

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-131539

(P2021-131539A)

(43) 公開日 令和3年9月9日(2021.9.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 7/00 (2021.01)	GO2B 7/00 D	2H042
GO2B 26/10 (2006.01)	GO2B 26/10 108	2H043
GO1S 7/481 (2006.01)	GO1S 7/481 A	2H045
GO2B 5/04 (2006.01)	GO2B 7/00 B	5J084
	GO2B 5/04 A	

審査請求 有 請求項の数 19 O L 外国語出願 (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2021-63352 (P2021-63352)
 (22) 出願日 令和3年4月2日 (2021.4.2)
 (62) 分割の表示 特願2019-545986 (P2019-545986) の分割
 原出願日 平成29年3月29日 (2017.3.29)

(71) 出願人 513068816
 エスゼット ディージェイアイ テクノロジー カンパニー リミテッド
 SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD
 中華人民共和国、518057 広東省深
 ▲セン▼市南山区高新南区粤興一道9号香
 港科大深▲セン▼産学研大楼6楼
 6F, HKUST SZ IER Bidg. NO. 9 Yuexing 1st Rd. Hi-Tech Park (South), Nanshan District Shenzhen, Guangdong 518057 China

最終頁に続く

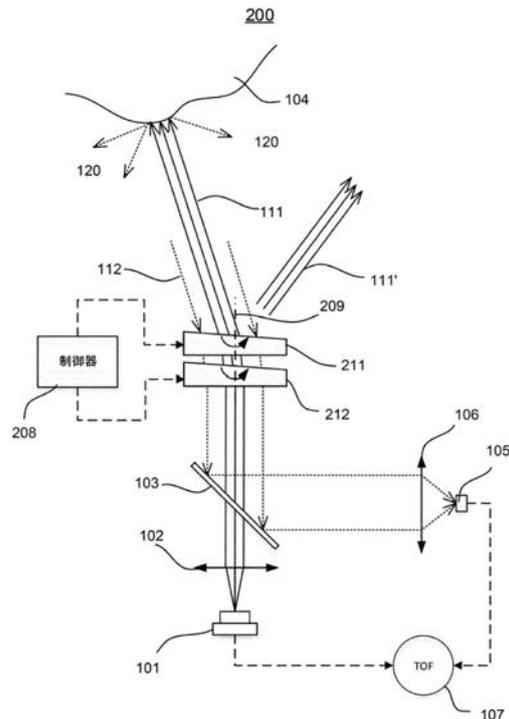
(54) 【発明の名称】 センサーシステム及びその方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ライダー検出システムで、複数の物体に光パルスを照射する。

【解決手段】 センサーシステム200は、第1プリズム及212及び第2プリズム211と、第1プリズム212及び第2プリズム211を介して、センサーシステム200の画角で1つ又は複数の物体から反射してきた光パルスの光子エネルギーを受信し、受信した光子エネルギーを電気信号に変換する検出器105を含む。第1プリズム212は、コリメートされた光パルスが入射される第1面と、第1面に対して傾斜し、第1面から入射された光パルスが出射される第2面とを有し、第2プリズム211は、第2面に対向し、第2面から出射された光パルスが入射される第3面と、第3面に対して傾斜し、第3面から入射された光パルスが出射される第4面とを有し、第1プリズム212及び第2プリズム211の回転軸である軸は、第1面に入射する光パルスの光軸に対して傾斜している。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

センサーシステムであって、コリメートされている光パルスを生成する光源と、
実質的に共通である軸を中心に独立して回転するように各々が構成され、センサーシステム
の画角で1つ又は複数の物体に前記コリメートされた光パルスを一括して向けるように
動作する第1プリズム及び第2プリズムと、

前記第1プリズム及び前記第2プリズムを介して、前記センサーシステムの前記画角で
前記1つ又は複数の物体から反射してきた前記光パルスの光子エネルギーの少なくとも一
部を受信し、前記受信した光子エネルギーを少なくとも1つの電気信号に変換する検出器
と、を含み、

前記第1プリズムは、コリメートされた前記光パルスが入射される第1面と、前記第1
面に対して傾斜し、前記第1面から入射された前記光パルスが出射される第2面とを有し

、
前記第2プリズムは、前記第2面に対向し、前記第2面から出射された前記光パルスが
入射される第3面と、前記第3面に対して傾斜し、前記第3面から入射された前記光パル
スが出射される第4面とを有し、

前記第1プリズム及び前記第2プリズムの回転軸である前記軸は、前記第1面に入射す
る前記光パルスの光軸に対して傾斜している、センサーシステム。

【請求項 2】

前記検出器と、前記第1プリズム及び前記第2プリズムとの間に配置されている放射構
造体を更に含み、前記放射構造体は前記光源によって生成された前記光パルスを前記第1
プリズム及び前記第2プリズムに向ける鏡を含み、

前記鏡は、前記1つ又は複数の物体から反射してきた戻り光パルスの遮断を減らすため
に前記センサーシステムの光学的開口の中心から外れて配置されている、請求項1に記載
のセンサーシステム。

【請求項 3】

前記放射構造体は、前記光パルスのビームプロファイルと一致させる狭いプロファイル
を有する、請求項2に記載のセンサーシステム。

【請求項 4】

前記放射構造体は、長方形ブロック形状であり、前記放射構造体は、前記光パルスのビ
ームプロファイルの短軸と一致する幅を有し、前記光パルスのビームプロファイルの長軸
と一致する高さを有する、請求項2に記載のセンサーシステム。

【請求項 5】

前記第3面は、前記第2面に対して傾斜する、請求項1から4の何れか1つに記載のセ
ンサーシステム。

【請求項 6】

前記第3面は、前記第1面と平行に配置されている、請求項1から5の何れか1つに記
載のセンサーシステム。

【請求項 7】

前記第1プリズム及び前記第2プリズムは、回転を介して少なくとも2つの異なる方向
に前記光パルスを向ける、請求項1から6の何れか1つに記載のセンサーシステム。

【請求項 8】

前記第1プリズム及び前記第2プリズムは、異なる角速度で回転する、請求項1から請
求項7の何れか1項に記載のセンサーシステム。

【請求項 9】

前記第1プリズム及び前記第2プリズムは、異なる初期位置から回転を開始する、請求
項1から請求項8の何れか1項に記載のセンサーシステム。

【請求項 10】

前記光源と、前記第1プリズム及び前記第2プリズムとの間に配置されているビームス
プリッタを更に含み、前記ビームスプリッタは、光パルスを前記第1プリズム及び前記第

10

20

30

40

50

2 プリズムに向け、そして1つまたは複数の物体から反射された光パルスの光子エネルギーを検出器に向けるように構成される、請求項1から請求項9の何れか1項に記載のセンサーシステム。

【請求項11】

前記光源の散乱光が前記検出器と干渉するのを防止するために前記ビームスプリッタ上の光出口を延在させるバッフル管を更に含む、請求項10に記載のセンサーシステム。

【請求項12】

前記第1プリズム及び前記第2プリズムの各々に、反射を減らす膜が塗布されている、請求項1から請求項11の何れか1項に記載のセンサーシステム。

【請求項13】

前記光パルスの波長と一致させる帯域通過フィルタを更に含む、請求項1から請求項12の何れか1項に記載のセンサーシステム。

【請求項14】

前記検出器用の受信デバイスは、前記光パルスのビームプロファイルと一致させるプロファイルで構成されている、請求項1から請求項13の何れか1項に記載のセンサーシステム。

【請求項15】

散乱光又は反射光が前記検出器に到達するのを防止する空間フィルタリング装置を更に含み、前記空間フィルタリング装置は前記光パルスのビームプロファイルと一致させる少なくとも1つのピンホール又はスリットを含む、請求項1から請求項14の何れか1項に記載のセンサーシステム。

【請求項16】

前記検出器の前に配置されている視野絞り開口部を更に含む、請求項14に記載のセンサーシステム。

【請求項17】

前記光パルスは、太陽光の強度と少なくとも同等の強度で放射される、請求項1から請求項16の何れか1項に記載のセンサーシステム。

【請求項18】

前記センサーシステムが放射窓を有するハウジングに封入されている、請求項1から請求項17の何れか1項に記載のセンサーシステム。

【請求項19】

画角で1つ又は複数の物体を検出する方法であって、
 コリメートされる光パルスを生成するステップと、
 前記光パルスを第1プリズム及び第2プリズムに向けるステップであって、前記第1プリズム及び前記第2プリズムは、実質的に共通である軸を中心に独立して回転することができ、前記第1プリズム及び前記第2プリズムは、前記画角で前記1つ又は複数の物体に前記光パルスを一括して向けるように動作するステップと、

前記第1プリズム及び前記第2プリズムを介して、前記画角で前記1つ又は複数の物体から反射してきた前記光パルスの光子エネルギーの少なくとも一部を受信するステップと

、
 前記受信した光子エネルギーを少なくとも1つの電気信号に変換するステップとを含み、

前記第1プリズムは、コリメートされた前記光パルスが入射される第1面と、前記第1面に対して傾斜し、前記第1面から入射された前記光パルスが出射される第2面とを有し、

前記第2プリズムは、前記第2面に対向し、前記第2面から出射された前記光パルスが入射される第3面と、前記第3面に対して傾斜し、前記第3面から入射された前記光パルスが出射される第4面とを有し、

前記第1プリズム及び前記第2プリズムの回転軸である前記軸は、前記第1面に入射する前記光パルスの光軸に対して傾斜している、方法。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

開示の実施形態は一般的に、光検出に関し、より詳細には、光走査及び測距（但し、限定されない）に関する。

【背景技術】

【0002】

センサーは、例えば、可動又は静止物体によって、様々なタイプの動作を実行するために重要である。特に、ロボット、有人機及び無人機などの可動物体は、複雑な環境でナビゲートするための様々なセンサーを利用することができる。例えば、可動物体は、経路計画、未知の環境における障害物検出及び回避を実行するために、周囲の状況に気付く必要がある。このことが、本発明の実施形態が取り組むことを意図している一般的な分野である。

10

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

光検出及び測距を実行する技術的解決策を提供するシステム及び方法を、ここで説明する。センサーシステムは、コリメートされた光パルスを生成する光源と、複数の光学素子とを含むことができる。複数の光学素子の各々は、実質的に共通である軸を中心に独立して回転するように構成されており、複数の光学素子は、センサーシステムの画角で1つ又は複数の物体に光パルスを一括して向けるように動作する。更に、センサーシステムは、複数の光学素子を介して、センサーシステムの画角で1つ又は複数の物体から反射してきた光パルスの光子エネルギーの少なくとも一部を受信し、受信された光子エネルギーを少なくとも1つの電気信号に変換するように構成されている検出器を含むことができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0004】

【図1】本発明の様々な実施形態による、例示的なライダー（LIDAR）検出システムの概略図を示す。

【図2】本発明の様々な実施形態による、リズレプリズム対を用いた例示的なライダーセンサーシステムの概略図を示す。

30

【図3】本発明の様々な実施形態による、リズレプリズム対を使用するための例示的な屈折モデルを示す。

【図4】本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムにおける回転プリズムの例示的な説明を示す。

【図5】本発明の様々な実施形態による、ビームスプリッタを用いた例示的なライダーセンサーシステムの構成を示す。

【図6】本発明の様々な実施形態による、代替の例示的なライダー検出方式を示す。

【図7】本発明の様々な実施形態による、代替のライダーセンサーシステムの例示的な説明を示す。

【図8】本発明の様々な実施形態による、異なる発光構成を有するライダーセンサーシステムの例示的な説明を示す。

40

【図9】本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムにおける発光構造体を最適化する例示的な説明を示す。

【図10】本発明の様々な実施形態による、例示的なライダーセンサーシステムにおける光学的汚染を防止する概略図を示す。

【図11】本発明の様々な実施形態による、狭い通過帯域を有する帯域通過フィルタを生成する概略図を示す。

【図12】本発明の様々な実施形態による、例示的なライダーシステムにおける空間フィルタリングの概略図を示す。

【図13】本発明の様々な実施形態による、例示的なライダーセンサーシステムにおいて

50

空間フィルタリングを与えるための代替手法を使用する概略図を示す。

【図14】本発明の様々な実施形態による、例示的なライダーセンサーシステムにおいて視野絞り開口部(FSA)を使用する概略図を示す。

【図15】本発明の様々な実施形態による、望ましくない後方反射を減少可能なライダーセンサーシステムの例示的な構成を示す。

【図16】本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムを用いた検出のフローチャートを示す。

【図17】本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムを制御する例示的な説明を示す。

【図18】本発明の様々な実施形態による、リズレプリズム対を回転させる偏差モデルの例示的な説明を示す。

【図19】本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムを用いた異なる走査パターンの例示的な説明を示す。

【図20】本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムを用いた均一走査パターンの例示的な説明を示す。

【図21】本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステム用のビームステアリングを制御する例示的な説明を示す。

【図22】本発明の様々な実施形態による、代替のライダーセンサーシステムの例示的な説明を示す。

【図23】本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムを様々な可動プラットフォームに装着することの例示的な説明を示す。

【図24】本発明の様々な実施形態による、三次元走査を実行するライダーセンサーシステムを使用することの例示的な説明を示す。

【図25】本発明の様々な実施形態による、複数のライダーセンサーシステムを組み合わせることの例示的な説明を示す。

【図26】本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムを用いた走査のフローチャートを示す。

【発明を実施するための形態】

【0005】

本発明は、同じ参照符号が同じ要素を示す添付図面で、限定の目的でなく、一例として例示される。この開示における「1つの(an)」又は「1つの(one)」又は「幾つかの(some)」実施形態への言及は、必ずしも同じ実施形態への言及である必要はなく、このような言及は少なくとも1つを意味することに留意すべきである。

【0006】

下記の本発明の説明では、センサーシステムの例として光検出及び測距(LIDAR)センサーシステムを使用する。他のタイプのセンサーシステムを制限なく使用可能であることが、当業者に明らかである。

【0007】

様々な実施形態によれば、光検出及び測距を実行する技術的解決策を提供することができる。センサーシステムは、コリメートされている光パルスを生成する光源と、複数の光学素子とを含むことができる。複数の光学素子の各々は、実質的に共通である軸を中心に独立して回転するように構成されており、複数の光学素子は、センサーシステムの画角で1つ又は複数の物体に光パルスを一括して向けるように動作する。更に、センサーシステムは、複数の光学素子を介して、センサーシステムの画角で1つ又は複数の物体から反射してきた光パルスの光子エネルギーの少なくとも一部を受信し、受信した光子エネルギーを少なくとも1つの電気信号に変換するように構成されている検出器を含むことができる。

【0008】

様々な実施形態によれば、光検出及び測距を実行する技術的解決策を提供することができる。センサーシステムは、異なる時点で一連の光パルスを生成するように動作する光源

10

20

30

40

50

と、実質的に共通である軸を中心に独立して回転するように各々が構成されている複数の光学素子とを含むことができる。更に、センサーシステムは、センサーシステムの画角で異なる方向に一連の光パルスを一括して向けるために、複数の光学素子の各々の各回転を制御するように動作する制御器と、画角内の複数の目標点を検出するように構成される検出器とを含むことができ、各目標点は、画角内の1つまたは複数の物体から反射されてくる一連の光パルスのうちの光パルスの光子エネルギーの少なくとも一部を受信することに基づいて検出される。

