

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2021-517772

(P2021-517772A)

(43) 公表日 令和3年7月26日(2021.7.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4B 10/67 (2013.01)	HO4B 10/67	2K102
HO4B 10/11 (2013.01)	HO4B 10/11	5K102
GO2F 2/00 (2006.01)	GO2F 2/00	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2020-551876 (P2020-551876)
 (86) (22) 出願日 平成31年3月28日 (2019. 3. 28)
 (85) 翻訳文提出日 令和2年9月25日 (2020. 9. 25)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2019/024490
 (87) 国際公開番号 W02019/191372
 (87) 国際公開日 令和1年10月3日 (2019. 10. 3)
 (31) 優先権主張番号 62/649, 232
 (32) 優先日 平成30年3月28日 (2018. 3. 28)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)

(71) 出願人 503455363
 レイセオン カンパニー
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O
 2451-1449 ウォルサム ウィン
 ター ストリート 870
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100135079
 弁理士 宮崎 修
 (72) 発明者 コワレヴィッチ, アンドリュウ
 アメリカ合衆国 20166 バージニア
 州 スターリング パシフィック・ブル
 ヴァード 22270

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自由空間光通信信号を検出するためのバランス型光受信機及び方法

(57) 【要約】

光共振器を使用するバランス型信号検出のための光受信機及び方法である。光受信機の例は、自由空間光信号を受信する偏光ビームスプリッターと、第1の偏光を有する自由空間光信号を受信するように配置された第1の検出器と、光軸の周りに光受信機を回転させるか、或いは、自由空間光信号の偏光を回転させるように構成された位置合わせシステムと、自由空間光信号の偏光を回転させるように構成されたファラデー回転子と、ファラデー回転子から自由空間光信号を受信し、共振光信号エネルギーを蓄積する光共振器と、第1の出力光信号エネルギーを透過し、第2の出力光信号エネルギーを阻止するように構成された光共振器であり、自由空間光信号の変調を第1及び第2の出力光信号エネルギーの強度変調に変換するように構成された光共振器と、第1の出力光信号エネルギーを受け取り、第1の出力光信号エネルギーの強度変調を検出する第2の検出器と、第2の出力光信号エネルギーを受け取る第3の検出器とを含む。

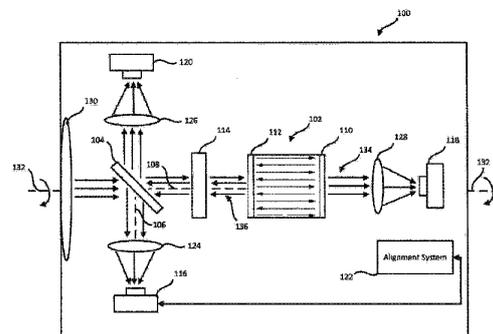


FIG. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光受信機であって、

自由空間光信号を受信するように、光軸に沿って配置された偏光ビームスプリッタであり、第1の偏光を有する光を第1の光路に沿って導き、前記第1の偏光に直交する第2の偏光を有する光を第2の光路に沿って導くように構成された偏光ビームスプリッタと、

前記自由空間光信号が前記第1の偏光を有するときに前記自由空間光信号を受信するように、前記第1の光路に沿って配置された第1の検出器と、

前記自由空間光信号が前記第2の光路に沿って導かれるように、前記光軸の周りに前記光受信機を回転させるか、或いは、前記自由空間光信号の偏光を回転させるように構成された位置合わせシステムと、

前記第2の光路に沿って配置され、前記自由空間光信号の前記偏光を回転させるように構成されたファラデー回転子と、

前記ファラデー回転子から前記自由空間光信号を受信し、共振光信号エネルギーを蓄積するように構成された光共振器であり、前記光共振器は、前記光共振器からの第1の出力光信号エネルギーを透過し、前記光共振器からの第2の出力光信号エネルギーを阻止するように構成され、前記自由空間光信号の変調に対応する前記自由空間光信号における変動に応じて、前記第1の出力光信号エネルギー及び前記第2の出力光信号エネルギーを乱し、前記自由空間光信号の前記変調を前記第1の出力光信号エネルギー及び前記第2の出力光信号エネルギーの強度変調に変換するように構成された光共振器と、

前記第1の出力光信号エネルギーを受け取り、前記第1の出力光信号エネルギーの前記強度変調を検出するように配置された第2の検出器と、

前記第2の出力光信号エネルギーを受け取るように配置された第3の検出器とを含む光受信機。

【請求項 2】

前記ファラデー回転子は、前記光共振器から前記第2の出力光信号エネルギーを受け取るように更に配置され、前記第2の出力光信号エネルギーの偏光を回転させるように更に構成される、請求項 1 に記載の光受信機。

【請求項 3】

前記ファラデー回転子は、前記第2の出力光信号エネルギーを前記偏光ビームスプリッタに導くように更に構成され、前記偏光ビームスプリッタは、前記第2の出力光信号エネルギーを前記第3の検出器に導くように構成される、請求項 2 に記載の光受信機。

【請求項 4】

前記ファラデー回転子は、前記自由空間光信号の前記偏光を45度回転させるように構成され、前記第2の出力光信号エネルギーの前記偏光を45度回転させるように構成される、請求項 3 に記載の光受信機。

【請求項 5】

前記光共振器は、第1の半反射面と第2の半反射面とを含み、前記第1の半反射面と前記第2の半反射面との間で前記自由空間光信号の少なくとも一部を反射させることにより、前記共振光信号エネルギーを蓄積するように構成される、請求項 1 に記載の光受信機。

【請求項 6】

前記自由空間光信号は、位相変調光信号、周波数変調光信号及び振幅変調光信号のうち1つであり、前記変動は、前記自由空間光信号におけるそれぞれの位相、周波数又は振幅変化に対応する、請求項 1 に記載の光受信機。

【請求項 7】

前記光受信機は、前記第2の検出器による前記第1の出力光信号エネルギーの前記強度変調の検出のためのトリガ閾値として、前記第3の検出器により検出された前記第2の出力光信号エネルギーの平均値を使用するように構成される、請求項 1 に記載の光受信機。

【請求項 8】

光受信機であって、

10

20

30

40

50

自由空間光信号を受信し、前記自由空間光信号を、第1の偏光を有する第1の偏光成分と、第2の偏光を有する第2の偏光成分とに分割するように構成された第1の偏光ビームスプリッタであり、前記第1の偏光は前記第2の偏光に直交し、前記第1の偏光成分を第1の光路に沿って導き、前記第2の偏光成分を第2の光路に沿って導くように構成された第1の偏光ビームスプリッタと、

前記第2の光路に沿って配置され、前記第2の偏光成分を受信するように構成された第1のファラデー回転子であり、前記第2の偏光成分の前記第2の偏光を回転させるように構成された第1のファラデー回転子と、

前記第1のファラデー回転子から前記第2の偏光成分を受信し、第1の共振光信号エネルギーを蓄積するように構成された第1の光共振器であり、前記第1の光共振器は、第1の出力光信号エネルギーを透過し、第2の出力光信号エネルギーを阻止するように構成され、前記自由空間光信号の変調に対応する前記第2の偏光成分における変動に応じて、前記第1の出力光信号エネルギー及び前記第2の出力光信号エネルギーを乱し、前記第2の偏光成分における前記変動を前記第1の出力光信号エネルギー及び前記第2の出力光信号エネルギーの強度変調に変換するように構成された第1の光共振器と、

前記第1の出力光信号エネルギーを受け取り、前記第2の偏光成分における前記変動を検出するように配置された第1の検出器と、

前記第2の出力光信号エネルギーを受け取るように配置された第2の検出器と、

前記第1の偏光成分を受信し、前記第1の偏光成分の前記第1の偏光を回転させるように構成された第2のファラデー回転子と、

前記第2のファラデー回転子から前記第1の偏光成分を受信し、第2の共振光信号エネルギーを蓄積するように構成された第2の光共振器であり、前記第2の光共振器は、第3の出力光信号エネルギーを透過し、第4の出力光信号エネルギーを阻止するように構成され、前記自由空間光信号の前記変動に対応する前記第1の偏光成分における変動に応じて、前記第3の出力光信号エネルギー及び前記第4の出力光信号エネルギーを乱し、前記第1の偏光成分における前記変動を前記第3の出力光信号エネルギー及び前記第4の出力光信号エネルギーの強度変調に変換するように構成された第2の光共振器と、

前記第3の出力光信号エネルギーを受け取り、前記第1の偏光成分における前記変動を検出するように配置された第3の検出器と、

前記第4の出力光信号エネルギーを受け取るように配置された第4の検出器と

を含む光受信機。

【請求項 9】

前記第1の偏光成分を受信するように、前記第1の光路に沿って配置された第2の偏光ビームスプリッタであり、前記第1の偏光成分を前記第2のファラデー回転子に導くように構成された第2の偏光ビームスプリッタを更に含む、請求項 8 に記載の光受信機。

【請求項 10】

前記第1のファラデー回転子は、前記第1の光共振器から前記第2の出力光信号エネルギーを受け取るように更に配置され、前記第2の出力光信号エネルギーの偏光を回転させるように更に構成される、請求項 9 に記載の光受信機。

【請求項 11】

前記第1のファラデー回転子は、前記第2の出力光信号エネルギーを前記第1の偏光ビームスプリッタに導くように更に構成され、前記第1の偏光ビームスプリッタは、前記第2の出力光信号エネルギーを前記第2の検出器に導くように構成される、請求項 10 に記載の光受信機。

【請求項 12】

前記第2のファラデー回転子は、前記第2の光共振器から前記第4の出力光信号エネルギーを受け取るように更に配置され、前記第2のファラデー回転子は、前記第4の出力光信号エネルギーの偏光を回転させるように更に構成され、前記第2の偏光ビームスプリッタは、前記第4の出力光信号エネルギーを前記第4の検出器に導くように構成される、請求項 11 に記載の光受信機。

