

(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2018-528437

(P2018-528437A)

(43) 公表日 平成30年9月27日(2018.9.27)

(51) Int.Cl.

G01S 17/10 (2006.01)  
G01S 7/486 (2006.01)

F 1

G01S 17/10  
G01S 7/486

テーマコード(参考)

5 J 0 8 4

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2018-515811 (P2018-515811)  
 (86) (22) 出願日 平成28年8月9日 (2016.8.9)  
 (85) 翻訳文提出日 平成30年3月26日 (2018.3.26)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2016/046123  
 (87) 國際公開番号 WO2017/058367  
 (87) 國際公開日 平成29年4月6日 (2017.4.6)  
 (31) 優先権主張番号 62/234,328  
 (32) 優先日 平成27年9月29日 (2015.9.29)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)  
 (31) 優先権主張番号 15/230,911  
 (32) 優先日 平成28年8月8日 (2016.8.8)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 507364838  
 クアルコム、インコーポレイテッド  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 921  
 21 サン デイエゴ モアハウス ドラ  
 イブ 5775  
 (74) 代理人 100108453  
 弁理士 村山 靖彦  
 (74) 代理人 100163522  
 弁理士 黒田 晋平  
 (72) 発明者 ヴォロディーミル・スロボジヤニク  
 アメリカ合衆国・カリフォルニア・921  
 21-1714・サン・ディエゴ・モアハ  
 ウス・ドライブ・5775

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】反射信号強度測定を用いるライダーシステム

## (57) 【要約】

例示的なライダーシステムは、検出器と、増幅器と、時間デジタル変換器(TDC)と、積算器と、アナログデジタル変換器(ADC)と、プロセッサとを含む。検出器は、反射光パルスを受信するように構成され、反射光パルスは物体から反射される。増幅器は、検出器に結合され、反射光パルスに応答してアナログ信号を生成する。TDCは、増幅器に結合され、アナログ信号に応答して第1の時間データおよび第2の時間データを生成する。積算器は、増幅器に結合され、アナログ信号を積算する。ADCは、積算器に結合され、積算器の出力をサンプリングし、デジタルサンプルを生成する。プロセッサは、反射光パルスの全反射エネルギーを推定するように第1の時間データ、第2の時間データ、およびデジタルサンプルを処理するように構成される。

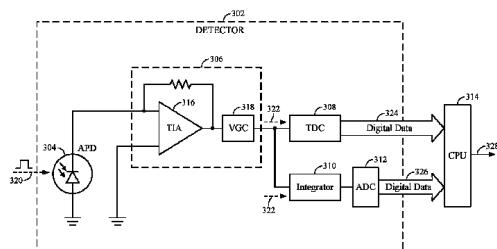


FIG. 3

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

光検出と測距(ライダー)システムとともに使用するための方法であって、前記ライダーシステムの検出器において反射光パルスを受信するステップであって、前記反射光パルスが物体から反射される、ステップと、前記反射光パルスに応答してアナログ信号を生成するステップであって、前記アナログ信号が前記反射光パルスを表す、ステップと、前記アナログ信号に応答して、時間デジタル変換器(TDC)によって少なくとも第1の時間データおよび第2の時間データを生成するステップと、積算器によって前記アナログ信号を積算するステップと、

1つまたは複数のサンプリング時間においてアナログデジタル変換器(ADC)によって前記積算器の出力をサンプリングして前記積算器の前記出力を表すデジタルサンプルを生成するステップと、

前記反射光パルスの全反射エネルギーを推定するように前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理するステップとを含む方法。

**【請求項 2】**

前記第1の時間データは、前記アナログ信号が第1のしきい値に達したことに対応する第1のタイムスタンプを含み、前記第2の時間データは、前記アナログ信号が第2のしきい値に達したことに対応する第2のタイムスタンプを含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記アナログ信号を積算する前記ステップは、前記ライダーシステムの走査間隔にわたって前記アナログ信号を積算するステップを含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 4】**

前記走査間隔は、前記ライダーシステムの動作範囲に対応する、請求項3に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記アナログ信号は、前記検出器の感光性要素の瞬間出力を追跡する、請求項1に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記反射光パルスの前記全反射エネルギーを推定するように前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理する前記ステップは、前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルに基づいて前記物体の反射率を推定するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 7】**

光検出と測距(ライダー)システムであって、

反射光パルスを受信するように構成された検出器であって、前記反射光パルスが物体から反射される検出器と、

前記検出器に結合され、前記反射光パルスに応答してアナログ信号を生成する増幅器であって、前記アナログ信号が前記反射光パルスを表す増幅器と、

前記増幅器に結合され、前記アナログ信号に応答して少なくとも第1の時間データおよび第2の時間データを生成する時間デジタル変換器(TDC)と、

前記増幅器に結合され、前記アナログ信号を積算する積算器と、

前記積算器に結合され、1つまたは複数のサンプリング時間において前記積算器の出力をサンプリングして前記積算器の前記出力を表すデジタルサンプルを生成するアナログデジタル変換器(ADC)と、

前記TDCおよび前記ADCに結合され、前記反射光パルスの全反射エネルギーを推定するように前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理するプロセッサとを備えるライダーシステム。

**【請求項 8】**

前記第1の時間データは、前記アナログ信号が第1のしきい値に達したことに対応する第

10

20

30

40

50

1のタイムスタンプを含み、前記第2の時間データは、前記アナログ信号が第2のしきい値に達したことに対応する第2のタイムスタンプを含む、請求項7に記載のライダーシステム。

【請求項 9】

前記積算器は、前記ライダーシステムの走査間隔にわたって前記アナログ信号を積算するようにさらに構成される、請求項7に記載のライダーシステム。

【請求項 10】

前記走査間隔は、前記ライダーシステムの動作範囲に対応する、請求項9に記載のライダーシステム。

【請求項 11】

前記増幅器は、前記アナログ信号が前記検出器の感光性要素の瞬間出力を追跡するように前記アナログ信号を生成するように構成される、請求項7に記載のライダーシステム。

【請求項 12】

前記感光性要素は、アバランシェフォトダイオード(APD)を備える、請求項11に記載のライダーシステム。

【請求項 13】

前記プロセッサは、前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルに基づいて前記物体の反射率を推定するようにさらに構成される、請求項7に記載のライダーシステム。

【請求項 14】

光検出と測距(ライダー)システムであって、

プログラムコードを記憶するように適合されたメモリと、

前記メモリに結合され、前記プログラムコードに含まれる命令にアクセスし、前記命令を実行するプロセッサとを備え、前記命令が前記ライダーシステムに、

前記ライダーシステムの検出器において反射光パルスを受信することであって、前記反射光パルスが物体から反射される、受信することと、

前記反射光パルスに応答してアナログ信号を生成することであって、前記アナログ信号が前記反射光パルスを表す、生成することと、

前記アナログ信号に応答して、時間デジタル変換器(TDC)によって少なくとも第1の時間データおよび第2の時間データを生成することと、

積算器によって前記アナログ信号を積算することと、

1つまたは複数のサンプリング時間においてアナログデジタル変換器(ADC)によって前記積算器の出力をサンプリングして前記積算器の前記出力を表すデジタルサンプルを生成することと、

前記反射光パルスの全反射エネルギーを推定するように前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理することとを行うように指示するライダーシステム。

【請求項 15】

前記第1の時間データは、前記アナログ信号が第1のしきい値に達したことに対応する第1のタイムスタンプを含み、前記第2の時間データは、前記アナログ信号が第2のしきい値に達したことに対応する第2のタイムスタンプを含む、請求項14に記載のライダーシステム。

【請求項 16】

前記プログラムコードは、前記ライダーシステムに、前記ライダーシステムの走査間隔にわたって前記アナログ信号を積算するように指示する命令を含む、請求項14に記載のライダーシステム。

【請求項 17】

前記走査間隔は、前記ライダーシステムの動作範囲に対応する、請求項16に記載のライダーシステム。

【請求項 18】

10

20

30

40

50

前記アナログ信号は、前記検出器の感光性要素の瞬間出力を追跡する、請求項14に記載のライダーシステム。

【請求項19】

前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理するための前記命令は、前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルに基づいて前記物体の反射率を推定するための命令をさらに含む、請求項14に記載のライダーシステム。

【請求項20】

光検出と測距(ライダー)システムであって、

前記ライダーシステムの検出器において反射光パルスを受信するための手段であって、  
前記反射光パルスが物体から反射される手段と、

前記反射光パルスに応答してアナログ信号を生成するための手段であって、前記アナログ信号が前記反射光パルスを表す手段と、

前記アナログ信号に応答して少なくとも第1の時間データおよび第2の時間データを生成するための手段と、

前記アナログ信号を積算するための手段と、

1つまたは複数のサンプリング時間において前記積算するための手段の出力をサンプリングして、前記積算するための手段の前記出力を表すデジタルサンプルを生成するための手段と、

前記反射光パルスの全反射エネルギーを推定するように前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理するための手段とを備えるライダーシステム。

【請求項21】

前記第1の時間データは、前記アナログ信号が第1のしきい値に達したことに対応する第1のタイムスタンプを含み、前記第2の時間データは、前記アナログ信号が第2のしきい値に達したことに対応する第2のタイムスタンプを含む、請求項20に記載のライダーシステム。

