

(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2016-524709

(P2016-524709A)

(43) 公表日 平成28年8月18日 (2016.8.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO 1 B 11/24 (2006.01)</b>	GO 1 B 11/24	K 2 F 0 6 5
<b>GO 1 B 11/25 (2006.01)</b>	GO 1 B 11/25	H

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2016-517191 (P2016-517191)	(71) 出願人	512195902 ヘプタゴン・マイクロ・オブティクス・プライベート・リミテッド HEPTAGON MICRO OPTICS PTE. LTD. シンガポール、738317 シンガポール、ウッドランズ・ループ、26
(86) (22) 出願日	平成26年6月5日 (2014.6.5)	(74) 代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(85) 翻訳文提出日	平成28年2月3日 (2016.2.3)	(72) 発明者	オッジェ, ティエリー スイス、8049 チューリッヒ、イム・シュテルツェナッカー、17
(86) 国際出願番号	PCT/EP2014/001526	(72) 発明者	デシュラー, マティアス スイス、1700 フリブール、ルート・サン・ニコラードゥーフリュ、4・アー
(87) 国際公開番号	W02014/195020		最終頁に続く
(87) 国際公開日	平成26年12月11日 (2014.12.11)		
(31) 優先権主張番号	61/831, 647		
(32) 優先日	平成25年6月6日 (2013.6.6)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】 能動照明を備えるセンサシステム

## (57) 【要約】

本発明は、能動照明に基づいた視覚センサに関する。撮像システムは、撮像センサを含み、各々が近赤外域に波長を有する少なくとも2つの異なる照明光源によって照明されるシーンの画像を処理するように構成されている。一変形例では、撮像システムは、3次元飛行時間測定を行うために使用される変調周波数よりも低い変調周波数を有する照明光源を使用するように構成されている。一変形例では、撮像システムは、飛行時間の測定に使用されたフレーム単位サンプル数よりも少ないフレーム単位サンプル数を取得するように構成されている。

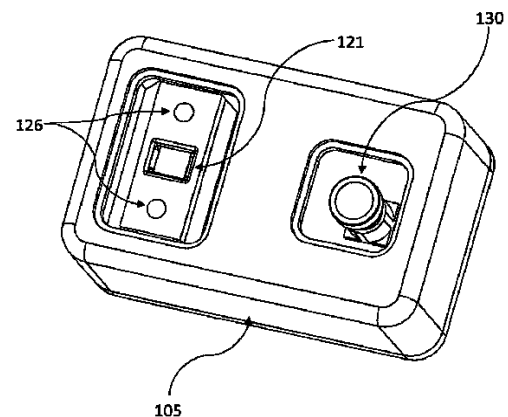


Fig. 8

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

撮像センサ(115)を含む撮像システム(105)であって、

前記撮像システム(105)は、各々が近赤外域に波長を有する少なくとも2つの異なる照明光源によって照明されるシーンの画像を処理するように構成されている、撮像システム(105)。

**【請求項 2】**

前記少なくとも2つの異なる照明光源(122、123)は、異なる波長を有することを特徴とする、請求項1に記載の撮像システム(105)。

**【請求項 3】**

前記少なくとも2つの異なる照明光源は、少なくとも1つの構造化照明光源(121)を含むことを特徴とする、請求項1または2に記載の撮像システム(105)。

**【請求項 4】**

前記少なくとも2つの異なる照明光源は、少なくとも1つの均一照明光源(126)を含むことを特徴とする、請求項1から3のいずれか一項に記載の撮像システム(105)。

**【請求項 5】**

前記少なくとも2つの異なる照明光源は、時間的に変調される少なくとも1つの照明光源を含むことを特徴とする、請求項1から4のいずれか一項に記載の撮像システム(105)。

**【請求項 6】**

前記少なくとも2つの異なる照明光源は、同一の発光ダイ上に設けられることを特徴とする、請求項1から5のいずれか一項に記載の撮像システム(105)。

**【請求項 7】**

前記撮像センサ(115)は、飛行時間型センサであることを特徴とする、請求項1から6のいずれか一項に記載の撮像システム(105)。

**【請求項 8】**

撮像センサ(115)を用いた撮像方法であって、

各々が近赤外域に波長を有する少なくとも2つの異なる照明光源によって照明されるシーンの画像が処理されることを特徴とする、撮像方法。

**【請求項 9】**

前記少なくとも2つの異なる照明光源(122、123)は、異なる波長を有することを特徴とする、請求項8に記載の撮像方法。

**【請求項 10】**

前記少なくとも2つの異なる照明光源は、空間的に変調される少なくとも1つの照明光源(121)を含むことを特徴とする、請求項8または9に記載の撮像方法。

**【請求項 11】**

前記少なくとも2つの異なる照明光源は、少なくとも1つの均一照明光源(126)を含むことを特徴とする、請求項8から10のいずれか一項に記載の撮像方法。

**【請求項 12】**

前記少なくとも2つの異なる照明光源は、露光中に時間的に変調される少なくとも1つの照明光源を含むことを特徴とする、請求項8から11のいずれか一項に記載の撮像方法。

**【請求項 13】**

前記少なくとも2つの異なる照明光源は、同一の発光ダイ上に設けられることを特徴とする、請求項8から12のいずれか一項に記載の撮像方法。

**【請求項 14】**

使用された前記撮像センサ(115)は、飛行時間型センサであることを特徴とする、請求項8から13のいずれか一項に記載の撮像方法。

**【請求項 15】**

飛行時間型センサ(110)を含む撮像システム(100)であって、

前記撮像システム(100)は、飛行時間の測定に使用された変調周波数よりも低い変調周波数を有する照明光源(120)を使用するように構成されていることを特徴とする、撮像システム(100)。

【請求項16】

前記変調周波数は、100Hz～1MHzの間にあることを特徴とする、請求項15に記載の撮像システム(100)。

【請求項17】

前記撮像システム(100)は、前記飛行時間型センサ(110)のピクセルレベルに対して直接減算を行うように構成されていることを特徴とする、請求項15または16に記載の撮像システム(100)。

10

【請求項18】

前記撮像システム(100)は、構造化照明光源を使用するように構成されていることを特徴とする、請求項15から17のいずれか一項に記載の撮像システム(100)。

【請求項19】

前記撮像システム(100)は、少なくとも2つの異なる波長を有する少なくとも2つの照明光源を使用するように構成されていることを特徴とする、請求項15から18のいずれか一項に記載の撮像システム(100)。

【請求項20】

前記撮像システムは、擬似ランダムに変調される照明光源を使用するように構成されていることを特徴とする、請求項15から19のいずれか一項に記載の撮像システム(100)。

20

【請求項21】

前記撮像システムは、飛行時間の測定に使用されたフレーム単位サンプル数よりも少ないフレーム単位サンプル数を取得するように構成されていることを特徴とする、請求項15から20のいずれか一項に記載の撮像システム(100)。

【請求項22】

飛行時間型センサ(110)を用いた撮像方法であって、

飛行時間の測定に使用された変調周波数よりも低い変調周波数を有する照明光源(120)を使用することを特徴とする、撮像方法。

30

【請求項23】

使用された前記変調周波数は、100Hz～1MHzの間にあることを特徴とする、請求項22に記載の撮像方法。

【請求項24】

前記飛行時間型センサ(110)のピクセルレベルに対して直接減算を行うことを特徴とする、請求項22または23に記載の撮像方法。

【請求項25】

構造化照明光源を使用することを特徴とする、請求項22から24のいずれか一項に記載の撮像方法。

【請求項26】

少なくとも2つの異なる波長を有する2つの照明光源を使用することを特徴とする、請求項22から25のいずれか一項に記載の撮像方法。

40

【請求項27】

擬似ランダムに変調される照明光源を使用することを特徴とする、請求項22から26のいずれか一項に記載の撮像方法。

【請求項28】

飛行時間の測定に必要とされたフレーム単位サンプル数よりも少ないフレーム単位サンプル数を取得することを特徴とする、請求項22から27のいずれか一項に記載の撮像方法。