【0009】

図1は、本発明の様々な実施形態による例示的なライダー(LIDAR)検出システムの概略図100を示す。図1に示すように、センサーシステム110は、センサーシステム100の画角内でセンサーシステム110と物体104との間の距離を検出するために使用可能である。例えば、センサーシステム110は、センサーシステム110と物体104との間を光が進む時間、即ち、飛行時間(TOF)の測定に基づいて物体104の距離を検出することができるライダーセンサーシステムとすることができる。

10

【0010】

様々な実施形態によれば、異なる方式を用いて、ライダーセンサーシステムを実装することができる。例えば、ライダーセンサーシステムは、モノスタティック(即ち、同軸又はインライン)方式に基づくことができ、この場合、出射ビーム111及び戻りビーム112は、光路の少なくとも一部を共用してもよい。あるいは、ライダーセンサーシステムは、バイスタティック(即ち、2軸)方式などの異なる方式に基づくことができ、この場合、出射ビーム111及び戻りビーム112は、異なる光路に沿って進むように構成されてもよい。

20

【0011】

図1に示すように、センサーシステム110は、レーザービームを生成することができる光源101を含むことができる。例えば、レーザービームは、単一レーザーパルス又は一連のレーザーパルスとすることができる。更に、生成レーザービームをコリメートすることができる。当業者に知られているように、コリメート光は、光が伝搬する時に実質的に広がらない可能性のある平行光線を有する光を意味する。

【0012】

様々な実施形態によれば、コリメータを使用して、点光源によって生成された光をコリメートすることができる。例えば、レンズ102を使用して、光源101によって生成された光をコリメートすることができる。あるいは、球面鏡及び/又は放物面鏡などの鏡を使用して、点光源によって生成された光をコリメートすることができる。例えば、レンズ102を使用するあるいは、鏡(図示せず)を、光源101の後方に置いて、光線を実質的に出射方向に平行に反射してもよい。

30

【0013】

図1に示すように、入射光の偏差を誘導することができるビームステアリング/走査デバイス103にコリメート光を向けることができる。様々な実施形態によれば、ビームステアリング/走査デバイス103は、レーザー光をステアリングして、センサーシステム110を取り囲む環境を走査することができる。例えば、ビームステアリングデバイス103は、プリズム、鏡、格子、光フェーズドアレイ(例えば、液晶制御格子)、又はこれらの組み合わせなどの様々な光学素子を含むことができる。更に、これらの異なる光学素子の各々は、異なる方向に光をステアリングするために、実質的に共通である軸109(以下、過度の制約なしに共通軸と呼ばれる)を中心に回転することができる。即ち、異なる光学素子に対する回転軸の間の角度は、同じ又はわずかに異なることができる。例えば、異なる光学素子に対する回転軸の間の角度は、0.01度、0.1度、1度、2度、5度以上の範囲内にあることができる。

40

【0014】

図1に示すようなモノスタティック方式を用いて、一旦出射ビーム111が物体104に当たると、光の後方反射部分は、ライダーセンサーシステム110に向かって正反対方

50

向に戻り、検出器 105 の受信デバイスによって最終的に収集可能である。従って、モノスタティック方式を用いて、ライダーセンサーシステム 100 は、送信（又は出射）視野（FOV）（又は画角）は受信 FOV（又は画角）と常時整列するという利点を有する。従って、ライダーセンサーシステム 110 は、ライダーセンサーシステム 110 から近い距離でもブラインドエリアが殆どない。

【0015】

様々な実施形態によれば、異なる機構を使用して、モノスタティックシステムを実施してもよい。例えば、ビームスプリッタ 108 を、光源 101（レンズ 102 と一緒に）とビームステアリング/走査デバイス 103 との間に配置することができる。あるいは、図 6 に示すような異なる同時整列手法を用いて、ライダーセンサーシステムを構成することができる。

10

【0016】

図 1 に示すように、コリメート光は、ビームスプリッタ 108 を通過して、ビームステアリング/走査デバイス 103 に当たることができる。その後、ビームステアリング/走査デバイス 103 を制御して、方向 111 及び 111' などの異なる方向に光を向けることができる。更に、ビームスプリッタ 108 は、ビームスプリッタ 108 に達した戻りビームを検出器 105 に向け直すように構成可能である。例えば、ビームスプリッタ 108 は、開口部を有する鏡を含むことができる。ビームスプリッタ 108 の開口部は、光源 101 からのコリメート光が、（ビームステアリング/走査デバイス 103 の方へ）通過することを可能にする一方、ビームスプリッタ 108 の鏡部分は、戻りビームを収集して検出器 105 に集束させることができる受信レンズ 106 の方へ戻りビーム 112 を反射することができる。

20

【0017】

本発明の様々な実施形態によれば、検出器 105 は、戻り光を受信して、この光を電気信号に変換することができる。例えば、検出器 105 は、高感度半導体電子デバイスであるアバランシェフォトダイオード（APD）などの受信デバイスを利用することができる。APD は、光電流効果を活用することによって、光を電気に変換することができる。

【0018】

本発明の様々な実施形態によれば、飛行時間（TOF）ユニット 107 などの測定回路は、物体 104 までの距離を検出するために、TOF を測定するために使用可能である。例えば、TOF ユニット 107 は、式 $t = 2D / c$ （但し、 D は、センサーシステムと物体との間の距離であり、 c は、光速度であり、 t は、光がセンサーシステムから物体へ更にセンサーシステムに戻って往復するのにかかる時間である）に基づいて、TOF から距離を計算することができる。従って、センサーシステム 110 は、光源 101 による光パルス 111 の生成と検出器 105 による戻りビーム 112 の受信との間の時間差に基づいて、物体 104 までの距離を測定することができる。

30

【0019】

様々な実施形態において、発光を、ナノ秒（ns）レベルにおけるレーザーダイオードによって発生してもよい。例えば、光源 101 は、10 ns に近い持続時間を有するレーザーパルスを生成してもよく、検出器 105 は、同様な持続時間に対する戻り信号を検出することができる。更に、受信過程は、例えば、測定電気パルスの立ち上がりを検出することによって、パルス受信時間を判定することができる。ここで、検出は、多段増幅過程を利用してもよい。従って、センサーシステム 110 は、距離を判定するために、飛行時間情報を計算するパルス受信時間情報及びパルス放射情報を使用することができる。

40

【0020】

図 2 は、本発明の様々な実施形態による、リズレープリズム対を用いた例示的なライダーセンサーシステムの概略図を示す。図 2 に示すように、ライダーセンサーシステム 200 は、光ステアリング/走査（即ち、図 1 に示すような方式でビーム走査/ステアリングデバイス 103 としての機能）のための、2つのプリズム 211 及び 212 を含んでもよいリズレープリズム対を使用することができる。例えば、2つのプリズム 211 及び 21

50

2を、平行に互いに隣接して置いてもよい。様々な実施形態において、プリズム211及び212は、円形の断面を有してもよく、プリズム211及び212の中心軸は、互いに一致してもよく、又は小さい角度で一致してもよい。様々な実施形態において、モーター（及び/又は他の電力/制御ユニット）により、プリズム211及び212が共通軸209（例えば、中心軸）を中心に回転することができる。即ち、異なる光学素子に対する回転軸の間の角度は、同じでもよく、わずかに異なってもよい。例えば、異なる光学素子に対する回転軸の間の角度は、0.01度、0.1度、1度、2度、5度以上の範囲内にあることができる。

【0021】

様々な実施形態において、2つのプリズム間の相対角度が時間と共に変化できるように、2つのプリズムの回転周波数、形状及び方位は、異なってもよい。従って、レーザービームがプリズム対211及び212を通過する場合、それに応じて、出射ビームの方向は変化してもよい。

【0022】

モノスタティック方式を用いて、一旦出射ビーム111が物体104に当たると、光の後方反射部分は、反対方向にライダーセンサーシステム110の方へ戻り、検出器105の受信デバイスによって最終的に収集可能である。時間スケール差（即ち、光速度は、プリズムの回転速度よりも非常に速い）のために、測定時間（又はTOF）中にプリズムの回転によって生じる角度変化は、無視できる。更に、モノスタティック方式を用いて、ライダーセンサーシステム100は、送信FOVは受信FOVと常時整列するという利点を有する。従って、ライダーセンサーシステム100は、近い距離でもブラインドエリアが殆どない。

【0023】

本発明の様々な実施形態によれば、検出器105は、戻り光を受信して、この光を電気信号に変換することができる。更に、飛行時間（TOF）ユニット107などの測定回路は、物体104までの距離を検出するために、TOFを測定するために使用可能である。従って、センサーシステム110は、光源101による光パルス111の生成と検出器105による戻りビーム112の受信との間の時間差に基づいて、物体104までの距離を測定することができる。

【0024】

本発明の様々な実施形態によれば、制御器208は、レーザービームのステアリングを制御するために使用可能である。例えば、制御器208は、回転軸209を中心として、独立して、各プリズム211又は212の各回転（例えば、角位置及び/又は角速度）を制御することができる。場合によっては、各プリズムを、別々の制御器によって制御することができる。更に、ライダーセンサーシステム200は、出射ビームの正確な方向を計算するために、リアルタイムで各プリズム211又は212の角位置を取得することができる。このような過程をプリズム211及び212の回転中に繰り返すことができ、ライダーセンサーシステム200の画角に関する情報を取得することができる。

【0025】

図3は、本発明の様々な実施形態による、リズレープリズム対を使用するための例示的な屈折モデル300を示す。

【0026】

図3(a)に示すように、光線301（単位ベクトル

【数1】

\vec{i}

を有する)は、屈折率 n_2 を有する第1の媒質を通過して屈折率 n_1 を有する第2の媒質に伝わってもよい。スネルの法則によれば、屈折後の光線302を表す単位ベクトル

10

20

30

40

【数 2】

 \vec{v}

を、次式で表すことができる。

【数 3】

$$\vec{v} = r\vec{l} + (rc - \sqrt{1 - r^2(1 - c^2)})\vec{n}$$

但し、

【数 4】

 \vec{n}

10

が、2つの媒質を分離する平面の法線方向 \vec{n} に対する単位ベクトルを表す場合、 $r = n_1 / n_2$ 、

【数 5】

$$c = -\vec{n} \cdot \vec{l}$$

である。

【0027】

従って、屈折率の差のために（即ち、プリズムは、空気と異なる屈折率を有する）、ビームがプリズムを通過する時に、屈折が様々な空気/基板界面で生じることがある。

20

【0028】

図 3 (b) に示すような例において、ビーム

【数 6】

 \vec{l}_1 311

は、垂直角で空気から第 1 の面で第 1 のプリズムに入射することがある。ビーム

【数 7】

 \vec{l}_1

は、第 1 の面と垂直であるので、屈折が生じない（即ち、第 1 のプリズムで伝わるビーム

30

【数 8】

 \vec{l}_2

は、入射ビーム

【数 9】

 \vec{l}_1

と同じである）。（他の例において、入射角が直角でない場合、屈折が第 1 の面で生じることもある）。

40

【0029】

更に、ビーム

【数 10】

 \vec{l}_2

が第 1 のプリズムから出る場合、ビーム

【数 11】

 \vec{l}_2

及び表面法線方向

50

【数 1 2】

 \vec{n}_2

は非直角を有するので、屈折が第 2 の面で生じることがある。第 1 のプリズムの屈折率が n であると仮定して、屈折ビームに対する単位ベクトル

【数 1 3】

 \vec{v}_2

を、次式で決定することができる。

【数 1 4】

$$\vec{v}_2 = r\vec{l} + (rc - \sqrt{1 - r^2(1 - c^2)})\vec{n} = n \cdot \vec{l}_2 + (-n \cdot \vec{l}_2 \cdot \vec{n}_2 - \sqrt{1 - n^2(1 - (n \cdot \vec{l}_2 \cdot \vec{n}_2)^2)})\vec{n}_2$$

【0 0 3 0】

更に、ビーム

【数 1 5】

 \vec{v}_2

が第 2 のプリズムに入射する場合、屈折が第 3 の面（表面法線ベクトル

【数 1 6】

 \vec{n}_3

を有する)で生じる。2つのプリズムが同じ屈折率 n を有すると仮定して、屈折ビーム

【数 1 7】

 \vec{v}_3

を、屈折則に基づいて計算することができる。

【数 1 8】

$$\vec{v}_3 = \frac{1}{n} \cdot \vec{v}_2 + \left(-\frac{\vec{v}_2 \cdot \vec{n}_3}{n} - \sqrt{1 - \frac{1}{n^2} \left(1 - \left(\frac{\vec{v}_2 \cdot \vec{n}_3}{n} \right)^2 \right)} \right) \vec{n}_3$$

【0 0 3 1】

次に、ビーム

【数 1 9】

 \vec{v}_3

が第 4 の面（表面法線ベクトル

【数 2 0】

 \vec{n}_4

を有する)を通過する場合、出射ビームを、次式で計算することができる。

【数 2 1】

$$\vec{v}_4 = n \cdot \vec{v}_3 + (-n \cdot \vec{v}_3 \cdot \vec{n}_4 - \sqrt{1 - n^2(1 - (n \cdot \vec{v}_3 \cdot \vec{n}_4)^2)})\vec{n}_4$$

【0 0 3 2】

従って、屈折光 3 1 1' の最終的な指向方向は、最初の入射方向 3 1 1 から偏差角を有することができる。ここで、出射ビーム

【数 2 2】

 \vec{v}_4

10

20

30

40

50

と入射ビーム

【数 2 3】

\vec{l}_1

との間の偏差角 θ を、次式を用いて計算することができる。

【数 2 4】

$$\theta = \arccos\left(\frac{|\vec{l}_1 \cdot \vec{v}_4|}{|\vec{l}_1| |\vec{v}_4|}\right)$$

10

【0033】

上述の式で示すように、偏差角 θ の値を、4つのプリズム面に対する法線ベクトル

【数 2 5】

$\vec{n}_1, \vec{n}_2, \vec{n}_3$

及び

【数 2 6】

\vec{n}_4

に基づいて決定することができる。更に図3(c)に示すように、プリズムが回転する時に、出射角 θ_{111} はそれに応じて変化する。

20

【0034】

図1に戻って説明する。出射ビーム111が物体104に当たると、反射又は散乱光は、大角度120にわたって広がることがあり、ほんのわずかのエネルギーがセンサーシステム110の方へ反射してきたことがある。例えば、ランバートアン散乱モデル(又は他の同様な拡散モデル)を用いて、後方反射を説明することができる。検出器105が受信する反射エネルギー(I)は、受信器の直径(d)の2乗に比例し、距離(D)の2乗に反比例する。即ち、 $I \sim (d/D)^2$ である。従って、長距離の測距に対する受信光の強度は、非常に小さい。

