

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4188552号
(P4188552)

(45) 発行日 平成20年11月26日 (2008.11.26)

(24) 登録日 平成20年9月19日 (2008.9.19)

(51) Int. Cl.	F I
H04B 10/00 (2006.01)	H04B 9/00 B
H04B 10/10 (2006.01)	H04B 9/00 R
H04B 10/105 (2006.01)	
H04B 10/22 (2006.01)	

請求項の数 9 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2000-505697 (P2000-505697)	(73) 特許権者	390009597
(86) (22) 出願日	平成10年6月17日 (1998.6.17)		モトローラ・インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2001-512918 (P2001-512918A)		MOTOROLA INCORPORATED
(43) 公表日	平成13年8月28日 (2001.8.28)		ED
(86) 国際出願番号	PCT/US1998/012642		アメリカ合衆国イリノイ州シャンバーグ、
(87) 国際公開番号	W01999/007086		イースト・アルゴンクイン・ロード1303
(87) 国際公開日	平成11年2月11日 (1999.2.11)	(74) 代理人	100116322
審査請求日	平成17年5月31日 (2005.5.31)		弁理士 桑垣 衛
(31) 優先権主張番号	08/905,760	(74) 代理人	100091915
(32) 優先日	平成9年8月4日 (1997.8.4)		弁理士 本城 雅則
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100112759
			弁理士 藤村 直樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 損失性媒体におけるレーザ通信方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

損失性媒体を介して無線リンクにより情報を通信する方法であって、当該方法は：
 少なくとも1つの情報源から入力データを表現する変調された信号を生成する段階；
 情報信号と共にパルス・ストリームを変調する段階；
 変調されたパルス・ストリームを利用してレーザ光学パルスを生成する段階であって、
 パルス・ストリームの各パルスのパルス幅が200フェムト秒以下であるところの段階；
 および

損失性媒体を介して無線リンクによりレーザ光学パルスを検出器に方向付ける段階；
 より成ることを特徴とする方法。

10

【請求項 2】

パルス・ストリームを変調する段階が、パルス・ストリームをパルス位置変調する段階より成ることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項 3】

パルス・ストリームを変調する段階が、パルス・ストリームを振幅変調する段階より成ることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項 4】

パルス・ストリームを変調する段階が、パルス・ストリームを周波数変調する段階より成ることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項 5】

20

パルス・ストリームを変調する段階が、パルス・ストリームを位相変調する段階より成ることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】

パルス・ストリームを変調する段階が、パルス位置変調、振幅変調、周波数変調および位相変調より成る群中の任意の組み合わせより成るパルス・ストリームを変調する段階より成ることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 7】

損失性媒体を介して無線リンクにより情報を通信する方法であって、当該方法は：
 少なくとも 1 つの情報源から導出された情報信号を生成する段階；
 前記情報信号を利用してレーザの強度を変調することにより、強度変調されたレーザ信号を生成する段階；
 実質的に固定レートのパルス・ストリームを生成する段階；
 前記強度変調されたレーザ信号を前記パルス・ストリームと共に変調し、200 フェムト秒以下の幅を有するレーザ光学パルスを生成する段階；および
 損失性媒体を介して無線リンクによりレーザ光学パルスを検出器に方向付ける段階；
 より成ることを特徴とする方法。

10

【請求項 8】

レーザ送信機であって：
 通信すべき情報を表現する多数のデジタル入力データ・パルスより成るパルス・ストリームを生成する変調パルス・ストリーム生成器；
 前記パルス・ストリーム生成器に結合され、各パルスのパルス幅が200 フェムト秒以下であるようなパルス・ストリームを生成するパルス形成回路；
 レーザ・ビームを生成するレーザ；
 前記パルス形成回路および前記レーザに結合され、前記パルス・ストリームを変調してレーザ光学パルスを生成する光学スイッチ；および
 前記光学スイッチに結合され、損失性媒体を介して無線リンクにより前記レーザ光学パルスを検出器に方向付ける望遠鏡；
 を備えることを特徴とするレーザ送信機。

