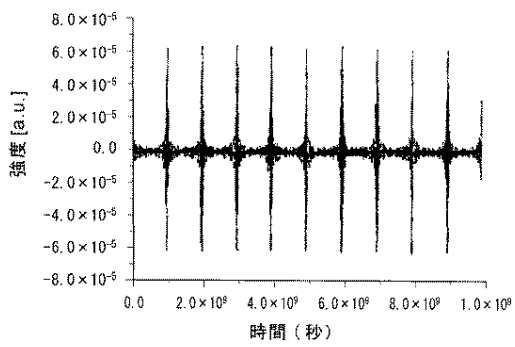


【 図 1 0 】

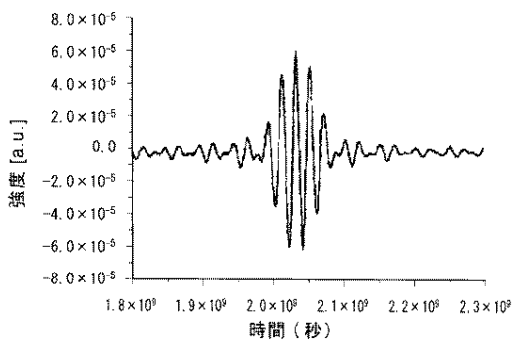


【 図 1 1 】

(a)



(b)



フロントページの続き

(72)発明者 井筒 雅之

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) 2H079 AA02 AA12 BA03 BA04 CA04 DA03 DA22 EA05 EB05 GA03
5K102 AA61 AH02 AH26 AH27 AH30 AH31 PH02 PH47