【請求項29】

50

飛行時間型センサ(110)を含む撮像システム(100)であって、

前記撮像システムは、飛行時間の測定に必要とされたフレーム単位サンプル数よりも少ないフレーム単位サンプル数を取得することを特徴とする、撮像システム(100)。

【請求項30】

飛行時間の測定に使用された変調周波数よりも低い変調周波数、特に100Hz～1MHzの間の変調周波数を有する照明光源(120)を使用するように構成されていることを特徴とする、請求項29に記載の撮像システム(100)。

【請求項31】

前記撮像システム(100)は、前記飛行時間型センサ(110)のピクセルレベルに対して直接減算を行うように構成されていることを特徴とする、請求項29または30に記載の撮像システム(100)。

10

【請求項32】

前記撮像システム(100)は、構造化照明光源を使用するように構成されていることを特徴とする、請求項29から31のいずれか一項に記載の撮像システム(100)。

【請求項33】

前記撮像システム(100)は、少なくとも2つの異なる波長を有する少なくとも2つの照明光源を使用するように構成されていることを特徴とする、請求項29から32のいずれか一項に記載の撮像システム(100)。

【請求項34】

前記撮像システムは、擬似ランダムに変調される照明光源を使用するように構成されていることを特徴とする、請求項29から33のいずれか一項に記載の撮像システム(100)。

20

【請求項35】

飛行時間型センサ(110)を用いた撮像方法であって、

飛行時間の測定に必要とされたフレーム単位サンプル数よりも少ないフレーム単位サンプル数を取得することを特徴とする、撮像方法。

【請求項36】

飛行時間の測定に使用された変調周波数よりも低い変調周波数、特に100Hz～1MHzの間の変調周波数を有する照明光源(120)を使用することを特徴とする、請求項35に記載の撮像方法。

30

【請求項37】

前記飛行時間型センサ(110)のピクセルレベルに対して直接減算を行うことを特徴とする、請求項35または36に記載の撮像方法。

【請求項38】

構造化照明光源を使用することを特徴とする、請求項35から37のいずれか一項に記載の撮像方法。

【請求項39】

少なくとも2つの異なる波長を有する2つの照明光源を使用することを特徴とする、請求項35から38のいずれか一項に記載の撮像方法。

【請求項40】

擬似ランダムに変調される照明光源を使用することを特徴とする、請求項35から39のいずれか一項に記載の撮像方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

発明の分野

本発明は、能動照明に基づいた視覚センサに関する。本発明は、能動撮像システムの画像品質、動作範囲および背景光安定性を改善する。このようなセンサは、一般的には、周囲環境、物体または人間を検出および測定するために使用される。

【背景技術】

50

**【 0 0 0 2 】****背景技術**

能動照明は、多くのカメラの設計に実装され、カメラの測定結果を改善する。カメラは、ピクセル配列を有する撮像センサを含む電気光学装置として理解される。

**【 0 0 0 3 】**

多くの機械視覚設備において、能動照明は、カメラシステムの特定の光強度レベルを保証するために使用される。これによって、能動システムの性能は、周囲環境の照明変化を受けにくくなり、安定性および信頼性が改善される。また、システムに照明パワーを追加することにより、より短い露光を設定することができ、より高いフレームレートを達成することができる。

10

**【 0 0 0 4 】**

能動照明カメラシステムを備える他のセンサは、シーンに位置する対象物の特定性質を使用する。たとえば、設備は、シーンに配置され、容易に認識されかつ追跡され得る反射板を使用する場合がある。

**【 0 0 0 5 】**

他の設備は、対象物の特定の反射特性、たとえば眼の反射特性を使用している。能動照明を備えたシステムによって捕捉された眼の典型的な後方反射を使用して、眼を検出および追跡し、眼の瞬きをカウントすることによって、たとえば運転者の眠気を検出し、疲労測定センサを構築することができる。

**【 0 0 0 6 】**

干渉計装置において、能動システムは、対象物および参照物を照明する。反射光の干渉に基づき、深度を測定および分析することができる。

20

**【 0 0 0 7 】**

その他の能動システムは、照明を変調することによって、周囲環境に関する情報をより詳細に取得する。一般的には、このような照明は、時間上変調され（時間変調）または空間上変調されるため、たとえば周囲環境を3次元にマッピングするための距離測定に適用することができる。時間変調は、いわゆる飛行時間型（TOF、time-of-flight）カメラに（間接または直接に）実装されている。空間変調は、三角測量に基づく深度測定システムに使用され、構造化光技術とも呼ばれている。

**【 0 0 0 8 】**

飛行時間型撮像センサのピクセルは、光生成電荷を記憶ノードに非常に高速に転送することを保証するための専用ピクセル設計である。より高い変調周波数は、より良い深度ノイズ性能をもたらす。したがって、TOF復調ピクセルは、一般的には、数十MHzから数百MHzまでの範囲に動作する。また、TOF撮像システムの動作範囲を増加するために、TOFピクセルは、しばしば背景光をピクセルレベルで抑制する。殆どの実装において、TOFピクセルは、2つのサンプル信号をピクセルごとに格納および積算するための2つの記憶ノードを含む。

30

**【 発明の概要 】****【 発明が解決しようとする課題 】****【 0 0 0 9 】****発明の開示**

太陽光などの背景光信号を除去することができれば、すべての能動照明撮像システムのロバスト性が改善される。殆どの場合、背景光信号のキャンセルは、照明をオンにしたときおよび照明をオフにした場合に各々2つの連続画像を取得することによって達成される。2つの画像に対して減算を行うことによって、能動照明のみの光強度情報を含む画像が得られる。このような手法の欠点は、まず、システムが2つの別々の画像を取得する必要があることである。シーンまたはシーン内の対象物は、画像ごとに変動する可能性があり、この場合に、背景の減算は、理想的ではない。また、取得した2つの画像に対し、背景光から能動光までのすべての動作信号範囲を処理する必要がある。背景光信号が必要とされなくても、システムの動作範囲を食い尽くす。

40

50

## 【 0 0 1 0 】

本発明の目的は、改善された動作範囲を有する撮像システムを提供することである。本発明のさらなる目的は、改善された解像度およびより少ない光電力消費で3次元計測を行うための撮像システムを提供することである。さらに、本発明の目的は、2次元強度および3次元撮像システムを提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 1 】

本発明によれば、これらの目的は、特に独立請求項の特徴により達成される。また、さらなる有利な実施形態は、従属請求項および明細書に依存する。

## 【 0 0 1 2 】

本発明によれば、撮像システムは、撮像センサを含む。撮像システムは、各々が近赤外域に波長を有する少なくとも2つの異なる照明光源によって照明されるシーンの画像を処理するように構成されている。好ましくは、波長は、800～1000nmである。照明光源は、撮像センサに隣接して配置されてもよく、撮像センサと同調されてもよい。少なくとも2つの照明光源は、閉塞を最小化するように配置されてもよい。

## 【 0 0 1 3 】

いくつかの実施形態において、少なくとも2つの異なる照明光源の波長は、異なる。たとえば、少なくとも1つの照明光源の波長は、約850nmであり、少なくとも1つの照明光源の波長は、約940nmである。

## 【 0 0 1 4 】

いくつかの実施形態において、少なくとも2つの異なる照明光源は、少なくとも1つの構造化照明光源を含む。たとえば、撮像センサが飛行時間型撮像センサである場合、飛行時間の測定および構造化照明光源の測定による利点を提供する。

## 【 0 0 1 5 】

いくつかの実施形態において、少なくとも2つの異なる照明光源は、少なくとも1つの均一照明光源を含む。

## 【 0 0 1 6 】

いくつかの実施形態において、少なくとも2つの異なる照明光源は、各々が近赤外域に波長を有するが、少なくとも1つの均一照明光源と少なくとも1つの構造化照明光源とを含む。構造化照明光源による画像の取得と均一照明光源による画像の取得とは、交互に行われてもよい。構造化照明光源に基づいて取得した実際の原始画像は、通常の色または強度表現で画像を取得した環境を表さないため、構造化照明光源に基づいた最新のシステムは、第2の撮像センサ装置、一般的にはRGBセンサを追加する。本発明により提案されたように、2つの異なる照明光源、たとえば1つの構造化照明光源および1つの均一照明光源を実装することによって、撮像システムは、同一の撮像センサを用いて、深度情報を導出し、代表強度の（または白黒の）画像を生成することができる。これにより、3Dマップを2D強度画像に容易にかつ一対一にマッピングすることができる。撮像センサがTOF撮像センサである場合、TOF撮像センサおよび2つの異なる照明光源をさらに時間的に変調および同期してもよい。