20

【請求項 9】

レーザ検出器であって：
損失性媒体を介して無線リンクによりレーザ光学パルスを受信する光学望遠鏡であって、前記レーザ光学パルスは、200 フェムト秒以下のパルス幅を有するパルスを含む変調パルス・ストリームより成るところの光学望遠鏡；
前記光学望遠鏡に結合され、前記レーザ光学パルスを検出し、前記光学パルスを電氣的パルスに変換する広帯域光学検出器；
前記広帯域光学検出器に結合され、前記電氣的パルスを、復調に適切な幅を有するパルス・ストリームに延長するパルス延長回路；
前記パルス延長回路に結合され、アナログ信号をデジタル・パルス・ストリームに変換するアナログ・デジタル変換器；および
前記アナログ・デジタル変換器に結合され、前記デジタル・パルス・ストリームから情報を抽出するプロセッサ；
 を備えることを特徴とするレーザ検出器。

30

【発明の詳細な説明】

(発明の属する技術分野)

本発明は一般に無線通信に関し、特に、レーザ信号を利用する無線通信に関する。

【0001】

(背景技術)

地球の大気圏を介した通信を行う無線通信システムは一般に、光学的技術ではなく無線周波数(RF)通信技術を利用する。大気圏における光学信号はその吸収および散乱により著しく減少してしまうことが主な理由である。

40

50

【0002】

一方、そのような減衰の影響を実質的に受けない環境下にあつては、光信号は良好に伝播する。例えば、目下開発されている衛星通信では、衛星間でレーザ相互リンク(laser cross-links)を利用している。光学通信で高いビット・レートが得られること、および自由空間において減衰が最少であることにより、レーザ通信はそのような用途に対して適切なものになる。

【0003】

地球の大気圏を介するRFおよび光学通信リンクの両者は、減衰の影響を被る。しかしながら、既存のシステムでは、信号伝送レベルを修正して変調技術を利用することにより、比較的高いビット・レートであってもRF減衰が制御可能であることは実証されている。一方、既存の光学技術では大気圏の減衰を克服することがなされておらず、大気圏を介する高ビット・レート光通信を支持し難いものになっている。

10

【0004】

既存のシステムにおけるある用途にあつては、低いビット・レートで光通信信号を利用している。たとえば、米国特許番号5,038,406号は、空挺の送信機が海面下の潜水艦にダウン・リンク・パルス変調レーザ信号を伝送する2方向潜水艦通信を開示している。レーザ送信機は、高速パルス排除回路(fast pulse rejection circuit)を含み、これは最小幅(公称値は300nm)より短いパルスをフィルタ処理するものである。このことは、幅広いパルス幅に起因して、煙霧質(aerosols)および障害物を透過する能力を制限してしまう。

【0005】

大気圏におけるレーザ光の減衰(散乱および吸収)が、短いパルス幅信号を通信する既存技術の能力を制限するので、損失性媒体を介した高周波レーザ通信は、未だ実現されていない。このため、吸収および散乱に起因する減衰の問題を克服する、損失性媒体を介する短パルス幅レーザ通信を提供することが望まれている。

20

【0006】

(発明を実施するための最良の形態)

本発明による方法および装置によれば、極めて狭いパルス幅を有するレーザ通信信号を生成することにより、吸収および散乱に起因する減衰の問題を克服することが可能になる。近年のレーザ技術により挟帯域幅パルスを生成することは可能である。この挟帯域幅パルスは、従来の技術では被っていた減衰に比べて実質的に減衰なく媒体を通過させる特性を有する、ということが実証された。

30

【0007】

本発明による方法および装置は、この挟帯域パルス幅信号の新規な性質をレーザ通信の分野に応用するものである。本発明の好適実施例によれば、極めて狭い幅の変調されたレーザ・パルスを、顕著な減衰を受けることなく損失性媒体中を伝送させることが可能である。したがって、本発明による方法および装置によれば、かつては損失が大きすぎるために高速レーザ通信を行うことができなかった媒体中を、極めて高いビット・レートで通信することを可能にする。たとえば、本発明による方法および装置は、大気、水、水蒸気、固体障害物、浮遊微粒子(particulate suspension)、ガラス・ファイバその他の媒体中のレーザ通信に利用可能であろう。