【0035】

更に、遠く離れた物体を検出する受信信号レベルを上げるために、測定信号が受信器の直径dの2乗に比例するので、より大きい光学的開口が望ましい。従って、比較的大きい光学的開口サイズを維持しながら、システムフォームファクタを最小化することができることが好ましい。

30

【0036】

本発明の様々な実施形態によれば、様々な機構を使用して、プリズムの回転を駆動することができる。例えば、中空コアモーターを使用して、各プリズムの回転を作動させることができる。従って、センサーシステムは、後方反射光信号を収集するプリズムサイズを最大化することができ、これらのプリズムからの最小負荷のために高走査速度を達成することができる。あるいは、ギア又はベルトによる伝動を使用して、各プリズムの回転を作動させることができ、同様な効果が達成される。

40

【0037】

図4は、本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステム400における回転プリズムの例示的な説明を示す。図4(a)に示すように、リズレープリズム対は、中空コアモーター413又は414に各々が組み込まれた複数のプリズム411及び412を含むことができる。

【0038】

本発明の様々な実施形態によれば、中空コアモーターの各々は、内部回転翼モーター又は外部回転翼モーターとすることができる。例えば、中空コアモーター413及び414の両方は、内部回転翼モーター又は外部回転翼モーターとすることができる。あるいは、

50

中空コアモーター 4 1 3 及び 4 1 4 は、異なるタイプ、即ち、1つの内部回転翼モーター及び1つの外部回転翼モーターであってもよい。

【0039】

図4(a)に示すような例において、中空コアモーター 4 1 3 及び 4 1 4 の両方は、内部回転翼モーターとすることができる。中空コアモーター 4 1 3 又は 4 1 4 の各々は、軸受支持体を介して回転翼の外側に配置された固定子を含むことができる。例えば、プリズム 4 1 1 を中空コアモーター 4 1 3 に組み込むことができ、プリズム 4 1 2 を中空コアモーター 4 1 4 に組み込むことができる。従って、独立して、中空コアモーター 4 1 3 は、プリズム 4 1 1 を作動させて、共通軸 2 0 9 を中心に回転することができ、中空コアモーター 4 1 4 は、プリズム 4 1 2 を作動させて、共通軸 2 0 9 を中心に回転することができる。

10

【0040】

更に、プリズム 4 1 1 及び 4 1 2 のくさび（又は角度付き）形状のために、回転軸に対する質量分布が不均衡であるので、各プリズムの回転は、不安定であることがある。図4に示すように、回転軸に対する質量分布の均衡を保つために、小さい塊 4 1 5 及び 4 1 6 を、プリズム 4 1 1 及び 4 1 2（例えば、それらの外側締付リング）にそれぞれ追加してもよい。従って、ライダーセンサーシステムは、回転プリズムのための安定性を向上させることができ、更に雑音を減らして回転プリズムの寿命を延ばすこともできる。

【0041】

本発明の様々な実施形態によれば、様々な機構を使用して、各プリズムの正確な角度（又は角位置）を取得することができる。共通回転軸 2 0 9 と垂直な面とすることができる。各プリズムの回転面で、各プリズムの角度（又は角位置）を定義することができる。高い指向精度を達成するために、各プリズムの角度（又は角位置）を正確に測定するライダーセンサーシステムによって、例えば、ホールセンサー、光学エンコーダー、及び他の同様なセンサーを使用することができる。

20

【0042】

図4(b)に示すように、出射ビーム 4 0 1 及びまた戻りビーム 4 0 2 に対する偏差角は、プリズムの傾斜角及び屈折率の両方によって達成可能である。従って、材料の屈折率が同じであると仮定すれば、この傾斜角が大きければ大きいほど、走査角（又はFOV）も大きくなる。

30

【0043】

一方、ライダーセンサーシステムに対する大きい画角を達成するために、大きい屈折率を有する材料を使用して、プリズムを形成することができる。例えば、屈折率（ $n = 1.567 @ 900 \text{ nm}$ ）を有するプラスチック材料、ポリカーボネートを使用することができる。あるいは、より高い屈折率（ n は、約 1.8）を有するガラスを使用することができる。例えば、2つの同じ回転プリズムを有するリズレープリズム対の例を用いて、各回転プリズムが 17度（又は23度）の傾斜角を有する場合、このようなライダーセンサーシステムに対するFOVは、約±20度（又は±30度）であってもよい。更に、より高い屈折率を有することがある液体入りプリズムなどの他の材料を使用することができる。あるいは、様々な回折又は反射光学デバイス（例えば、透過格子、反射格子、及び鏡など）を使用して、このような光学デバイスが同様な方法でビームをそらすことができる限り、プリズムを交換してもよい。

40

【0044】

図5は、本発明の様々な実施形態による、ビームスプリッタを用いた例示的なライダーセンサーシステムの構成を示す。図5に示すように、ライダーセンサーシステム 5 0 0 は、1対のプリズム 5 1 1 及び 5 1 2 を含むリズレープリズム対を利用することができる。更に、各プリズム 5 1 1 及び 5 1 2 を中空モーター 5 1 3 及び 5 1 4 にそれぞれ組み込むことができ、各プリズムは、共通軸（図示せず）を中心に独立して回転することができる。

【0045】

50

モノスタティック方式を用いて、送信光学部品及び受信光学部品を、同じ光路に沿って整列させることができる。例えば、光源501は、コリメート可能なレーザービームを生成することができる。更に、ビームスプリッタ503は、コリメート光が光ステアリングのために1対のプリズム511及び512の方へ通過することができるように構成可能である。更に、ビームスプリッタ503は、戻り光を収集する1つ又は複数のレンズ及び検出器を含んでもよい受信ユニット502に戻りビームを向け直すように構成可能である。従って、モノスタティック構成は、限定フォームファクタ（又はサイズ）を有するライダーセンサーシステムに大きい光学的開口を与えることができる。更に、モノスタティック構成を用いて、ライダーセンサーシステムは、十分な光信号を収集して優れた信号対雑音比を確保することができ、これは、小さいフォームファクタのライダーセンサーシステムに重要である。

10

【0046】

本発明の様々な実施形態によれば、リズレープリズムは、簡潔さ、振動の影響を比較的受けないこと、高走査速度、及び低慣性モーメントなどの様々な利点を享受する。更に、リズレープリズム対における個々のプリズムは、独立回転軸で構成可能である。図5に示すように、ライダーセンサーシステムは、長さ（L）、幅（W）及び高さ（H）の寸法（又はフォームファクタ）を有する。更に、直径dを有する円として推定可能な光学的開口面積は、断面積（L×W）の大部分を占める。従って、ライダーセンサーシステムは、ライダーシステムフォームファクタに対する光学的開口サイズの比として定義可能な大きいフォームファクタ効率を有することができる。

20

【0047】

図6は、本発明の様々な実施形態による代替の例示的なライダー検出方式600を示す。図6に示すように、センサーシステム610は、センサーシステム610の画角内でセンサーシステム610と物体604との間の距離を検出するために使用可能である。例えば、センサーシステム610は、センサーシステム610と物体604との間を光が進む時間、即ち、飛行時間（TOF）の測定に基づいてセンサーシステム610と物体604との間の距離を検出することができるライダーセンサーシステムとすることができる。

【0048】

様々な実施形態によれば、ライダーセンサーシステムは、モノスタティック方式に基づくことができ、この場合、（即ち、同軸又はインラインシステムにおいて）、出射ビーム611及び戻りビーム612は、光路の少なくとも一部を共用することができる。

30

【0049】

図6に示すように、センサーシステム610は、単一レーザーパルス又は一連のレーザーパルスなどのレーザービームを生成することができる光源601を含むことができる。更に、生成レーザービームを、任意選択的に、（例えば、レンズ602を用いて）コリメートすることができる。光源601（コリメートレンズ602を含む）を、検出器605とビームステアリング/走査デバイス603との間に配置することができる。

【0050】

図6に示すように、コリメート光をビームステアリング/走査デバイス603に向けることができる。その後、ビームステアリング/走査デバイス603は、光をステアリングして、異なる方向、例えば方向611及び611'に走査することができる。

40

【0051】

様々な実施形態によれば、様々なタイプの光学素子を使用して、レーザー光をステアリングし、センサーシステムを取り囲む環境を走査することができる。例えば、ビームステアリング/走査デバイス603は、プリズム、鏡、格子、光フェーズドアレイ、又はこれらの組み合わせなどの様々な光学素子を含むことができる。更に、これらの異なる光学素子の各々は、異なる方向に光をステアリングするために、実質的に共通である軸（以下、過度の制約なしに共通軸と呼ばれる）を中心に回転することができる。即ち、異なる光学素子に対する回転軸の間の角度は、同じ又はわずかに異なることができる。例えば、異なる光学素子に対する回転軸の間の角度は、0.01度、0.1度、1度、2度、5度以上

50

の範囲内にあることができる。

【0052】

1つの例において、ビームステアリング/走査デバイス603は、2つのプリズム(空気と異なる屈折率を各々が有する)を含むリズレープリズム対とすることができる。ビームを、異なる空気/基板界面で屈折させてもよい。1対のプリズムが共通軸(図示せず)を中心に回転する時に、最終指向方向611又は611'と最初の入射方向との間の偏差角は、変化していてもよい。このような変化する偏差は、プリズムを回転させることによってセンサーシステムを取り囲む環境を走査するために使用可能である。

【0053】

図6に示すように、モノスタティック方式を用いて、一旦出射ビーム611が物体604に当たると、戻りビーム、即ち、光の後方反射部分は、反対方向にセンサーシステム610の方へ戻り、検出器605によって収集可能である。更に、受信レンズ606を使用して、戻り光を収集して検出器605に集束させることができる。検出器605は、光が戻る方向から、ビームステアリング/走査デバイス603に面して配置されているので、図1に示すようなビームスプリッタなどの追加の光学デバイスの必要はない。

10

【0054】

様々な実施形態によれば、異なる構成を使用して、戻りビームを収集して検出器605の方へ集束させることができる受信レンズ606を配置することができる。例えば、受信レンズ606を、図6に示すように光源601と検出器605との間に配置することができる。あるいは、受信レンズ606を、レンズ602のそばに又は前に配置してもよい。

20

【0055】

あるいは、開口に直接光源を配置するあるいは、鏡を有する放射構造体を、検出器605とビームステアリング/走査デバイス603との間に位置決めすることができる。更に、センサーシステム610は、戻りビームの遮断を一層減らすために、光源又は放射構造体のサイズを最適化することができる。

【0056】

本発明の様々な実施形態によれば、検出器605は、戻り光を受信して、この光を電気信号に変換することができる。例えば、検出器605は、アバランシェフォトダイオード(APD)などの受信デバイスを利用することができる。APDは、光電流効果を活用することによって光を電気信号に変換することができる高感度半導体電子デバイスである。

30

【0057】

本発明の様々な実施形態によれば、飛行時間(TOF)ユニット607などの測定回路は、物体604までの距離を測定するために使用可能である。例えば、TOFユニット607は、センサーシステムと物体との間を光が進むのにかかる時間に基づいて、TOFを計算することができる。従って、センサーシステムは、物体604の距離を測定することができる。

【0058】

図7は、本発明の様々な実施形態による代替のライダーセンサーシステムの例示的な説明を示す。図7(a)に示すように、ライダーセンサーシステム700は、1対のプリズム711及び712(例えば、リズレープリズム対)を利用することができる。プリズムの各々を、中空モーター713又は714にそれぞれ組み込むことができる。更に、各プリズム711又は712は、共通軸(図示せず)を中心に独立して回転することができる。

40

【0059】

本発明の様々な実施形態によれば、リズレープリズムは、簡潔さ、振動の影響を比較的受けないこと、及び低慣性モーメントなどの様々な利点を享受する。更に、リズレープリズム対における個々のプリズムは、独立回転軸で構成可能である。

【0060】

モノスタティック方式を用いて、送信光学部品及び受信光学部品を、同じ光路に沿って整列させることができる。例えば、放射構造体720を、受信レンズ705とプリズム712との間に配置することができる。放射構造体720は、放射構造体720の一端(例

50

えば、末端)に装着又は統合可能な鏡を含むことができる。更に、センサーシステム710は、戻りビームの遮断を一層減らすために、放射構造体のサイズを最適化することができる。

【0061】

図7(a)に示すように、ライダーセンサーシステムの側面(例えば、放射構造体720の基端などの他端)に近くに配置された光源701は、コリメートされるレーザービームを生成することができる。鏡702は、コリメート光をプリズム711及び712の方へ反射することができ、次に、光を出射方向に走査することができる。次に、受信レンズ705は、戻りビームを収集して検出器706に向けることができる。

【0062】

図7に示すような例において、ライダーセンサーシステムは、D及びHの寸法(又はフォームファクタ)を有し、光学的開口面積を、直径dを有する円として推定することができる。光学的開口は、システムの断面積の大部分を占める。従って、ライダーセンサーシステムは、光学的開口サイズ/ライダーシステムフォームファクタとして表現可能な大きいフォームファクタ効率を有することができる。

【0063】

図7に示すように、ライダーセンサーシステムは、後方反射光信号を収集するために、ほぼ全てのプリズム面積を使用することができる。プリズム面積はシステムフォームファクタの大部分を構成するので、大きい光学的開口を維持しながら、ライダーセンサーシステムのフォームファクタを最小化することができる。ライダーセンサーシステム700は、大きい光学的開口を利用することによって、遠く離れた物体を検出する信号レベルを上げることができる。従って、軽量で、小さいフォームファクタのライダーセンサーシステムを、達成することができる。このようなモノスタティック構成を用いて、小さいフォームファクタを有するライダーセンサーシステムは、使用可能な大きい光学的開口を達成することができ、十分な光信号を収集して優れた信号対雑音比を確保することができ、これは、周囲環境で物体を検出するために重要である。

【0064】

図8は、本発明の様々な実施形態による、異なる発光構成を有するライダーセンサーシステムの例示的な説明を示す。図8(a)に示すように、放射構造体720の一部に装着又は統合された鏡801は、光源によって生成された光を放射方向に反射することができる。放射構造体720を開口内に位置決めするので、放射構造体720は、戻りビームを受信するために別の方法で使用できる、開口面積の一部を遮断し得る。

【0065】

図8(a)に示すように、鏡801を開口の中心に位置決めすることができる。それに対応して、放射構造体720は、開口の中心まで延在してもよく、光学的開口におけるかなりの面積を遮断し得る。一方、図8(b)に示すように、鏡802を、反射光が出射方向で何にも当たらない程度まで中心から外れて位置決めすることができる。従って、放射構造体721によって、開口面積の遮断を減らすことができる。

【0066】

図9は、本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムにおける発光構造体を最適化する例示的な説明を示す。図9(a)に示すように、レーザーダイオードの内部構造のために、レーザービームプロファイル901は、長方形又は楕円形(即ち、長軸902及び短軸903を有する)を有してもよい。

【0067】

本発明の様々な実施形態によれば、放射構造体904は、受信システムに対する光の遮断を一層減らすためにレーザービームプロファイル901を利用することができる形状で構成可能である。