【請求項22】

前記アナログ信号を積算するための前記手段は、前記ライダーシステムの走査間隔にわたって前記アナログ信号を積算するための手段をさらに含む、請求項20に記載のライダーシステム。

【請求項23】

前記走査間隔は、前記ライダーシステムの動作範囲に対応する、請求項22に記載のライダーシステム。

【請求項24】

前記アナログ信号は、前記検出器の感光性要素の瞬間出力を追跡する、請求項20に記載のライダーシステム。

【請求項25】

前記反射光パルスの前記全反射エネルギーを推定するように前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理するための前記手段は、前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルに基づいて前記物体の反射率を推定するための手段をさらに含む、請求項20に記載のライダーシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本特許出願は、本出願の譲受人に譲渡され、その全体が参照により本明細書に明確に組み込まれる、2015年9月29日に出願された「LIDAR SYSTEM WITH REFLECTED SIGNAL STRENGTH MEASUREMENT」という名称の米国仮出願第62/234,328号の利益を主張する。

【0002】

10

20

30

40

50

本開示は、概して光検出と測距(Light Detection And Ranging)(ライダー(LIDAR))システムに関する。

#### 【背景技術】

##### 【0003】

ライダー(LIDAR)および/またはLADAR(すなわち、レーザ検出と測距(Laser Detection And Ranging))システムに関しては、(タイミング情報に加えて)反射信号の強度/エネルギーに関する情報を抽出できると有利である場合がある。この情報は、スキャッターのロケーションおよび反射光の強度に関する情報を与えることによってライダー/LADARデータの後処理分析を向上させるのを可能にする場合がある。たとえば、実際のライダー(LIDAR)/LADARシステムは、(太陽、自動車のハイビームなどによる)強度の高いノイズ信号の存在下で動作することが多いので、このノイズが漏れてシステムの受信経路に侵入し、このノイズが物体検出の精度および信頼性に影響を与える場合がある。受信信号強度を相關させることによって、ライダーシステムは信頼性メトリクスを実装することができ、すなわち、ライダーシステムは、より強度の高い反射信号によって物体を検出したときに、それらの信号により高い信頼性値を割り当てることができ、したがって、データのより効率的な後処理を可能にする。

10

##### 【0004】

あるライダーシステムでは、ライダー信号トレースを直接デジタル化するために高性能、高速、および高精度のアナログデジタル変換器(ADC)が使用される。そのような高性能ADCを使用する利点は、ADCによって受信信号強度を直接測定することが可能になるとともに、複数の反射間の良好な分解能を得ることが可能になる。しかしながら、これらのADCに関する要件は非常に高い。これらの要件を満たすことのできるADCは、高価で多くの電力を消費する傾向がある。

20

##### 【0005】

他のライダーシステムは、多チャネル時間距離(Time-to-Distance、本明細書では「時間デジタル」(time-to-digital)とも呼ぶ)変換器(TDC)を利用する場合がある。TDCは、ADCよりも著しく単純な解決手段であり、比較的安価であり、動作する際に多くの電力を必要としない。しかしながら、TDCは、反射信号のタイミング情報を直接測定することができるが、反射信号の電力の推定においては非常に精度が低い場合がある。

30

##### 【発明の概要】

##### 【課題を解決するための手段】

##### 【0006】

本開示の態様は、ライダーシステムにおいて反射信号強度測定を補助するかまたは場合によっては実行するための方法、装置、ライダーシステム、およびコンピュータ可読媒体を含む。

##### 【0007】

たとえば、一態様によれば、ライダーシステムの例は、検出器と、増幅器と、時間デジタル変換器(TDC)と、積算器と、アナログデジタル変換器(ADC)と、プロセッサとを含む。検出器は、反射光パルスを受信するように構成され、反射光パルスは物体から反射される。増幅器は、検出器に結合され、反射光パルスに応答してアナログ信号を生成する。TDCは、増幅器に結合され、アナログ信号に応答して少なくとも第1の時間データおよび第2の時間データを生成する。積算器は、増幅器に結合され、アナログ信号を積算する。ADCは、積算器に結合され、積算器の出力をサンプリングし、デジタルサンプルを生成する。プロセッサは、反射光パルスの全反射エネルギーを推定するように第1の時間データ、第2の時間データ、およびデジタルサンプルを処理するように構成される。

40

##### 【0008】

別の態様によれば、ライダーシステムとともに使用するための例示的な方法は、ライダーシステムの検出器において反射光パルスを受信するステップであって、反射光パルスが物体から反射される、ステップを含む。この方法は、反射光パルスに応答してアナログ信号を生成するステップであって、アナログ信号が、反射光パルスを表す、ステップと、ア

50

ナログ信号に応答して時間デジタル変換器(TDC)によって少なくとも第1の時間データおよび第2の時間データを生成するステップとをさらに含む。この方法はまた、積算器によってアナログ信号を積算するステップと、1つまたは複数のサンプリング時間においてアナログデジタル変換器(ADC)によって積算器の出力をサンプリングして積算器の出力を表すデジタルサンプルを生成するステップとを含む。次いで、第1の時間データ、第2の時間データ、およびデジタルサンプルが処理され、反射光パルスの全反射エネルギーが推定される。

【0009】

また別の態様では、例示的なライダーシステムは、メモリと、メモリに結合されたプロセッサとを含む。メモリは、プログラムコードを記憶するように適合され、プロセッサは、プログラムコードに含まれる命令にアクセスしこれらの命令を実行するように構成され、命令が、ライダーシステムに、(i)ライダーシステムの検出器において反射光パルスを受信することであって、反射光パルスが物体から反射される、受信することと、(ii)反射光パルスに応答してアナログ信号を生成することであって、アナログ信号が反射光パルスを表す、生成することと、(iii)アナログ信号に応答して時間デジタル変換器(TDC)によって少なくとも第1の時間データおよび第2の時間データを生成することと、(iv)積算器によってアナログ信号を積算することと、(v)1つまたは複数のサンプリング時間においてアナログデジタル変換器(ADC)によって積算器の出力をサンプリングして積算器の出力を表すデジタルサンプルを生成することと、(vi)反射光パルスの全反射エネルギーを推定するように第1の時間データ、第2の時間データ、およびデジタルサンプルを処理することとを行うように指示する。

10

20

30

【0010】

別の態様では、ライダーシステムは、(i)ライダーシステムの検出器において反射光パルスを受信するための手段であって、反射光パルスが物体から反射される手段と、(ii)反射光パルスに応答してアナログ信号を生成するための手段であって、アナログ信号が反射光パルスを表す手段と、(iii)アナログ信号に応答して少なくとも第1の時間データおよび第2の時間データを生成するための手段と、(iv)アナログ信号を積算するための手段と、(v)1つまたは複数のサンプリング時間において積算するための手段の出力をサンプリングして積算するための手段の出力を表すデジタルサンプルを生成するための手段と、(vi)反射光パルスの全反射エネルギーを推定するように第1の時間データ、第2の時間データ、およびデジタルサンプルを処理するための手段とを含む。

【0011】

添付の図面は、本発明の実施形態の説明を補助するために提供されたものであり、単に実施形態を図解するために提供されたものにすぎず、本発明を制限することは意図されていない。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】例示的なライダーシステムを示すブロック図である。

【図2】例示的なライダーシステムを示すブロック図である。

【図3】ライダーシステムの例示的な検出器を示すブロック図である。

40

【図4A】ライダーシステムの多チャネルTDCの動作を示すタイミング図である。

【図4B】ライダーシステムの多チャネルTDCの動作を示すタイミング図である。

【図4C】ライダーシステムの多チャネルTDCの動作を示すタイミング図である。

【図4D】ライダーシステムの多チャネルTDCの動作を示すタイミング図である。

【図5】ライダーシステムの積算器の動作を示すタイミング図である。

【図6】ライダーシステムにおいて反射信号強度測定を実行する例示的なプロセスを示すフローチャートである。

【図7】ライダーシステムにおいて利用される場合があり、本明細書で教示する反射信号強度測定の実行をサポートするように構成される場合がある構成要素のいくつかの例示的な態様の簡略ブロック図である。

50

**【発明を実施するための形態】****【0013】**

本開示の態様は、特定の実施形態を対象とする以下の説明および関連する図面において開示される。本発明の範囲を逸脱することなく、代替実施形態が考案されてもよい。加えて、本発明のよく知られている要素については、本発明の関連する詳細を不明瞭にしないように、詳細には説明せず、または省略される。

**【0014】**

「例示的」という単語は、本明細書では、「例、実例、または例証として機能する」を意味するために使用される。「例示的」として本明細書で説明するいかなる実施形態も、他の実施形態よりも好ましいか、または有利であると必ずしも解釈されるべきでない。同様に、「本発明の実施形態」という用語は、本発明のすべての実施形態が、説明する特徴、利点、または動作モードを含むことを必要としない。

10

**【0015】**

本明細書で使用される用語は、特定の実施形態について説明するためのものにすぎず、本発明の実施形態を限定することを意図しない。本明細書において使用されるときに、単数形「1つの(a, an)」、および「その(the)」は、文脈が別段明確に示さない限り、複数形も含むものとする。「comprises(備える)」、「comprising(備える)」、「includes(含む)」および/または「including(含む)」という用語は、本明細書で使用する場合、記述する特徴、整数、ステップ、動作、要素および/または構成要素の存在を明示するものであって、1つまたは複数の他の特徴、整数、ステップ、動作、要素、構成要素および/またはそのグループの存在または追加を排除するものではないことがさらに理解されよう。