10

20

30

40

50

【請求項 13】

前記第1のファラデー回転子は、前記第2の偏光成分の前記第2の偏光を45度回転させるように構成され、前記第2の出力光信号エネルギーの前記偏光を45度回転させるように構成される、請求項 12 に記載の光受信機。

【請求項 14】

前記第1の光共振器は、第1の半反射面と第2の半反射面とを含み、前記第1の半反射面と前記第2の半反射面との間で前記第2の偏光成分の少なくとも一部を反射させることにより、前記第1の共振光信号エネルギーを蓄積するように構成される、請求項 8 に記載の光受信機。

【請求項 15】

前記自由空間光信号は、位相変調光信号、周波数変調光信号及び振幅変調光信号のうち1つであり、前記第1の偏光成分における前記変動又は前記第2の偏光成分における前記変動は、前記自由空間光信号におけるそれぞれの位相、周波数又は振幅変化に対応する、請求項 8 に記載の光受信機。

【請求項 16】

光受信機を動作させる方法であって、

偏光ビームスプリッタの光軸に沿って、偏光を有する自由空間光信号を受信するステップと、

前記偏光ビームスプリッタにおいて、前記自由空間光信号の前記偏光が第1の偏光であるとき、前記自由空間光信号を第1の光路に沿って導き、前記自由空間光信号の前記偏光が前記第1の偏光に直交する第2の偏光であるとき、前記自由空間光信号を第2の光路に沿って導くステップと、

前記自由空間光信号の偏光が前記第1の偏光であるとき、前記第1の光路に沿って配置された第1の検出器において前記自由空間光信号を受信するステップと、

前記自由空間光信号が前記第2の光路に沿って導かれるように、前記光軸の周りに前記光受信機を回転させるか、或いは、前記自由空間光信号の偏光を回転させるステップと、

前記第2の光路に沿って配置されたファラデー回転子において前記自由空間光信号の前記偏光を回転させるステップと、

光共振器において前記ファラデー回転子から前記自由空間光信号を受信し、前記光共振器内に共振光信号エネルギーを蓄積するステップと、

前記自由空間光信号の変調に対応する前記自由空間光信号における変動に応じて、前記光共振器から放射された第1の出力光信号エネルギー及び前記光共振器から阻止された第2の出力光信号エネルギーを乱し、前記自由空間光信号の前記変動を前記第1及び第2の出力光信号エネルギーの強度変調に変換するステップと、

第2の検出器において前記第1の出力光信号エネルギーを受け取り、前記第1の出力光信号エネルギーの前記強度変調を検出するステップと、

第3の検出器において前記第2の出力光信号エネルギーを受け取るステップとを含む方法。

【請求項 17】

前記ファラデー回転子において前記光共振器から阻止された前記第2の出力光信号エネルギーを受け取るステップと、

前記第2の出力光信号エネルギーの偏光を回転させ、前記ファラデー回転子によって前記第2の出力光信号エネルギーを前記偏光ビームスプリッタに導くステップと、

前記偏光ビームスプリッタによって前記第2の出力光信号エネルギーを前記第3の検出器に導くステップと

を更に含む、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記光共振器内に前記共振光信号エネルギーを蓄積するステップは、第1の半反射面と第2の半反射面との間で前記自由空間光信号の少なくとも一部を反射させるステップを含む、請求項 16 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 19】

前記自由空間光信号は、位相変調光信号、周波数変調光信号及び振幅変調光信号のうち1つであり、前記変動は、前記自由空間光信号におけるそれぞれの位相、周波数又は振幅変化に対応する、請求項16に記載の方法。

【請求項 20】

前記第2の出力光信号エネルギーの平均値を検出するステップと、
前記第1の出力光信号エネルギーの前記強度変調の検出のためのトリガ閾値として、前記第2の出力光信号エネルギーの前記平均値を使用するステップと
を更に含む、請求項16に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

[関連出願への相互参照]

この出願は、2018年3月28日に出願された「BALANCED OPTICAL RECEIVERS AND METHOD FOR DETECTING FREE-SPACE OPTICAL COMMUNICATION SIGNALS」という名称の同時係属中の米国仮出願第62/649,232号35U.S.C. § 119(e)及びPCT第8条の優先権を主張し、全ての目的のために、この全内容を援用する。

【背景技術】**【0002】**

多くの光通信システムは、情報を搬送するために光波を操作する。例えば、しばしば、光源(例えば、レーザー光源)は、情報を伝達するために、振幅、位相又は周波数のような放射光の1つ以上の特性を変化させるように変調される。いくつかの場合、無線周波数信号のような基礎となる信号は、振幅、位相若しくは周波数変調又はこれらのいずれかの組み合わせを介して変調されてもよく、光源は、基礎となる信号により変調されてもよい。光受信機は、光波を受信し、光波の特性又は変動を測定し、それから、基礎となる信号及び情報が回復されてもよい。

【発明の概要】**【0003】**

態様及び実施形態は、変調変換のための1つ以上の光共振器を使用する光受信機における光信号のバランス型検出のための方法及び装置を対象とする。

【0004】

一実施形態によれば、光受信機は、自由空間光信号を受信するように、光軸に沿って配置された偏光ビームスプリッタであり、第1の偏光を有する光を第1の光路に沿って導き、第1の偏光に直交する第2の偏光を有する光を第2の光路に沿って導くように構成された偏光ビームスプリッタと、自由空間光信号が第1の偏光を有するときに自由空間光信号を受信するように、第1の光路に沿って配置された第1の検出器と、自由空間光信号が第2の光路に沿って導かれるように、光軸の周りに光受信機を回転させるか、或いは、自由空間光信号の偏光を回転させるように構成された位置合わせシステムとを含む。光受信機は、第2の光路に沿って配置され、自由空間光信号の偏光を回転させるように構成されたファラデー回転子と、ファラデー回転子から自由空間光信号を受信し、共振光信号エネルギーを蓄積するように構成された光共振器であり、光共振器は、光共振器からの第1の出力光信号エネルギーを透過し、光共振器からの第2の出力光信号エネルギーを阻止するように構成され、自由空間光信号の変調に対応する自由空間光信号における変動に応じて、第1の出力光信号エネルギー及び第2の出力光信号エネルギーを乱し、自由空間光信号の変調を第1の出力光信号エネルギー及び第2の出力光信号エネルギーの強度変調に変換するように構成された光共振器と、第1の出力光信号エネルギーを受け取り、第1の出力光信号エネルギーの強度変調を検出するように配置された第2の検出器と、第2の出力光信号エネルギーを受け取るように配置された第3の検出器とを更に含む。

【0005】

一例では、ファラデー回転子は、光共振器から第2の出力光信号エネルギーを受け取る

10

20

30

40

50

ように更に配置され、第2の出力光信号エネルギーの偏光を回転させるように更に構成される。ファラデー回転子は、第2の出力光信号エネルギーを偏光ビームスプリッタに導くように更に構成されてもよく、偏光ビームスプリッタは、第2の出力光信号エネルギーを第3の検出器に導くように構成される。一例では、ファラデー回転子は、自由空間光信号の偏光を45度回転させるように構成され、第2の出力光信号エネルギーの偏光を45度回転させるように構成される。

【0006】

他の例では、光共振器は、第1の半反射面と第2の半反射面とを含み、第1の半反射面と第2の半反射面との間で自由空間光信号の少なくとも一部を反射させることにより、共振光信号エネルギーを蓄積するように構成される。

10

【0007】

特定の例では、自由空間光信号は、位相変調光信号、周波数変調光信号及び振幅変調光信号のうち1つであり、変動は、自由空間光信号におけるそれぞれの位相、周波数又は振幅変化に対応する。

【0008】

一例では、光受信機は、第2の検出器による第1の出力光信号エネルギーの強度変調の検出のためのトリガ閾値として、第3の検出器により検出された第2の出力光信号エネルギーの平均値を使用するように構成される。

【0009】

他の実施形態によれば、光受信機は、自由空間光信号を受信し、自由空間光信号を、第1の偏光を有する第1の偏光成分と、第2の偏光を有する第2の偏光成分とに分割するように構成された第1の偏光ビームスプリッタであり、第1の偏光は第2の偏光に直交し、第1の偏光成分を第1の光路に沿って導き、第2の偏光成分を第2の光路に沿って導くように構成された第1の偏光ビームスプリッタと、第2の光路に沿って配置され、第2の偏光成分を受信するように構成された第1のファラデー回転子であり、第2の偏光成分の第2の偏光を回転させるように構成された第1のファラデー回転子と、第1のファラデー回転子から第2の偏光成分を受信し、第1の共振光信号エネルギーを蓄積するように構成された第1の光共振器であり、第1の光共振器は、第1の出力光信号エネルギーを透過し、第2の出力光信号エネルギーを阻止するように構成され、自由空間光信号の変調に対応する第2の偏光成分における変動に応じて、第1の出力光信号エネルギー及び第2の出力光信号エネルギーを乱し、第2の偏光成分における変動を第1の出力光信号エネルギー及び第2の出力光信号エネルギーの強度変調に変換するように構成された第1の光共振器とを含む。光受信機は、第1の出力光信号エネルギーを受け取り、第2の偏光成分における変動を検出するように配置された第1の検出器と、第2の出力光信号エネルギーを受け取るように配置された第2の検出器と、第1の偏光成分を受信し、第1の偏光成分の第1の偏光を回転させるように構成された第2のファラデー回転子とを更に含む。光受信機は、第2のファラデー回転子から第1の偏光成分を受信し、第2の共振光信号エネルギーを蓄積するように構成された第2の光共振器であり、第2の光共振器は、第3の出力光信号エネルギーを透過し、第4の出力光信号エネルギーを阻止するように構成され、自由空間光信号の変調に対応する第1の偏光成分における変動に応じて、第3の出力光信号エネルギー及び第4の出力光信号エネルギーを乱し、第1の偏光成分における変動を第3の出力光信号エネルギー及び第4の出力光信号エネルギーの強度変調に変換するように構成された第2の光共振器と、第3の出力光信号エネルギーを受け取り、第1の偏光成分における変動を検出するように配置された第3の検出器と、第4の出力光信号エネルギーを受け取るように配置された第4の検出器とを更に含む。