40

【0008】

本発明による方法および装置は、特に、衛星通信に有益であり、この衛星通信は、従来の手法によれば発せられたレーザ信号が大気圏および他の障害物により遮断されてしまうものである。本発明による方法および装置による非常に短いパルス・レーザを利用する衛星-地表および地表-衛星間の通信は、従来の手法に比べて通信品質を向上させるであろう。さらに、本発明による方法および装置は、衛星間または深淵空間(deep space)リンク用の地上通信システムで利用することも可能である。地上通信システムの場合は、大気圏の低位置における信号損失が重大であることに起因して、発明の効果は最大のものとなるであろう。

【0009】

50

図1は本発明の好適実施例による通信システム100を示す。好適実施例にあっては、通信システム100は、レーザ送信機110およびレーザ検出器120を備える。レーザ送信機110は、本発明の実施例に従ってレーザ信号を生成し、そのレーザ信号をリンク130を介してレーザ検出器120に伝送する。リンク130には、例えば先に述べたような損失性媒体が介在する。

【0010】

後述するように、生成されたレーザ信号は、200フェムト(femto)秒以下のパルス幅を有する変調された光学パルス・シーケンスである。このような狭いパルス幅を有する光学パルスは、ある性質を有し、その性質とは、従来のシステムによれば被っていたであろう減衰と同程度のものを被ることなく、パルスが損失性媒体中を伝播することが可能である、というものである。本発明の方法および装置は、200フェムト秒より大きい短パルスを利用するシステムでも利用することが可能であろう。このようなシステムにあっては、本発明の方法および装置による利益は依然として存在するであろうが、少ないであろう。好適実施例にあっては、パルス幅は40ないし60フェムト秒の範囲内にある。レーザ検出器120が受信した後、この信号に含まれる情報は以下に説明するようにして抽出される。

【0011】

図2は本発明の好適実施例によるレーザ送信機200の簡略ブロック図を示す。好適実施例にあっては、レーザ送信機200は、情報源210、変調パルス・ストリーム生成器212、フェムト秒パルス形成回路214、超高速光学スイッチ218、レーザ源216および望遠鏡220を備える。

【0012】

情報源210は、デジタル情報またはデジタル化されたアナログ情報の任意の情報源とすることが可能である。この情報は、信号源からのデータを表わすことが可能であり、任意の多重化されたデジタル情報源より成ることもかのうである。たとえば、情報源210は、周波数分割多元アクセス(FDMA)、時分割多元アクセス(TDMA)、符号分割多元アクセス(CDMA)および他の既存の手法ならびにこれらの結合を利用して、多重化されたデジタル情報とすることも可能である。

【0013】

情報源210は、デジタル情報またはデジタル化されたアナログ情報を、変調パルス・ストリーム生成器212(MPSG)に提供する。MPSG212は、比較的広いパルスの変調パルス・ストリームを生成する。例えばそのパルスは、マイクロ秒ないしナノ秒程度の大きさのパルス幅を有する通常の映像パルスと同様のものとすることが可能である。MPSG212は周知の各種の変調技術またはそれらの組み合わせを利用することが可能である。例えばMPSG212は、パルス位置(pulse position)変調または周波数変調を利用することが可能である。

【0014】

好適実施例にあっては、変調されたパルス・ストリームは、フェムト秒パルス形成回路214(FPFC)に供給される。FPFC214は200フェムト秒以下の大きさの幅の極めて短いパルスを形成し、毎度FPFC214はその変調されたパルス・ストリームの特定のエッジを検出する。好適実施例にあっては、FPFC214は立ち上がりエッジでトリガされるが、他の実施例にあっては立下エッジで、または立上および立下エッジの両方でトリガすることも可能である。

【0015】

他の実施例にあっては、ブロック212および214を単一のステップ(段)とすることも可能である。すなわち、情報源210により供給されるデータに基づいて極短パルスを直接的に形成および変調することも可能である。