【0068】

図9(b)に示すように、放射構造体904は、長方形ブロック形状で構成可能である。戻りビーム912に面する放射構造体904の長方形の表面は、レーザービームプロフ

10

20

30

40

50

ファイル 901 の短軸 903 と一致させる幅を有するように構成可能である。更に、放射構造体 904 は、レーザービームプロファイル 901 の長軸 902 と一致させる寸法を有するように構成可能である。従って、放射構造体 904 上の鏡 905 は、放射方向 911 の方へレーザービームの全プロファイルを反射することができる。

【0069】

図 9 (b) に示すように、光源 (図示せず) は、コリメートされたビームプロファイル 901 を有するレーザービーム 910 を生成することができる。コリメート光 910 は、鏡 905 によって放射方向 (即ち、出射方向 911) の方へ反射される前に、放射構造体 904 を通って伝搬することができる。その後、戻りビーム 912 は、光路の少なくとも一部を出射ビーム 911 と共用することができ、受信ユニット 920 (レンズ及び検出器を含んでもよい) によって最終的に収集可能である。放射構造体の断面は、出射レーザービームプロファイルと厳密に一致させるので、放射構造体は、戻りビームの不必要な遮断を最小化しながら、出射ビームを最大化する。

10

【0070】

本発明の様々な実施形態によれば、モノスタティック方式を用いて、ライダーセンサーシステムは、ブラインドエリアなしで光源及び受信器を整列させるのがより容易であるという利点を有することができる。更に、モノスタティックシステムは、優れた信号対雑音比に対する光学的開口を最適化しながら、全システムフォームファクタを最小化することができる。モノスタティックシステムは、広い視野 (FOV) を有することができ、1 対のレーザー放射器及び検出器に対する高解像度及び高走査速度を達成することができる。従って、モノスタティックシステムは、低コスト及び小サイズを享受しながら、高性能を有することができる。更に、モノスタティックシステムは、動的に調整可能な指向機能を可能にし、異なる走査パターンを支援する。

20

【0071】

本発明の様々な実施形態によれば、異なる手法を別々に又は一括して使用して、様々なタイプの迷光によって生じる光学的汚染 (例えば、望ましくない後方反射) を防止することができる。

【0072】

図 10 は、本発明の様々な実施形態による、例示的なライダーセンサーシステムにおける光学的汚染を防止する概略図を示す。図 10 に示すように、ライダーセンサーシステム 1000 は、様々なタイプの迷光を除去することができる。

30

【0073】

光学的汚染は、反射光及び / 又は散乱光などの様々なタイプの迷光によって生じることがある。図 5 及び図 7 に示すような例において、ライダー透過光は、検出器による戻りビームの受信で汚染する (又は干渉する) ことがある。このような汚染 (又は干渉) は、近距離エコー (即ち、T = 0 問題) の認識にトラブルを引き起こすことがある。更に、伝搬経路 (例えば、ガラスカバー、光学素子、及び光路に沿った側壁など) の上の放射光信号の散乱及び反射のために、透過レーザー光の一部を検出器 1005 によって収集してもよい。

【0074】

光学的汚染 (又は干渉) に対する光強度はかなり高いことがあり、これは、回路システム飽和 (例えば、高倍率のシナリオで) を引き起こすことがある。光学的汚染 (又は干渉) は、ある期間 (例えば、15 m の範囲に対して約 100 ns) にわたって増幅器の故障の原因となることがある。その結果、ライダーセンサーシステムは、すぐ近くで、周囲環境における物体を検出することができないこともある。更に、光学的汚染 (又は干渉) は、受信光に対する電気信号の立ち上がりの認識に困難を引き起こすことがあり、これは、光パルス受信時間 (約 10 ns) の判定に問題となることがある。更に、光学的汚染は、不定期に疑似信号を引き起こすことがあり、これは、真の光信号、従って TOF の検出を阻止することがある。更に、(電磁波は、光源放射開口部と検出器との間の近接のために干渉しやすいので、) 電気信号干渉があることもある。

40

50

【0075】

本発明の様々な実施形態によれば、 $T = 0$ 問題を解決するために、様々な手法を使用して、ライダーセンサーシステムにおける散乱光及び反射光を除去することができる。

【0076】

例えば、レーザー光が光路に沿って透過されるライダーセンサーシステムにおける様々な光学素子を、わずかに傾斜させて、正反射を回避してもよい。図10に示すように、プリズム1011は、角度1021で構成可能であり、プリズム1012は、角度1022で構成可能である。従って、例えば共通軸1009を中心にプリズム1007及び1008が回転する時に、様々な反射面から後方反射された光パルス1010の一部、例えば、ビーム1016、1018及び1023が、検出器1005に当たらないようにすることができる。様々な実施形態において、異なるプリズム1011及び1012は、同じ傾斜角で構成可能である。あるいは、異なるプリズム1011及び1012を、異なる傾斜角で構成して、同じ又はより良い結果を達成してもよい。

10

【0077】

更に、封入窓1013は、角度1023で構成可能であり、その結果、正反射光1018は、検出器を回避するために真っ直ぐとすることができる。

【0078】

更に、反射防止膜を、ライダーセンサーシステムにおける様々な光学素子の表面に塗布して、正反射及び散乱光を減らすことができる。図10に示すように、プリズム1011及び1012の様々な表面に、膜1008を塗布することができる。更に、膜1008を、封入ハウジング1015の放射窓1013の2つの表面に塗布してもよい。

20

【0079】

その上、汚染（又は干渉）を更に減らすために、レーザー波長に集中した帯域通過フィルタを使用して、帯域外光を除去することができる。図11に示すように、多層膜を塗布して、狭い通過帯域を有する帯域通過フィルタ1100を生成することができる。図11(a)に示すような例において、第1の層の膜1101は、比較的長い波長を有する光が通過することができるだけでよく、第2の層の膜1102は、比較的短い波長を有する光が通過することができるだけでよい。一括して、狭い通過帯域1110を有する帯域通過フィルタを達成することができる。あるいは、図11(b)に示すような例において、第1の層の膜1111は、比較的広い帯域の波長を有する光が通過することができ、第2の層の膜1112は、複数の狭い帯域の波長を有する光が通過することができる。一括して、狭い通過帯域1110を有する帯域通過フィルタを達成することができる。更に、任意選択の層1120を塗布して、狭い通過帯域1110を更に修正することができる。

30

【0080】

更に、エタロン又はファブリ・ペロー干渉計(FPI)などの他の光学デバイスを、(例えば、様々なタイプの膜と一緒に)プリズム1011及び1012の表面に塗布することができる。例えば、FPIは、スタンドアロンFPI又は固定FPIとすることができる。スタンドアロンFPIは、ピーク波長が変化できるように電氣的に制御可能であり、レーザー波長の変化を追跡するのに役立つ、全ての他の干渉を絶えず遮断する。一方、固定FPIは、表面に塗布された薄膜を利用することができる。薄膜は、スパーサーによっ

40

【0081】

図10に戻って説明する。異なる手法を使用して、散乱光を減らすことができる。例えば、酸化又は暗い塗料1007を、光学構成要素の側壁又は支持構造体の内面に塗布して、散乱迷光を減らすことができる。

【0082】

本発明の様々な実施形態によれば、特定の光学構造体又は素子を使用して、迷光を更に除去することができる。図10に示すように、ライダーセンサーシステム1000は、ビームスプリッター1003上のレーザー出口開口部(例えば、鏡上の開口部)を延在させるバッフル管1006(例えば、黒くて薄いレーザービーム管)を使用することができる。

50

バッフル管 1006 は、レーザー出口開口部を延在させて、検出器 1005 における戻りビームの受信と潜在的に干渉することがある迷光を大幅に減らすことができる。

【0083】

従って、ライダーセンサーシステム 1000 は、散乱又は後方反射透過ビームから実際のエコーを分離して、T = 0 問題を解決することができる。

【0084】

更に、太陽光などの他のタイプの汚染（又は干渉）が、ライダーセンサーシステム 1000 で現れることがある。直射太陽光又は散乱太陽光は、検出器 1005 の受信器に入り、受信器飽和又はトリガ疑似信号を引き起こすことがある。例えば、対象物体の後方の壁又は他の面で輝く太陽は、ライダーセンサーシステムの方へ反射されることがある。反射太陽光は、物体から後方反射されたレーザー光よりも強いことがあり、これは、測定エラーを引き起こすことがある。

10

【0085】

本発明の様々な実施形態によれば、様々な手法を別々に又は一括して使用して、太陽光による汚染（又は干渉）を防止することができる。例えば、光分離（例えば、様々な光学構成要素及び検出器 1005 を封入するハウジング 1015）を使用して、太陽光によって生じる汚染（又は干渉）を減らすことができる。更に、ライダーセンサーシステムは、（例えば、図 11 に示すように）特定の波長範囲（例えば、レーザー波長 ± 10 nm）を有する光だけが通過することができる光学フィルタを使用することができる。従って、光学フィルタにより、太陽光の影響を減らしながら、戻りビームが通過することができる。

20

【0086】

別の手法は、レーザー電力を増やすことである。更に、ライダーセンサーシステムは、非常に小さい瞬時視野（IFOV）、又はパルス光出力を使用することができる。戻りビームの強度が、太陽光の強度と同等又は太陽光の強度よりも強くなるように、ライダーセンサーシステムは瞬時電力を増やすことができる。

【0087】

本発明の様々な実施形態によれば、検出器 1005 用の受信デバイスは、迷光を除去するレーザービームプロファイル（即ち、放射及び受信 IFOV）と一致させるプロファイルで構成可能である。例えば、式 $I / f_1 = L / f_2$ （但し、I は、受信デバイスの寸法を示し、L は、レーザービームのプロファイルを示し、 f_1 は、レンズ 1004 の焦点距離であり、 f_2 は、レンズ 1002 の焦点距離である）を用いて、レーザービームプロファイル（及び対応する光学的構成）に基づいて、検出器 1005 用のプロファイルを決めることができる。従って、戻りビーム以外の光信号を除去することができる。

30

【0088】

本発明の様々な実施形態によれば、様々な迷光を除去するために、空間フィルタリングデバイス及び/又は視野絞り開口デバイスなどの様々なタイプの光学デバイスを、戻りビームの光路に沿って配置することができる。例えば、空間フィルタリング及び視野絞り開口を使用して、散乱太陽光を除去することができる。更に、ライダーセンサーシステムは、太陽光検出で APD 利得を動的に調整可能な回路を使用することができる。

40

【0089】

図 12 は、本発明の様々な実施形態による、例示的なライダーシステムにおける空間フィルタリングの略図を示す。図 12 (a) に示すように、空間フィルタリングデバイス 1210 を、受信レンズ 106 と検出器 105 との間に配置することができる。空間フィルタリングデバイス 1210 は、開口部 1220 を有するスクリーン 1210 を含むことができる。迷光を除去するために、開口部 1220 を、受信レンズ 106 の焦点に配置してもよい。従って、受信レンズ 106 の方へ「正しい」方向に進むライダーセンサーシステムの画角で物体から後方反射された戻りビームだけが、この開口部を通過できると共に、他の不規則な方向の散乱光を遮断することができる。同様に、散乱太陽光も遮断することができる。

【0090】

50

図12(b)に示すように、空間フィルタリングデバイス1210上の開口部は、小さいピンホール1221(例えば、円形)又はスリット1222(例えば、長方形)とすることができる。例えば、空間フィルタリングデバイス1210上の開口部1220の形状は、レーザービームプロファイルと一致させるように構成可能である。様々な実施形態によれば、殆どの半導体レーザー放射器(又はダイオード)の内部構造のために、レーザービームプロファイルは、長方形又は楕円形とすることができる。ピンホールの場合、円形1221は、レーザービームプロファイルとあまり一致しない。従って、より多くの迷光が、開口部を通過して受信デバイスに到達することがある。一方、長方形スリットを使用する場合、開口部を通過する迷光の量は、大幅に減少することがある。従って、図12(b)に示すような例において、開口部1220を、長方形スリット1222、又はレーザービームプロファイルと一致させる他の適切な形状として構成することが好ましい。

10

【0091】

図13は、本発明の様々な実施形態による、例示的なライダーセンサーシステムにおいて空間フィルタリングを与える代替の手法を使用する概略図を示す。

【0092】

図13(a)に示すように、空間フィルタリングデバイス1320及び追加レンズ1322を、受信レンズ106と検出器1305との間に配置することができる。追加レンズ1322を使用して、空間フィルタリングデバイス1320を通過したフィルタ光を受信デバイス1305に集束させることができる。従って、検出器1305は、実質的に一層小さい受信面積を有する受信デバイス1205を使用する余裕がある。

20

【0093】

更に図13(b)に示すように、空間フィルタリングデバイス1330を、受信レンズ106とプリズム211及び212との間に配置することができる。従って、空間フィルタリング機構を適用して、出射ビーム及び戻りビームの両方で望ましくない光を遮断することができ、これによって、効率が向上する。

【0094】

図14は、本発明の様々な実施形態による、例示的なライダーセンサーシステムにおいて視野絞り開口部(FSA)を使用する概略図を示す。図14に示すように、一連の視野絞り開口部1411~1413を、検出器105の前に配置することができ、これらの構造体に当たる迷光を後方反射してもよい。従って、検出器105上の干渉を減らすことができる。

30

【0095】

図15は、本発明の様々な実施形態による、望ましくない後方反射を減少可能なライダーセンサーシステムの例示的な構成を示す。図15に示すように、ライダーセンサーシステム1500は、1対のプリズム1511及び1512を利用することができ、プリズムの各々を、中空モーター1513又は1514にそれぞれ組み込むことができる。更に、各プリズムは、共通軸1507を中心に独立して回転することができる。共通軸1507は、光軸1506に対して(ある角度で)傾斜されて、検出器1505の受信デバイスへの放射光の正反射を減少する。

【0096】

更に、光源1501は、1つ又は複数のレンズ1502を用いてコリメート可能なレーザービームを生成することができる。その上、ビームスプリッタ1503は、バッフル管1515で構成可能である。バッフル管1515は、コリメート光が、通過することができる。一方、ビームスプリッタ1503は、戻り光を収集する1つ又は複数のレンズ1504及び検出器1505を含んでもよい受信ユニットに戻りビームを向け直すことができる。更に、様々な光学構成要素をハウジング1515に封入して、光分離を確保することができ、これは、検出器1505に対する光学的汚染(又は干渉)を減らすのに役立つことができる。

40

【0097】

50

図16は、本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムを用いて検出するフローチャートを示す。図16に示すように、ステップ1601で、ライダーセンサーシステムは、コリメートされる光を生成することができる。ステップ1602で、ライダーセンサーシステムは、光を複数の光学素子に向けることができ、各光学素子は、共通軸を中心に独立して回転することができ、複数の光学素子は、センサーシステムの画角で1つ又は複数の物体に光パルスを一括して向けるように動作する。ステップ1603で、ライダーセンサーシステムは、複数の光学素子を介して、画角で1つ又は複数の物体から反射してきた光の光子エネルギーの少なくとも一部を受信することができる。更に、ステップ1604で、ライダーセンサーシステムは、受信した光子エネルギーを少なくとも1つの電気信号に変換することができる。