20

30

40

【0010】

一例では、光受信機は、第1の偏光成分を受信するように、第1の光路に沿って配置された第2の偏光ビームスプリッタであり、第1の偏光成分を第2のファラデー回転子に導くように構成された第2の偏光ビームスプリッタを更に含む。一例では、第1のファラデー回転子は、第1の光共振器から第2の出力光信号エネルギーを受け取るように更に配置され、第2の出力光信号エネルギーの偏光を回転させるように更に構成される。他の例では、第1の

50

ファラデー回転子は、第2の出力光信号エネルギーを第1の偏光ビームスプリッタに導くように更に構成され、第1の偏光ビームスプリッタは、第2の出力光信号エネルギーを第2の検出器に導くように構成される。他の例では、第2のファラデー回転子は、第2の光共振器から第4の出力光信号エネルギーを受け取るように更に配置され、第2のファラデー回転子は、第4の出力光信号エネルギーの偏光を回転させるように更に構成され、第2の偏光ビームスプリッタは、第4の出力光信号エネルギーを第4の検出器に導くように構成される。一例では、第1のファラデー回転子は、第2の偏光成分の第2の偏光を45度回転させるように構成され、第2の出力光信号エネルギーの偏光を45度回転させるように構成される。

【0011】

他の例では、第1の光共振器は、第1の半反射面と第2の半反射面とを含み、第1の半反射面と第2の半反射面との間で第2の偏光成分の少なくとも一部を反射させることにより、第1の共振光信号エネルギーを蓄積するように構成される。

10

【0012】

他の例では、自由空間光信号は、位相変調光信号、周波数変調光信号及び振幅変調光信号のうち1つであり、第1の偏光成分における変動又は第2の偏光成分における変動は、自由空間光信号におけるそれぞれの位相、周波数又は振幅変化に対応する。

【0013】

他の実施形態によれば、光受信機を動作させる方法は、偏光ビームスプリッタの光軸に沿って、偏光を有する自由空間光信号を受信するステップと、偏光ビームスプリッタにおいて、自由空間光信号の偏光が第1の偏光であるとき、自由空間光信号を第1の光路に沿って導き、自由空間光信号の偏光が第1の偏光に直交する第2の偏光であるとき、自由空間光信号を第2の光路に沿って導くステップと、自由空間光信号の偏光が第1の偏光であるとき、第1の光路に沿って配置された第1の検出器において自由空間光信号を受信するステップと、自由空間光信号が第2の光路に沿って導かれるように、光軸の周りに光受信機を回転させるか、或いは、自由空間光信号の偏光を回転させるステップとを含む。当該方法は、第2の光路に沿って配置されたファラデー回転子において自由空間光信号の偏光を回転させるステップと、光共振器においてファラデー回転子から自由空間光信号を受信し、光共振器内に共振光信号エネルギーを蓄積するステップと、自由空間光信号の変調に対応する前記自由空間光信号における変動に応じて、光共振器から放射された第1の出力光信号エネルギー及び光共振器から阻止された第2の出力光信号エネルギーを乱し、自由空間光信号の変調を第1及び第2の出力光信号エネルギーの強度変調に変換するステップと、第2の検出器において第1の出力光信号エネルギーを受け取り、第1の出力光信号エネルギーの強度変調を検出するステップと、第3の検出器において第2の出力光信号エネルギーを受け取るステップとを更に含む。

20

30

【0014】

一例では、当該方法は、ファラデー回転子において光共振器から阻止された第2の出力光信号エネルギーを受け取るステップと、第2の出力光信号エネルギーの偏光を回転させ、ファラデー回転子によって第2の出力光信号エネルギーを偏光ビームスプリッタに導くステップと、偏光ビームスプリッタによって第2の出力光信号エネルギーを第3の検出器に導くステップとを更に含む。

40

【0015】

他の例では、光共振器内に共振光信号エネルギーを蓄積するステップは、第1の半反射面と第2の半反射面との間で自由空間光信号の少なくとも一部を反射させるステップを含む。

【0016】

他の例では、自由空間光信号は、位相変調光信号、周波数変調光信号及び振幅変調光信号のうち1つであり、変動は、自由空間光信号におけるそれぞれの位相、周波数又は振幅変化に対応する。

【0017】

一例では、当該方法は、第2の出力光信号エネルギーの平均値を検出するステップと、

50

第1の出力光信号エネルギーの強度変調の検出のためのトリガ閾値として、第2の出力光信号エネルギーの平均値を使用するステップとを更に含む。

【0018】

これらの例示的な態様及び例の更に他の態様、実施形態及び利点は、以下に詳細に議論される。ここに開示される実施形態は、ここに開示される原理の少なくとも1つと整合し、たいずれかの方式で他の実施形態と組み合わせられてもよく、「実施形態」、「いくつかの実施形態」、「代替の実施形態」、「様々な実施形態」、「一実施形態」等への言及は、必ずしも互いに排他的であるとは限らず、記載の特定の特徴、構造又は特性が少なくとも1つの実施形態に含まれてもよいことを示すことを意図している。ここでこのような用語が現れることは、必ずしも全て同一の実施形態を示すとは限らない。ここに記載の様々な態様及び例はまた、記載される方法又は機能のいずれかを実行するための手段を含んでもよい。

10

【図面の簡単な説明】

【0019】

少なくとも1つの実施形態の様々な態様は、添付の図面を参照して以下に議論される。添付の図面は、縮尺通りに描かれることを意図していない。図面は、様々な態様及び実施形態の例示及び更なる理解を提供するために含まれており、この明細書に組み込まれてこの明細書の一部を構成するが、本開示の限定の定義として意図されるものではない。図面において、様々な図面に示される同一又はほぼ同一の各構成要素は、同様の数字により表される。明瞭にする目的で、全ての構成要素が全ての図面においてラベル付けされているとは限らない。

20

【図1】本発明の態様による光受信機の一例の図である。

【図2】本発明の態様による光受信機他の例の図である。

【図3】本発明の態様に従って、受信光信号の変調に応じて光共振器から放射された透過光信号エネルギー及び阻止出力光信号エネルギーの出力パワーのプロットの例を示すグラフである。

【図4】本発明の態様による光受信機において使用され得る処理システムの一例の機能ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

ここに記載される様々な態様及び例は、自由空間偏光光信号を復調するためのバランス型自由空間光信号受信機及び方法を対象とする。特定の例では、光受信機は、未知の偏光を有する自由空間光信号を受信するように配置されてもよい。光受信機の1つ以上の構成要素は、偏光ビームスプリッタが受信自由空間光信号を選択された光路に沿ってファブリ・ペロー共振器のような光共振器に導くように、光受信機又は入来自由空間光信号の偏光を回転させるように構成される。特に、光受信機又は入来光信号の偏光は、受信自由空間光信号の偏光が偏光ビームスプリッタの光透過軸又は光反射軸とより良好に位置合わせされるように、回転されてもよい。光共振器は、符号化された(例えば、位相変調、周波数変調又は振幅変調された)自由空間光信号を強度符号化出力に変換するように構成される。

30

40

【0021】

特定の他の例では、光受信機は、二重偏光を有する自由空間光信号を受信するように配置されてもよい。記載の光受信機は、第1の偏光を有する自由空間光信号の偏光成分を第1の光共振器に導き、第2の偏光を有する自由空間光信号の第2の偏光成分を第2の光共振器に導くように構成された偏光ビームスプリッタを含んでもよい。第1及び第2の光共振器のそれぞれは、自由空間光信号の受信偏光成分を強度符号化出力に変換するように構成される。

【0022】

ここに記載される光共振器は、共振光信号エネルギーをその中に蓄積し、出力光信号エネルギーを透過及び阻止(反射とも呼ばれる)するように構成されてもよい。受信自由空間

50

光信号(又はその成分)における変動(例えば、位相、周波数又は振幅変調)に応じて、受信自由空間光信号は、光共振器内で光共振を乱し、光共振器内で共振が再確立される間に、透過される出力光信号エネルギー及び阻止される出力光信号エネルギーの双方に攪乱を引き起こす。

【0023】

したがって、様々な例では、ここに記載される光受信機は、複数の検出器と、透過出力光信号エネルギーのための少なくとも1つの検出器と、阻止出力光信号エネルギーのための少なくとも1つの検出器とを含む。透過出力光信号エネルギー及び阻止出力光信号エネルギーのバランス型(均衡のとれた)検出は、単一の感知共振器出力技術と比較して、光受信機の感度を改善する。いくつかの例では、ここで議論されるように、バランス型検出は、単一の感知共振器出力技術と比較して3dB(又はそれ以上)の感度改善を生じ得る。ここで使用される「バランス型」検出という用語は、1つ以上の検出器が、透過出力光信号エネルギー及び阻止出力光信号エネルギーの双方を検出するために使用される手法を示すことを意図しており、透過出力光信号エネルギー及び阻止出力光信号エネルギーのいずれかの特性に関して制限することを意図するものではない。透過出力光信号エネルギー及び阻止出力光信号は、必ずしも振幅又は形状が等しくなく、符号が反対である。透過出力光信号エネルギー及び阻止出力光信号エネルギーは、同様の或いは異なる包絡線形状を有してもよく、同様の或いは異なる振幅及び/又は位相を有してもよい。

10

【0024】

ここで議論される装置及び方法の実施形態は、以下の説明において記載されるか或いは添付の図面に示される構成及び構成要素の配置の詳細への適用に限定されないことが認識されるべきである。装置及び方法は、他の実施形態で実現可能であり、様々な方法で実施可能又は実行可能である。具体的な実現方式の例は、例示的な目的のみのためにここに提供されており、限定することを意図するものではない。また、ここで使用される表現及び用語は、説明を目的としており、限定的として考えられるべきではない。ここでの「含む(including)」、「含む(comprising)」、「有する(having)」、「含む(containing)」、「含む(involving)」及びこれらの変形の使用は、その後列挙される項目及びこれらの均等物と、更なる項目とを包含することを意味する。「又は」への言及は、「又は」を使用して記載されるいずれかの用語が記載の項目のうち1つ、1つより多く及び全てのうちいずれかを示してもよいように、包括的であると解釈されてもよい。前及び後、左及び右、上及び下、上方及び下方並びに垂直及び水平への言及は、説明の便宜のために意図されたものであり、本発明の装置及び方法又はこれらの構成要素を、いずれか1つの位置又は空間方向に限定するものではない。