## 【 0 0 1 7 】

いくつかの実施形態において、撮像システムは、構造化照明光源と均一照明光源とを含む。構造化照明光源と均一照明光源とは、同様の中心波長、好ましくは800～1000nmの間の中心波長を有する。このような実施形態において、構造化照明光源からの画像および均一照明光源からの画像は、それぞれ同一の光路を介して撮像されることができ、この光路には狭帯域通過光学フィルタを実装することができる。狭帯域通過フィルタを実装することによって、できるだけ多くの背景光信号を光学的に遮断することができる。

## 【 0 0 1 8 】

いくつかの実施形態において、撮像センサは、飛行時間型センサである。

いくつかの実施形態において、少なくとも2つの異なる照明光源は、露光中に時間的に変調される少なくとも1つの照明光源を含む。適切な時間変調方式は、画像取得中にシー

10

20

30

40

50

ンの変化または物体の移動によって生じた画像の乱れを低減することができ、範囲内の他の撮像システムからの干渉を回避することもできる。

【0019】

いくつかの実施形態において、少なくとも2つの異なる照明光源は、同一の発光ダイに設けられる。このことは、少なくとも2つの照明光源が構造化照明光源であり、両方とも時間的に変調される場合に、特に有用である。同一の発光ダイに設けられた少なくとも2つの構造化照明光源を備え、撮像センサと同期するように少なくとも2つの構造化照明光源を変調するように構築されたシステムは、より高い情報密度で構造化画像を取得することができる。

【0020】

さらに、本発明は、撮像センサを用いた撮像方法に関する。各々が近赤外域に波長を有する少なくとも2つの異なる照明光源によって照明されるシーンの画像が処理される。一変形例において、少なくとも2つの異なる照明光源は、異なる波長を有する。一変形例において、少なくとも2つの異なる照明光源は、少なくとも1つの構造化照明光源を含む。一変形例において、少なくとも2つの異なる照明光源は、少なくとも1つの均一照明光源を含む。一変形例において、使用された撮像センサは、飛行時間型センサである。一変形例において、少なくとも2つの異なる照明光源は、飛行時間の測定に使用された変調周波数よりも低い変調周波数で時間的に変調される少なくとも1つの均一照明光源を含む。一変形例において、少なくとも2つの異なる照明光源は、露光中に時間的に変調される少なくとも1つの構造化照明光源を含む。一変形例において、少なくとも2つの異なる照明光源は、同一の発光ダイに設けられる。

【0021】

本発明によれば、飛行時間型センサを含む撮像システムは、飛行時間の3次元測定に使用された変調周波数よりも低い変調周波数を有する照明光源を使用するように構成されている。

【0022】

特定の好ましい実施形態において、本発明は、典型的に各ピクセルに2つの記憶ノードを有する飛行時間型センサまたは飛行時間型構造、好ましくはある種のインピクセル背景抑制機能を有する飛行時間型センサまたは飛行時間型構造を撮像システムに実装することを提案する。また、能動的に照明される撮像システムにおいて、飛行時間型撮像センサおよび照明光源は、低い変調周波数に制御されるため、実際の飛行時間型信号は、サンプリング信号に殆ど影響を与えない。さらに、本発明は、飛行時間の実際測定の実行に十分ではないサンプル数および取得回数を獲得する取得タイミングを撮像システム上で実行し、これらの取得画像のみに基づき画像を評価することを提案する。最も実用的な実装において、飛行時間型ピクセルは、2つの記憶ノードを含み、少なくとも2つ、最も一般的に4つの連続かつ位相遅延の画像を捕捉することによって深度情報を導き出す。この実施形態において、好ましくは、ピクセルの一方の記憶ノードを用いて、背景光信号のみを積算した後、背景光信号と能動的に出射され、反射された光とを積算する他方の記憶ノードから積算された背景光信号を減算する。信号の取得、信号の積算および2つの飛行時間型ピクセル記憶ノードへの転送は、好ましくは、取得中に複数回に繰り返し且つ交互に行われる。得られたピクセル差分の出力は、能動的に出射された信号のみを表すことになり、システムを周囲環境の照明条件の変化に対してよりロバストにすることができる。

【0023】

いくつかの実施形態において、変調周波数は、100Hz～1MHzの間にある。より遅い変調は、数十MHzでトグルする最先端の飛行時間測定システムに比べて、撮像システムの電力消費を低減する。また、より遅い変調は、照明光源および駆動系の速度要件を低減し、変調効率および復調効率を向上させる。一般的に飛行時間の測定に遅すぎる高出力LEDのような高効率高出力の光源を実現することができる。

【0024】

いくつかの実施形態において、撮像システムは、飛行時間型センサのピクセルレベルに

対して直接減算を行うように構成されている。飛行時間型ピクセルのオンピクセル背景光のキャンセルは、背景光による飽和を回避するように、能動照明光源を備える他のシステムを援助することができる。また、背景レベルが既にピクセルレベルで減算され、変換する必要がないため、アナログからデジタルに変換する要件が緩和される。さらに、能動照明を備えるシステム内に光を変調すること、同一フレームの取得時に信号光と背景光との積算を交互に行うことおよび数サイクルに亘って信号光と背景光とを積算することは、シーンの変動を軽減し、適切な時間変調方式とともに実行すれば、干渉を減少しながら、いくつかのシステム上で並列処理を行うことができる。

【0025】

いくつかの実施形態において、撮像システムは、構造化照明光源を使用するように構成されている。構造化照明光源は、飛行時間型撮像センサと同期され、構造化照明光源に基づいて画像を取得し、深度情報を導き出すために使用される。

【0026】

いくつかの実施形態において、撮像システムは、飛行時間型撮像センサと、少なくとも1つの照明光源とを含む。飛行時間型撮像センサは、後方反射光をサンプリングするために使用される。信号は、飛行時間原理に基づいて深度情報を導き出すのに十分ではない取得回数および取得されたフレームあたりのサンプルに基づいて評価される。

【0027】

いくつかの実施形態において、撮像システムは、擬似ランダムに変調される照明光源を使用することによって、異なる取得システムの間の異なる干渉を最小化するように構成されている。

【0028】

いくつかの実施形態において、撮像システムは、少なくとも2つの異なる波長を有する少なくとも2つの照明光源を使用するように構成されている。差分読み出しまたはオンピクセル減算を行うことによって、2つの照明光源の差分画像を直接測定することができる。これにより、たとえば、非常に強固な眼追跡システムを構築することができる。

【0029】

いくつかの実施形態において、本発明は、飛行時間型センサを用いた撮像システムを提供する。撮像システム内の照明光源は、3次元時間の飛行測定を実行するために使用された変調周波数よりも低い変調周波数を有する。

【0030】

いくつかの実施形態において、撮像システムは、飛行時間の測定を行うために必要とされたフレーム単位サンプル数よりも少ないフレーム単位サンプル数を取得するように構成されている。

【0031】

いくつかの実施形態において、飛行時間型センサと少なくとも1つの照明光源とを含む撮像システムのタイミングは、飛行時間の測定を導き出すために必要とされたフレーム単位サンプル数よりも少ないフレーム単位サンプル数を取得するように構成されている。

【0032】

さらに、本発明は、飛行時間型センサを用いた撮像方法に関する。飛行時間の測定に使用された変調周波数よりも低い変調周波数を有する照明光源が使用される。一変形例において、使用された前記変調周波数は、100Hz～1MHzの間にある。一変形例において、飛行時間型センサのピクセルレベルに対して、直接減算を行う。一変形例において、構造化照明光源を使用する。一変形例において、少なくとも2つの異なる波長を有する2つの照明光源を使用する。一変形例において、擬似ランダムに変調される照明光源を使用する。一変形例において、飛行時間の測定に必要とされたフレーム単位サンプル数よりも少ないフレーム単位サンプル数を取得する。

【0033】

本発明によれば、撮像システムは、飛行時間の測定に必要とされたフレーム単位サンプル数よりも少ないフレーム単位サンプル数を取得するように構成されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 4 】

いくつかの実施形態において、撮像システムは、飛行時間の測定に使用された変調周波数よりも低い変調周波数、特に  $100\text{ Hz} \sim 1\text{ MHz}$  の間の変調周波数を有する照明光源を使用するように構成されている。