20

**【0016】**

さらに、多くの実施形態については、たとえば、コンピューティングデバイスの要素によって実行されるアクションのシーケンスの観点から説明する。本明細書において説明される様々なアクションは、特定の回路(たとえば、特定用途向け集積回路(ASIC))によって、1つまたは複数のプロセッサによって実行されるプログラム命令によって、または両方の組合せによって実行できることは認識されよう。加えて、本明細書で説明するこれらの一連のアクションは、実行されると、関連するプロセッサに本明細書で説明する機能を実行させる、対応するコンピュータ命令のセットを記憶した任意の形態のコンピュータ可読記憶媒体内において完全に具現化されるものと見なすことができる。したがって、本発明の様々な態様はいくつかの異なる形態で具現化されてもよく、それらのすべてが、請求する主題の範囲内に入ると考えられる。

30

**【0017】**

図1は、環境100において動作する例示的なライダーシステム102を示すブロック図である。図1に示すように、ライダーシステム102は、ライダーシステム102から物体110までの距離116を測定するように構成される。一態様では、ライダーシステム102は、飛行時間法(ToF)を利用し、この場合、ライダーシステム102は、レーザパルス112が環境100に送り込まれる時間と反射パルス114(本明細書では「エコー」とも呼ぶ)がライダーシステム102によって検出される時間との間の時間遅延を測定する。以下でより詳細に説明するように、ライダーシステム102は、反射パルス114の信号強度および/または物体110の反射率値を測定するようにも構成される。

40

**【0018】**

一態様では、ライダーシステム102は、その位置/ロケーションを判定して1つまたは複数の測位システムによる物体110の走査を補助してもよい。たとえば、衛星測位システム(SPS)は通常、エンティティがトランスマッタから受信された信号に少なくとも部分的に基づいて地球上または地球の上方のエンティティのロケーションを判定するのを可能にするように位置するトランスマッタのシステムを含む。そのようなトランスマッタは通常、設定された数のチップの繰返し擬似ランダム雑音(PN)コードでマークされた信号を送信し、地上ベースの制御局、ユーザ機器、および/または宇宙船上に位置してもよい。特定の例では、そのようなトランスマッタは、地球周回衛星ビークル(SV)106上に位置してもよい

50

。たとえば、全地球測位システム(GPS)、ガリレオ、グロナス、またはコンパスなどの全地球的航法衛星システム(GNSS)のコンステレーション内のSVは、コンステレーション内の他のSVによって送信されたPNコードから区別可能なPNコードでマークされた信号(たとえば、GPSにおけるように衛星ごとに異なるPNコードを使用するか、グロナスにおけるように異なる周波数上で同じコードを使用して)を送信してもよい。

【0019】

いくつかの態様によれば、本明細書に提示された技法はSPS用のグローバルシステム(たとえば、GNSS)に制限されない。たとえば、本明細書で提供される技法は、たとえば、日本の上の準天頂衛星システム(QZSS)、インドの上のインド地域航法衛星システム(IRNSS)、中国の上の北斗などの様々な地域的システム、ならびに/あるいは、1つまたは複数の全地球的および/もしくは地域航法衛星システムと関連することがあるか、または場合によってはこれらとともに使用できるようにされることがある、様々な補強システム(たとえば静止衛星型衛星航法補強システム(SBAS))に対して適用されてもよく、または場合によってはそれらの地域的システムならびに/あるいは補強システムにおいて使用できるようにされてもよい。限定ではなく例として、SBASは、たとえば広域補強システム(WAAS)、欧州静止衛星航法オーバーレイサービス(EGNOS)、多機能衛星補強システム(MSAS)、GPS支援静止補強ナビゲーションまたはGPSおよび静止補強ナビゲーションシステム(GAGAN)、ならびに/あるいは同様のものなどの、完全性情報、微分補正などを提供する補強システムを含んでもよい。したがって、本明細書で使用する場合、SPSは1つもしくは複数の全地球的および/または地域航法衛星システムならびに/あるいは補強システムの任意の組合せを含んでもよく、SPS信号はSPS信号、SPS様信号、および/またはそのような1つもしくは複数のSPSに関連する他の信号を含んでもよい。

10

20

30

40

【0020】

ライダーシステム102は、その位置/ロケーションを判定するためのSPSとの使用に限定されず、そのような測位技法は、ワイヤレスワイドエリアネットワーク(WWAN)、ワイヤレスローカルエリアネットワーク(WLAN)、ワイヤレスパーソナルエリアネットワーク(WPAN)など、セルラータワー104を含む様々なワイヤレス通信ネットワークおよびワイヤレス通信アクセスポイント108からの様々なワイヤレス通信ネットワークとともに実装されてもよい。WWANは、符号分割多元接続(CDMA)ネットワーク、時分割多元接続(TDMA)ネットワーク、周波数分割多元接続(FDMA)ネットワーク、直交周波数分割多元接続(OFDMA)ネットワーク、シングルキャリア周波数分割多元接続(SC-FDMA)ネットワーク、ロングタームエボリューション(LTE)などであってもよい。CDMAネットワークは、cdma2000、Wideband-CDMA(W-CDMA)などの1つまたは複数の無線アクセス技術(RAT)を実装してもよい。cdma2000は、IS-95、IS-2000、およびIS-856標準を含む。TDMAネットワークは、モバイル通信用グローバルシステム(GSM(登録商標))、デジタルアドバンストモバイルフォンシステム(D-AMPS)、または他の何らかのRATを実装してもよい。GSM(登録商標)とW-CDMAとは、「第3世代パートナーシッププロジェクト」(3GPP)と称されるコンソーシアムからの文書に説明されている。cdma2000は、「第3世代パートナーシッププロジェクト2」(3GPP2)という名称のコンソーシアムからの文書に説明されている。3GPPおよび3GPP2の文書は、公に入手可能である。WLANは、IEEE 802.11xネットワークであってもよく、WPANは、Bluetooth(登録商標)ネットワーク、IEEE 802.15x、または何らかの他のタイプのネットワークであってもよい。本技法はまた、WWAN、WLAN、および/またはWPANの任意の組合せとともに実装されてもよい。

【0021】

図2は、例示的なライダーシステム202を示すブロック図である。ライダーシステム202は、図1のライダーシステム102の1つの可能な実装形態である。ライダーシステム202は、ライダー動作を行うことのできるワイヤレス通信デバイス、コンピュータ、ラップトップなどを含むデバイスであってもよい。

【0022】

ライダーシステム202は、レーザ206、光学系208、および検出器210に接続され、かつレ

50

ーナ206、光学系208、および検出器210と通信する制御ユニット204を含む。制御ユニット204は、検出器210から受信されたデータを受け入れて処理する。制御ユニット204は、プロセッサ212、ハードウェア214、ファームウェア216、メモリ218、およびソフトウェア220によって提供されてもよい。

【0023】

制御ユニット204の図示の例は、ライダー制御ユニット222と測位/ナビゲーションユニット226とをさらに含む。プロセッサ212およびライダー制御ユニット222は、明確にするために別々に示されているが、単一のユニットであってもよく、ならびに/あるいは、プロセッサ212内で実行されているソフトウェア220内の命令に基づいてプロセッサ212に実装されてもよい。プロセッサ212、ならびにライダー制御ユニット222は、必ずしも必要とは限らないが、1つまたは複数のマイクロプロセッサ、組込みプロセッサ、コントローラ、特定用途向け集積回路(ASIC)、デジタル信号プロセッサ(DSP)などを含むことができる。プロセッサという用語は、特定のハードウェアではなく、システムによって実装される機能を記述する。さらに、本明細書で使用する「メモリ」という用語は、長期メモリ、短期メモリ、またはライダーシステム202に関連付けられる他のメモリを含む、任意のタイプのコンピュータ記憶媒体を指し、任意の特定のタイプまたは数のメモリ、またはメモリが記憶されるタイプの媒体に限定されない。

10

【0024】

レーザ206は、たとえば、干渉性光放出(たとえば、単色光放出)またはビームであってもよい1つまたは複数の周波数における電磁放射を放出(たとえば、生成、伝搬)するように構成される。レーザ206は、紫外線、可視光、または近赤外光を放出するように構成されてもよい。一態様では、レーザ206によって生成されたレーザパルスは、光学系208を通して向きを定められ、その場合、光学系208は、ライダーシステム202によって検出することのできる角度分解能および角度範囲を制御する。光学系208は、ホールミラーまたはビームスプリッタを介して反射パルス(たとえば、反射パルス114)を受信するように構成されてもよい。いくつかの例では、光学系208は、光送信経路と光受信経路を結合する。しかしながら、他の例では、光送信経路と光受信経路は互いに独立している。一実施形態では、光学系208は、レーザ206によって生成されたレーザパルスの方向を制御するために走査動作を実行するように構成される。たとえば、光学系208は、二重振動平面鏡、多面鏡、または2軸スキャナなどの、方位角および高度を走査するためのハードウェアを含んでもよい。検出器210は、光学系208に結合され、反射パルス(たとえば、反射パルス114)を受信し検出してもよい。一実施形態では、検出器210は、1つまたは複数のシリコンアーバンシェットダイオードなどの固体状態光検出器を含む。別の実施形態では、検出器210は光電子増倍管を含む。以下でより詳細に説明するように、検出器210は、反射パルス114の信号強度および/または物体110の反射率値を測定するように構成されてもよい。