20

30

【0025】

図1は、ここに記載される様々な例による光受信機100の一例を示す。図示のように、光受信機100は、偏光ビームスプリッタ104と、ファラデー回転子114と、位置合わせシステム122と、1つより多くの出力を有する光共振器102と、複数の検出器とを含んでもよい。特に、図1は、3つの検出器116、118、120を含む光受信機100を示す。更に図示のように、光受信機100は、図示の検出器116、118、120のうち1つに光を導く及び/又は集束させるための様々な光学素子(例えば、レンズ124、126、128として示される)を含んでもよい。光受信機100は、入口開口130(例えば、レンズとして示される)を含むものとして更に示される。入口開口130は、自由空間光信号を受信し、自由空間光信号を偏光ビームスプリッタ104に導くように配置される。単一のレンズとして示されているが、様々な例では、偏光ビームスプリッタ104において自由空間光信号を収集する、導く及び/又は収束させるために、複数のミラー又はレンズが入口開口130に配置されてもよい。例えば、対物レンズ又は対物レンズアセンブリが入口開口130を形成してもよい。入口開口130及び偏光ビームスプリッタ104は、自由空間光信号がそれに沿って受信される光軸の中心に配置されてもよい。光軸は、図1において線132として示される。自由空間光信号は、主に非電離電磁放射線で構成されてもよい。

40

【0026】

50

ここで議論されるように、自由空間光信号は、1つ以上の直線偏光を有してもよい。いくつかの例では、1つ以上の偏光は、光受信機100において受信されたときに未知でもよい。例えば、自由空間光信号の第1の偏光は垂直偏光でもよく、自由空間光信号の第2の偏光は水平偏光でもよい。したがって、自由空間光信号の第1の偏光は、自由空間光信号の第2の偏光に直交してもよい。他の例では、自由空間光信号は、単一の偏光を有してもよい。垂直偏光及び水平偏光は、単に例としてここで記載されているに過ぎず、限定することを意図するものではないことが認識される。すなわち、他の例では、垂直偏光及び水平偏光は切り替えられてもよく、他の直交する偏光を含んでもよい。

【0027】

図1に示すように、偏光ビームスプリッタ104は、自由空間光信号を受信するように、光軸に沿って配置される。偏光ビームスプリッタ104は、第1の偏光を有する光を第1の光路に沿って導き、第2の偏光を有する光を別個の第2の光路に沿って導くように構成されてもよい。例えば、図示のように、偏光ビームスプリッタ104は、第2の光路108と位置合わせされた透過軸と、第1の光路106と位置合わせされた反射軸とを有する。他の例では、透過軸及び反射軸は切り替えられてもよい。受信自由空間光信号が第2の偏光を有するとき、自由空間光信号は、偏光ビームスプリッタ104により透過軸に沿って、したがって、第2の光路108に沿って、ファラデー回転子114に導かれる(例えば、透過される)。しかし、受信自由空間光信号が第1の偏光を有するとき、自由空間光信号は、偏光ビームスプリッタ104により反射軸に沿って、したがって、第1の光路106に沿って、第1の検出器116に(例えば、レンズ124を介して)導かれる(例えば、反射される)。

10

20

【0028】

上記のように、いくつかの状況において、受信自由空間光信号は、未知の偏光を有してもよい。このような状況では、未知の偏光が偏光ビームスプリッタ104の透過軸と部分的に或いは完全に位置合わせされない場合がある。したがって、様々な例では、位置合わせシステム122は、受信自由空間光信号の偏光が偏光ビームスプリッタ104の透過軸とより良好に位置合わせされるように、光受信機100、特に偏光ビームスプリッタ104を再配置してもよい。他の例では、位置合わせシステム122は、受信自由空間光信号の偏光が偏光ビームスプリッタ104の透過軸とより良好に位置合わせされるように、入来光信号の偏光を回転させるように構成及び配置された波長板のような光学素子を含んでもよい。このような動作はまた、光受信機100の効率を改善する。

30

【0029】

上記のように、偏光ビームスプリッタ104は、自由空間光信号が第1の偏光を有する場合、受信自由空間光信号を第1の光路106に沿って導き、自由空間光信号が第2の偏光を有する場合、受信自由空間光信号を第2の光路108に沿って導くように構成される。第1の光路106に沿って導かれたとき、自由空間光信号は、レンズ124において受信され、第1の検出器116に導かれる。様々な例では、第1の検出器116は、衝突する自由空間光信号の強度を決定するためのパワーメータとして使用される。図1に示すように、第1の検出器116は、位置合わせシステム122に結合される。位置合わせシステム122は、光受信機100を変位させるか、或いは、光受信機100の1つ以上の構成要素を変位させるように構成された1つ以上の構成要素を含んでもよい。例えば、位置合わせシステム122は、光軸の周りに光受信機100を回転させるように構成されてもよい(例えば、線132の周りの回転)。他の例では、位置合わせシステム122は、入来自由空間光信号の偏光を回転させるために、半波長板のような光学素子を含んでもよい。光軸の周りの回転の一方向が図1に示されている。位置合わせシステム122は、いくつかの例を挙げると、機械アクチュエータ又は電気アクチュエータを含んでもよい。例えば、位置合わせシステム122は、電気エネルギーを機械トルクに変換し、光軸の周りに光受信機100を回転させる電気モータを含んでもよい。様々な他の例では、位置合わせシステム122は、位置合わせシステム122を制御する処理回路を含んでもよく或いはこれに結合されてもよい。

40

【0030】

少なくとも第1の検出器116及び位置合わせシステム122は、自由空間光信号の偏光を偏

50

光ビームスプリッタ104の透過軸とより良好に位置合わせするために、光受信機100を回転させるためのフィードバックループとして動作する。様々な例では、位置合わせシステム122は、第1の検出器166において受信されたとき、自由空間光信号の強度を減少させるように、光受信機100(又は入来光信号の偏光)を回転させる。様々な例では、光軸の周りの光受信機100の回転は、光受信機100の初期位置に対して0度から90度の範囲内でもよい。したがって、第1の検出器116及び位置合わせシステム122の動作は、自由空間光信号エネルギーの大部分(又は全て)が、当初は未知の偏光を有するにもかかわらず、第2の光路108に沿って光共振器102の方向に導かれることを確保する。

【0031】

ファラデー回転子114は、第2の光路108に沿って偏光ビームスプリッタ104と光共振器102との間に介在する。ファラデー回転子114は、第2経路108に沿って受信された自由空間光信号の偏光を回転させるように構成される。様々な例では、ファラデー回転子114は、自由空間光信号を所定の角度、例えば、45度回転させる。特定の他の例では、ファラデー回転子114は、他の適切な偏光回転子で置き換えられてもよい。図1に示すように、ファラデー回転子114は、自由空間光信号を光共振器102に導く。

【0032】

光共振器102は、第2の光路108に沿ってファラデー回転子から自由空間光信号を受信するように配置される。様々な例では、光共振器102は、受信自由空間光信号における位相変動、振幅変動又は周波数変動のような変動を感知可能な光学素子である。特に、光共振器102は、自由空間光信号における変動を、透過出力光信号エネルギー(ここでは第1の出力光信号エネルギーとしても記載される)の強度変調及び/又は阻止出力光信号エネルギー(ここでは第2の出力光信号エネルギーとしても記載される)の強度変調に変換するように構成される。特に、光共振器102は、光共振器102内に共振光信号エネルギーを蓄積し、部分的には、受信自由空間光信号と光共振器102内の共振光信号エネルギーとの相互作用により、受信自由空間光信号の変動(例えば、位相、周波数又は振幅変調)を第1及び/又は第2の出力光信号エネルギーの強度変調に変換するように構成される。

【0033】

光共振器102内で定常状態の共振条件が確立されたとき、透過出力光信号エネルギー(矢印134により表される)及び阻止出力光信号エネルギー(矢印136により表される)が、定常強度で光共振器102から放射される。到来自由空間光信号において変動が生じ、一時的に定常状態を乱したとき、透過出力光信号エネルギー及び阻止出力光信号エネルギーの強度が乱される。光共振器102の内側の受信自由空間光信号の連続的な反射の間に、共振が再確立され、透過光信号エネルギー及び阻止出力光信号エネルギーの強度は、これらの定常状態のレベルに戻る。いくつかの例では、光共振器102が定常状態に戻ったときに定常強度が現れるまで、光共振器102の内側の受信光信号エネルギーの連続的な反射の間に、透過出力光信号エネルギーの強度が増加し、同時に、阻止出力光信号エネルギーの強度が減少する。しかし、他の例では、共振条件が再確立されると、定常状態の値に達するまで、透過出力光信号エネルギーの強度が減少し、阻止出力光信号エネルギーの強度が増加する。一例では、定常状態は、ゼロ反射(又は阻止)及び単一透過、又はその逆に対応してもよいが、他の例では、定常状態において、透過出力光信号エネルギー120及び阻止出力光信号エネルギー122の双方が、互いに同じでもよく或いは異なってもよい非ゼロの強度値を有してもよい。

【0034】

エタロンとして示されているが、他の例では、光共振器102は、マイクロリング又は他の共振構造でもよい。すなわち、ここに記載される光共振器の例は、図1又は図2に示す特定の配置に限定されない。例えば、一例では、光共振器102は、閉ループとして配置された1つ以上の導波路で形成されたマイクロリングでもよく、それにより、ループの「周り」に横断する光信号エネルギーは、1つ以上の周波数において、ループの寸法と位相で位置合わせされてもよい。したがって、ループを横断する光信号エネルギーは、特定の周波数で建設的に干渉し、ループ内の光信号エネルギーを維持してもよい。他の周波数では