## 【 0 0 3 5 】

いくつかの実施形態において、撮像システムは、飛行時間型センサのピクセルレベルに対して、直接減算を行うように構成されている。

## 【 0 0 3 6 】

いくつかの実施形態において、撮像システムは、構造化照明光源を使用するように構成されている。

## 【 0 0 3 7 】

いくつかの実施形態において、撮像システムは、少なくとも2つの異なる波長を有する少なくとも2つの照明光源を使用するように構成されている。

## 【 0 0 3 8 】

いくつかの実施形態において、撮像システムは、擬似ランダム時間に変調された照明光源を使用するように構成されている。

## 【 0 0 3 9 】

さらに、本発明は、飛行時間型センサを用いた撮像方法に関する。方法は、飛行時間の測定に必要とされたフレーム単位サンプル数よりも少ないフレーム単位サンプル数を取得する。一変形例において、使用された照明光源は、飛行時間の測定に使用された変調周波数よりも低い変調周波数、特に  $100\text{ Hz} \sim 1\text{ MHz}$  の間の変調周波数を有する。一変形例において、飛行時間型センサのピクセルレベルに対して、直接減算を行う。一変形例において、構造化照明光源を使用する。一変形例において、少なくとも2つの異なる波長を有する2つの照明光源を使用する。一変形例において、擬似ランダム時間に変調される照明光源を使用する。

## 【 0 0 4 0 】

本明細書に記載の本発明は、本明細書の以下の詳細な説明および添付図面からより理解されるであろう。詳細な説明および添付図面は、添付の特許請求の範囲に記載の本発明を限定するものと考えべきではない。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 4 1 】

【 図 1 a 】異なるビルディングブロックを有する最新の TOF ピクセルを示す図である。

【 図 1 b 】飛行時間原理に基づいて深度測定値を導き出すための先行技術のタイミング図およびサンプリングを示す図である。

【 図 1 c 】飛行時間原理に基づいて深度測定値を導き出すための先行技術のタイミング図およびサンプリングを示す図である。

【 図 1 d 】飛行時間原理に基づいて深度測定値を導き出すための先行技術のタイミング図およびサンプリングを示す図である。

【 図 2 】最も一般的に使用された先行技術の飛行時間型 3 次元撮像システムによる深度測定値を導き出すために必要とされた4つのサンプルの取得タイミングを示す図である。

【 図 3 a 】制御部 140 によって制御および同期される飛行時間型撮像センサ 110 と能動照明光源 120 とを備える本発明の撮像システム 100 を示す図である。

【 図 3 b 】本発明の粗調タイミング図の実施形態を示す図である。

【 図 3 c 】本発明の微調タイミング図の実施形態を示す図である。

【 図 4 】構造化照明光源 121 に基づいた本発明の撮像システム 100 を示す図である。

【 図 5 】近赤外域に異なる波長を有する2つの照明光源 122、123 および飛行時間型撮像センサ 110 に基づいた眼 / 瞳孔検出設備に使用される本発明の撮像システム 100 を示す図である。

【 図 6 】第1の構造化照明光源 121 と異なる構造を有する第2の構造化照明光源 125 とを含む本発明の撮像システム 105 を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 7】同一の光路および撮像センサを介してシーン / 対象物から 3 次元のカラースケール情報またはグレースケール情報を収集することができる本発明の撮像システムの実施形態を示しており、a) は、深度情報を取得するための取得動作を示しており、構造化照明光源を用いて撮影したグレースケールサンプル画像は、c) に示されている。b) は、グレースケール画像の取得時に撮像システムおよびその動作を示しており、得られたグレースケール画像は、d) に示されている。

【図 8】本発明の実際の設計を示している。

【発明を実施するための形態】

【0042】

発明を実施するための形態

飛行時間型撮像システムは、出射光が測定システムから対象物まで走行して、対象物から測定システムに戻って来る時間を決定することができる。出射光信号は、一定の距離に位置する対象物によって反射される。この距離は、光が測定システムから対象物まで走行して、対象物から測定システムに戻って来る走行時間により起因した出射信号と受信信号との間の時間遅延に対応する。間接的な飛行時間測定において、この距離に依存する時間遅延は、出射信号と受信信号との間の位相遅延に対応する。また、受信信号は、後方に反射された出射信号だけでなく、たとえば太陽または他の光源からの背景光信号を含む場合がある。最新の飛行時間型ピクセルは、図 1 a に示されている。飛行時間型ピクセルは、第 1 のスイッチ S W 1 を介して記憶ノード C 1 に接続され、第 2 のスイッチ S W 2 を介して記憶ノード C 2 に接続された感光性領域 P を含む。光生成電子のサンプリングは、スイッチ S W 1 を閉合して S W 2 を開放することにまたはその逆によって行われる。スイッチ S W 1 および S W 2 は、制御部によって照明光源と同期される。妥当な飛行時間測定を可能にするために、スイッチ S W 1、S W 2 および照明光源が約 10 MHz から 200 MHz を超える範囲に動作する必要がある、数ナノ秒の時間に光生成電荷を感光領域 P から記憶ノード C 1 または C 2 のいずれかに転送しなければならない。飛行時間型ピクセルは、このような高速サンプリングに満たすように特別に設計されたものである。このような高速飛行時間型ピクセル構造の可能な実装例は、米国特許 US 5 8 5 6 6 6 7、欧州特許出願 EP 1 0 0 9 9 8 4 B 1、欧州特許出願 EP 1 5 1 3 2 0 2 B 1 または米国特許出願 US 7 8 8 4 3 1 0 B 2 に記載されている。飛行時間型ピクセルの出力回路 C は、一般的に、読み出し増幅器とリセットノードとを含む。多くの飛行時間型ピクセルの実現例において、インピクセル出力回路 C は、記憶ノード C 1 および C 2 内の 2 つのサンプルに対して共通レベル除去または背景減算を行う回路をさらに含む。このようなインピクセル共通信号レベルの除去は、飛行時間型ピクセルの動作範囲を大幅に増大する。サンプルを積算しながら、共通レベルの除去を行う可能な実現例は、PCT 公開 WO 2 0 0 9 1 3 5 9 5 2 A 2 および米国特許出願 US 7 5 7 4 1 9 0 B 2 に開示されている。データを読み出すサイクル中に露光した後にサンプルの共通信号レベルの減算を行う別の手法は、米国特許出願 US 7 8 9 7 9 2 8 B 2 に記載されている。

【0043】

市販の 3 次元飛行時間測定システムは、正弦波変調または擬似ノイズ変調のいずれかに基づいている。両方の変調は各々、相または深度情報、オフセット情報および振幅情報を導き出すために、少なくとも 3 つのサンプルを必要とする。設計の簡素化および信号ロバスト性の理由で、飛行時間型システムは、一般的に入射する光信号を 4 回サンプリングする。しかしながら、図 1 a に示すように、最も敏感で、よって最も広く使用されている飛行時間型ピクセル構造は、2 つの記憶ノードのみを含む。4 つのサンプルを取得するために、システムは、少なくとも 2 つの連続画像を取得する必要がある。正弦波サンプリングのタイミング図は、図 1 b に示されている。受光信号によって、図 1 a のピクセルから光電流が生成される。図 1 b に示されたように、この光電流は、その後、第 1 の露光 E 1 の間にサンプリングされ、積算される。第 1 の露光 E 1 の後、読み出し R O 1 を行う。第 2 の露光 E 2 は、第 1 の露光 E 1 に比べて、90°の遅延でサンプルを取得する。第 2 の露光 E 2 の後、新たに取得したサンプルに読み出し R O 2 を行う。時間 D の時点で、すべて