【0016】

FPFC214の出力は超高速光学スイッチ218(UHSOS)に結合される。UHSOS218は、レーザ源216からの実質的に一定な振幅/周波数のレーザを受信することに加えて、FPFC214からフェムト秒パルスを受信する。レーザ源216は、例えば810-850ナノメートルまたは1.05-1.5マイクロメートルの範囲内とすることが可能な波長のレーザを供給するが、他の波長を採用することも可能である。

【 0 0 1 7 】

UHSOS218がFPFC214からフェムト秒パルスを受信する度に、UHSOS218はレーザ源216を切り替え、極めて短い変調された光学パルス・シーケンスを生成する。この光学パルス・シーケンスは望遠鏡220に与えられ、検出器に向かう光学パルスを検出する。

【 0 0 1 8 】

図3は本発明の好適実施例による振幅変調(AM)レーザ送信機300の簡略ブロック図を示す。好適実施例にあつては、AMレーザ送信機300は、AM変調パルス源302、超高速光学スイッチ304、パルス・ストリーム生成器306、フェムト秒パルス形成回路302および望遠鏡310をを備える。

【 0 0 1 9 】

好適実施例にあつては、AM変調パルス源302は、情報源320、強度変調器322およびレーザ324を備える。情報源320はAM変調に適切な波形を供給する。例えば情報源320は、AM変調されたパルス・シーケンスまたはアナログ波形を供給することが可能である。情報は、シングル・チャンネルとすることも多重化することも可能である。

【 0 0 2 0 】

AM波形は強度変調器322に供給される。強度変調器322は、レーザ324により生成されたレーザ波形の強度を変調し、これはレーザ源の駆動特性(drive characteristic)を強度に比例して変化させることにより行われる。強度変調器322はレーザ光強度を変調することが可能であり、これは例えば、入力バイアス電流量を調整したり、電圧を変化させたり、あるいは当該技術分野で周知の変調手法を実行することにより行うことが可能である。レーザ324は連続的なレーザ信号を出力し、この信号は情報源320により供給された情報に基づいて強度が変化するものである。

【 0 0 2 1 】

図4は本発明の好適実施例によるAM変調されたパルス源送信機400の簡略ブロック図を示す。他の実施例にあつてはAMパルス源400は例えば図3に示されるAM変調パルス源302を利用することも可能である。

【 0 0 2 2 】

AM変調パルス源302(図3)とは異なり、AM変調パルス源400は、光学線形減衰器406により変調された一定強度のレーザを利用する。光学線形減衰器406は、例えば、液晶技術を利用してレーザ強度を変調することが可能である。光学線形減衰器406は、情報源402により供給された情報に比例してレーザ光強度を変化させる(このことは、上述した情報源320と実質的に同様である。)。光学線形減衰器406は連続的なレーザ信号を出力し、この信号は情報源402により供給された情報に基づいて強度が変化するものである。

【 0 0 2 3 】

図3を参照すると、(AM変調パルス源302または他の手段により生成された)連続的なレーザ信号は超高速光学スイッチ304(UHSOS)に入力されている。UHSOS304は、パルス・ストリーム生成器306およびフェムト秒パルス形成回路308(FPFC)からの信号も受信する。

【 0 0 2 4 】

パルス・ストリーム生成器306は、あるパルス・レートで実質的に連続的なパルス・ストリームを供給し、そのレートは情報源320により供給される情報の帯域幅のものより高いものである。パルス・ストリームはFPFC308により検出され、これは200フェムト秒以下の大きさの幅である極めて短いパルスを形成し、その連続パルス・ストリームの特定のパルス・エッジをFPFC308が毎度検出する。好適実施例にあつては、FPFC308は立ち上がりエッジでトリガされるが、他の実施例にあつてはFPFC308が立ち下がりエッジで、または立上および立下エッジの両方でトリガすることも可能である。