20

【0025】

図2に示すように、制御ユニット204は、ライダーシステム202の位置判定を実行するかまたは場合によっては補助するように構成された1つまたは複数のGPSレシーバを含んでもよい測位/ナビゲーションユニット226をさらに含む。ライダー制御ユニット222は、レーザパルス(たとえば、図1のレーザパルス112)を生成する発火時間においてレーザ206をトリガするように構成される。ライダー制御ユニット222は次いで、検出器210から受信されたデータに基づいて反射信号の飛行時間(ToF)および/または信号強度を判定してもよい。

30

【0026】

本明細書で説明するプロセスは、アプリケーションに応じて様々な手段によって実装されてもよい。たとえば、これらのプロセスは、ハードウェア214、ファームウェア216、プロセッサ212とソフトウェア220の組合せ、またはそれらの任意の組合せに実装されてもよい。ハードウェア実装形態の場合、処理ユニットは、1つまたは複数の特定用途向け集積回路(ASIC)、デジタル信号プロセッサ(DSP)、デジタル信号処理デバイス(DSPD)、プログラマブル論理デバイス(PLD)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、プロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、電子デバイス、本明細

40

50

書で説明した機能を実行するように設計された他の電子ユニット、またはそれらの組合せ内に実装されてもよい。

【0027】

ファームウェアおよび/またはソフトウェアの実装形態の場合、プロセスは、本明細書で説明する機能を実行するモジュール(たとえば、プロシージャ、関数など)によって実装されてもよい。命令を具体的に実施する任意の非一時的コンピュータ可読媒体が、本明細書で説明するプロセスを実装する際に使用されてもよい。たとえば、プログラムコードが、メモリ218内に格納され、プロセッサ212によって実行されてもよい。メモリ218は、プロセッサ212内に、またはプロセッサ212の外部に実装されてもよい。

【0028】

機能は、ファームウェアおよび/またはソフトウェアにおいて実装される場合、コンピュータ可読媒体上の1つまたは複数の命令またはコードとして記憶されてもよい。これらの例には、データ構造により符号化された非一時的コンピュータ可読媒体、およびコンピュータプログラムにより符号化されたコンピュータ可読媒体が含まれる。コンピュータ可読媒体には、物理的コンピュータ記憶媒体が含まれる。記憶媒体は、コンピュータによってアクセスすることのできる任意の入手可能な媒体であってもよい。限定ではなく、例として、そのようなコンピュータ可読媒体は、RAM、ROM、フラッシュメモリ、EEPROM、CD-ROMもしくは他の光ディスクストレージ、磁気ディスクストレージもしくは他の磁気記憶デバイス、または所望のプログラムコードを命令もしくはデータ構造の形で記憶するのに使用することができ、かつコンピュータによってアクセスすることのできる任意の他の媒体を含む可能性があり、本明細書で使用するディスク(diskおよびdisc)には、コンパクトディスク(disc)(CD)、レーザディスク(disc)、光ディスク(disc)、デジタル多用途ディスク(disc)(DVD)、フロッピーディスク(disk)、およびブルーレイディスク(disc)が含まれ、ディスク(disk)は通常、データを磁気的に再生するが、ディスク(disc)はデータをレーザによって光学的に再生する。前記の組合せも、コンピュータ可読媒体の範囲内に含まれるべきである。

10

20

【0029】

図3は、ライダーシステムの例示的な検出器302を示すブロック図である。検出器302は、図2の検出器210の1つの可能な実装形態である。検出器302の図示の例は、感光性要素(たとえば、アバランシェフォトダイオード(APD)304)と、増幅器306と、時間デジタル変換器(TDC)308と、積算器310と、アナログデジタル変換器(ADC)312とを含む。増幅器306の図示の例は、トランスインピーダンス増幅器(TIA)316と可変利得制御(VGC)回路318とを含む。図3には、プロセッサ314も示されている。一実施形態では、プロセッサ314は検出器302に含められる。しかしながら、別の例では、プロセッサ314はライダー制御ユニット222に含められてもよく、ならびに/あるいはプロセッサ314は図2のプロセッサ212であってよい。

30

【0030】

動作時には、反射光パルス320が、APD304に入射して電流パルスを生成し、この電流パルスがさらに増幅され、TIA316において電圧パルスに変換される。VGC回路318は、省略可能であり、信号減衰を補償する場合がある(たとえば、スキャッターまでの距離が長くなったり、 $1/R^2$ で受信電力が低下したりするにつれて補償する)。その結果として、VGC回路318は、距離(および時間遅延)が長くなることに起因して、VGC回路318の利得を増大させることによってこの効果を補償するように構成される。その結果、VGC回路318の出力におけるアナログ信号322は、走査範囲にわたる所与のスキャッターについて同じになる。一例では、アナログ信号322は、APD304の瞬間出力を追跡する。VGC回路318の後段において、アナログ信号322は、TDC308と積算器310の両方に供給される。

40

【0031】

一態様では、TDC308は高速カウンタであり、レーザ206の発射によってカウントを開始し(START)、基本的にSTOPを生成する反射ビームを受信したときにカウントする。一例では、TDC308は複数の測定チャネルを実装してもよく、各チャネルは、それぞれに異なるし

50

きい値においてトリガされる複数のSTOPを記録することができる。図4Aの例では、TDC308は2つのチャネル、チャネル1およびチャネル2を実装し、各チャネルは2つのSTOPをサポートする。どちらのチャネルも、ライダーシステム202がパルス(たとえば、レーザパルス112)を発射したときに作動可能になり、(アナログ信号322によって表される)反射信号が既定のしきい値を超えるまで動作し続ける。この時点で、TDC308はSTOPを記録する。図示の例では、STOPに関する情報(たとえば、タイムスタンプおよび関連する電圧値)がTDC308からデジタルデータ324として出力されてもよい。図4Aは、TDC308をチャネル当たり2つのSTOPを生成するように示しているが、TDC308は、チャネル当たりに、2つ以上を含む任意の数のSTOPを生成するように構成されてもよい。

## 【0032】

10

図4Aに示す例示的なタイミング図400では、TDC308は、チャネル1に関する2つのSTOP(すなわち、 $T^1_1$ 、 $T^1_2$ )およびチャネル2に関する2つのSTOP(すなわち、 $T^2_1$ 、 $T^2_2$ )を生成する。STOPは、TDC308によってデジタル時間データ324として出力されてもよい。信号の勾配はそれぞれ、 $T^2_1-T^1_1$ または $T^1_2-T^2_2$ についてのカウンタ値間の差によって判定されてもよい。さらに、反射信号の中央がタイムスタンプ $T^1_1$ と $T^1_2$ との間またはタイムスタンプ $T^2_1$ と $T^2_2$ との間の平均時間として測定されてもよい。アナログ信号322の勾配は、パルスの最大(すなわち、ピーク)値を推定するのを可能にする場合がある。たとえば、図4Bは、アナログ信号322の最大値を推定する例示的な方法を示す。この例では、線形補間が適用されてもよく、TDC308によって生成された様々なSTOPに基づいて直線402および404が生成される。すなわち、直線402が点406および408によって描画されてもよく、その場合、点406はタイムスタンプ $T^1_1$ における電圧値に対応し、点408はタイムスタンプ $T^2_1$ における電圧値に対応する。同様に、直線404が点410および412によって描画され、その場合、点410はタイムスタンプ $T^1_2$ における電圧値に対応し、点412はタイムスタンプ $T^2_2$ における電圧値に対応する。その場合、直線402および404は、交差するまで延ばされてもよい。図4Bに示すように、直線402および404は交差点414を形成する。交差点414における電圧値Iは、アナログ信号322の最大値の推定値を表す場合がある。

20

## 【0033】

したがって、上記に示したように、図4Bに示す曲線上に位置する点は、アナログ信号の即時電力を表し、反射光パルスの最大(たとえば、ピーク)値を推定するために利用されてもよい。しかしながら、いくつかの例では、反射光パルスの全反射エネルギーの推定値を与えることが望ましい場合がある。一例では、反射光パルスの全反射エネルギーが、図4Bにアナログ信号322として示すように、曲線の下方の領域によって表される。

30

## 【0034】

しかしながら、TDC308の出力のみに基づく全反射エネルギーの推定は不正確である場合がある。その理由は、アナログ信号322の測定が、対応する時間データを測定する際にエラーの原因となる場合がある強いノイズの存在下で行われるからである。したがって、TDC308の出力のみに基づく全反射エネルギーの測定の精度は、比較的低い場合がある。

40

## 【0035】

したがって、本明細書で開示する実施形態は、TDC308に並列する積算器310を付加することを含む。積算器310は、既定の時間間隔にわたってアナログ信号322を積算するように構成される。一態様では、積算器310は、演算增幅器積算器もしくはキャパシタなどの、受動構成要素、能動構成要素、または受動構成要素と能動構成要素との組合せ、あるいは同様の機能を有する他のデバイスを使用して実装することができる。