、ループを横断する光信号エネルギーが干渉し、それにより、その周波数において光信号エネルギーの蓄積を破壊又は阻止する。閉ループはまた、入出力に結合され、光がループ、例えば、開口に入射し、ループから光を出射させることを可能にする。

【0035】

特定の例によれば、光共振器102は、受信自由空間光信号に基づいて透過出力光信号エネルギーをコヒーレントに発達させ、受信自由空間光信号の変動(例えば、位相、周波数又は振幅変化)が生じるまで、透過出力光信号エネルギーの所与の強度レベルを維持する。受信自由空間光信号に変動が生じたとき、干渉が、透過出力光信号エネルギーの強度(又は振幅)における依存した変化を引き起こす。上記のように、透過出力光信号エネルギーに加えて、光共振器102は、阻止出力光信号エネルギーも放射してもよい。阻止出力光信号エネルギーは、光共振器102から、透過出力光信号エネルギーと反対の方向に放射され、したがって、光共振器102により「反射」されたものとして記載されてもよい。受信自由空間光信号に変動(例えば、位相、周波数又は振幅変化)が生じたとき、光共振器102内の干渉はまた、阻止出力光信号エネルギーの強度(又は振幅)における依存した変化を引き起こす。例えば、変動は、透過出力光信号エネルギーの強度の減少及び阻止出力光信号エネルギーの強度の増加、又はその逆を生じてもよい。したがって、受信した位相符号化(又は周波数符号化又は振幅符号化)自由空間光信号は、光共振器102により振幅が変動する出力信号に変換される。透過出力光信号エネルギーは、検出器による直接的な検出に適しており、阻止出力光信号エネルギーは、図1に示す第2の検出器118及び第3の検出器120のような他の検出器による直接的な検出に適している。

10

20

【0036】

上記のように、様々な例では、光共振器102は、受信自由空間光信号の位相又は周波数変調を、出力光信号エネルギーの強度又は振幅変調に変換するために使用されてもよい。強度又は振幅変調された出力光信号エネルギーは、光検出器(例えば、第2の検出器118の光検出器又は第3の検出器120の光検出器)を含む検出器により、受信自由空間光信号の変動(例えば、位相遷移)を表す対応する振幅変動を有する電気信号に変換されてもよい。図1に示すように、様々な例において、光共振器102はエタロンである。すなわち、光共振器102は、その間に介在する少なくとも半透明の光媒体を有する一対の平行な半反射面を含んでもよい。様々な例では、光共振器102は、一対の半反射面(例えば、図1において第1の半反射面110及び第2の半反射面112として示される)により画定される内部(例えば、キャビティ)を含んでもよい。

30

【0037】

第1の半反射面110は、第2の半反射面112と光連通するように配置される。図1において、第1の半反射面110は、第2の半反射面112に面して実質的に平行に配置される。図1に示すように、様々な例では、第1及び第2の半反射面110、112のそれぞれは、実質的に平面である。しかし、他の例では、他の配置及び表面曲率が使用されてもよい。光媒体は、光共振器102の内側に配置され、第1の半反射面110と第2の半反射面102との間に介在する。特定の例では、光媒体は空気又は他の誘電体材料でもよい。他の例では、光媒体は真空でもよい。

【0038】

エタロンは、半反射面110、112の間隔(すなわち、寸法長さ)に基づいて、特定の波長の光にそれぞれ関連する1つ以上の特徴的な共振周波数を有してもよい。いくつかの例では、表面110、112は、いくつかの光を通すことができるという点で、半反射性であり、半透過性でもある。すなわち、様々な例では、各半反射面110、112は、自由空間光信号の入射を可能にするための入力として作用してもよく、一方で、出力光信号エネルギーの放射を可能にするための出力としても作用してもよい。したがって、到来自由空間光信号は、光共振器102(すなわち、半反射面110、112の対の間)に入ってもよく、半反射面110、112のそれぞれを通じて放射される前に、光共振器102の内側及び半反射面110、112の対の間で共振してもよい。

40

【0039】

50

様々な例では、光共振器102は、第1の半反射面110から第1の出力光信号エネルギー、すなわち、透過出力光信号エネルギーを放射し、また、第2の半反射面112から第2の出力光信号エネルギー、すなわち、阻止出力光信号エネルギーを放射する。第1及び第2の半反射面110、112が共振キャビティを画定する例では、光信号エネルギーは、共振キャビティの両端から放射される。以下に更に説明するように、光キャビティの各端部からの出力光信号エネルギー(例えば、透過出力光信号エネルギー及び阻止出力光信号エネルギー)は、バランス型検出手法を提供するように、対応する検出器で検出されてもよい。

【0040】

上記のように、光共振器の内側の共振光信号エネルギーのいくつかは、半透過面110、112のうち少なくとも1つを通じて光共振器102から放射される。様々な例では、第1の半反射面110及び第2の半反射面112の一方は、自由空間光信号がファラデー回転子114から受信されて光共振器102の内側に導かれる入力(図1において第2の半反射面112として示される)を形成してもよい。第1の半反射面110は、透過出力光信号エネルギーが放射される第1の出力として作用し、第2の半反射面112は、阻止出力光信号エネルギーが放射される第2の出力として作用する。すなわち、第1及び第2の半反射面110、112のそれぞれは、内部からの閉じ込められた共振光信号エネルギーの一部が出力光信号として現れることを可能にする。

10

【0041】

上記のように、到来自由空間光信号の位相、周波数又は振幅における変化は、出力光信号エネルギー(例えば、第1の出力光信号エネルギー及び第2の出力光信号エネルギー)の強度における変化を引き起こす。例えば、到来自由空間光信号の大きい遷移は、現れる透過光信号エネルギーの大きい(しかし一時的な)強度低下を引き起こし、また、現れる阻止出力光信号エネルギーの大きい(しかし一時的な)強度増加を引き起こすか、或いは、その逆を引き起こす(すなわち、現れる透過光信号エネルギーの強度の大きい一時的な増加及び現れる阻止出力光信号エネルギーの強度の大きい一時的な減少)。同様の動作は、マイクロリング又は他の光共振器においても生じる。したがって、様々な例では、光共振器102は、受信光信号についての変調コンバータとして機能する。したがって、現れる出力光信号エネルギーは、到来光信号と同じ情報内容を、強度変調形式で搬送してもよい。

20

【0042】

この開示を通じて「エタロン(etalon)」という用語を使用することは、限定を意図するものではなく、ここで使用されるとき、反射面を有するプレートと、様々な材料がその間に配置された平行ミラー、特定の例では、制御可能な光学材料がその間に配置された平行ミラーとを含む、複数の構造のいずれかを含んでもよい。エタロンの半反射面の間の間隔は、ここではキャビティと呼ばれることがあるが、これに限定されるものではない。すなわち、共振キャビティは、干渉計のような他の構造を含んでもよい。さらに、エタロン構造は、積層体、層、フィルム、コーティング等として形成されてもよい。

30

【0043】

いくつかの例では、エタロンは、共平面でない及び/又は共線でない反射面(半反射面を含む)を含んでもよい。例えば、エタロンの内部の反射面は、いくつかの曲率を含んでもよく、いくつかの例では、対向する表面もまた、2つの表面の間の距離が光共振器の様々な領域にわたって実質的に一定であるように、湾曲されてもよい。他の例では、エタロンは、様々な領域において表面の間に変化する距離を有する非線形又は非平面表面を有してもよく、ここで議論される例における使用に適した様々な波長及び様々な領域について依然として光共振器として機能してもよい。したがって、特定の実施例では、様々な例の光共振器102は、表面に適合するように、或いは、異なる波長に応じて或いは所与の波長についての異なる到来角に応じて様々な領域を有するように、意図的に設計されてもよい。

40

【0044】

図1に示すように、光受信機100は、少なくとも第2の検出器118及び第3の検出器120を含んでもよい。強度変調された第1の出力光信号エネルギーは、第2の検出器118に導かれ、強度変調された第2の出力光信号エネルギーは、第3の検出器120に導かれる。第2の検出

50

器118及び第3の検出器120は、光検出器のような光電気変換器(OEC)をそれぞれ含んでもよく、特定の例では、これは光ダイオードである。物理的に分離された検出器として示されているが、他の例では、光受信機100は、第1及び第2の出力光信号エネルギーを同じ検出器又は単一の検出器内の異なる領域に導く1つ以上の光学素子(例えば、ミラー)を含んでもよい。様々な例では、パワーメーターとして動作する第1の検出器116もまた、光検出器を含んでもよい。

【0045】

第2の検出器118は、第1の出力光信号エネルギーを第1の電気信号に変換し、第3の検出器120は、第2の出力光信号エネルギーを第2の電気信号に変換する。特に、各検出器118、120は、対応する受信した強度変調された出力光信号エネルギーを表す振幅変調信号を生成する。各検出器118、120は、対応する出力光信号エネルギー強度における変化を(例えば、振幅変調信号に基づいて)検出して、到来自由空間光信号における位相、周波数又は振幅変動(変調)を決定してもよい。特に、検出器118、120は、このような出力信号のピーク及びトラフを解釈するための様々なプロセスを実行する処理回路を含んでもよい。いくつかの例では、各検出器118、120は、アナログ・デジタル変換器及びデジタル処理システムを含んでもよく、或いは、これらによってデータを送受信してもよい。これらの例では、強度変調された出力光信号エネルギーを表す振幅変調信号は、アナログ・デジタル変換器によりデジタル形式に変換されてもよい。次いで、デジタル信号は、デジタル処理のためにデジタル処理サブシステムに提供されてもよい。