のデータは、受信信号の位相情報、オフセット情報および振幅情報を決定できるために、用意される。露光 E 1 のサンプリング過程における時間の拡大図は、図 1 c に示されており、露光 E 2 のサンプリング過程における時間の拡大図は、図 1 d に示されている。サンプリング時間は、周期の半分であると仮定され、数千回から数百万回まで積算される。図 1 c に示されたように、第 1 の露光 E 1 の間に、 $0^\circ$  および  $180^\circ$  に位置するサンプルは、スイッチ S W 1 および S W 2 によって記憶ノード C 1 および C 2 にそれぞれ導かれる。露光 E 2 のサンプリング過程における時間の拡大図は、図 1 d に示されている。第 2 の露光 E 2 は、第 1 の露光 E 1 に比べて、 $90^\circ$  の遅延でサンプルを取得する。 $90^\circ$  および  $270^\circ$  に位置するサンプルは、記憶ノード C 1 および C 2 に積算される。露光 E 1 および露光 E 2 の積算時間は、同様である。時間 D において、すべての 4 つのサンプルは、測定され、位相情報、オフセット情報および振幅情報の計算に利用可能である。位相情報は、測定対象物の距離情報に直接対応している。

10

#### 【0044】

しかしながら、米国特許出願 U S 7 4 6 2 8 0 8 B 2 に提案されおよび図 2 に示されたように、不整合によって、殆どの実装は、実際に 2 つの画像のみではなく 4 つの画像を取得する必要がある。第 1 の露光 E 1 および第 2 の露光 E 2 ならびにそれらの読み出し R O 1 および R O 2 は、図 1 b に記載したように行われる。第 1 の露光 E 1 および第 2 の露光 E 2 の後、2 つの露光 E 3 および E 4 ならびに読み出し R O 3 および R O 4 が行われる。露光 E 3 は、第 1 の露光から  $180^\circ$  遅延したサンプルを取得する。露光 E 4 は、 $180^\circ$  位相遅延した露光 E 2 に対応する。時間 D の時点で、すべての 4 つのサンプルは、受信信号の位相（または深度）情報、オフセット情報および振幅情報の計算に利用可能である。米国特許出願 U S 7 4 6 2 8 0 8 B 2 に記載されたように、この手法は、たとえばピクセル回路および応答不整合または非対称駆動を補償することができる。

20

#### 【0045】

撮像システム 100 に基づいた本発明の第 1 の一般的な実施形態は、図 3 a に示されている。その粗調タイミング図は、図 3 b に示されており、微調タイミング図は、図 3 c に示されている。撮像システムは、図 1 a に示された飛行時間型ピクセルからなる飛行時間型撮像センサ 110 と、照明光源 120 と、光学系 130 と、制御部 140 とを含む。出射光 120 a は、対象物 10 によって反射される。後方反射光 120 b は、光学系 130 により飛行時間型撮像センサ 110 上に結像される。飛行時間型撮像センサ 110 および照明光源 120 は、制御部 140 によって時間的に変調および同期される。よって、照射源 120 がオンにされている間に、飛行時間型撮像センサ 110 上の飛行時間型ピクセルの 1 つの記憶ノードは、すべての光生成電子を積算し、照明光源 120 がオフされている間に、第 2 の記憶ノードは、すべての光生成電子を収集する。このオン/オフサイクルは、複数回に繰り返されてもよい。本発明は、出射光および後方反射光の飛行時間に対する実際の影響を無視することができ、すべての出射光を飛行時間型撮像センサの各ピクセルの単一の記憶ノードに好ましく捕捉するように、このような低い変調周波数を高速飛行時間型撮像センサおよびピクセルに適用することを提案する。また、図 3 b に示すように、本発明は、現行の飛行時間測定値を導き出すことができない程のより少ないサンプル数および取得回数を取得することを提案している。第 1 の露光 E の後、読み出し R O を行う。露光 E の間に、光生成電荷は、記憶ノード C 1 または記憶ノード C 2 に転送され、照明光源 120 と同期される。所定の実施形態において、T O F 情報を導き出すためのすべての必要（少なくとも 3 つ）のサンプルを収集するために必要とされた取得回数を少なくとも 2 回または 4 回ではなく 1 回にすることを提案した。時間 D において、サンプルの数は、捕捉した信号の飛行時間情報を推定することはできない。本発明の変形例としての単一露光例において、2 つのサンプルの差分撮影が行われる。図 3 a に示唆したように、擬似ランダム方法で変調を行うことができる。これにより、異なる撮像システム 100 の間の干渉を最小化することができる。擬似ランダムコーディングの他に、他の既知の技術、たとえば相ホッピングまたは周波数ホッピング、チャープまたは他の分割多重アクセス手法を実行することによって、システムの干渉を最小化することができる。

30

40

50

## 【 0 0 4 6 】

図 3 c は、図 3 b に示された単一露光のタイミング図をより詳細に示している。図 3 c の場合、積算中に、2つの記憶ノード C 1 および C 2 を互いに減算する回路を含む。F は、総フレームを表し、E は、実際の露光を表し、R O は、読み出し時間を表し、R S は、リセット時間を表す。本実施形態の現在タイミングにおける変調周波数は、合理的な飛行時間撮像を行うために必要とされた変調周波数よりもはるかに低い。光 L 1 は、照明光源 1 2 0 によって出射され、飛行時間型撮像センサ 1 1 0 と同期される。よって、「点灯」時に、すべての光生成電荷が第 1 の記憶ノード C 1 に転送され、「消灯」時に、すべての光生成電荷が第 2 の記憶ノード C 2 に転送される。時間 t に亘って後方に反射され受信された光信号は、L 2 として描かれ、いくつかの背景光成分 L B G を有する。S 1 は、「点灯」時に第 1 の記憶ノード C 1 に対する積算を示し、S 2 は、「消灯」時に記憶ノード C 2 に対する積算を示す。Sdiff は、現行のインピクセル背景除去を実施したときの信号差分を示している。インピクセル回路 C は、差分を構築することによって、背景光信号を除去する。図示の例において、飛行時間型撮像センサ 1 1 0 上の飛行時間型ピクセルは、積算中に、Sdiff に基づき、2つのノードの直接減算を行う。他の実現例において、飛行時間型ピクセルは、積算時間の終了時に減算を行う。両方の実現例は、能動撮像システムの動作範囲を増大する。露光 E の間に、「点灯」および「消灯」は、複数回に繰り返される。数百 H z ~ 1 M H z 範囲に位置する変調周波数は、光パルスの到達時間に与える影響を軽減することができる。同一量の背景光を飛行時間型撮像センサ 1 1 0 のピクセル上の第 1 の記憶ノード C 1 および第 2 の記憶ノード C 2 に積算し、サンプルから同一の背景レベルまたは共通モードレベルを減算するために、好ましくは、露光中に飛行時間型ピクセルの第 1 の記憶ノード C 1 および第 2 の記憶ノード C 2 の両方の総積算時間を同等にする。両方の露光時間を同一にした場合、光パルスは、その記憶ノードに転送されるサンプリング期間よりも短くなる可能性がある。これにより、パルスの到着時間に影響を与えないことがさらに保証される。いずれの場合、できる限り最大の背景光除去を達成するために、2つの記憶ノードへの総露光時間を同一に維持すべきだろう。露光量 E の後、ピクセル値に読み出し R O を行い、読み出されたピクセル値は、制御部 1 4 0 に転送される。一般的には、次の取得を開始する前に、ピクセルに対してリセット R S を行う。2つの記憶ノードの光応答における不整合を低減するために、撮像センサのピクセルの光反応に応じて、第 1 の露光 E に比べて第 2 の露光を逆にスイッチングし、2つの画像を減算することは、有益であり得る。しかしながら、取得されたサンプルの数は、依然として飛行時間情報を導き出すのに十分ではないであろう。

## 【 0 0 4 7 】

図 4 は、本発明に係る撮像システム 1 0 0 を示している。撮像システム 1 0 0 は、図 1 a に示された飛行時間型ピクセルからなる飛行時間型撮像センサ 1 1 0 と、光学系 1 3 0 と、構造化照明光源 1 2 1 と、制御部 1 4 0 とを含む。制御部 1 4 0 は、飛行時間型撮像センサ 1 1 0 および構造化照明光源 1 2 1 を同期し、時間的に変調する。構造化照明光源 1 2 1 は、時間変調された光 1 2 1 a を出射する。光 1 2 1 a は、対象物 1 0 によって反射される。シーン 1 0 によって後方に反射された光 1 2 1 は、光学系 1 3 0 によって飛行時間型撮像センサ 1 1 0 上に投光される。そこで、飛行時間型ピクセルは、入射信号を2つの2つの記憶ノードに復調する。撮像システム 1 0 0 のタイミングは、図 3 に記載のものと同様であってもよい。P C T 公開 W O 2 0 0 7 / 1 0 5 2 0 5 A 2 により提示されたように、構造化照明光源および3次元マッピング技術を適用することができる。W O 2 0 0 7 / 1 0 5 2 0 5 A 2 に記載されたように、構造化照明光源には、干渉によって生じたスペックルに基づいた投光技術を適用することができる。しかしながら、たとえば屈折に基づく光学系またはパターン生成マスクを用いた他の投光技術を構造化照明光源 1 2 1 に適用することもできる。好ましくは、ランダムドットパターンの光を投光する。欧州特許出願 E P 2 5 1 9 0 0 1 A 2 は、第 1 および第 2 の記憶ノードへの転送ゲートを有する特別に設計されたセンサピクセルを備えるセンサに基づき、標準の低速フォトダイオードを用いる構造化光システムの使用を教示した。対照的に、本発明は、特別設計のピクセルを