10

【0098】

図17は、本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムを制御する例示的な説明を示す。図17に示すように(上述の様々な例示的な説明にも示すように)、ライダーセンサーシステム1710は、光源1701、走査デバイス1702、及び受信デバイス1703を含むことができる。光源1701は、コリメート可能な単一レーザーパルス又は一連のレーザーパルスなどのレーザービームを生成することができる。走査デバイス1702は、周囲環境において物体を検出するためにコリメート光をステアリングすることができる。次に、周囲環境において画角1730で1つ又は複数の物体から後方反射された光の一部を、受信デバイス1703(例えば、検出器)に向けることができる。

20

【0099】

更に、ライダーセンサーシステム制御器1720などの制御器を使用して、ライダーセンサーシステム1710の動作を制御することができる。例えば、レーザーパルストリガ1711を使用して、レーザーパルスの生成を制御することができる。走査器1712を使用して、走査デバイスを制御することができる。測定ユニット1713を使用して、受信信号を処理し、画角1730で1つ又は複数の物体1721~1723までの距離を測定することができる。

【0100】

様々な実施形態によれば、レーザーパルストリガ1711を使用して、光源1701を制御し、環境を走査するために一連のレーザーパルスの生成することができる。レーザーパルスを、異なる方法でトリガすることができる。例えば、レーザーパルスを、特定の時間間隔でトリガすることができる。例えば、時間間隔を事前設定又は事前決定することができる。あるいは、(例えば、最初に、指向方向を検出し、次に、パルスを発射するかどうかを判定することによって)光パルスを動的に飛行中トリガすることができる。

30

【0101】

様々な実施形態によれば、ライダーセンサーシステム1710の周囲環境を走査するために、走査器1712は、走査デバイス1702を制御して、光パルスを異なる方向にステアリングすることができる。例えば、走査デバイス1702は、空気と異なる屈折率を各々が有する2つのプリズムを含むリズレープリズム対とすることができる。光パルスを、異なる空気/基板界面で屈折させてもよい。従って、各光パルスに対する最終指向方向は、最初の入射角度から偏差を有することができる。この偏差は、2つのプリズムが回転する時に、センサーシステムを取り囲む環境を走査するために使用可能である。

40

【0102】

様々な実施形態によれば、ライダーセンサーシステム1710は、検出物体と光源1701/受信デバイス1703との間をレーザー光が進むのにかかる時間を測定することによって画角1730で1つ又は複数の物体1721~1723までの距離を判定するTOFユニットなどの測定ユニット1713を使用することができる。

【0103】

様々な実施形態によれば、ライダーセンサーシステム1710は、周囲環境の走査に基づいてポイントクラウド1731を取得することができる。例えば、ポイントクラウドにおける各点は、出射信号(即ち、光パルス)の送信、及び画角1730で物体1721、

50

1722又は1723から後方反射された対象信号の受信に対応することができる。

【0104】

様々な実施形態によれば、ポイントクラウドにおける各目標点を、座標系内で取得することができる。例えば、ライダーセンサーシステムは、各光学素子の瞬間角位置に基づいて、ある時点における出射信号の角度を判定することができる。更に、ライダーセンサーシステムは、出射信号の送信と対象信号の受信との間のTOFに基づいて、目標点に対応付けられた距離を判定することができる。従って、各光学素子の瞬間角位置、及び目標点に対応付けられた距離に基づいて、座標系における各目標点の座標又は空間位置を判定することができる。

【0105】

様々な実施形態において、潜在的に複雑な形状のために、複数の目標点を、各物体1721、1722又は1723に対して検出してもよい。従って、ポイントクラウドにおける多数の目標点を取得することによって、ライダーセンサーシステム1710は、周囲環境に関する詳細情報を明らかにすることができる。

【0106】

様々な実施形態によれば、ライダーセンサーシステム1710は、様々な制約を満たすように構成可能である。例えば、眼の安全性のために規定された制約を満たすために、ライダーセンサーシステム1710は、特定の期間中に最大エネルギー量を制御する瞬時レーザーパルスエネルギー強度及び/又はレーザー繰り返し率を調整するように構成されてもよい。更に、ライダーセンサーシステム1710は、異なる幅又はエネルギーレベルを有するレーザーパルスを生成することができる。

【0107】

様々な実施形態によれば、ライダーセンサーシステム1710は、異なる戦略又は走査モードに基づいて、レーザー放射をトリガすることができる。例えば、ライダーセンサーシステム1710は、粗走査モード、微走査モード、又は固定点走査モードで動作してもよい。

【0108】

粗走査モードにおいて、ライダーセンサーシステム1710は、長距離及び高精度で個々の目標点を検出するために、低頻度でより強力なレーザーパルスを発射することによって、疎ポイントクラウドを取得することができる。従って、システムは、例えば空間に応じて走査方向をランダム化することによって、周囲環境に関する大きい画像を取得することができる。

【0109】

微走査モードにおいて、ライダーセンサーシステム1710は、高頻度で(即ち、高いレーザー放射速度で)レーザーパルスを発射することによって、状況に関するより詳細な情報を明らかにすることができるより多くの目標点を取得することができる。ここで、眼の安全性の制約を満たすために、各パルスを、より強力でないように構成することができる。

【0110】

更に、周囲環境における特定の角度又は方向が関心のある場合、ライダーセンサーシステム1710は、固定点走査を実行することができる。例えば、周囲環境における特定の方向が、例えば、粗走査及び/又は微走査の後、道路を横断する人を検出した後に、関心を持ってよい。ライダーセンサーシステムは、プリズムを回転させて、特定の方向の方へレーザーパルスをステアリングし、その特定の方向に(及びその特定の方向を中心に)一連のレーザーパルスを発射することができる。このような場合、小さい領域を走査するためにレーザーをステアリングするので、比較的多くのレーザーパルスを使用して、特定の方向に物体を検出することができる。レーザーエネルギーは、測定の範囲及び精度の両方を確保するのに十分高くすることができる。より小さい領域を走査するので、比較的多くの繰り返しを使用して、より優れた雑音指数を有する平均信号を取得することができる。従って、眼の安全性のために、レーザー繰り返し率が制限されている場合でも、ライダ

10

20

30

40

50

ーセンサーシステム 1710 は、一般的な走査よりも優れた信号対雑音比を達成することができる。

【0111】

図 18 は、本発明の様々な実施形態による、リズレープリズム対を回転させる偏差モデルの例示的な説明を示す。図 18 (a) に示すように、単一プリズムの場合、プリズムが均一の屈折率を有すると仮定して、一旦プリズムが 360 度回転すると、屈折ビームは、完全円 1810 を走査することができる。プリズムが回転する時に、ベクトル 1801 に対応付けられた点 1802、プリズムの回転によって生じる回転面で偏差ビームの角度を表す方向、及び偏差角を表す振幅を用いて、レーザービームの瞬時偏差を表すことができる。

10

【0112】

更に、2つのプリズムを、光路に沿って平行に（又は積み重ねて）配置することができる。従って、第1のプリズムベクトル及び第2のプリズムベクトルを合計することによって得られる最終点を用いて、2つのプリズムの回転によって生じる偏差ビームの最終指向方向を表すことができる。スネルの法則によれば、第2のベクトルの長さは、相対角度に対してわずかに変化することがあるけれども、近軸近似（小さい角度に適用する）を用いて、ベクトルの長さを一定として処理してもよい。

【0113】

図 18 (b) に示すように、2つのプリズムを同じ方法で方向付ける場合（即ち、第1のプリズムベクトル 1811 及び第2のプリズムベクトル 1812 を同じ方向に整列させる場合）、最大偏差を表す外円 1820 上の点 1813 に到達することができる。一方、点 1823 は、2つのプリズムを同じ方法で方向付けない場合（即ち、第1のプリズムベクトル 1821 及び第2のプリズムベクトル 1822 が異なる同じ方向にある場合）に到達できる偏差を表す。従って、2つのプリズムが同じである場合、ライダーセンサーシステムは、特定のベクトル構成を用いて（即ち、2つのプリズムを適切に方向付けて）、外円 1820 内で任意の点に到達することができる。

20

【0114】

本発明の様々な実施形態によれば、1対のプリズムが回転する時に、ステアリングビームは、回転軸を中心に進むことができる。図 2 に示すような例において、制御器 208 を使用して、個々のプリズムの回転を制御することができる。各プリズムは、独立して回転し、プリズムの瞬時位置及び（入射）ビームの入射角で決まる方向にビームを一括してステアリングする。従って、ステアリングビームを使用して、画角内で周囲環境を走査することができる。個々のプリズムのそれぞれの回転によって、近軸近似を用いて、最終ビーム角度に対する数式を、次式で表すことができる。

30

【数 27】

$$\vec{P} = \vec{A} + \vec{B}$$

但し、

【数 28】

$$\vec{A}$$

40

及び

【数 29】

$$\vec{B}$$

は、2つのプリズムによってそれぞれ定義される2つのベクトルである。

【0115】

従って、デカルト座標において、最終ビーム角度は、次式の通りである。

$$A_x = A \cos (\quad_A t + \quad_A)$$

$$A_y = A \sin (\quad_A t + \quad_A)$$

50

$$B_x = B \cos(\omega_B t + \theta_B)$$

$$B_y = B \sin(\omega_B t + \theta_B)$$

但し、 A 及び B は、振幅（1対の同じプリズムに対して同一とすることができる）であり、 ω は、回転角速度であり、 θ は、各プリズムに対する初期角度である。

【0116】

様々な実施形態によれば、2つのプリズム間の相対回転速度などの個々のプリズムの各回転によって、走査を異なるパターンで実行してもよい。図19は、本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムを用いた異なる走査パターンの例示的な説明を示す。2つのプリズムの回転を制御することによって、ライダーセンサーシステムは、リサーチ図形として特徴付けられる異なる走査パターンを達成することができる。

10

【0117】

図19(a)に示すように、2つの角速度間の差が小さい場合（即ち、相対速度が小さい場合）、螺旋形走査パターンが得られ得る（即ち、光パルスは、走査に有利な画角全体に広がる）。一方、図19(b)に示すように、差が大きい場合（又は、2つのプリズムが異なる方向に回転している場合）、花形走査パターンを得ることができる（即ち、光パルスは、測距に有利な画角の中心の方へ層密集している）。

【0118】

様々な実施形態によれば、ライダーセンサーシステムは、様々な走査ニーズのために、2つのプリズムの角位置又は角速度を動的に調整することができる。例えば、動的制御手法を使用して、異なるポイントクラウドパターンを達成することができる。

20

【0119】

図3に示すような例を用いて、両方のプリズムが定角速度で回転する場合、レーザーパルスは、中心の方へ層密集していてもよい。幾つかの実施形態において、ライダーセンサーシステムは、異なる走査領域の中でレーザーパルスを均一に分布させるために、プリズムが反対方向に近い場合（即ち、そのビームが中心に近い場合）、モーター間の角速度差を増大することができる。

【0120】

様々な実施形態によれば、環境の均一走査を達成するために、放射周波数を動的に調整してもよい。例えば、各プリズムに対する偏差角が一定であり、回転速度が一定である場合、放射周波数は、 $\sin(\theta_1 - \theta_2)$ （但し、 θ_1 及び θ_2 は、各プリズムに対するそれぞれの瞬時角度であり、 $\theta_1 - \theta_2$ は、任意の所与の時点における角度差である）に比例しているように構成可能である。例えば、 $\theta_1 - \theta_2 = 0$ である場合、2つのプリズムは、同じ方位を有する。一方、 $\theta_1 - \theta_2 = 180$ 度である場合、2つのプリズムは、逆の方位を有する。

30

【0121】

従って、ライダーセンサーシステムは、均一走査（又は分布）ポイントクラウドを得るために、画角を有する異なる方向に同様又は均一の走査速度を達成することができる。図20は、本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムを用いた均一走査パターンの例示的な説明を示す。

【0122】

様々な実施形態によれば、ライダーシステムは、各プリズムの角位置を動的に調整して、レーザービームを特定の関心領域（ROI）にステアリングすることができる。このような方法を用いて、ライダーシステムは、2つのプリズムの角位置を正確に制御することによって、指向性ビーム走査を達成することができる。その結果、ライダーセンサーシステムは、レーザービームを特定の方向に正確に指向して、その角度で物体に対する距離を測定することができる。更に、ライダーシステムは、2つのプリズムの角位置を正確に制御することによって、物体追跡を達成することができる。その結果、ライダーセンサーシステムは、（例えば、フィードバック制御ループを用いて）特定の移動物体を追跡することができる。

40

【0123】

50

図 2 1 は、本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステム用のビームステアリングを制御する例示的な説明を示す。図 2 1 に示すように、偏差ベクトル

【数 3 0】

$$\vec{l} \quad 2101$$

に対応付けられた点 2 1 1 3 は、望ましい方位角 2 1 0 2 を表す。従って、ライダーセンサーシステム 2 1 0 0 は、

【数 3 1】

$$\vec{P}_1 \quad 2111$$

及び

【数 3 2】

$$\vec{P}_2 \quad 2112$$

によってそれぞれビームをそらすことができる角位置に 2 つのプリズムを回転させることができる。従って、

【数 3 3】

$$\vec{l}$$

の振幅と

【数 3 4】

$$\vec{P}_1 \quad 2111$$

及び

【数 3 5】

$$\vec{P}_2 \quad 2112$$

の振幅とに基づいて、角度 2 1 0 3 を得ることができ、2 つのプリズムに対する角度（又は方位）を、それぞれ + 及び - として決定することができる。

【0 1 2 4】

【数 3 6】

$$\vec{l}$$

が変化する時に、即ち、望ましい指向方向を、（振幅又は角度、又は振幅及び角度の両方で）変える場合、ライダーセンサーシステムは、変化に応じて調整するために、計算された に従って再構成可能である。更に、ライダーセンサーシステムは、角度 を直接変えて、方位角変化に追従してもよい。例えば、プリズムが同じであると仮定して、近軸近似（即ち、

【数 3 7】

$$\vec{P}_1 \quad 2111$$

及び

【数 3 8】

$$\vec{P}_2 \quad 2112$$

は同じ振幅を有する、又は

【数 3 9】

$$P = |\vec{P}_1| = |\vec{P}_2|$$

である）を用いて、角度 2 1 0 3 を、

10

20

30

40

50

【数 4 0】

$$\beta = \arccos\left(\frac{|\vec{l}|}{2P}\right)$$

として計算することができる。更に、2つのプリズムに対する角度を交換することができる、最終指向ベクトル

【数 4 1】

$$\vec{l} \quad 2101$$

は、同じままである。

【0 1 2 5】

様々な実施形態によれば、様々な手法を使用して、三次元走査を達成することができる。様々な実施形態において、2つのプリズムは、同じでない場合もある。例えば、一方のプリズムは、他方のプリズムよりも大きい傾斜角を有することがある。更に、プリズムを、同じ又は同様の効果をねらって、透過格子と交換することができる。更に、回転プリズムを、他の走査方法と組み合わせることができる。