【0046】

図1に示すように、ファラデー回転子114は、光共振器102から第2の出力光信号エネルギーを受け取るように、第2の光路108に沿って配置されてもよい。受信自由空間光信号と同様に、ファラデー回転子114は、第2の出力光信号エネルギーの偏光を所定量、例えば45度回転させてもよい。様々な例では、ファラデー回転子114は、第2の出力光信号エネルギーの偏光及び自由空間光信号の偏光を同じ量だけ回転させる。したがって、阻止光信号エネルギーは、第2の光路108に沿って導かれた自由空間光信号の偏光に対して90度の偏光回転を受けてもよい。ファラデー回転子114は、第2の出力光信号エネルギーを、第2の光路108に沿った自由空間光信号の伝搬と反対の方向に、第2の光路108に沿って偏光ビームスプリッタ104に導く。偏光ビームスプリッタ104は、ファラデー回転子114から第2の出力光信号エネルギーを受け取り、第2の出力光信号エネルギーを第3の検出器120に導くように配置される。

【0047】

様々な例では、受信自由空間光信号は、自由空間光信号の1つより多くの偏光に符号化された情報を含んでもよい。このような状況では、光受信機100は、パワーメーター(すなわち、第1の検出器116)及び/又は位置合わせシステム122の代わりに(或いはこれに加えて)第2の光共振器及び第2の偏光ビームスプリッタを含んでもよい。図2は、他の追加構成要素の中でも、第2の偏光ビームスプリッタ204と第2の光共振器202とを含む光受信機200の一例を示す。図2の光受信機200は、入口開口130、偏光ビームスプリッタ104(図2では「第1の」偏光ビームスプリッタ104と呼ばれる)、ファラデー回転子114(図2では「第1の」ファラデー回転子114と呼ばれる)、光共振器102(図2では「第1の」光共振器102と呼ばれる)、光検出器118、120、及び様々な光学素子(例えば、レンズ126、128)のように、図1に示す光受信機100と同じ構成要素の多くを含む。同様の構成要素は、図2において、図1にも示すものと同じ参照符号により示される。

【0048】

図2に示すように、1つより多くの偏光に符号化された情報を有する受信自由空間光信号について、光受信機200は、第2の偏光ビームスプリッタ204と、第2のファラデー回転子206と、第2の光共振器202と、更なる検出器208、210と、光学素子(例えば、レンズ212、214)とを含んでもよい。入口開口130から自由空間光信号を受信したことに応じて、第1の偏光ビームスプリッタ104は、その偏光に基づいて自由空間光信号を分割してもよい。特に、第1の偏光ビームスプリッタ104は、自由空間光信号を、第1の直線偏光を有する第1の

偏光成分と、第2の直線偏光を有する第2の偏光成分とに分割してもよい。このような例では、第1及び第2の偏光は、垂直偏光及び水平偏光のように、互いに直交してもよい。ここで議論されるように、第1の偏光成分は、自由空間光信号の第1の部分であり、第2の偏光は、自由空間光信号の第2の部分である。

【0049】

少なくとも図1を参照して上記したように、第1の偏光ビームスプリッタ104は、第2の光路108に沿って配置された透過軸と、第1の光路106に沿って配置された反射軸とを有する。しかし、他の例では、これらの軸は切り替えられてもよい。第1の偏光ビームスプリッタ104は、第1の偏光成分を反射軸に沿って、したがって、第1の光路106に沿って第2の光共振器202に(例えば、第2の偏光ビームスプリッタ204及び第2のファラデー回転子206を介して)導く(例えば、反射させる)ように構成される。第1の偏光ビームスプリッタ104は、第2の偏光成分を透過軸に沿って、したがって、第2の光路108に沿って第1の光共振器102に(例えば、第1のファラデー回転子114を介して)導く(例えば、透過させる)ように更に構成される。

10

【0050】

様々な例では、第1のファラデー回転子114及び第1光共振器102は、図1を参照してここに上記したものと同様に、自由空間光信号の第2の偏光成分及び受信自由空間光信号に対して動作する。すなわち、第1の光共振器102は、第2の偏光成分を受信し、その中に共振光信号エネルギーを蓄積する。第2の偏光成分の変動(例えば、位相、周波数又は振幅変化)に応じて、第1の光共振器102は、透過された第1の出力光信号エネルギー及び阻止された第2の出力光信号エネルギーを、これらの定常状態の状況から乱すように構成される。第1の出力光信号エネルギー及び第2の出力光信号エネルギーは、図1を参照して上記したように、検出器118及び検出器120によりそれぞれ検出される。

20

【0051】

様々な例では、第2の偏光ビームスプリッタ204、第2のファラデー回転子206及び第2の光共振器202は、第1の偏光ビームスプリッタ104、第1のファラデー回転子114及び第1の光共振器102と同様に動作する。図2に示すように、第2の偏光ビームスプリッタ204は、第1の光路106に沿って第1の偏光ビームスプリッタ104から第1の偏光成分を受信し、第1の偏光成分を第2のファラデー回転子206の方向に導く。第1の偏光ビームスプリッタ104と同様に、第2の偏光ビームスプリッタ204は、透過軸及び反射軸を有する。第2の偏光を有する光は、透過軸に沿って導かれ、第1の偏光を有する光は、反射軸に沿って導かれる。様々な他の例では、第2の偏光ビームスプリッタ204の透過軸及び反射軸は、切り替えられてもよい。

30

【0052】

したがって、第1の偏光を有する第1の偏光成分は、第2の偏光ビームスプリッタ204により第2の偏光ビームスプリッタ204の反射軸に沿って第2のファラデー回転子206の方向に導かれる。第2のファラデー回転子206は、第1のファラデー回転子114と同様でもよく、第1の偏光成分の第1の偏光を所定量(例えば、45度)回転させてもよい。次いで、第1の偏光成分は、第2のファラデー回転子206により第2の光共振器202に導かれる。

【0053】

第2の光共振器202は、第2のファラデー回転子206から第1の偏光成分を受信し、第1の光共振器102と同様に、受信光信号、例えば、第1の偏光成分に基づいて、その中に共振光信号エネルギーを蓄積する。第1の偏光成分における変動(例えば、位相、周波数又は振幅変化)に応じて、第2の光共振器202は、透過された出力光信号エネルギー及び阻止された第2の出力光信号エネルギーを乱すように構成される。様々な例では、第2の光共振器202により透過される出力光信号エネルギーはまた、第2の光共振器202の第3の出力光信号エネルギーとも呼ばれ、第2の光共振器202により阻止される出力光信号エネルギーはまた、第2の光共振器202の第4の出力光信号エネルギーとも呼ばれる。透過された第3の出力光信号エネルギー及び阻止された第4の出力光信号エネルギーは、検出器208及び検出器210によりそれぞれ検出される。

40

50

【 0 0 5 4 】

図 2 に示すように、第 4 の出力光信号エネルギーは、第 2 の光共振器 202 から第 2 のファラデー回転子 206 に導かれる。第 2 のファラデー回転子 206 は、第 4 の出力光信号エネルギーの偏光を回転させ、第 4 の出力光信号エネルギーを第 2 の偏光ビームスプリッタ 204 に導く。様々な例では、第 2 のファラデー回転子 206 は、第 1 の偏光成分の第 1 の偏光と、阻止出力光信号エネルギーの偏光とを、同じ量だけ(例えば、45 度)回転させる。したがって、第 2 の光共振器 202 の阻止出力光信号エネルギーは、90 度の偏光回転を受けてもよく、したがって、第 2 の偏光ビームスプリッタ 204 の透過軸と位置合わせされる。次いで、第 2 の偏光ビームスプリッタ 204 は、第 4 の出力光信号エネルギーを対応する検出器 210 に導く。

【 0 0 5 5 】

検出器 208、210 は、図 1 を参照してここに記載した検出器 118、120 と同様に動作してもよい。特に、検出器 208 は、第 3 の出力光信号エネルギー(例えば、第 2 の光共振器 202 からの透過出力光信号エネルギー)を受け取ってもよく、検出器 210 は、第 4 の出力光信号エネルギー(例えば、第 2 の光共振器 202 からの阻止出力光信号エネルギー)を受け取ってもよい。各検出器 208、210 は、対応する出力光信号エネルギー強度における変化を検出し、上記のように、到来自由空間光信号における位相、周波数又は振幅変動(変調)を決定してもよい。

【 0 0 5 6 】

したがって、第 1 及び第 2 の偏光ビームスプリッタ 104、204 は、光受信機 200 が、受信自由空間光信号の直交偏光に対して同時に動作することを可能にする。2 つの偏光は直交であるので、対応する情報は干渉がなく、独立して、ここに記載される技術に従って復調されてもよい。いくつかの例では、受信自由空間光信号の主軸は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 104 の配向(すなわち、軸)と位置合わせされない。その結果、検出器 118、120、208、210 のそれぞれは、受信自由空間光信号の双方の偏光成分の一部を受信しない可能性がある。さらに、いくつかの例では、検出器 208、210 は、図 1 に示す位置合わせシステム 122 のような位置合わせシステムに結合され、光受信機 200 又は入来自由空間光信号の偏光を回転させて、受信自由空間光信号の主軸を、第 1 の偏光ビームスプリッタ 104 の透過軸及び反射軸とより良好に位置合わせしてもよい。他の例では、デジタルシグナルプロセッサ(光受信機 100、200 の例において含まれてもよい)は、入来自由空間光信号の偏光又は光受信機 200 の構成要素のいずれかの回転を必要とせず、2 つの混合した偏光を個々の成分に分解するアルゴリズムでプログラムされてもよい。