【 0 0 2 5 】

FPFC308の出力はUHSOS304に供給される。UHSOS304は、AM変調パルス源302または400からの強度変調レーザ信号を受信することに加えて、FPFC308からフェムト秒パルスを受信する。UHSOS304がFPFC308からフェムト秒パルスを受信するたびに、UHSOS304はAM変調パルス源302または400を切り替え、極めて短い振幅変調された光学パルス・シーケンスを生成

10

20

30

40

50

する。この光学パルス・シーケンスは望遠鏡220に供給され、この望遠鏡は検出器に向かう光学パルスを検出するものである。

【0026】

パルス位置、振幅および周波数変調技術を利用するものとして本発明による装置を説明してきたが、本発明による方法および装置による利益を享受する観点からは、位相変調のような他の変調技術を利用することも可能である。

【0027】

FPFC214,308およびUHSOS218,304を利用して極めて狭いパルス幅を有する変調された向学心号を生成することによって、本発明による方法および装置は、送信機200,300から図5に示すような検出器までの間に介在する損失性媒体における高速レーザ通信を可能にする。

10

【0028】

図5は本発明の好適実施例によるレーザ検出器500の簡略ブロック図を示す。好適実施例にあっては、レーザ検出器500は、光学望遠鏡502、広帯域光学検出器504、パルス延長回路(pulse stretching circuit)506、アナログ・デジタル(A/D)変換器508およびデジタル信号処理装置510(DSP)を備える。

【0029】

光学望遠鏡502は、図2-4に示されるようなレーザ送信機により発せられたような信号を受信する。この信号は広帯域光学検出器504に供給され、その光学信号が電氣的なパルス・シーケンス(例えば、キャリアのない映像パルス)に変換される。これらのパルスはUHSOS218,304(図2,3)により発せられたフェムト秒パルスと実質的に同様のものとなるであろう。広帯域光学検出器504は、例えばアバランシェ・フォトダイオードより成る。

20

【0030】

パルス延長回路506は電氣的なパルス・シーケンスを受信し、それを復調に一層適した幅に延長する(例えば、マイクロ ナノ秒の範囲)。したがって、パルス延長回路506の動作は、送信機で使用される変調技術に依存して異なるものとなる。

【0031】

例えば、様々な実施例中の図2に示されるような送信機を使用するシステムにあっては、広帯域光学検出器504によりトリガされる度に、パルス延長回路506は一定の振幅パルスを生成するであろう。この一定の振幅パルスは、MPSG212(図2)により発せられる信号のタイミングを保持することが好ましい。このような実施例にあっては、パルス延長回路506は例えば単安定マルチバイブレータとすることが可能であろう。

30

【0032】

図3-4に示されるような送信機を利用するシステムにあっては、パルス延長回路506はピーク検出/保持回路とすることが可能であろう。一実施例にあっては、異なるレベルを有するパルスが受信されるまで、各々受信されたパルス振幅を有する信号が保持される。

【0033】

パルス延長回路506で使用されるパルス延長方法に拘わらず、出力信号はA/D変換器508によりサンプルされる。好適実施例にあっては、A/D変換器508は、ライン512によりパルス延長回路506からトリガ信号を受信し、この信号は、パルス延長された信号をいつサンプルするかをA/D変換器508に知らせるものである。他の実施例にあっては、A/D変換器508は、広帯域光学検出器504からトリガ信号を受信することも可能であり、またはサンプル・タイミングを決定するための他の機構を利用することも可能である。

40

【0034】

A/D変換器508は、送信機において信号を変調するために使用された手法にふさわしい手法を利用して信号を変換するよう構築される必要がある。A/D変換器508はサンプル信号をDSP510に提供し、このDSPは信号を復調して実質的に当初伝送された情報を得るものである。DSP510は、送信機の信号生成手法にふさわしいデジタル波形処理を行う。

【0035】

図6-8は本発明を実行するための方法を説明するためのものである。図6は本発明の好適実施例によるレーザ通信信号を生成する方法のフローチャートを示す。この方法は、伝送す