【0 1 2 6】

図 2 2 は、本発明の様々な実施形態による、代替のライダーセンサーシステムの例示的な説明を示す。図 2 2 (a) に示すように、光源によって生成された光は、まず、プリズムを通過することができ、光を走査鏡に向けることができる。次に、走査鏡は、光を向け直して周囲環境を検出することができる。同様に、図 2 2 (b) に示すように、光源によって生成された光は、まず、光をプリズムに反射する働きをする走査鏡を通過することができ、次に、光を異なる方向にステアリングすることができる。

【0 1 2 7】

上述の例の場合、ライダーシステムは、反射のために、最初の放射方向と実質的に異なる出射方向に光をステアリングすることができる。更に、一方の例において、プリズム及び鏡の両方が回転可能であってもよい。従って、センサーシステムは、環境で異なる方向に光を調整してステアリングすることができる。

【0 1 2 8】

更に、図 2 2 (c) に示すように、ライダーセンサーシステムは、複数のプリズムを利用することができ、各プリズムを個別に制御して、共通軸を中心に独立して回転することができる。従って、ライダーセンサーシステムは、周囲環境の走査においてより多く制御することができる。

【0 1 2 9】

様々な実施形態によれば、ライダーセンサーシステムの F O V が制限されていても（即ち、画角が狭い）、ライダーセンサーシステムは、周囲環境で大きい領域を走査することができる。

【0 1 3 0】

様々な実施形態によれば、ライダーセンサーシステムは、様々なタイプのセンサーと一緒に使用可能である。例えば、ライダーセンサーシステムは、拡張カルマンフィルタ（EKF）アルゴリズムなどの様々なデータ融合アルゴリズムを利用することによって、周囲環境をマップする慣性測定ユニット（IMU）/ Gyro / GPS と一緒に使用可能である。更に、周囲環境の検出を向上させるために、ライダーセンサーシステムをあちこち移動させることができる。更に、より多くの情報を取得することによって（例えば、ある期間にわたって情報を蓄積することによって）、ライダーセンサーシステムは、周囲環境の検出を向上させることができる。

【0 1 3 1】

図 2 3 は、本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムを様々な可動プラットフォームに装着する例示的な説明を示す。

10

20

30

40

50

【0132】

図23(a)に示すように、1つ又は複数の回転プリズム(例えば、リズレープリズム対又は他の光学素子)を有するライダーセンサーシステムを、並進運動を可能にする移動車両などの装着プラットフォームに装着することができる。例えば、装着プラットフォームは、それ自体の位置及び運動の両方に気付いていることができる。更に、装着プラットフォームは、各プリズム又は各光学素子の位置及び方位(即ち、角位置)に気付いていることができる。

【0133】

同様に、図22(b)に示すように、1つ又は複数の回転プリズムを有するライダーセンサーシステムを、回転ベースに装着することができる。例えば、装着プラットフォームは、それ自体の位置及び運動の両方に気付いていることができる。更に、装着プラットフォームは、各プリズム又は光学素子の位置及び方位(即ち、角位置)に気付いていることができる。

10

【0134】

従って、ライダーセンサーシステムは、並進又は回転の方法で周囲環境における移動領域を走査することができる。

【0135】

図24は、本発明の様々な実施形態による、三次元走査を実行するライダーセンサーシステムを使用する例示的な説明を示す。図24(a)に示すように、ライダーセンサーシステムを、2軸ジンバルによって支えることができる。更に、図24(b)に示すように、1軸ジンバルを使用して、ライダーセンサーシステムを支えることができる。あるいは、他のタイプのジンバルを、制限なく使用可能である。

20

【0136】

ライダーセンサーシステムにおける光学素子(例えば、リズレープリズム)の回転運動、及びジンバルによって生じる回転運動を組み合わせ、図24(a)又は図24(b)に示すようなセンサーシステムを使用して、三次元空間でランダム方向にライダーセンサーシステムのFOV(又は画角)を向けることができる。

【0137】

様々な実施形態によれば、他の手法を使用して、大きいFOV(又は画角)を取得することができる。図25は、本発明の様々な実施形態による、複数のライダーセンサーシステムを組み合わせる例示的な説明を示す。図25に示すように、ライダーセンサーシステムの複数のユニットを組み合わせることができ、各ユニットは、異なる方向に向かい合っており、より大きい結合FOVを達成する。更に、ライダーセンサーシステムの複数のユニットを、ベース/車両の異なる位置に配置して、同じ又は同様の効果を達成することができる。更に、ライダーセンサーシステムの複数のユニットを、重複FOVで配置して、特定の角度範囲内でより高い点密度を与えることができる。

30

【0138】

図26は、本発明の様々な実施形態による、ライダーセンサーシステムを用いて走査するフローチャートを示す。図26に示すように、ステップ2601で、ライダーセンサーシステムは、異なる時点で一連の光パルスを生成することができる。ステップ2602で、ライダーセンサーシステムは、一連の光パルスを複数の光学素子に向けることができ、各光学素子は、実質的に共通である軸を中心に回転することができる。ステップ2603で、ライダーセンサーシステムは、各前記光学素子の各回転を制御して、画角で異なる方向に一連の光パルスを一括して向けることができる。更に、ステップ2604で、ライダーセンサーシステムは、画角で1つ又は複数の物体から反射してきた前記光パルスの光子エネルギーの少なくとも一部を受信することに基づいて各々が検出される複数の目標点を取得することができる。

40

【0139】

ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又はこれらの組み合わせを用いて、又はこれらの援助によって、本発明の多くの特徴を実現することができる。その結果、処理

50

システム（例えば、1つ又は複数のプロセッサを含む）を用いて、本発明の特徴を実現してもよい。例示的なプロセッサは、1つ又は複数の汎用マイクロプロセッサ（例えば、シングル又はマルチコアプロセッサ）、特定用途向け集積回路、特定用途用命令セットプロセッサ、グラフィックス処理ユニット、物理処理ユニット、デジタル信号処理ユニット、コプロセッサ、ネットワーク処理ユニット、音声処理ユニット、暗号化処理ユニットなどを含むことができるが、これらに限定されない。

【0140】

ここに示す特徴の何れかを実現する処理システムをプログラム化するのに使用可能な命令が記憶された記憶媒体（媒体）又はコンピュータ可読媒体（媒体）であるコンピュータプログラム製品を用いて、又はコンピュータプログラム製品の援助によって、本発明の特徴を実現することができる。記憶媒体は、フロッピーディスク、光ディスク、DVD、CD-ROM、マイクロドライブ、及び光磁気ディスクを含む任意のタイプのディスク、ROM、RAM、EPROM、EEPROM、DRAM、VRAM、フラッシュメモリデバイス、磁気又は光カード、ナノシステム（分子メモリICを含む）、又は、命令及び/又はデータを記憶するのに適した任意のタイプの媒体又はデバイスを含むことができるが、これらに限定されない。

10

【0141】

機械可読媒体（媒体）の何れか1つに記憶される場合、処理システムのハードウェアを制御し、本発明の結果を活用する他の機構と処理システムが対話できるソフトウェア及び/又はファームウェアに、本発明の特徴を組み込むことができる。このようなソフトウェア又はファームウェアは、アプリケーションコード、デバイスドライバ、オペレーティングシステム及び実行環境/容器を含んでもよいが、これらに限定されない。

20

【0142】

例えば、特定用途向け集積回路（ASICs）及びフィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ（FPGA）デバイスなどのハードウェア構成要素を用いたハードウェアで、本発明の特徴を実現してもよい。ここに記載の機能を実行するようなハードウェア状態機械の実装形態は、当業者に明らかである。

【0143】

更に、1つ又は複数のプロセッサ、本開示の教示に従ってプログラム化されたコンピュータ可読記憶媒体及び/又はメモリを含む、1つ又は複数の従来汎用又は専用デジタルコンピュータ、計算デバイス、機械、又はマイクロプロセッサを用いて、本発明を都合よく実行してもよい。ソフトウェア業界の当業者に明らかであるように、本開示の教示に基づいて、熟練プログラマによって、適切なソフトウェアコーディングを容易に準備することができる。

30

【0144】

本発明の様々な実施形態が上述されているが、実施形態は、一例として提示されており、限定されないものとする。本発明の精神と範囲から逸脱することなく、形態及び詳細の様々な変更を加えることができるが、当業者に明らかである。

【0145】

本発明は、特定機能の性能及びこの特定機能の関係を例示する機能ビルディングブロックの援助によって上述されている。これらの機能ビルディングブロックの境界は、説明の便宜上、ここで任意に定義されていることが多い。特定機能及びこの特定機能の関係を適切に実行する限り、代替りの境界を定義することができる。従って、このような任意の代替りの境界は、本発明の範囲と精神の範囲内である。

40

【0146】

本発明の上述の説明は、例示及び説明の目的で提供されている。完全に網羅されているものではなく、又は、開示の正確な形態に本発明を限定するものでもない。本発明の範囲は、上述の例示的な実施形態の何れかによって限定されるべきではない。多くの変更及び変型は、当業者に明らかである。変更及び変型は、開示の特徴の任意の関連組み合わせを含む。本発明の原理及びその実際の用途を最も良く説明するために、実施形態は、選択さ

50

れ記載された。これにより、考えられる特定の用途に適した様々な変更を有する、様々な実施形態に対する本発明を、他の当業者は理解することができる。下記の特許請求の範囲及びそれらの均等物によって、本発明の範囲を規定することを意図している。

[項目 1]

センサーシステムであって、コリメートされている光パルスを生成する光源と、
実質的に共通である軸を中心に独立して回転するように各々が構成されている複数の光学素子であって、センサーシステムの画角で1つ又は複数の物体に上記コリメートされた光パルスを一括して向けるように動作する複数の光学素子と、
上記複数の光学素子を介して、上記センサーシステムの上記画角で上記1つ又は複数の物体から反射してきた上記光パルスの光子エネルギーの少なくとも一部を受信し、上記受信した光子エネルギーを少なくとも1つの電気信号に変換する検出器と、を含む、
センサーシステム。

10

[項目 2]

上記複数の光学素子のうち少なくとも1つは、プリズム、格子、鏡、又は光フェーズドアレイである、項目1に記載のセンサーシステム。

[項目 3]

上記複数の光学素子は、回転を介して少なくとも2つの異なる方向に上記光パルスを向ける、項目2に記載のセンサーシステム。

[項目 4]

上記複数の光学素子のうち少なくとも2つの光学素子は、異なる角速度で回転する、項目3に記載のセンサーシステム。

20

[項目 5]

上記複数の光学素子のうち少なくとも2つの光学素子は、異なる初期位置から回転を開始する、項目3に記載のセンサーシステム。

[項目 6]

上記光源と上記複数の光学素子との間に配置されているビームスプリッタを更に含み、上記ビームスプリッタは、光パルスを上記複数の光学素子に向け、そして1つまたは複数の物体から反射された光パルスの光子エネルギーを検出器に向けるように構成される、項目1に記載のセンサーシステム。

[項目 7]

上記光源の散乱光が上記検出器と干渉するのを防止するために上記ビームスプリッタ上の光出口を延在させるバッフル管を更に含む、項目6に記載のセンサーシステム。

30

[項目 8]

上記複数の光学素子のうち少なくとも1つの光学素子は、上記光源から上記検出器への入射光の反射を減らすために傾斜されている、項目6に記載のセンサーシステム。

[項目 9]

上記検出器と上記複数の光学素子との間に配置されている放射構造体を更に含み、上記放射構造体は上記光源によって生成された上記光パルスを上記複数の光学素子に向ける鏡を含む、項目1に記載のセンサーシステム。

[項目 10]

上記放射構造体は、上記光パルスのビームプロファイルと一致させる狭いプロファイルを有する、項目9に記載のセンサーシステム。

40

[項目 11]

上記放射構造体は、上記1つ又は複数の物体から反射してきた戻り光パルスの遮断を減らすために中心から外れて配置されている、項目9に記載のセンサーシステム。

[項目 12]

上記光学素子の各々に、反射を減らす膜が塗布されている、項目1に記載のセンサーシステム。

[項目 13]

上記光パルスの波長と一致させる帯域通過フィルタを更に含む、項目1に記載のセンサ

50

ーシステム。

[項目 1 4]

上記検出器用の受信デバイスは、上記光パルスのビームプロファイルと一致させるプロファイルで構成されている、項目 1 に記載のセンサーシステム。

[項目 1 5]

散乱光又は反射光が上記検出器に到達するのを防止する空間フィルタリング装置を更に含み、上記空間フィルタリング装置は上記光パルスのビームプロファイルと一致させる少なくとも 1 つのピンホール又はスリットを含む、項目 1 に記載のセンサーシステム。

[項目 1 6]

上記検出器の前に配置されている視野絞り開口部を更に含み、項目 1 4 に記載のセンサーシステム。

10

[項目 1 7]

上記光パルスは、太陽光の強度と少なくとも同等の強度で放射される、項目 1 に記載のセンサーシステム。

[項目 1 8]

上記センサーシステムが放射窓を有するハウジングに封入されている、項目 1 に記載のセンサーシステム。

[項目 1 9]

画角で 1 つ又は複数の物体を検出する方法であって、

コリメートされる光パルスを生成するステップと、

20

上記光パルスを複数の光学素子に向けるステップであって、上記光学素子の各々は、実質的に共通である軸を中心に独立して回転することができ、上記複数の光学素子は、上記画角で上記 1 つ又は複数の物体に上記光パルスを一括して向けるように動作するステップと、

上記複数の光学素子を介して、上記画角で上記 1 つ又は複数の物体から反射してきた上記光の光子エネルギーの少なくとも一部を受信するステップと、

上記受信した光子エネルギーを少なくとも 1 つの電気信号に変換するステップとを含む、方法。

[項目 2 0]

コリメートされている光パルスを生成する光源と、

30

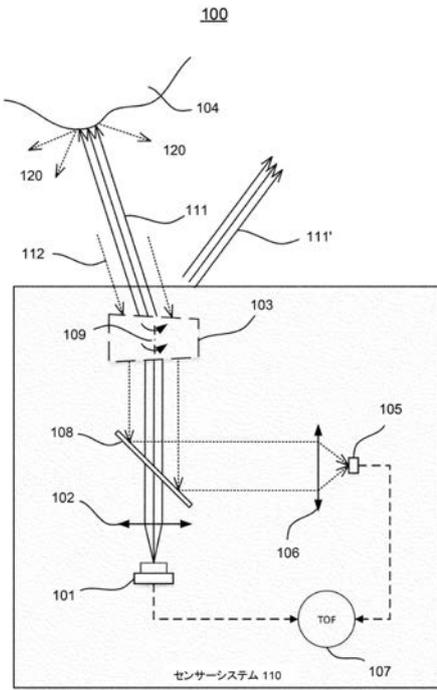
実質的に共通である軸を中心に独立して回転するように各々が構成されている 1 対のプリズムであって、センサーシステムの画角で 1 つ又は複数の物体に上記光パルスを一括して向けるように動作する 1 対のプリズムと、