【 0 0 5 7 】

少なくとも図 1 及び図 2 を参照して上記したように、様々な例では、記載の光共振器 102、202 は、共振光信号エネルギーを蓄積し、受信自由空間光信号に基づいて、透過出力光信号エネルギー及び阻止光信号エネルギーをコヒーレントに発達させ、受信自由空間光信号(又はその偏光成分)の変動(例えば、位相、周波数又は振幅変化)が生じるまで、透過出力光信号エネルギー及び阻止光信号エネルギーのそれぞれの所与の強度レベルを維持する。受信自由空間光信号(又はその偏光成分)に変動が生じたとき、干渉が、対応する透過出力光信号エネルギー及び阻止出力光信号エネルギーの強度(又は振幅)における依存した変化を引き起こす。図 3 は、受信自由空間光信号における変動(例えば、位相遷移)に応じた、第 1 の光共振器 102 の透過出力光信号エネルギー及び阻止出力光信号エネルギーの出力パワープロット 300 を示す。第 2 の光共振器 202 は、同様に動作してもよい。図 3 において、第 1 のトレース 304 は、透過出力光信号エネルギーを表し、第 2 のトレース 306 は、第 1 の光共振器 102 の阻止出力光信号エネルギーを表す。図 3 について、図 1 及び図 2 を引き続き参照して説明する。図 3 は、光共振器 102 が、定常状態(すなわち、定常状態では、阻止光信号エネルギーの振幅又は強度が基本的にゼロである)での完全な透過のために調整される例を示すが、他の例では、光共振器は、定常状態では、透過光信号エネルギー及び阻止光信号エネルギーのそれぞれが、非ゼロ振幅/強度を有するように調整されてもよい。

【 0 0 5 8 】

図 3 において、点 308 では、第 1 の光共振器 102 は、対応する透過光信号エネルギーの一

10

20

30

40

50

定の強度が現れる定常状態の状況にある。図3には、第1の光共振器102が定常状態の状況にあるときに0の強度レベルにあるものとして示されているが、上記のように、対応する阻止出力光信号エネルギーは、定常状態の状況の間に非ゼロの強度レベルを有してもよいことが認識される。点302では、位相遷移が到来自由空間光信号で生じ、一時的に定常状態を乱し、透過出力光信号エネルギーの強度における変化及び阻止出力光信号エネルギーの強度における変化を引き起こす。

【0059】

図3において、透過出力光信号エネルギーが強度における減少を有するように示されており、阻止出力光信号エネルギーが強度における増加を有するように示されている。しかし、上記のように、他の例では、反対のことが生じてもよい。第1の光共振器102の内側での受信自由空間光信号の連続的な反射の間に、第1の光共振器102が定常状態の状況に戻ったときに光の定常強度が現れるまで、共振が再確立され、透過出力光信号エネルギーが増加(又は減少)する。また、第1の光共振器102の内側での受信自由空間光信号の連続的な反射の間に、阻止出力光信号エネルギーは、阻止出力光信号エネルギーの定常強度が現れるまで減少(又は増加)する。

10

【0060】

図3に示すように、阻止出力光信号エネルギーにおける強度変化は、透過出力光信号エネルギーにおける強度変化をもたらしてもよい。例えば、図3は、トレース306における増加がトレース304における減少の前に一時的に生じることを示す。したがって、いくつかの例では、阻止出力光信号エネルギーは、透過出力光信号エネルギーに対応する検出動作を開始するトリガとして使用されてもよい。例えば、阻止出力光信号エネルギーの強度における検出された変化(例えば、増加又は減少)は、図1に示す検出器118の検出動作を開始するためのトリガとして使用されてもよい。

20

【0061】

トリガとしての阻止出力光信号エネルギーの使用は、対応する光受信機(例えば、光受信機100又は光受信機200)のサンプリング要件及びメモリ要件を減少させる可能性がある。他の例では、阻止出力光信号エネルギーにおける検出された強度変化は、透過出力光信号エネルギーにおける検出された強度変化を検証するために使用されてもよい。例えば、ここで議論される光受信機は、阻止出力光信号エネルギーにおける強度変化が存在する場合にのみ、受信自由空間光信号における変動(例えば、位相、周波数又は振幅変化)を、透過出力光信号エネルギーの強度における変化と相関させてもよい。このような例は、受信自由空間光信号における誤った遷移の検出を防止するのに役立つ。特定の例では、阻止出力光信号エネルギーの平均値は、透過光信号エネルギーの検出のためのトリガ閾値として使用されてもよい。上記の例は、阻止出力光信号エネルギーを、透過出力光信号エネルギーを検出/測定するためのトリガとして使用するが、他の例では、反対の構成が実現でき、すなわち、透過出力光信号エネルギー又はその平均値は、阻止出力光信号エネルギーの検出/測定のためのトリガ又は検出閾値として使用されてもよい。入来光信号の波長の変化又は他の変化する条件における変化によって共振条件が変化する可能性があるため、透過出力光信号エネルギー又は阻止出力光信号エネルギーのいずれかの平均値はまた、光共振器の共振条件の調整を決定するために使用されてもよい。

30

40

【0062】

上記のように、多くの例では、光受信機100、200は、処理回路を含んでもよく、或いは、処理回路に結合されてもよい。一例では、処理回路は、図1又は図2に示す検出器118、120、208、210又は図1に示す位置合わせシステム122のうち1つ以上に含まれてもよいが、他の様々な例では、光受信機100、200及び/又は位置合わせシステム122は、情報を遠隔の処理回路に通信する通信回路(例えば、トランシーバ)を含んでもよい。

【0063】

処理回路は、出力光信号エネルギー強度の1つ以上の変化を検出し、到来自由空間光信号における位相、周波数又は振幅変動(変調)を決定するように構成されてもよい。図1の光受信機100に関して、処理回路は、光受信機100を変位(例えば、回転)させるように、位

50

置合わせシステム122の動作を更に制御してもよい。処理回路は、信号処理回路でもよく、1つ以上の特殊なハードウェア構成要素又は1つ以上の特殊なソフトウェア構成要素によって実現されてもよい。例えば、処理回路は、アナログ回路又はデジタル回路のうち1つとして或いはこれらの組み合わせとして実現されてもよい。処理回路は、ここに記載される対応する信号処理動作のうち1つ以上を実行するように配置された論理ブロックのアレイで構成されてもよい。特に、処理回路は、ASIC(特定用途向け集積回路)又はFPGA(フィールドプログラマブルゲートアレイ)と同様の性能及び消費電力を提供する集積回路内に配置されたトランジスタのアレイにより実現されてもよい。他の例では、処理回路の構成要素は、ソフトウェア命令(例えば、所定のルーチン)を実行する1つ以上のマイクロプロセッサとして実現されてもよい。特に、ソフトウェア命令は、デジタル信号処理(DSP)命令を含んでもよい。このような所定のルーチンを実行するための処理システムの一例について、図4を参照してここで説明する。

10

【0064】

図4は、図1に示す光受信機100又は図2に示す光受信機200内に含まれてもよい処理システム400の一例を示す。処理システム400は、プロセッサ402と、データストレージ404と、メモリ406と、システムインタフェース及び/又はユーザインタフェースのような1つ以上のインタフェース408とを含んでもよい。図4に明示的に示されていないが、特定の例では、処理システム400は、電源に結合されてもよい。電源は、処理システム400の1つ以上の構成要素及び光受信機100の他の構成要素に電力を送り出してもよい。

20

【0065】

図4において、プロセッサ402は、データストレージ404、メモリ406及び様々なインタフェース408に結合される。メモリ406は、処理システム400の動作中にプログラム(例えば、プロセッサ402により実行可能なように符号化された命令のシーケンス)及びデータを記憶する。したがって、メモリ406は、ダイナミックランダムアクセスメモリ(DRAM)又はスタティックメモリ(SRAM)のような比較的高性能の揮発性ランダムアクセスメモリでもよい。しかし、メモリ406は、ディスクドライブ又は他の不揮発性記憶デバイスのような、データを記憶するためのいずれかのデバイスを含んでもよい。様々な例は、メモリ406を、ここに開示される機能を実行するような特定の構造、いくつかの場合には固有の構造に編成してもよい。これらのデータ構造は、特定のデータ及びタイプのデータの値を記憶するようにサイズ決定及び編成されてもよい。

30

【0066】

データストレージ404は、非一時的な命令及び他のデータを記憶するように構成されたコンピュータ読み取り可能及び書き込み可能データ記憶媒体を含み、光ディスク又は磁気ディスク、ROM又はフラッシュメモリのような不揮発性記憶媒体を含むことができる。命令は、ここに記載される機能のうちいずれかを実行するように少なくとも1つのプロセッサ402により実行できる実行可能プログラム又は他のコードを含んでもよい。

【0067】

様々な例では、処理システム400は、システムインタフェース及び/又はユーザインタフェースのようないくつかのインタフェース構成要素408を含む。インタフェース構成要素408のそれぞれは、処理システム400の他の構成要素(及び/又は関連する光受信機)又は処理システム400と通信する他のデバイスとデータを交換するように、例えば、送信又は受信するように構成される。様々な例によれば、インタフェース構成要素408は、ハードウェア構成要素、ソフトウェア構成要素又はハードウェア構成要素とソフトウェア構成要素との組み合わせを含んでもよい。特定の例では、システムインタフェースの構成要素は、プロセッサ402を、図1に示す光受信機100の1つ以上の他の構成要素又は図2に示す光受信機200の1つ以上の他の構成要素に結合する。システムインタフェースは、上記のように、1つ以上の制御信号をいずれかのこのような構成要素に提供してもよく、このような構成要素の動作を管理してもよい。

40

【0068】

ユーザインタフェースは、処理システム400が組み込まれた対応する光受信機がユーザ

50

のような外部エンティティと通信することを可能にするハードウェア及び/又はソフトウェア構成要素を含んでもよい。これらの構成要素は、ユーザインタフェースとのユーザインタラクションから情報を受信するように構成されてもよい。ユーザインタフェース内で使用され得る構成要素の例は、ボタン、スイッチ、発光ダイオード、タッチスクリーン、ディスプレイ、記憶されたオーディオ信号、音声認識又は処理システム400と通信するコンピュータ使用可能デバイス上のアプリケーションを含む。様々なインタフェースで受信されたデータは、図4に示すように、プロセッサ402に提供されてもよい。プロセッサ402と、メモリ406と、データストレージ404と、インタフェース408との間の通信結合(例えば、図示の相互接続機構410)は、標準的な、独自の或いは特殊なコンピューティングバス技術に従って、1つ以上の物理バスとして実現されてもよい。