50

べき情報を得るステップ602から始まる。この情報は例えば単一チャネルまたは多重化された情報とすることが可能である。ステップ604において、情報は変調され、変調された比較的広いパルスのパルス・ストリームを生成する(例えば、キャリアのない映像パルス)。次に、ステップ606において、変調されたパルス・ストリームにおけるパルスの特定のエッジが検出され、200フェムト秒以下の大きさのパルス幅を有する極短パルス・シーケンスを生成する。

【0036】

このパルス・シーケンスはステップ608においてレーザ源を利用して超高速光学スイッチにより切り替えられ、極めて短い変調された光学パルスのシーケンスを得る。この光学パルス・シーケンスは、ステップ610において、レーザ検出器に伝送され、このフローは終了する。

10

【0037】

図7は本発明の他の実施例によるレーザ通信信号を生成する方法のフローチャートを示す。図7による方法は、AM変調された信号のレーザ通信に特に適している。この方法は、伝送すべき情報を得るステップ702から始まる。この情報は例えば単一チャネルまたは多重化された情報とすることが可能である。ステップ704において、レーザの強度が変調され、その情報に関連する強度で変化するレーザ信号が生成される。

【0038】

強度変調されたレーザ・パルスはステップ706においてフェムト秒パルス信号を利用して切り替えられ、極めて短い振幅変調光学パルス・シーケンスを得る。ステップ608において、光学パルス・シーケンスはレーザ検出器に伝送され、このフローは終了する。

20

【0039】

図8は本発明の好適実施例によるレーザ通信信号の検出方法のフローチャートを示す。フェムト秒パルスの光学信号がステップ802において受信されると、この方法が始まる。パルスはステップ804において光学的に検出され、電気的なパルス・シーケンスが生成される。電気的なパルスは、その後ステップ806において変調に一層適切なパルス幅に延長される。パルスを延長する手法は、送信機で使用される変調手法の種別に依存する。ステップ808において、信号がデジタル化され、ステップ810において処理され、受信信号中に含まれる情報が復元される。そして、この方法が終了する。

【0040】

30

要するに、本発明による方法および装置は、極めて狭帯域の変調されたレーザ・パルスを生成し、このパルスは、大きな減衰を被ることなく損失性媒体中を伝播することが可能である。本発明による方法および装置は、従来は損失が大きすぎるために高速レーザ通信に適切でないと考えられていた媒体中であっても、極めて高速な通信を行うことを可能にする。

【0041】

以上本発明を特定の実施例に関連して説明してきたが、当業者であれば、本発明の精神から逸脱することなく様々な改良や変形をすることが可能であろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の好適実施例による通信システムを示す。

40

【図2】 本発明の好適実施例によるレーザ送信機の簡略ブロック図を示す。

【図3】 本発明の好適実施例による振幅変調レーザ送信機の簡略ブロック図を示す。

【図4】 本発明の好適実施例によるAM変調されたパルス源送信機の簡略ブロック図を示す。

【図5】 本発明の好適実施例によるレーザ検出器の簡略ブロック図を示す。

【図6】 本発明の好適実施例によるレーザ通信信号を生成する方法のフローチャートを示す。

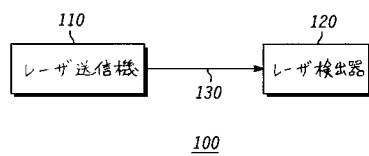
【図7】 本発明の他の実施例によるレーザ通信信号を生成する方法のフローチャートを示す。