40

## 【0036】

積算器310は、アナログ信号322の1つまたは複数のパルスによって生成される電荷を蓄積するように構成され、ADC312は、積算器310の出力に蓄積された電荷のデジタルサンプル326を生成するように構成される。その場合、デジタルサンプル326を、デジタル時間データ324(すなわち、TDC STOPデータ)とともにプロセッサ314に与えることができ、それによって、走査データの後処理が可能になるとともに、デジタル時間データ324をデジタルサンプル326と相關させて、全反射エネルギーの推定値328および/またはレーザが入射す

50

る物体の反射率を生成することができる。

【0037】

例として、図4Cは反射光パルスの走査を示し、図4Dは反射光パルスの連続的な走査を示す。この例では、図4Cおよび図4Dの両方の走査における反射光パルスは、同一ではないにしても類似している。しかしながら、TDC308によって生成されたしきい値交差点のタイムスタンプの測定には何らかのエラーを伴う場合がある。

【0038】

以下のTABLE 1(表1)は、図4Cおよび図4Dの連続的な走査に関してTDC308によって生成されたタイムスタンプの例示的な値を示す。

【表1】

	電圧	走査 1-タイムスタンプイン ( $T^1_{11}, T^2_{11}$ )	走査 1-タイムスタンプアウト ( $T^1_{12}, T^2_{12}$ )	走査 2-タイムスタンプイン ( $T^1_{21}, T^2_{21}$ )	走査 2-タイムスタンプアウト ( $T^1_{22}, T^2_{22}$ )
チャネル 1	1V	568ns	588ns	569ns	588ns
チャネル 2	2V	573ns	583ns	573ns	583ns

TABLE 1

【0039】

上記の表からわかるように、第2の走査に関するタイムスタンプのうちの単に1つとの間に1nsの差がある。すなわち、タイムスタンプ $T^1_{11}$ はTDC308によって568nsとして測定され、一方、タイムスタンプ $T^1_{21}$ は569nsとして測定される。その結果として、タイムスタンプ値のみを使用すると、図4Cの走査に関する最大値(たとえば、交差点414における電圧値1)が3Vの値と推定され、図4Dの走査に関する最大値が3.1Vの値と推定される。最大値のそのような推定値に基づく全反射エネルギーの推定値によって顕著なエラーが生じる場合がある。

【0040】

したがって、本明細書において提供される態様は、ADC312によって与えられるデジタルサンプル326を利用することによってアナログ信号322の最大値の推定値を向上させならびに/あるいは全反射エネルギーの推定値を向上させる場合がある。すなわち、いくつかの態様では、積算器310から導かれた値(たとえば、デジタルサンプル326)が、アナログ信号322の最大値および/または全反射エネルギーを推定する際に正規化係数として使用されてもよい。たとえば、デジタルサンプル326がアナログ信号322のパルスエネルギーEを45mVとして示す(すなわち、E=45mV)と仮定する。次に、矩形の面積が全反射エネルギーEに線形比例すると仮定してもよい。仮定された矩形は、アナログ信号322の最大値(たとえば、交差点414における電圧値1)と等しい高さと、アナログ信号322のパルス持続期間と等しい幅とを有するものと定義される。一例では、パルス持続期間は、TDC308によって使用されるチャネルの対応するタイムスタンプ間の平均値である場合がある。すなわち、図4Cの走査のアナログ信号322のパルス持続期間は、次式のように判定されてもよい。

【数1】

$$\frac{(T^1_{12} - T^1_{11}) - (T^2_{12} - T^2_{11})}{2}$$

上記のTABLE 1(表1)の値を使用すると、図4Cのアナログ信号322のパルス持続期間は15nsと算出される。したがって、図4Cにおけるアナログ信号322の信号強度(すなわち、最大値)は、45mV/15nsまたは3mV/nsに比例すると推定されてもよい。

【0041】

同様に、図4Dの走査のアナログ信号322のパルス持続期間は、次式のように判定されて

もよい。

【数2】

$$\frac{(T_{22}^1 - T_{21}^1) - (T_{22}^2 - T_{21}^2)}{2}$$

この場合も、上記のTABLE 1(表1)の値を使用すると、図4Dのアナログ信号322のパルス持続期間は14.5nsと算出される。したがって、図4Dにおけるアナログ信号322の信号強度(すなわち、最大値)は、45mV/14.5nsまたは3.11mV/nsに比例すると推定されてもよい。

【0042】

上記のことからわかるように、タイムスタンプのみに基づくアナログ信号322の最大値の推定値では、図4Cの走査に関する値が3Vになり、図4Dの走査に関する値が3.11Vになる。しかしながら、デジタルサンプル326によって表されるパルスエネルギーを考慮に入れると、それぞれ3mV/nsおよび3.1mV/nsの値になる。

10

【0043】

図5は、ライダーシステム202の積算器310およびADC312の動作を示すタイミング図500である。ライダーシステム202によって生成されたレーザパルスは、等間隔に離間した同一のスキャッターによって反射され、APD304によって受信され、次にAPD304の出力において電気パルスが生成される。これらのエコーは、増幅器306を通過した後、等しい振幅を有する等間隔のパルス502として出現する。

20

【0044】

したがって、積算器310は、受信されたすべての反射パルスによって生成された電荷および走査間隔508中のノイズを(既定のADCサンプリング時間506にわたって)蓄積する。同時に、ADC312は、走査間隔508の間に積算器310の出力に蓄積された電荷の複数のサンプルをデジタル化する。一態様では、走査間隔508は、ライダーシステム202の動作範囲に対応する。たとえば、動作範囲は、ライダーシステム202が所与のレーザパルスについてすべてのパルス502を受信したことが予想される時間の範囲に対応する場合がある。

【0045】

その場合、デジタルサンプル326を、デジタル時間データ324(すなわち、TDC STOPデータ)とともにプロセッサ314に与えることができ、それによって、走査データの後処理が可能になるとともに、デジタル時間データ324をデジタルサンプル326と相關させて、全反射エネルギーの推定値328および/またはレーザが入射する物体の反射率を生成することができる。

30

【0046】

図6は、ライダーシステムにおいて反射信号強度測定を実行する例示的なプロセス600を示すフローチャートである。プロセス600は、図2のライダーシステム202によって実行される1つの可能なプロセスである。プロセスブロック602では、図3の検出器302は、反射光パルスを受信する(たとえば、APD304は反射光パルス320を受信する)。プロセスブロック604では、増幅器306が、反射光パルス320に応答してアナログ信号322を生成する。プロセスブロック606では、TDC308は、反射光パルス320に対応する少なくとも2つのSTOPを表す第1および第2のデジタル時間データ324を生成する。プロセスブロック608では、積算器310が走査間隔508にわたってアナログ信号322を積算する。プロセスブロック610では、ADC312が積算器310の出力をサンプリングして、積算器310の出力を表す1つまたは複数のデジタルサンプル326を生成する。プロセスブロック612では、プロセッサ314が、全反射エネルギーの推定値328および/または物体110の反射率値を与えるように第1および第2のデジタル時間データ324をデジタルサンプル326とともに処理する。

40

【0047】

図7は、ライダーシステムにおいて利用される場合があり、本明細書で教示する反射信号強度測定の実行をサポートするように構成される場合がある構成要素のいくつかの例示的な態様の簡略ブロック図である。ライダーシステム700は、ライダーシステム102および

50

/または202の1つの可能な実装形態である。ライダーシステムの検出器において反射光パルスを受信するためのモジュール702は、少なくともいくつかの態様において、たとえば、本明細書で説明する検出器210および/またはAPD304に対応してもよい。反射光パルスに応答してアナログ信号を生成するためのモジュール704は、少なくともいくつかの態様では、たとえば、本明細書で説明する増幅器306に対応してもよい。第1の時間データおよび第2の時間データを生成するためのモジュール706は、少なくともいくつかの態様では、たとえば、本明細書で説明するTDC308に対応してもよい。積算器によってアナログ信号を積算するためのモジュール708は、少なくともいくつかの態様では、たとえば、本明細書で説明する積算器310に対応してもよい。積算器の出力をサンプリングするためのモジュール710は、少なくともいくつかの態様では、たとえば、本明細書で説明するADC312に対応してもよい。第1の時間データ、第2の時間データ、およびデジタルサンプルを処理するためのモジュール712は、少なくともいくつかの態様では、たとえば、本明細書で説明するプロセッサ314、ライダー制御ユニット222、および/またはプロセッサ212に対応してもよい。

10

#### 【0048】

図7のモジュール702～712の機能は、本明細書の教示と矛盾しない様々な方法で実装されてもよい。いくつかの設計では、これらのモジュールの機能は、1つまたは複数の電気構成要素として実装されてもよい。いくつかの設計では、これらのモジュールの機能は、1つまたは複数のプロセッサ構成要素を含む処理システムとして実装されてもよい。いくつかの設計では、これらのモジュールの機能は、たとえば、1つまたは複数の集積回路(たとえば、ASIC)の少なくとも一部分を使用して実装されてもよい。本明細書で説明するように、集積回路は、プロセッサ、ソフトウェア、他の関連する構成要素、またはそれらの何らかの組合せを含む場合がある。したがって、それぞれに異なるモジュールの機能は、たとえば、集積回路のそれぞれに異なるサブセットとして実装されてもよく、ソフトウェアモジュールのセットのそれぞれに異なるサブセットとして実装されてもよく、またはその組合せとして実装されてもよい。また、(たとえば、集積回路の、および/またはソフトウェアモジュールのセットの)所与のサブセットは、2つ以上のモジュールに関する機能の少なくとも一部分を実現する場合があることが諒解されよう。