上記 1 対のプリズムを介して、上記センサーシステムの上記画角で上記 1 つ又は複数の物体から反射してきた上記光パルスの光子エネルギーの少なくとも一部を受信し、

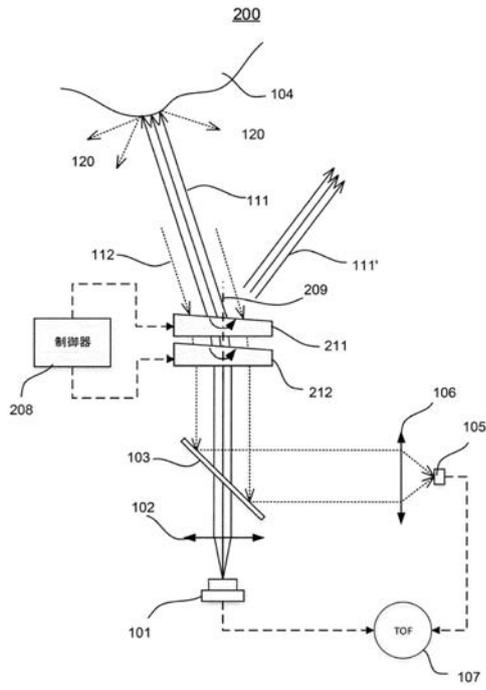
上記受信光子エネルギーを少なくとも 1 つの電気信号に変換する検出器と

を含む、センサーシステム。

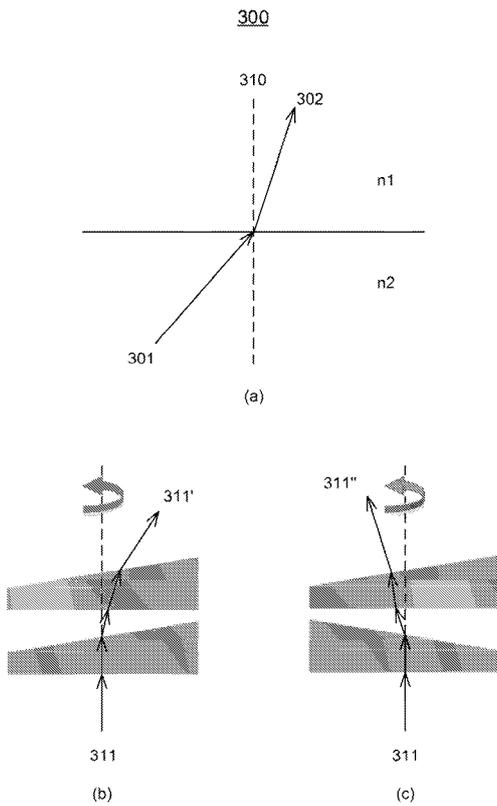
【 図 1 】



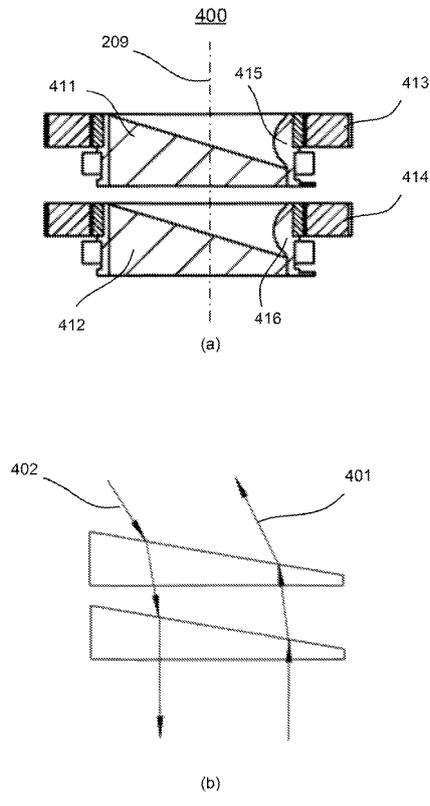
【 図 2 】



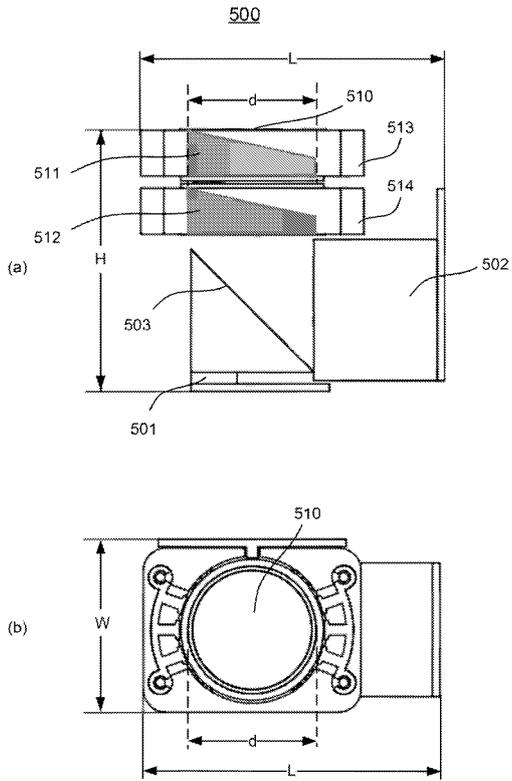
【 図 3 】



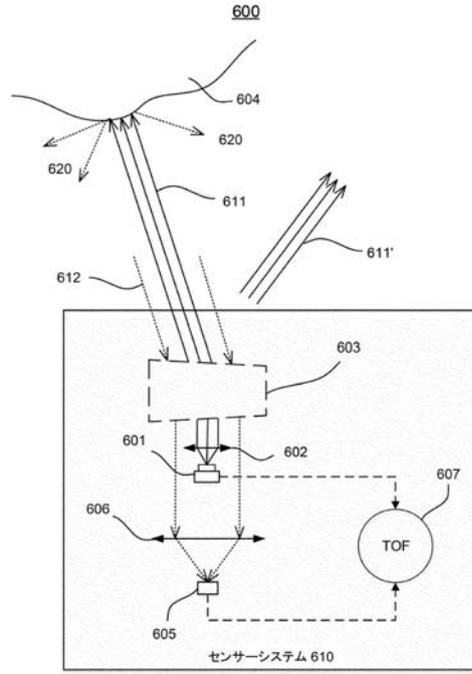
【 図 4 】



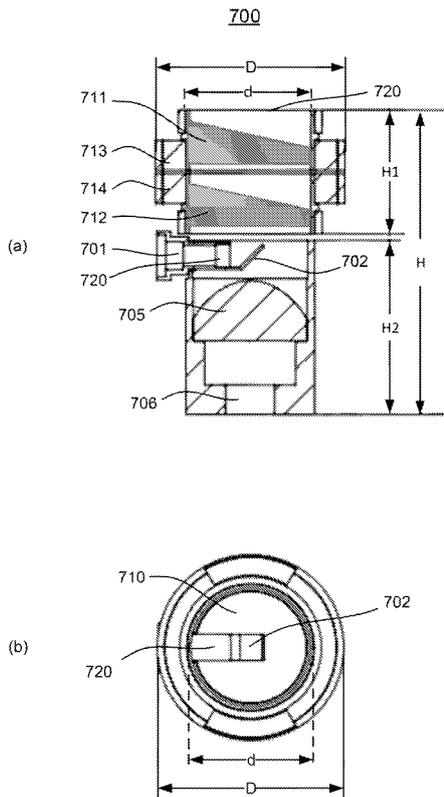
【 図 5 】



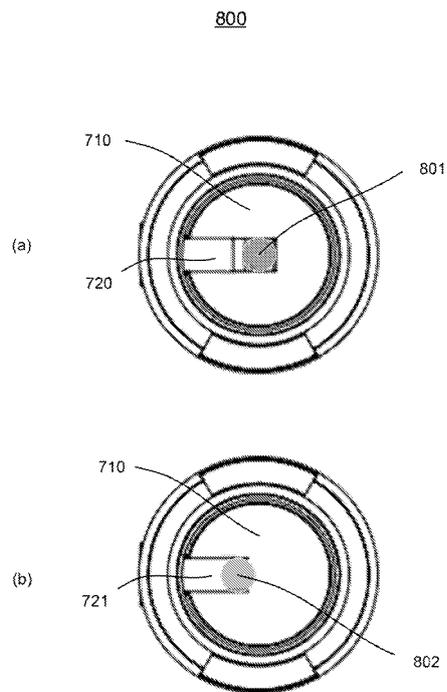
【 図 6 】



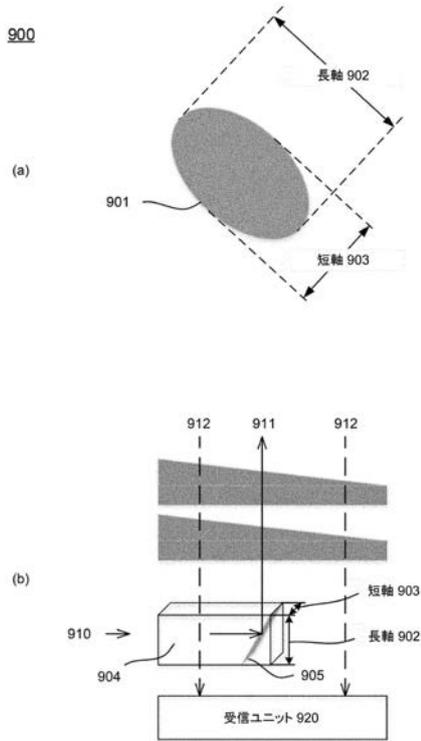
【 図 7 】



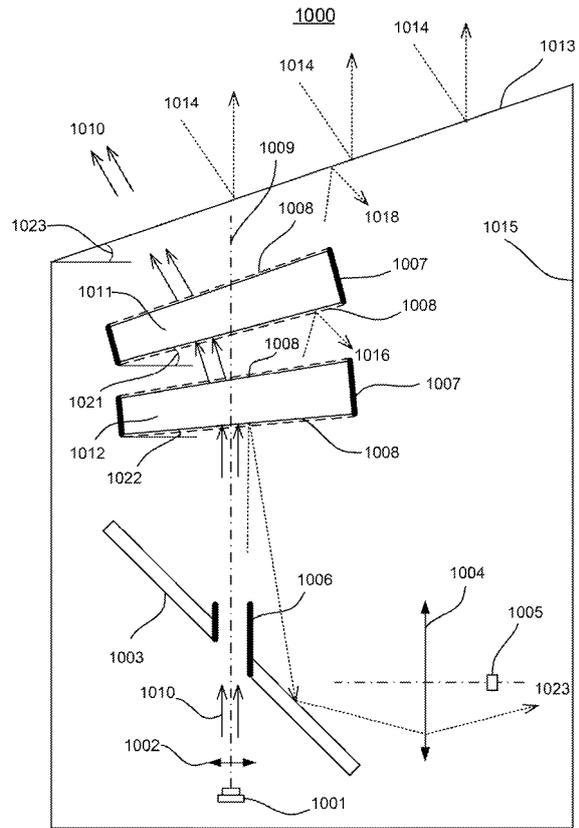
【 図 8 】



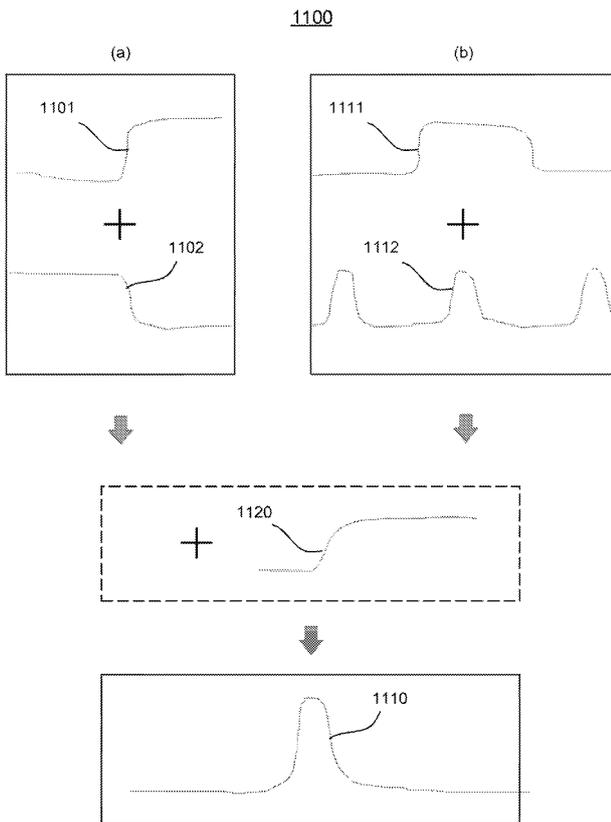
【図 9】



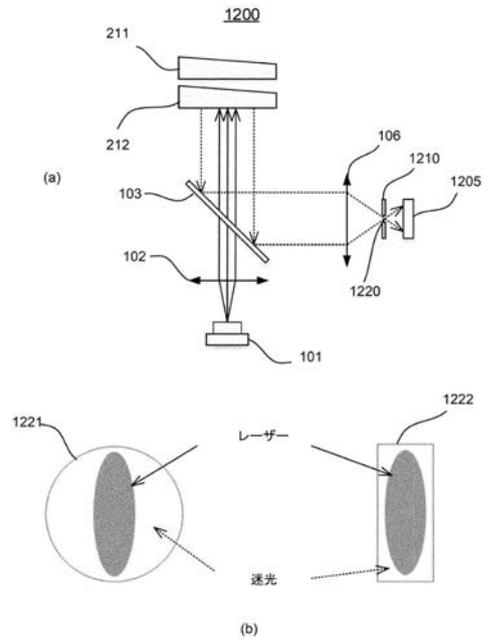
【図 10】



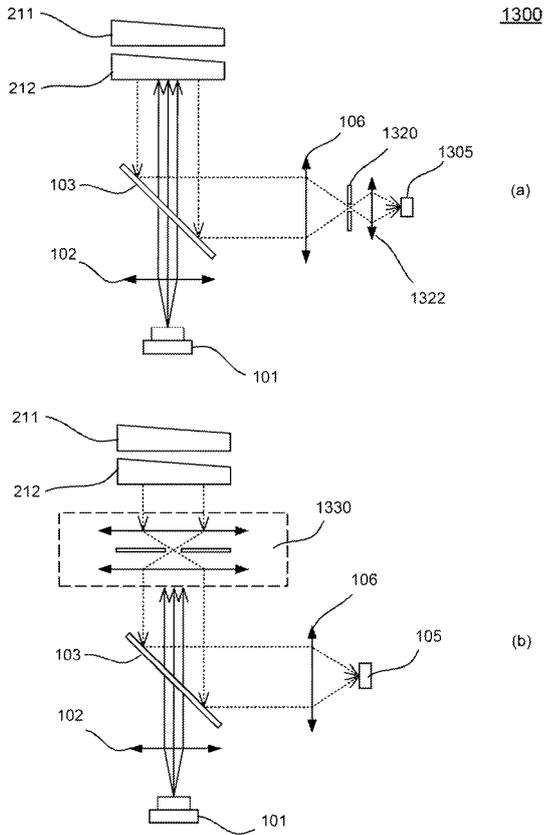
【図 11】



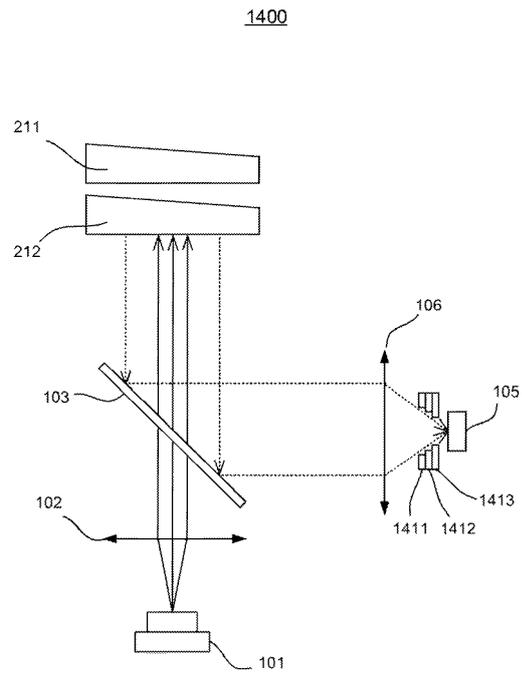
【図 12】



【図13】

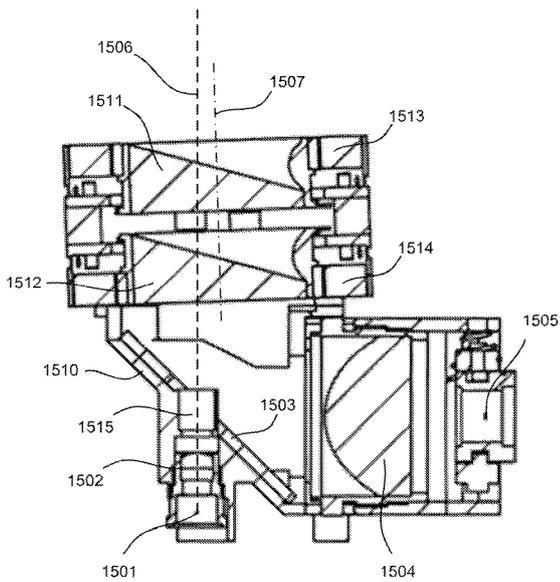


【図14】



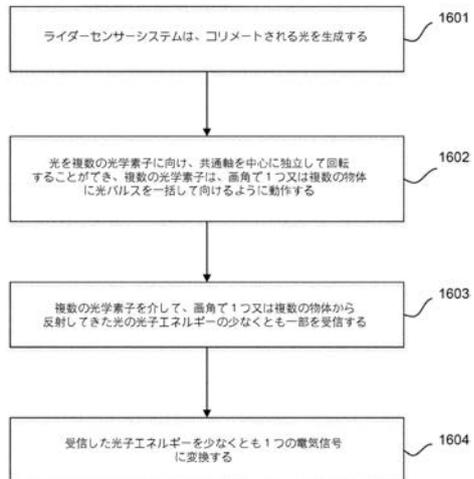
【図15】

1500

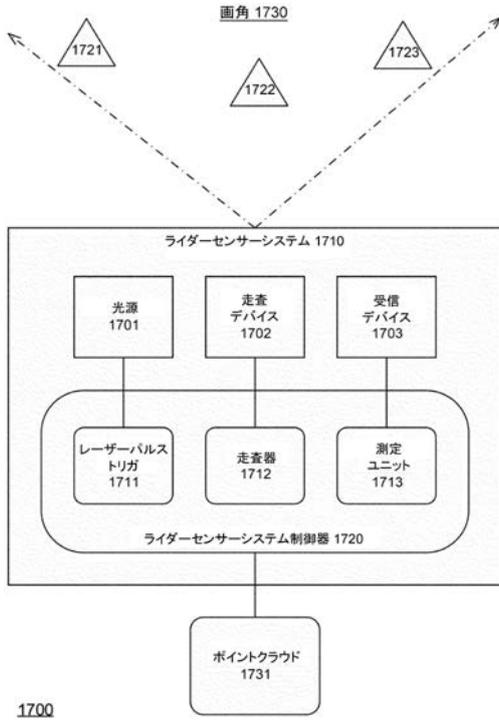


【図16】

1600

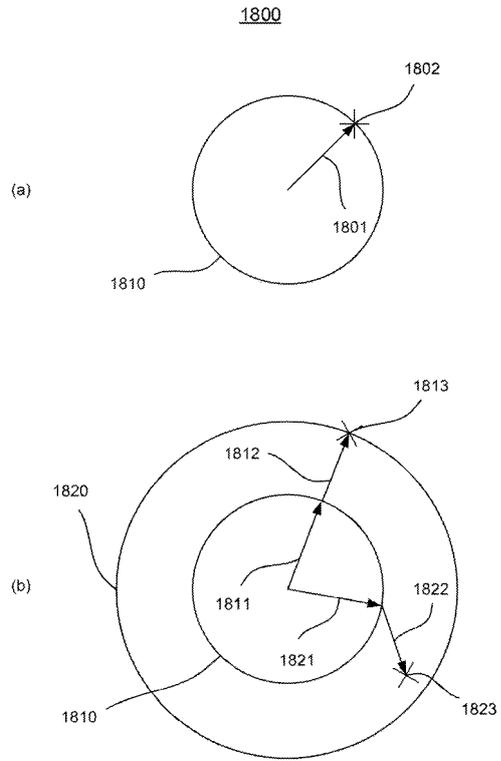


【図 17】



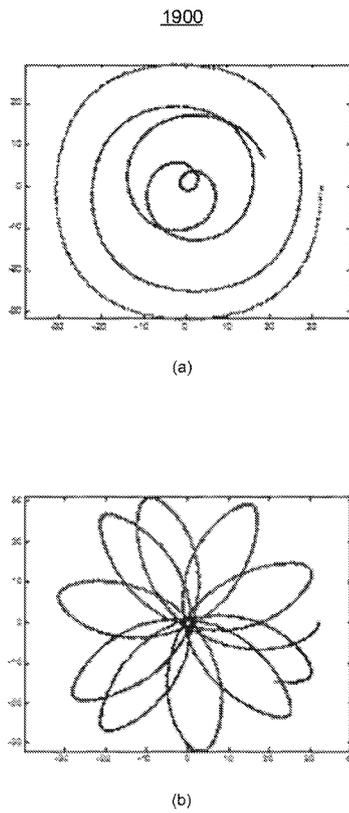
1700

【図 18】



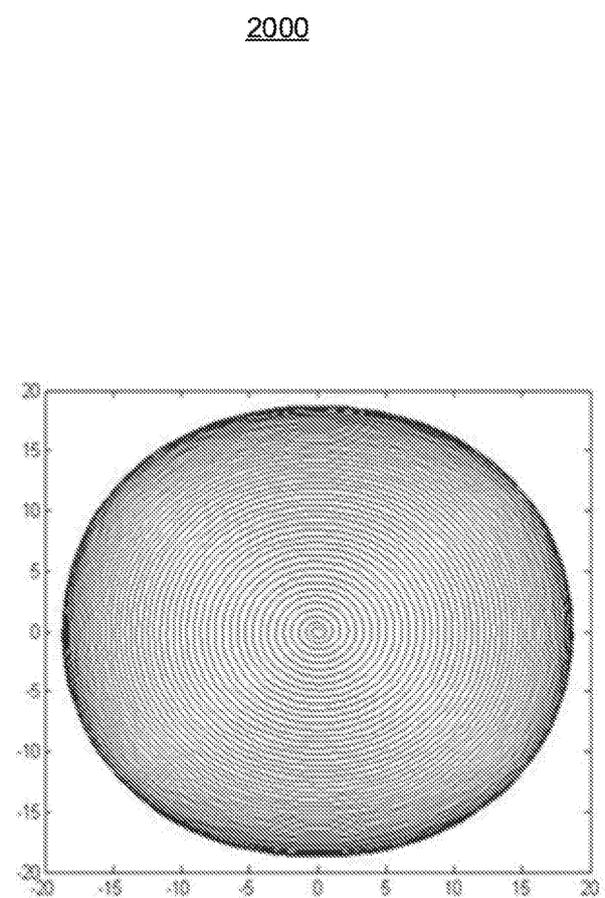
1800

【図 19】



1900