使用せず、既存の高速飛行時間型撮像センサ 1 1 0 およびピクセルを使用して、制御部 1 4 0 によって光の実際の走行時間（飛行時間）に与える影響を無視できる程度の低い変調周波数を構造化照明光源 1 2 1 および飛行時間型撮像センサ 1 1 0 に適用して、撮像センサ 1 1 0 上で後方に反射された光 1 2 1 b のサンプリングおよび格納を行うことを提案している。また、提案された飛行時間型撮像センサ 1 1 0 は、少なくとも 3 つの必要なサンプルを捕捉せず、飛行時間型撮像センサ 1 1 0 からのサンプルをより少ない数で評価するモードで動作する。現行の飛行時間型撮像システムに必要とされた典型的な 90° の位相シフトが採用されず、飛行時間型撮像センサ 1 1 0 上のすべてのピクセルの 2 つの記憶ノードから生じた差分画像のみが評価される。前述したすべての高速飛行時間型撮像センサは、現行の飛行時間測定システムに使用できないような低周波数で、反射光を少なくとも 2 つの記憶ノードに時間的に復調することができる。また、前述したすべての高速飛行時間型撮像センサは、飛行時間型撮像に必要とされたサンプル数よりも少ない数のサンプルを取得することができる。したがって、前述したすべてのピクセル設計は、本発明に係る飛行時間型撮像センサとして組み込むことができる。適切なインピクセル回路を備えれば、飛行時間型撮像センサ 1 1 0 は、サンプルから共通信号レベルを減算し、または単に 2 つの記憶ノードのサンプルを互いに減算することができる。これにより、一方では、撮像システムの動作範囲を増加することができ、他方では、動的背景光信号が画像から除去されるため、深度マッピング用の相関アルゴリズムを簡略化することができる。さらに、コードまたは周波数分割多重アクセスなどの適切な時間変調方式を適用することによって、3 次元撮像システムの異なる構造光の妨害干渉を回避することができる。

#### 【0048】

理想的には、飛行時間型撮像センサ 1 1 0 の飛行時間型ピクセルは、「点灯」時間中に電荷を第 1 の記憶ノードに転送し、「消灯」時間中に電荷を第 2 の記憶ノードに転送して、減算を行う。時間変調および飛行時間型ピクセルの背景キャンセル回路は、上記のすべての利点を構造化光システムに追加する。変調周波数は、好ましくは、現行の TOF 測定に対して低すぎる数百 Hz から 1 MHz までの範囲内にある。図 4 に記載されたように、このような撮像システム 1 0 0 は、構造化照明光源 1 2 1 と飛行時間型センサ 1 0 0 とを含み、構造化照明光源 1 2 1 と飛行時間型センサ 1 0 0 との両方が飛行時間による撮像に必要とされた変調周波数よりも低い変調周波数で動作するため、PCT 公開 WO 2007 / 105205 A2 および / または WO 2014 / 014341 A1 に記載したように、この撮像システム 1 0 0 は、既存の 3 次元撮像装置の動作範囲を大幅に増加する。

#### 【0049】

図 5 は、疲労センサとして使用される本発明の撮像システム 1 0 0 を示している。本実施形態によれば、たとえば運転者の眠気測定または疲労推定に使用されることのできる非常に強固な眼追跡システムを構築することができる。本発明の撮像システム 1 0 0 は、各々が近赤外域に波長を有する 2 つの異なる照明光源を含む。第 1 の照明光源 1 2 2 は、たとえば約 850 nm に位置する第 1 の波長を有し、第 2 の照明光源 1 2 3 は、たとえば約 940 nm に位置する第 2 の波長を有する。本発明の撮像システム 1 0 0 は、図 1 a の飛行時間型ピクセルを有する飛行時間型撮像センサ 1 1 0 と、光学系 1 3 0 と、制御部 1 4 0 とをさらに含む。両方の照明光源 1 2 2 および 1 2 3 は、制御部 1 4 0 によって飛行時間型撮像センサ 1 1 0 と同期される。露光中に、第 1 の波長を有する第 1 の照明光源 1 2 2 がオンにされると、第 2 の波長を有する第 2 の照明光源 1 2 3 がオフにされ、その逆も同様である。第 1 の波長を有する第 1 の照明光源 1 2 2 は、光 1 2 2 a を出射し、第 2 の波長を有する第 2 の照明光源 1 2 3 は、光 1 2 3 a を出射する。第 1 の波長を有する第 1 の照明光源 1 2 2 の後方反射光 1 2 2 b は、光学系 1 3 0 により飛行時間型撮像センサ 1 1 0 の飛行時間型ピクセル上で結像し、飛行時間型ピクセルの第 1 の記憶ノードに転送される。第 2 の波長を有する第 2 の照明光源 1 2 3 の後方反射光 1 2 3 b は、同一の飛行時間型撮像センサ 1 1 0 により捕捉され、飛行時間型ピクセルの第 2 の記憶ノードに転送される。露光後、差分読み出しまたはオンピクセル信号減算を行うことによって、2 つの照明光源の差分画像を直接測定することができる。人間の目の網膜が約 850 nm で直接反

射を示し、約 940 nm で大幅に減少した反射を示すため、差分画像から瞳孔をはっきり見ることができ、瞳孔を簡単かつ口バストに追跡することができる。差分画像から瞳孔を容易に識別することができ、眼の開閉を容易に検出することができる。眼の瞬きに基づき、たとえばバス運転手の P E R C L O S 値（一分間に目が 80 % 閉じている時間の割合 / 百分率）または眠気係数を測定することができ、対応する行動をとることができる。Hammoudらによって米国特許出願 U S 7 2 5 3 7 3 9 B 2 に記載されたように、運転者の眠気を決定する最新の方法は、主に標準撮像および煩雑な画像処理に基づき、運転者の眠気を決定する。