20

#### 【0049】

加えて、図7によって表された構成要素および機能、ならびに本明細書で説明する他の構成要素および機能は、任意の適切な手段を使用して実装されてもよい。そのような手段はまた、少なくとも部分的に、本明細書で教示するように対応する構造を使用して実装されてもよい。たとえば、図7の構成要素「のためのモジュール」とともに上述した構成要素は、同様に指定された機能「のための手段」に対応してもよい。したがって、いくつかの態様では、そのような手段のうちの1つまたは複数は、プロセッサ構成要素、集積回路、または本明細書で教示したような他の適切な構造のうちの1つまたは複数を使用して実装されてもよい。

30

#### 【0050】

当業者は、情報および信号が、様々な異なる技術および技法のうちのいずれかを使用して表現される場合があることを諒解するであろう。たとえば、上記の説明全体にわたって参照される場合があるデータ、命令、コマンド、情報、信号、ビット、シンボル、およびチップは、電圧、電流、電磁波、磁場もしくは磁性粒子、光場もしくは光学粒子、またはそれらの任意の組合せによって表現される場合がある。

40

#### 【0051】

さらに、本明細書で開示する実施形態について説明する様々な例証的な論理ブロック、モジュール、回路、およびアルゴリズムステップが、電子ハードウェア、コンピュータソフトウェア、または両方の組合せとして実装されてもよいことが、当業者には諒解されよう。ハードウェアとソフトウェアのこの互換性を明確に示すために、上記では、様々な例証的な構成要素、ブロック、モジュール、回路、およびステップについて、全般的にこれらの機能の観点から説明した。そのような機能がハードウェアとして実装されるか、ソフ

50

トウェアとして実装されるかは、特定の用途およびシステム全体に課される設計制約によって決まる。当業者は、説明された機能を特定の適用例ごとに様々な方法で実装してもよいが、そのような実装形態の決定は、本発明の範囲からの逸脱を引き起こすものと解釈されるべきではない。

【0052】

本明細書において開示される実施形態について説明した方法、シーケンス、および/またはアルゴリズムは、ハードウェアにおいて直接具現化される場合も、プロセッサによって実行されるソフトウェアモジュールにおいて具現化される場合も、あるいは2つの組合せにおいて具現化される場合もある。ソフトウェアモジュールは、RAMメモリ、フラッシュメモリ、ROMメモリ、EPROMメモリ、EEPROMメモリ、レジスタ、ハードディスク、リムーバブルディスク、CD-ROM、または当技術分野において知られている任意の他の形の記憶媒体内に存在してもよい。例示的な記憶媒体は、プロセッサが記憶媒体から情報を読み取り、記憶媒体に情報を書き込むことができるようプロセッサに結合される。代替形態において、記憶媒体は、プロセッサと一体化してもよい。

10

【0053】

したがって、本発明の実施形態は、ライダーシステムにおいて反射信号強度測定を実行するための方法を具現化するコンピュータ可読媒体を含むことができる。したがって、本発明は、示された例に限定されず、本明細書で説明する機能を実施するためのあらゆる手段が本発明の実施形態に含まれる。

20

【0054】

前述の開示は本発明の例証的な実施形態を示すが、添付の特許請求の範囲によって定義される本発明の範囲を逸脱することなく、様々な変更および修正が本明細書に加えられてもよいことに留意されたい。本明細書で説明した本発明の実施形態による方法請求項の機能、ステップ、および/またはアクションは、いずれかの特定の順序で実施される必要はない。さらに、本発明の要素が単数形で説明されるかまたは特許請求される場合があるが、単数形への限定が明示的に記載されていない限り、複数形も企図される。

【符号の説明】

【0055】

- 100 環境
- 102 ライダーシステム
- 104 セルラータワー
- 106 地球周回衛星ビークル(SV)
- 108 ワイヤレス通信アクセスポイント
- 110 物体
- 112 レーザパルス
- 114 反射パルス
- 116 距離
- 202 ライダーシステム
- 204 制御ユニット
- 206 レーザ
- 208 光学系
- 210 検出器
- 212 プロセッサ
- 214 ハードウェア
- 216 ファームウェア
- 218 メモリ
- 220 ソフトウェア
- 222 ライダー制御ユニット
- 226 測位/ナビゲーションユニット
- 302 検出器

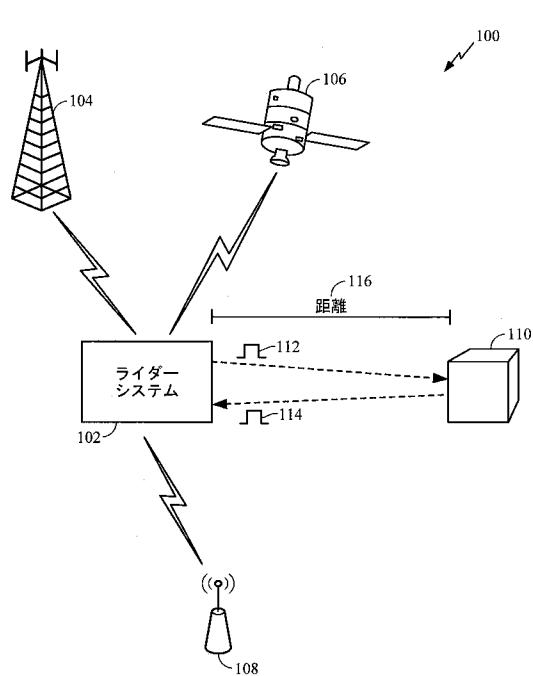
30

40

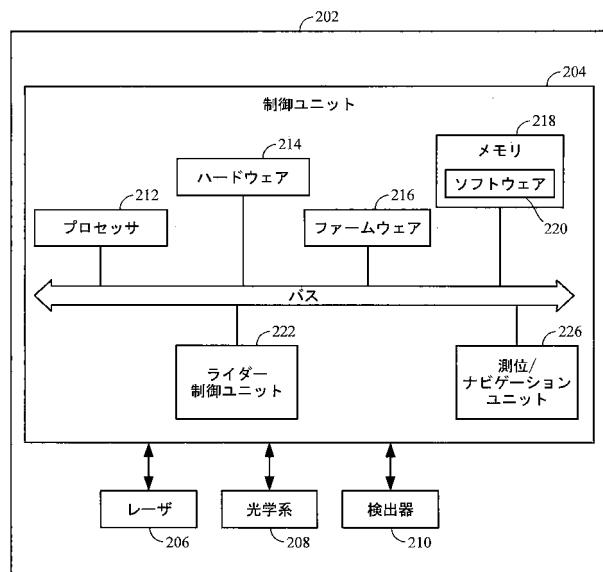
50

304	アバランシェフォトダイオード(APD)	
306	増幅器	
308	時間デジタル変換器(TDC)	
310	積算器	
312	アナログデジタル変換器(ADC)	
314	プロセッサ	
316	トランスインピーダンス増幅器(TIA)	
318	可変利得制御(VGC)回路	
320	反射光パルス	10
322	アナログ信号	
324	デジタルデータ	
326	デジタルサンプル	
328	推定値	
402	直線	
404	直線	
406	点	
408	点	
410	点	
412	点	
414	交差点	20
502	パルス	
506	ADCサンプリング時間	
508	走査間隔	
700	ライダーシステム	
702	ライダーシステムの検出器において反射光パルスを受信するためのモジュール	
704	反射光パルスに応答してアナログ信号を生成するためのモジュール	
706	第1の時間データおよび第2の時間データを生成するためのモジュール	
708	積算器によってアナログ信号を積算するためのモジュール	
710	積算器の出力をサンプリングするためのモジュール	
712	第1の時間データ、第2の時間データ、およびデジタルサンプルを処理するためのモジュール	30