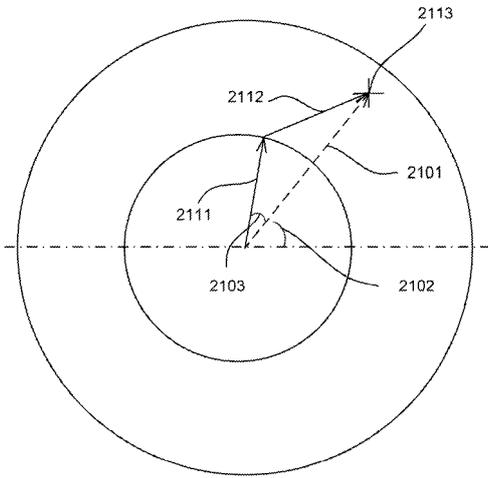
【図 20】



2000

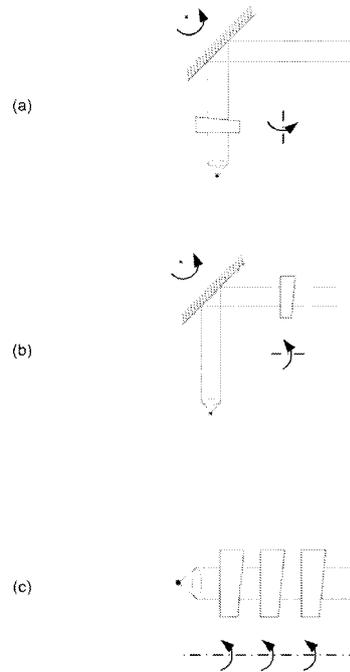
【 図 2 1 】

2100



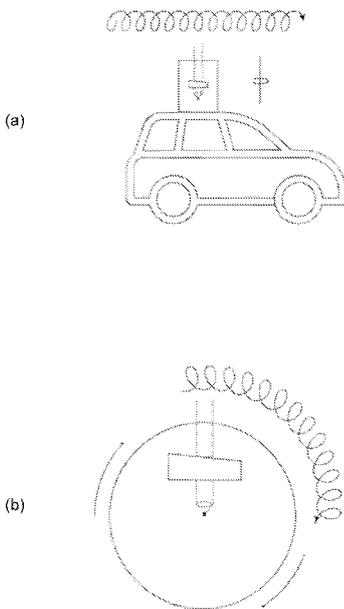
【 図 2 2 】

2200



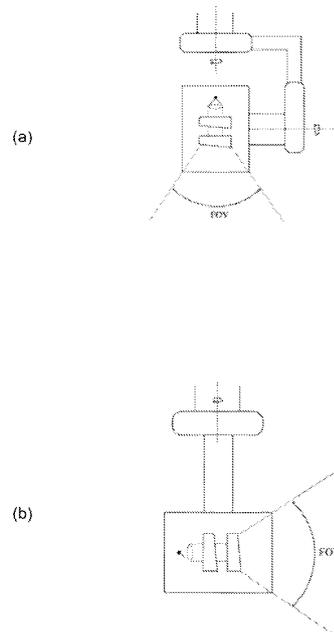
【 図 2 3 】

2300



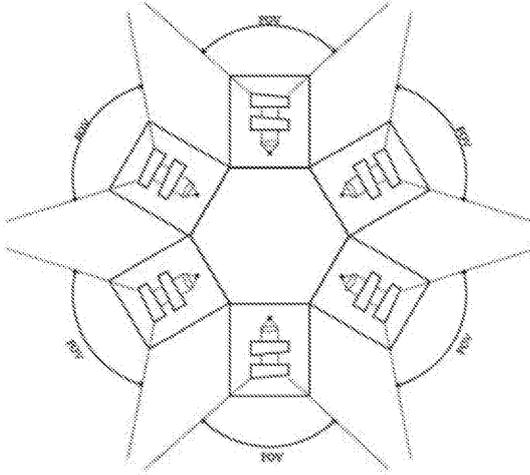
【 図 2 4 】

2400



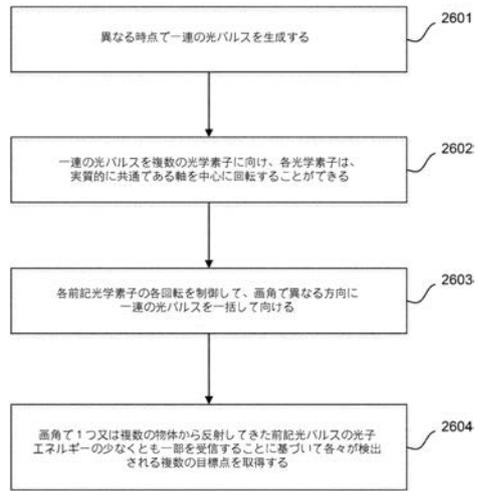
【 図 2 5 】

2500



【 図 2 6 】

2600



フロントページの続き

(74)代理人 110000877

龍華国際特許業務法人

(72)発明者 ホン、シアオピン

中華人民共和国、グアンドン、シェンジェン、ナンシャン ディストリクト、ハイ - テク パーク
(サウス) ユエシン 1 エスティー ロード ナンバー 9、エイチケーユーエスティー エスゼ
ット アイイーアール ビルディング、6 エフ エスゼット ディージェイアイ テクノロジー
カンパニー リミテッド内

(72)発明者 ホアン、ファイ

中華人民共和国、グアンドン、シェンジェン、ナンシャン ディストリクト、ハイ - テク パーク
(サウス) ユエシン 1 エスティー ロード ナンバー 9、エイチケーユーエスティー エスゼ
ット アイイーアール ビルディング、6 エフ エスゼット ディージェイアイ テクノロジー
カンパニー リミテッド内

(72)発明者 シエ、ジエピン

中華人民共和国、グアンドン、シェンジェン、ナンシャン ディストリクト、ハイ - テク パーク
(サウス) ユエシン 1 エスティー ロード ナンバー 9、エイチケーユーエスティー エスゼ
ット アイイーアール ビルディング、6 エフ エスゼット ディージェイアイ テクノロジー
カンパニー リミテッド内

F ターム(参考) 2H042 CA12 CA17

2H043 AA02 AA21 AA24 AB05 AB14 AD02 AD11 AD22

2H045 AF12 BA12 CB63 CB65 DA11 DA26

5J084 AA05 AD01 BA04 BA38 BA49 BA50 BB02 BB04 BB13 BB21

CA03

【外国語明細書】

2021131539000001.pdf