#### 【0050】

図 6 に示された撮像システム 105 の実施形態は、本発明の 3 次元撮像システムを例示している。撮像システム 105 は、異なる構造種類の第 1 の構造化照明光源 121 と第 2 の構造化照明光源 125 とを含む。両方の照明光源は、近赤外波長を有する。また、この撮像システムは、撮像センサ 115 と、光学系 130 と、制御部 140 とを含む。システム 105 は、第 1 の構造化照明光源 121 と第 2 構造化照明光源 125 とを用いて、両方の照明光源を撮像センサ 115 の隣りに配置することによって構築される。制御部 140 は、構造化照明光源 121、125 および撮像センサ 115 を同期する。2 つの照明光源 121 および 125 は、好ましくは、閉塞を最小化するように配置される。第 1 の構造化照明光源 121 からの出射光 121a は、反射され、後方反射光 121b は、光学系 130 によって撮像センサ 115 に投光される。同様に、第 2 の構造化照明光源 125 からの出射光 125a は、反射され、後方反射光 125b は、同一の光学系 130 によって同一の撮像センサ 115 に投光される。画像取得中に、照明光源 121 および 125 は、時間変調されてもよい。この場合、照明光源 121 および 125 は、第 1 の構造化照明光源 121 からのすべての光が撮像センサ 115 のピクセルの第 1 の記憶ノードに収集され、第 2 の構造化照明光源 125 からの後方反射光 125b が撮像センサ 115 のピクセルの第 2 の記憶ノードに収集されることができるよう、好ましくは露光中に反転される。時間変調として、たとえば方形波、擬似雑音などを使用してもよい。撮像センサ 115 のピクセルが背景減算回路を含む場合、第 1 の構造化照明光源 121 からの信号が正となり、第 2 の構造化照明光源 125 からの信号が負となる。2 つの照明光源を物理的に分離し、時間的に交互に扱うこの手法の欠点は、第 1 の構造化照明光源 121 および第 2 の構造化照明光源 125 からの信号を含むピクセルが互いにキャンセルする可能性があることである。したがって、たとえば、ランダムスペckルパターンを有するように第 1 の構造化照明光源 121 を設計し、ストライプパターンを有するように第 2 の構造化照明光源 125 を設計することは、考えられる。また、両方の構造化照明光源を構成化パターンとして同一の発光ダイ、たとえば V C S E L アレイに集積化することも考えられる。V C S E L アレイは、同一の V C S E L アレイダイ上に設けられ、別々に制御されることができる 2 つのグループの発光レーザダイオード、すなわち、第 1 の構造化照明光源 121 に対応する第 1 のグループの発光レーザダイオードと、第 2 の構造化照明光源 125 に対応する第 2 のグループの発光レーザダイオードとから構成されてもよい。同一のダイ上に設けられ、構造化照明光源に基づいた撮像システムの投光器として使用される V C S E L アレイ、および単一の駆動信号を用いてアレイの全体を制御することは、米国特許出願 U S 2 0 1 3 0 3 8 8 8 1 A 1 に開示されている。しかしながら、第 1 のグループのレーザダイオード発光スポットをダイ上にランダムに配置し、第 2 のグループのレーザダイオード発光スポットを第 1 のグループのレーザダイオード発光スポットと同一のパターンでわずかなシフトすることによって同一のダイに配置することも考えられる。この V C S E L アレイのパターンに投光することによって、第 1 のグループのレーザダイオードまたは第 1 の構造化照明光源 121 から投光されるスポットおよび第 2 のグループのレーザダイオードまたは第 2 の構造化照明光源 125 から投光されるスポットは、V C S E L アレイダイ上で物理的に分離されているため、空間上互いに干渉しない。スポットからの出射光は、同一の投光光学系によって空間に投光される。また、2 つのグループのレーザダイオードは、第 1 の構造化照明光源 121 のすべての後方反射光 121b が撮像センサ 115 のピクセルの第

10

20

30

40

50

1の記憶ノードに記憶され、第2の構造化照明光源125のすべての後方反射光125bが撮像センサ115のピクセルの第2の記憶ノードに記憶されるように、制御されることができる。また、動作範囲を増大するために、撮像センサ115のピクセルは、背景光キャンセル回路を含んでもよい。さらに、撮像センサ115は、飛行時間型撮像センサ110であってもよい。

#### 【0051】

図7a~7dは、本発明の撮像システム105の一実施形態を示している。本発明の撮像システム105は、構造化照明光源121と、均一照明光源126と、光学系130と、撮像センサ115と、制御部140とを含む。両方の照明光源は、近赤外域に波長を有する。図7aに示すように、第1の露光中に、構造化照明光源121は、オンにされ、均一照明光源は、オフにされる。図7aにより示唆したように、構造化照明光源121は、制御部140によって変調され、撮像センサ115と同期することができる。構造化照明光源121からの出射光121aは、対象物10に到達してから反射される。構造化照明光源121からの後方反射光121bは、光学系130によって撮像センサ115上に結像される。撮像センサ115により捕捉された構造化照明光源121の画像は、従来の方法に使用され、シーンから深度情報を導き出すことができる。しかしながら、構造化照明光源121に基づいた撮像センサ115から提供されたグレースケール取得画像は、代表的なものではなく、多くの場合に対象物および詳細をはっきり視認できない。ランダムドットパターンを有する構造化照明光源121に基づいて得られたこのようなグレースケール画像は、図7cに示されている。細部の損失がはっきり見える。それでも通常画像を得られるように、構造化照明光源に基づいた最新の撮像システムは、独自の光路を有する第2の撮像装置を第1の撮像センサ115の隣りに追加する。第2の撮像センサは、一般的には、RGBセンサであり、完全に独立したカラー画像を提供する。しかしながら、異なる光路を介して第2の画像を取得することは、第1に高価になり、第2に2つの画像のマッピングが多くの課題に面する。本発明の方法の実施形態は、均一照明光源126をオンにし、同一の光学系130と撮像センサ115とを使用して、撮像システム105による第2の画像を取得することを提案した。均一照明光源126からの出射光126aは、シーン内の対象物10に達すると、反射される。均一照明光源126からの後方反射光126bは、光学系130によって撮像センサ115上に結像される。第2の画像の取得動作は、図7bに示されている。図7bにより示唆されたように、均一照明光源126と撮像センサ115とは、制御部140によって同期され、変調されることができる。均一照明光源126に基づいて得られたこの第2の画像のグレースケール画像は、図7dに示されている。その詳細は、よりはっきり視認することができるため、構造化照明光源121および均一照明光源126からのグレースケール画像からの3次元画像のマッピングは、簡単になる。

#### 【0052】

適切な帯域通過光学フィルタを光学系130に実装するためには、構造化照明光源121と均一照明光源126とが同様の波長を有することが有利である。また、制御部140を用いて、構造化照明光源121および均一照明光源126を撮像センサ115と同期し、変調することができる。動作範囲を増加するために、撮像センサ115は、インピクセル背景光キャンセル回路をさらに有することができる。

#### 【0053】

また、撮像センサ115は、飛行時間型撮像センサ110であってもよい。

図8は、本発明の実際の実施形態を示している。撮像システム105は、光学系130と、構造化照明光源121と、均一照明光源126とを含む。各照明光源は、近赤外域に波長を有する。光学系の後方にある撮像センサ115と制御部140とは、撮像システム105の筐体の後方に隠されているため、図面から見ることはできない。図8に与えられた例において、均一照明光源126は、中央に配置された構造化照明光源126の近隣に配置された2つの同様の照明光源から構成される。均一照明光源126に基づき、撮像センサ115によって撮像された画像は、シーンの代表的なグレースケール図として使用さ

ることができる一方、構造化照明光源 1 2 1 に基づき、撮像センサ 1 1 5 によって撮像された画像は、三角測量の原理に基づき、深度情報を導き出すために使用されることができる。光学系 1 3 0 に実装された狭帯域通過フィルタが構造化照明光源 1 2 1 および均一照明光源 1 2 6 からの光をできるだけ多く通過して撮像センサ 1 1 5 上に到達するとともに、可能な限り多くの背景光を遮断することを可能にするために、構造化照明光源 1 2 1 の波長および均一照明光源 1 2 6 の波長は、好ましくは同様である。また、図 7 で説明したように、撮像センサ 1 1 5 と構造化照明光源 1 2 1 とは、同期化され、変調されてもよい。また、図 7 で説明したように、均一照明光源 1 2 6 と撮像センサ 1 1 5 とは、同期され変調されてもよい。さらに、撮像センサ 1 1 5 は、飛行時間型撮像センサ 1 1 0 であってもよいが、好ましくはインピクセル背景キャンセル回路を含む。均一照明光源 1 2 6 に基づいて得られた画像に基づき、適切な画像処理アルゴリズムは、構造化照明光源 1 2 1 に基づいて得られた画像を評価することによって再構成された深度マップを改善することができる。

#### 【 0 0 5 4 】

前述の変調照明光源を備える実装形態のすべてにおいて、光源パルスは、好ましくは、記憶ノードのうち 1 つに対するサンプリング期間と同一またはそれより短い持続時間を有する。さらに、両方の記憶ノード内に同等の背景光をキャンセルするために、記憶ノードのサンプリング期間は、好ましくは、2 つのノードに対して等しい。

#### 【 0 0 5 5 】

構造化照明光源は、固定のパターンで発光する空間的に変調する光源として理解される。可能なパターンは、スペckルパターン（ランダム、擬似ランダムまたは通常）、ストライプパターン、ランダムバイナリパターンなどを含む。