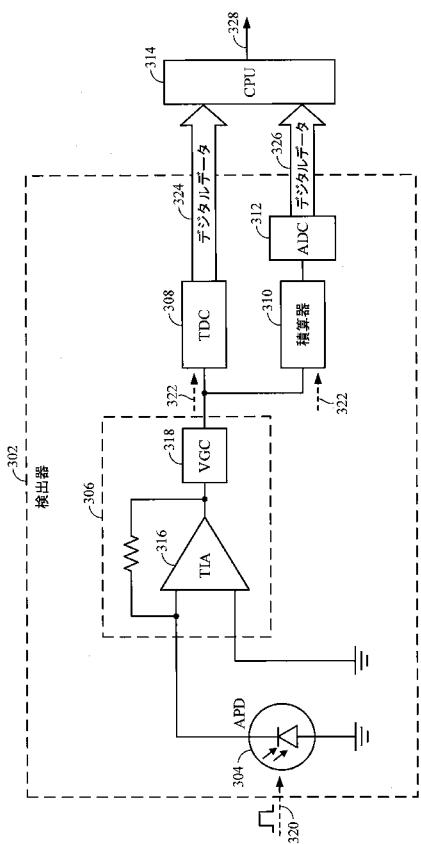
【図1】



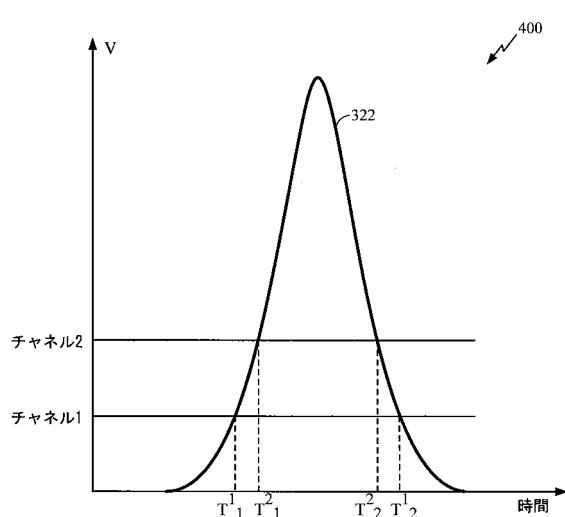
【図2】



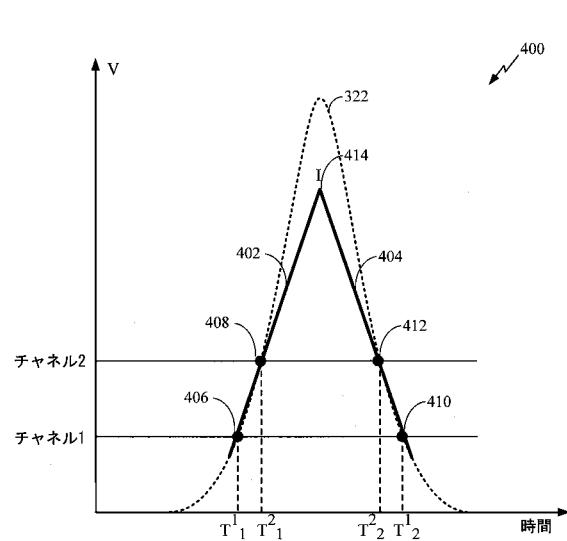
【図3】



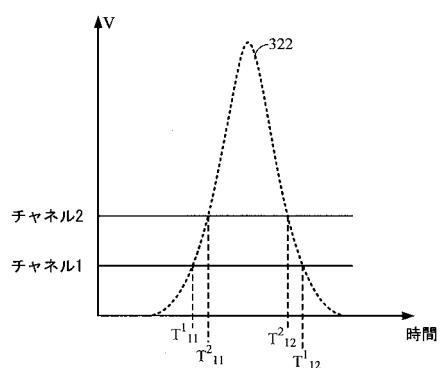
【図4 A】



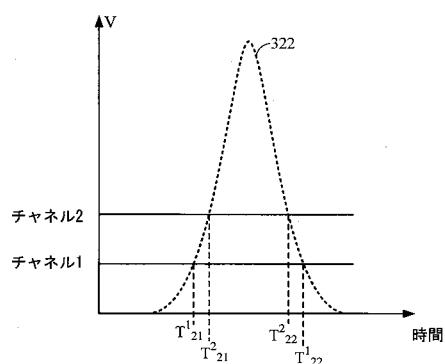
【図 4 B】



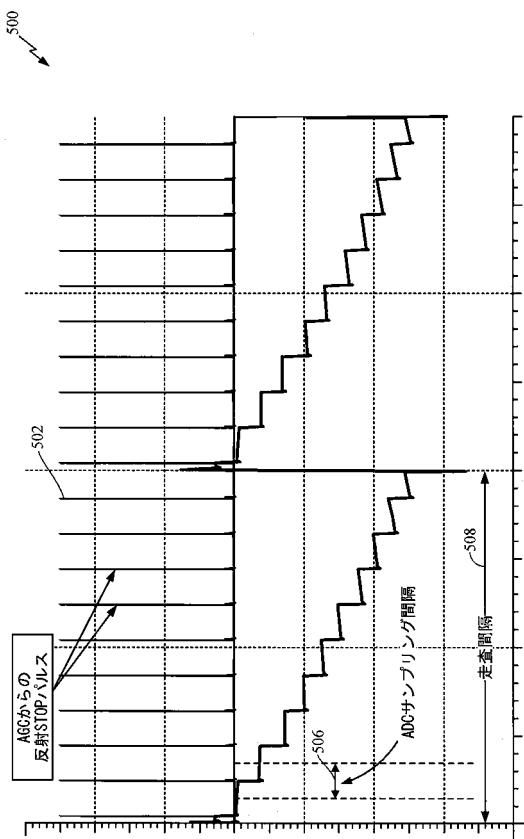
【図 4 C】



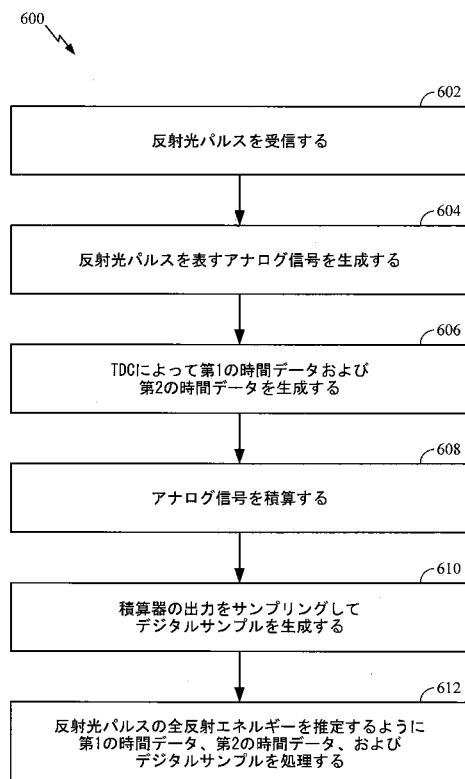
【図 4 D】



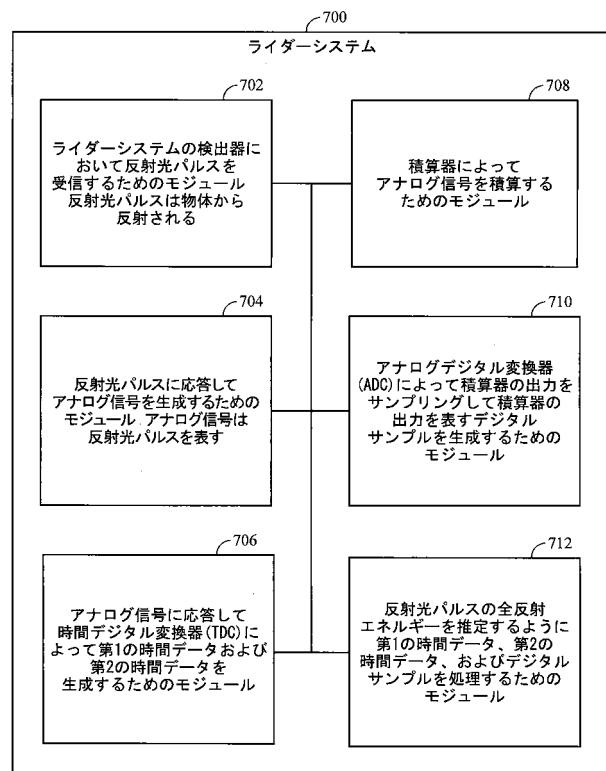
【図 5】



【図6】



【図7】



## 【手続補正書】

【提出日】平成30年3月30日(2018.3.30)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

光検出と測距(ライダー)システムとともに使用するための方法であって、

前記ライダーシステムの検出器において反射光パルスを受信するステップであって、前記反射光パルスが物体から反射される、ステップと、

前記反射光パルスに応答してアナログ信号を生成するステップであって、前記アナログ信号が前記反射光パルスを表す、ステップと、

前記アナログ信号に応答して、時間デジタル変換器(TDC)によって少なくとも第1の時間データおよび第2の時間データを生成するステップと、

積算器によって前記アナログ信号を積算するステップと、

1つまたは複数のサンプリング時間においてアナログデジタル変換器(ADC)によって前記積算器の出力をサンプリングして前記積算器の前記出力を表すデジタルサンプルを生成するステップと、

前記反射光パルスの全反射エネルギーを推定するように前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理するステップであって、

前記第1の時間データおよび前記第2の時間データに基づいて前記アナログ信号のパルス持続期間を判定するステップと、

前記デジタルサンプルに基づいて前記アナログ信号のパルスエネルギーを判定するス

テップと、

前記アナログ信号の最大値が前記パルス持続期間に対する前記パルスエネルギーの比に比例すると推定するステップとを含む、ステップとを含む方法。

**【請求項 2】**

前記第1の時間データは、前記アナログ信号が第1のしきい値に達したことに対応する第1のタイムスタンプを含み、前記第2の時間データは、前記アナログ信号が第2のしきい値に達したことに対応する第2のタイムスタンプを含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記アナログ信号を積算する前記ステップは、前記ライダーシステムの走査間隔にわたって前記アナログ信号を積算するステップを含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 4】**

前記走査間隔は、前記ライダーシステムの動作範囲に対応する、請求項3に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記アナログ信号は、前記検出器の感光性要素の瞬間出力を追跡する、請求項1に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記反射光パルスの前記全反射エネルギーを推定するように前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理する前記ステップは、前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルに基づいて前記物体の反射率を推定するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 7】**