10

【0069】

プロセッサ402は、一連のルーチン(例えば、デジタル信号処理命令)を実行し、結果として、上記のように、データストレージ404に記憶されてデータ記憶装置404から取り出される操作されたデータを生じる。様々な例では、一連の命令は、上記のように、光共振器からの出力の解釈を生じる。このような命令は、このような出力信号のピーク及びトラフを解釈して、位相、振幅及び/又は周波数変化を決定し、これらから情報を回復するためのコマンドに対応してもよい。

【0070】

プロセッサ402は、いずれかのタイプのプロセッサ、マルチプロセッサ又はコントローラでもよい。例えば、プロセッサは、INTEL、AMD、MOTOROLA又はFREESCALEにより製造されたプロセッサを含んでもよい。いくつかの例では、プロセッサ402は、リアルタイムオペレーティングシステム(ROTS)、例えば、RTLinux、又は非リアルタイムオペレーティングシステム、例えば、BSD若しくはGNU/Linuxを実行するように構成されてもよい。オペレーティングシステムは、アプリケーションソフトウェアに対してプラットフォームサービスを提供してもよい。これらのプラットフォームサービスは、プロセス間及びネットワーク通信と、ファイルシステム管理と、標準データベース操作とを含む。多くのオペレーティングシステムのうち1つ以上が使用されてもよく、例は、いずれか特定のオペレーティングシステム又はオペレーティングシステムの特性に限定されない。

20

【0071】

ここでの開示の部分は、光のセグメント又は光の波長の長さ又は持続時間に関して、距離の大きさ、例えば、長さ、光信号の側面の時間、例えば、持続時間のオーダーを参照している。距離及び持続時間は、光及び光システムに関して場合によっては互換的に使用されてもよく、文脈が別段の意味を含意しない限り、光に関する距離と持続時間との間の関係は、伝搬媒体における光の速度であることが理解されるべきである。例えば、位相関係は、光の1つの波長のオーダーであり、波長は、伝搬媒体中の光の速度によって周波数に直接的に反比例する。同様に、光源の変調により生成される光のセグメントは、セグメント長のオーダーであり、これは、伝搬媒体中の光の速度によって変調速度に直接的に反比例する。

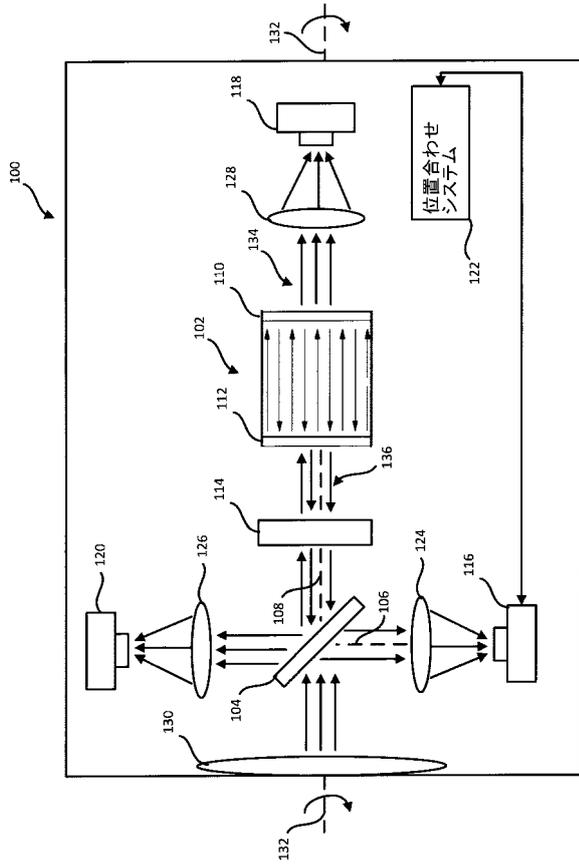
30

【0072】

少なくとも1つの実施形態のいくつかの態様について上記したが、様々な変更、修正、及び改良が当業者に容易に思い浮かぶことが認識されるべきである。このような変更、修正及び改良は、本開示の一部であることが意図されており、本発明の範囲内であることが意図されている。具体的な実現方式の例が、例示的な目的のみのためここで提供されており、限定することを意図するものではない。したがって、上記の説明及び図面は、単なる例に過ぎず、本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲及びこれらの均等物の適切な構成から決定されるべきである。

40

【図 1】



【図 2】

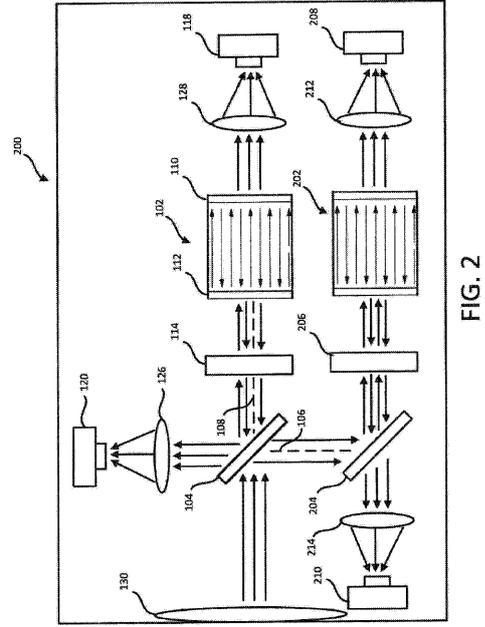
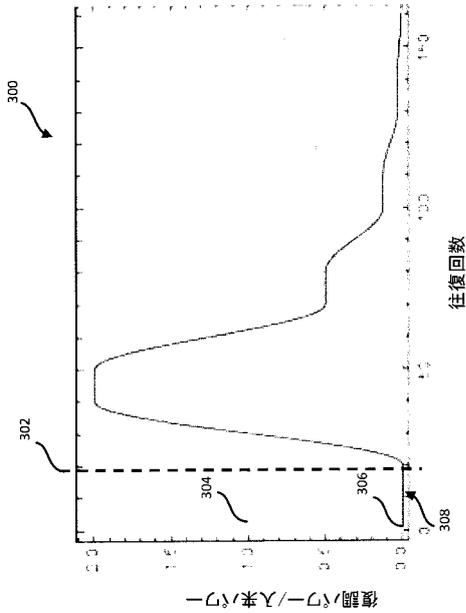
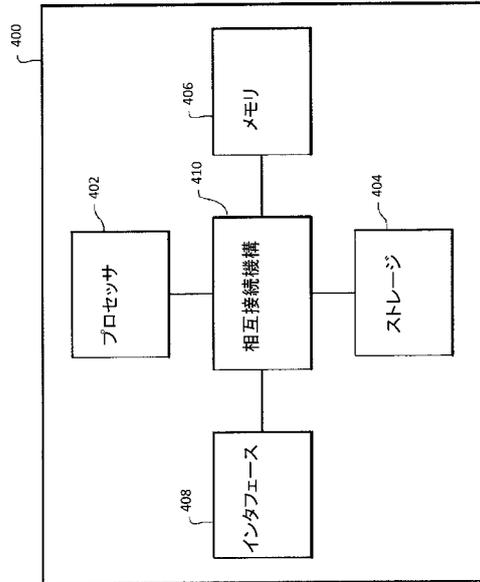


FIG. 2

【図 3】



【図 4】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2019/024490

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H04B10/67 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04B G02B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2008/226300 A1 (MAYER RICHARD C [US] ET AL) 18 September 2008 (2008-09-18) figure 6 paragraphs [0001], [0004] paragraph [0038] - paragraph [0040] ----- -/--	1-7, 16-20
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 18 July 2019		Date of mailing of the international search report 23/09/2019
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Dedman, Emma

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2019/024490

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>M Merimaa ET AL: "Portable frequency standard at 633 nm with compact external-cavity diode laser", Metrologia, 1 August 2001 (2001-08-01), pages 311-318, XP055606870, DOI: 10.1088/0026-1394/38/4/4 Retrieved from the Internet: URL:https://www.holographyforum.org/data/pdf/aa-Collection_a_k/aa-Laser/aa_ECDL/aa_Joe/portable.pdf [retrieved on 2019-07-18] figure 1 page 312, column 1, last paragraph - page 312, column 2, paragraph 1 page 313, column 1, paragraph 1 -----</p>	1-7, 16-20
Y	<p>Unknown: "Variable Attenuator for Lasers", 1 January 2006 (2006-01-01), XP055606874, Retrieved from the Internet: URL:https://www.spectra-physics.com/assets/client_files/files/documents/Var_Attenuator_for_Lasers_AS.pdf [retrieved on 2019-07-18] figure 1 -----</p>	1-7, 16-20
A	<p>EP 1 686 707 A2 (FUJITSU LTD [JP]) 2 August 2006 (2006-08-02) the whole document -----</p>	1-7, 16-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2019/024490**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-7, 16-20

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/ US2019/ 024490

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-7, 16-20

optical receiver having means to align the receiver to the polarization of the free-space optical signal; associated method

2. claims: 8-15

optical receiver having means to decode information encoded in two polarization states of a free-space optical signal

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2019/024490

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008226300	A1	18-09-2008	NONE

EP 1686707	A2	02-08-2006	CN 1815930 A 09-08-2006
			EP 1686707 A2 02-08-2006
			EP 1835640 A2 19-09-2007
			JP 4170298 B2 22-10-2008
			JP 2006211538 A 10-08-2006
			US 2006171718 A1 03-08-2006
			US 2010189437 A1 29-07-2010

 フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. L i n u x

(72)発明者 ドルギン，ベンジャミン，ピー．

アメリカ合衆国 20166 バージニア州 スターリング パシフィック・ブールヴァード 2
2270

(72)発明者 グラセフォ，ゲイリー，エム．

アメリカ合衆国 20166 バージニア州 スターリング パシフィック・ブールヴァード 2
2270

Fターム(参考) 2K102 BA40 BD01 DB01 EB12 EB22 EB26

5K102 AH26 AH27 AL21 MA02 MB20 MC11 MD01 MD03 PC04 PH22

RD28