【 図 1 a 】

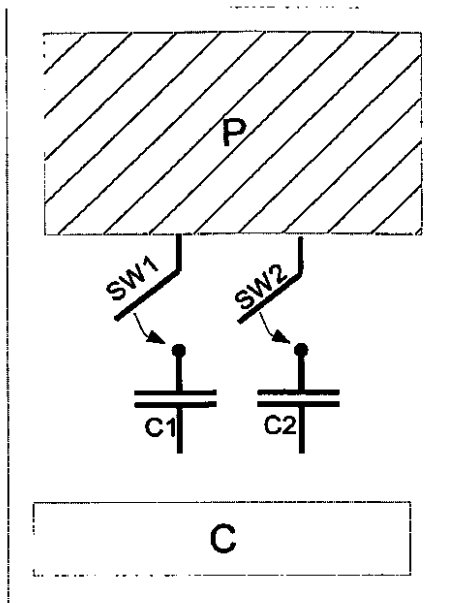


Fig. 1a (Prior Art)

【 図 1 b 】

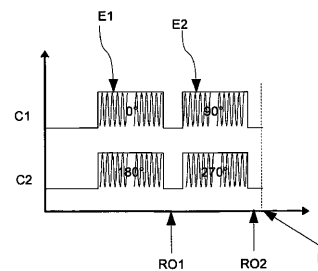


Fig. 1b (Prior Art)

【 図 1 c 】

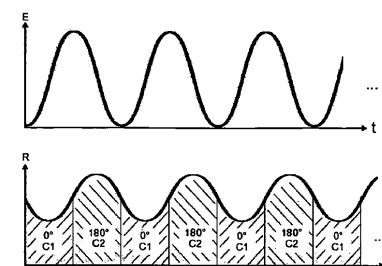


Fig. 1c (Prior Art)



【 図 5 】

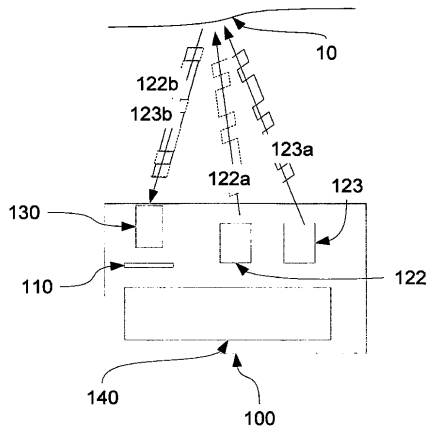


Fig. 5

【 図 6 】

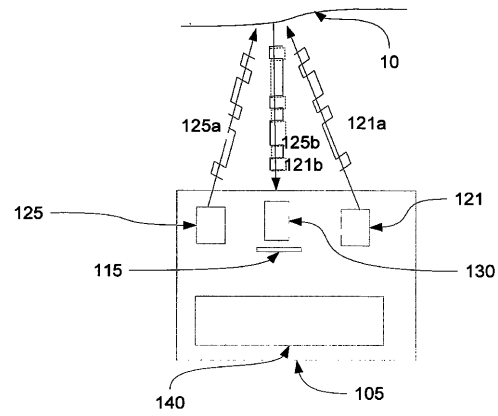
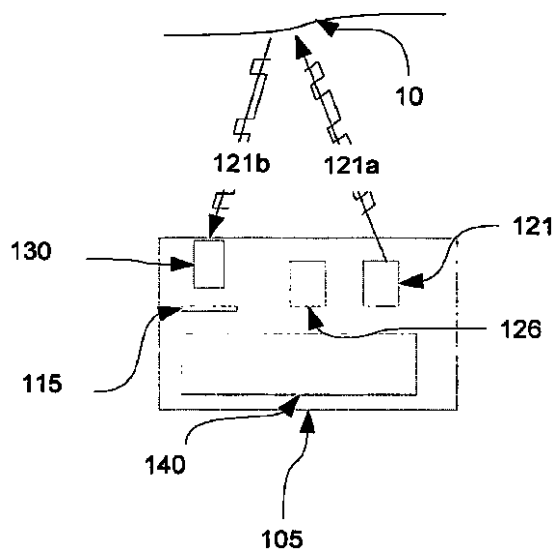


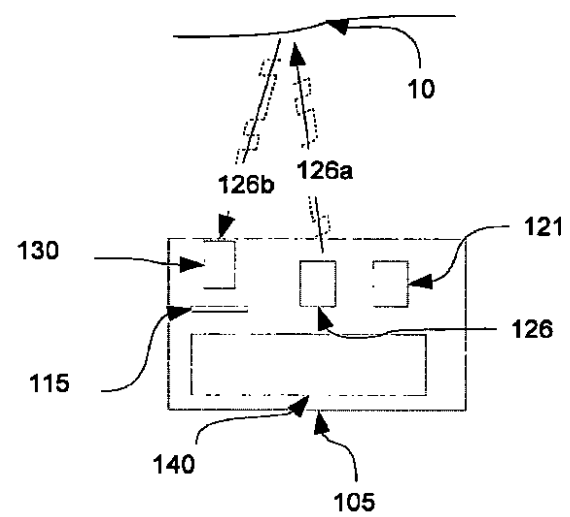
Fig. 6

【 図 7 a ) 】



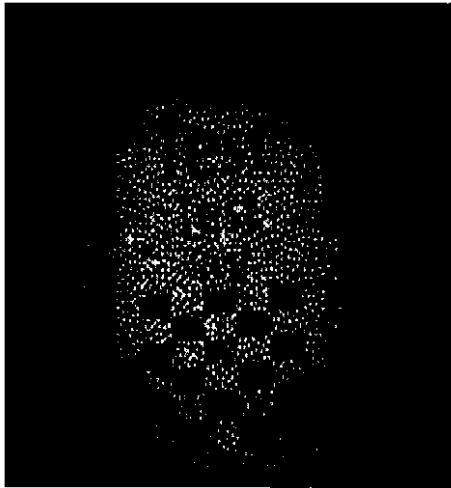
a)

【 図 7 b ) 】



b)

【図 7 c )】



c)

【図 7 d )】



d)

【図 8】

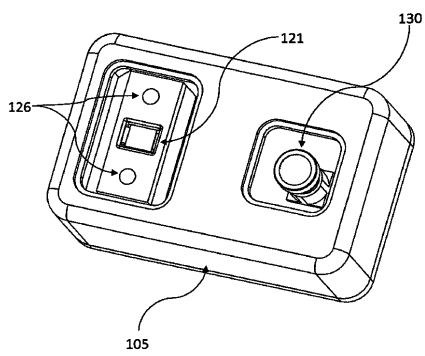


Fig. 8

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/001526

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01S15/89 G01S17/89 G01S7/484 G01S7/491  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
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, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2013/002823 A1 (LIM HWA SUP [KR] ET AL) 3 January 2013 (2013-01-03) paragraphs [0003], [0045] - [0047], [0103], [0110]; figures 5, 6 -----	1-40
A	US 2005/190206 A1 (LANG CHRISTIAN [DE] ET AL) 1 September 2005 (2005-09-01) paragraph [0039] -----	2
A	US 2005/162638 A1 (SUZUKI YOUSUKE [JP] ET AL) 28 July 2005 (2005-07-28) paragraph [0144] -----	17
A	EP 2 017 651 A2 (MESA IMAGING AG [CH]) 21 January 2009 (2009-01-21) paragraph [0031] -----	20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 August 2014

Date of mailing of the international search report

21/08/2014

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

Beer, Mark

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/001526

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013002823 A1	03-01-2013	KR 20130001762 A US 2013002823 A1	07-01-2013 03-01-2013
US 2005190206 A1	01-09-2005	NONE	
US 2005162638 A1	28-07-2005	DE 102005004113 A1 JP 4161910 B2 JP 2005214743 A US 2005162638 A1	11-08-2005 08-10-2008 11-08-2005 28-07-2005
EP 2017651 A2	21-01-2009	EP 2017651 A2 US 2009020687 A1	21-01-2009 22-01-2009

## 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, LT, 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 カロースティアン, ステファン

スイス、 3 0 8 6 ツィンマーヴァルト、 ニーダーホイザーンシュトラッセ、 1 4

Fターム(参考) 2F065 AA03 AA04 AA53 BB05 CC16 DD01 DD11 FF04 FF07 FF09  
FF11 FF13 GG06 GG07 GG23 HH02 HH06 JJ03 JJ26 LL22  
QQ01 QQ03 QQ13 QQ14 QQ29 QQ31 QQ47