光検出と測距(ライダー)システムであって、

反射光パルスを受信するように構成された検出器であって、前記反射光パルスが物体から反射される検出器と、

前記検出器に結合され、前記反射光パルスに応答してアナログ信号を生成する増幅器であって、前記アナログ信号が前記反射光パルスを表す増幅器と、

前記増幅器に結合され、前記アナログ信号に応答して少なくとも第1の時間データおよび第2の時間データを生成する時間デジタル変換器(TDC)と、

前記増幅器に結合され、前記アナログ信号を積算する積算器と、

前記積算器に結合され、1つまたは複数のサンプリング時間において前記積算器の出力をサンプリングして前記積算器の前記出力を表すデジタルサンプルを生成するアナログデジタル変換器(ADC)と、

前記TDCおよび前記ADCに結合され、前記反射光パルスの全反射エネルギーを推定するように前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理するプロセッサであって、

前記第1の時間データおよび前記第2の時間データに基づいて前記アナログ信号のパルス持続期間を判定することと、

前記デジタルサンプルに基づいて前記アナログ信号のパルスエネルギーを判定することと、

前記アナログ信号の最大値が前記パルス持続期間に対する前記パルスエネルギーの比に比例すると推定することとを行うようにさらに構成されるプロセッサとを備えるライダーシステム。

**【請求項 8】**

前記第1の時間データは、前記アナログ信号が第1のしきい値に達したことに対応する第1のタイムスタンプを含み、前記第2の時間データは、前記アナログ信号が第2のしきい値に達したことに対応する第2のタイムスタンプを含む、請求項7に記載のライダーシステム。

**【請求項 9】**

前記積算器は、前記ライダーシステムの走査間隔にわたって前記アナログ信号を積算す

るようさら構成される、請求項7に記載のライダーシステム。

【請求項10】

前記走査間隔は、前記ライダーシステムの動作範囲に対応する、請求項9に記載のライダーシステム。

【請求項11】

前記増幅器は、前記アナログ信号が前記検出器の感光性要素の瞬間出力を追跡するよう前記アナログ信号を生成するように構成される、請求項7に記載のライダーシステム。

【請求項12】

前記感光性要素は、アバランシェフォトダイオード(APD)を備える、請求項11に記載のライダーシステム。

【請求項13】

前記プロセッサは、前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルに基づいて前記物体の反射率を推定するようさらに構成される、請求項7に記載のライダーシステム。

【請求項14】

光検出と測距(ライダー)システムであって、

プログラムコードを記憶するように適合されたメモリと、

前記メモリに結合され、前記プログラムコードに含まれる命令にアクセスし、前記命令を実行するプロセッサとを備え、前記命令が前記ライダーシステムに、

前記ライダーシステムの検出器において反射光パルスを受信することであって、前記反射光パルスが物体から反射される、受信することと、

前記反射光パルスに応答してアナログ信号を生成することであって、前記アナログ信号が前記反射光パルスを表す、生成することと、

前記アナログ信号に応答して、時間デジタル変換器(TDC)によって少なくとも第1の時間データおよび第2の時間データを生成することと、

積算器によって前記アナログ信号を積算することと、

1つまたは複数のサンプリング時間においてアナログデジタル変換器(ADC)によって前記積算器の出力をサンプリングして前記積算器の前記出力を表すデジタルサンプルを生成することと、

前記反射光パルスの全反射エネルギーを推定するよう前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理することとを行うように指示し、前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理するための命令が、

前記第1の時間データおよび前記第2の時間データに基づいて前記アナログ信号のパルス持続期間を判定するための命令と、

前記デジタルサンプルに基づいて前記アナログ信号のパルスエネルギーを判定するための命令と、

前記アナログ信号の最大値が前記パルス持続期間に対する前記パルスエネルギーの比に比例すると推定するための命令とを含むライダーシステム。

【請求項15】

前記第1の時間データは、前記アナログ信号が第1のしきい値に達したことに対応する第1のタイムスタンプを含み、前記第2の時間データは、前記アナログ信号が第2のしきい値に達したことに対応する第2のタイムスタンプを含む、請求項14に記載のライダーシステム。

【請求項16】

前記プログラムコードは、前記ライダーシステムに、前記ライダーシステムの走査間隔にわたって前記アナログ信号を積算するように指示する命令を含む、請求項14に記載のライダーシステム。

【請求項17】

前記走査間隔は、前記ライダーシステムの動作範囲に対応する、請求項16に記載のライ

ダーシステム。

【請求項 18】

前記アナログ信号は、前記検出器の感光性要素の瞬間出力を追跡する、請求項14に記載のライダーシステム。

【請求項 19】

前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理するための前記命令は、前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルに基づいて前記物体の反射率を推定するための命令をさらに含む、請求項14に記載のライダーシステム。

【請求項 20】

光検出と測距(ライダー)システムであって、

前記ライダーシステムの検出器において反射光パルスを受信するための手段であって、前記反射光パルスが物体から反射される手段と、

前記反射光パルスに応答してアナログ信号を生成するための手段であって、前記アナログ信号が前記反射光パルスを表す手段と、

前記アナログ信号に応答して少なくとも第1の時間データおよび第2の時間データを生成するための手段と、

前記アナログ信号を積算するための手段と、

1つまたは複数のサンプリング時間において前記積算するための手段の出力をサンプリングして、前記積算するための手段の前記出力を表すデジタルサンプルを生成するための手段と、

前記反射光パルスの全反射エネルギーを推定するように前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理するための手段であって、

前記第1の時間データおよび前記第2の時間データに基づいて前記アナログ信号のパルス持続期間を判定するための手段と、

前記デジタルサンプルに基づいて前記アナログ信号のパルスエネルギーを判定するための手段と、

前記アナログ信号の最大値が前記パルス持続期間に対する前記パルスエネルギーの比に比例すると推定するための手段とを備える、手段とを備えるライダーシステム。

【請求項 21】

前記第1の時間データは、前記アナログ信号が第1のしきい値に達したことに対応する第1のタイムスタンプを含み、前記第2の時間データは、前記アナログ信号が第2のしきい値に達したことに対応する第2のタイムスタンプを含む、請求項20に記載のライダーシステム。

【請求項 22】

前記アナログ信号を積算するための前記手段は、前記ライダーシステムの走査間隔にわたって前記アナログ信号を積算するための手段をさらに含む、請求項20に記載のライダーシステム。

【請求項 23】

前記走査間隔は、前記ライダーシステムの動作範囲に対応する、請求項22に記載のライダーシステム。

【請求項 24】

前記アナログ信号は、前記検出器の感光性要素の瞬間出力を追跡する、請求項20に記載のライダーシステム。

【請求項 25】

前記反射光パルスの前記全反射エネルギーを推定するように前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルを処理するための前記手段は、前記第1の時間データ、前記第2の時間データ、および前記デジタルサンプルに基づいて前記物体の反射率を推定するための手段をさらに含む、請求項20に記載のライダーシステム。

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2016/046123
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. G01S17/10 G01S7/486 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01S		
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, INSPEC, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 310 682 B1 (GAVISH MOSHE [IL] ET AL) 30 October 2001 (2001-10-30)	1,3-7, 9-14, 16-20, 22-25
Y	figures 2,4 column 4, line 9 - column 5, line 51 column 7, line 31 - column 8, line 64 column 9, line 50 - column 10, line 6 -----	2,8,15, 21
X	US 2014/111812 A1 (BAEG SEUNG-HO [KR] ET AL) 24 April 2014 (2014-04-24)  abstract; figure 7 paragraphs [0066], [0080] -----	1,3-5,7, 9-12,14, 16,17, 20,22-24  -/-
<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  2 November 2016		Date of mailing of the international search report  11/11/2016
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  Unterberger, Michael

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2016/046123

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 853 543 A (OZDEMIR PHILLIP [US]) 1 August 1989 (1989-08-01)  figure 6 column 9, line 9 - column 10, line 23 -----	1,3-5,7, 9-12,14, 16-18, 20,22-24
Y	US 2013/188766 A1 (WILLIAMS GEORGE W [US]) 25 July 2013 (2013-07-25) paragraphs [0020] - [0023]; figure 2 -----	2,8,15, 21
A	US 2015/116695 A1 (BARTOLOME EDUARDO [US] ET AL) 30 April 2015 (2015-04-30) figure 4 paragraphs [0029] - [0036] -----	1-25
A	US 2012/281806 A1 (MASTERS LEWIS W [US]) 8 November 2012 (2012-11-08) figure 3 paragraphs [0019] - [0023] -----	1-25

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No  
PCT/US2016/046123

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 6310682	B1	30-10-2001	NONE		
US 2014111812	A1	24-04-2014	CN 103608696 A	26-02-2014	
			US 2014111812 A1	24-04-2014	
			WO 2013176362 A1	28-11-2013	
US 4853543	A	01-08-1989	NONE		
US 2013188766	A1	25-07-2013	NONE		
US 2015116695	A1	30-04-2015	NONE		
US 2012281806	A1	08-11-2012	NONE		

---

フロントページの続き

(81)指定国 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,R0,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,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JP,KE,KG,KN,KP,KR,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,TZ,UA,UG,US

(72)発明者 マナフ・ライナ

アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライヴ・5775

F ターム(参考) 5J084 AA05 AD01 AD03 BA03 BA36 BB14 CA21 CA31 CA44 CA53  
EA01