【図8】 本発明の好適実施例によるレーザ通信信号の検出方法のフローチャートを示す

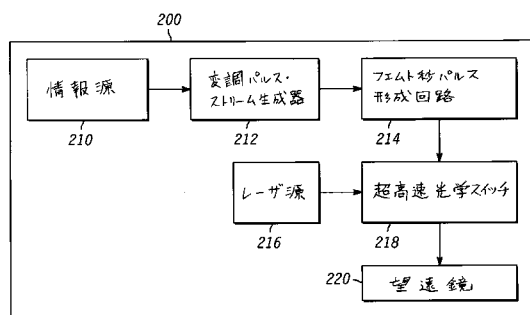
50

。

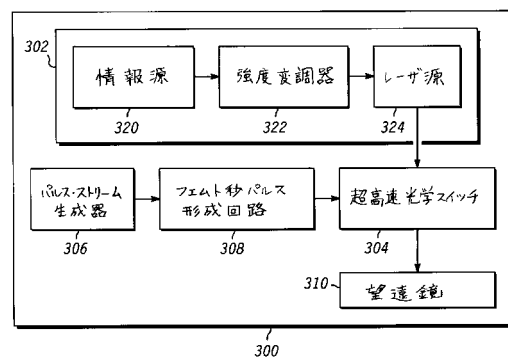
【図 1】



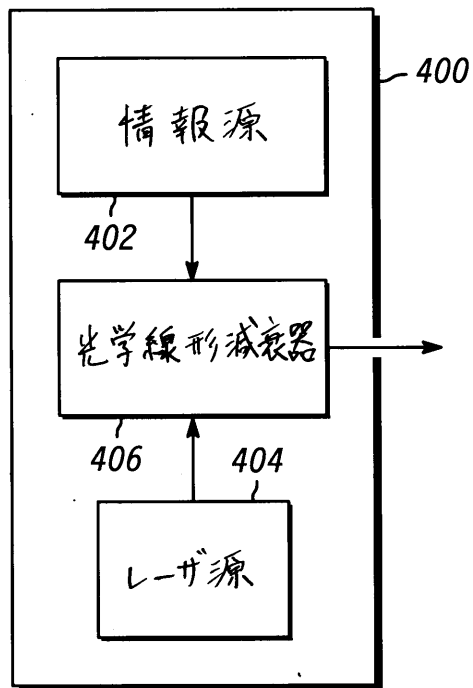
【図 2】



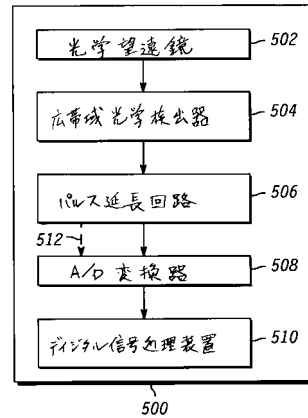
【図 3】



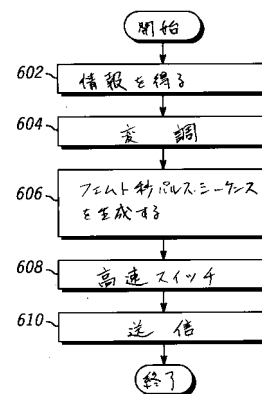
【図 4】



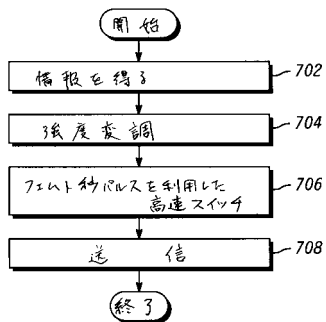
【図 5】



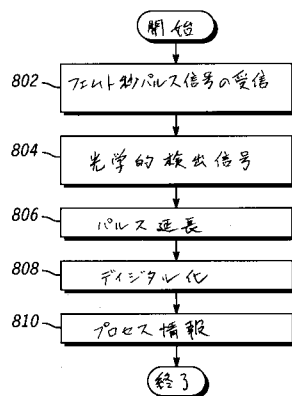
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (72)発明者 レイモンド・ジョセフ・レオポルド
アメリカ合衆国アリゾナ州テンペ、イースト・エル・フレダ・ロード1001
- (72)発明者 ケネス・メイナード・ピーターソン
アメリカ合衆国アリゾナ州フェニックス、サウス・36ス・プレイス15233
- (72)発明者 キース・アンドリュー・オールズ
アメリカ合衆国アリゾナ州メサ、ウエスト・パンパ548

審査官 工藤 一光

- (56)参考文献 米国特許第04399564(US, A)
特開平08-051246(JP, A)
米国特許第04764982(US, A)
特開平9-181379(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04B10/00-10/28
H04J14/00-14/08
H01S3/10