

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7149941号

(P7149941)

(45)発行日 令和4年10月7日(2022.10.7)

(24)登録日 令和4年9月29日(2022.9.29)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 S 17/36 (2006.01)

G 0 1 S 17/36

G 0 1 S 17/89 (2020.01)

G 0 1 S 17/89

G 0 1 B 11/24 (2006.01)

G 0 1 B 11/24

A

請求項の数 1 (全19頁)

(21)出願番号 特願2019-530433(P2019-530433)

(86)(22)出願日 平成29年12月7日(2017.12.7)

(65)公表番号 特表2020-513555(P2020-513555
A)

(43)公表日 令和2年5月14日(2020.5.14)

(86)国際出願番号 PCT/EP2017/081856

(87)国際公開番号 WO2018/104464

(87)国際公開日 平成30年6月14日(2018.6.14)

審査請求日 令和2年12月4日(2020.12.4)

(31)優先権主張番号 16202730.4

(32)優先日 平成28年12月7日(2016.12.7)

(33)優先権主張国・地域又は機関
欧州特許庁(EP)

前置審査

(73)特許権者 316005926

ソニーセミコンダクタソリューションズ
株式会社

神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号

(74)代理人 110003339

特許業務法人南青山国際特許事務所

(72)発明者 ハスティン セルゲ

ベルギー 1050 ブリュッセル 66

アベニュー ギヨーム ギルパート

審査官 梶田 真也

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 装置および方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

位相シフト法によって測定された距離に基づいて、3D画像を生成する装置であって、
光検出信号と各位相シフト参照信号を相関させることによって、直交相関信号と同相相
関信号を含む相関信号を取得するように構成された回路を具備し、

前記回路は、前記直交相関信号の取得の平均時間と前記同相相関信号の取得の平均時間
が等しくなるように構成され、

前記回路は、

第1の時間 T_0 において 0° の相関信号を取得し、第2の時間 $T_0 + \Delta T$ において 90° の相関信号を取得し、第3の時間 $T_0 + 2 \cdot \Delta T$ において 270° の相関信号を取得し、最後の時間 $T_0 + 3 \cdot \Delta T$ において 180° の相関信号を取得するように構成され、

T_0 は前記相関信号の取得が開始された時間を示し、 ΔT は所定の時間間隔を示す
装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は概して、飛行時間(Time of Flight)撮像装置および方法に関する。

【背景技術】

【0002】

T o F (Time of Flight) 3 D 撮像装置は、光源からオブジェクトまでの往復の飛行時間 (T o F : Time of Flight) の分析によってオブジェクトまでの距離に関する情報を提供する装置として知られている。T o F 3 D 撮像装置 (または 3 D T o F カメラ) は、カメラからオブジェクトまでの実際の距離を推定するためにどの深度から算出が行われるかの複数の連続した計測が必要な T o F 原理に基づく。各測定はそれぞれ独自のインテグレーション・タイム (積分時間) を有し、デプス・マップ (深度図) を決定する必要がある複数の測定が行われる期間は、所定の期間を含む。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

T o F カメラは、T o F 原理 (図1を参照し後述する) に基づいて行われる一連の連続した取得結果・計測結果から、3 D 画像または深度図を算出する。一連の連続した計測結果を通してシーンにおけるオブジェクトが動く際に (または時間と共に距離が変わるように、オブジェクトに対してシーンにおいてカメラが動く場合)、各画素におけるそれぞれの連続した計測がそのシーンにおける同じ箇所と対応しなくなり、T o F 原理に基づく連続した計測によって抽出される、算出された深度の計測によって推定される深度が不正確になるという悪影響が、算出された深度に発生する恐れがある (2 D 撮像においてはモーションブラー (被写体ぶれ) と呼ばれる)。

【0004】

カメラからオブジェクトまでの距離を判定するため、光検出信号は通常、元の光信号と比較してそれぞれ 0°、180°、90°、および 270° でシフトされる 4 つの電気参照信号と相関している。取得ステップは、動的アスペクトが含まれるシーン (すなわち、カメラまたはシーン / オブジェクトの動き) の深度算出の際に発生する誤差を最小化するのに適しているべきである。従来技術の相関測定のシーケンスは、まず 0° と 90° の相関測定を含む第 1 の組の測定が連続して行われ、次に 180° と 270° の相関測定を含む第 2 の組の測定が連続して行われるように設定されていた。4 つの相関測定が行われる際のカメラの移動やシーンの変化の影響を減らすため、可能な限り迅速に 4 つの相関計測を行うことによってシーンの変化 (モーションブラー (被写体ぶれ)) による誤差を減らしたり、モーションブラー (被写体ぶれ) が発生した領域を特定するための追加の信号処理を行ったりすることが考えられてきた。

【0005】

カメラの移動やシーンの変化による影響を減らすため、上記のような技術が存在はするが、一般的に、カメラの移動やシーンの変化による影響を減らすためのより効率的な方法が求められている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の第 1 の態様によると、光検出信号と各位相シフト参照信号を相関させることによって、直交相関信号と同相相関信号を含む相関信号を取得するように構成された回路を具備する装置であって、上記直交相関信号の取得の平均時間と上記同相相関信号の取得の平均時間が略等しくなるように、上記回路が構成される装置が提供される。

【0007】

本開示の他の態様によると、光検出信号と各位相シフト参照信号を相関させることによって、相関信号の第 1 の集合と相関信号の第 2 の集合を含む相関信号を取得するように構成された回路を具備する装置であって、上記相関信号の第 1 の集合の平均位相と上記相関信号の第 2 の集合の平均位相が直交する、または略直交するように上記回路が構成され、上記相関信号の第 1 の集合の取得の平均時間と上記相関信号の第 2 の集合の取得の平均時間が等しい、または略等しくなるように上記回路が構成される装置が提供される。

【0008】

本開示の他の態様によると、光検出信号と各位相シフト参照信号を相関させることによって、直交相関信号と同相相関信号を含む相関信号を取得することを含む方法であって、

10

20

30

40

50

上記直交相関信号の取得の平均時間と上記同相相関信号の取得の平均時間が略等しくなるよう上記相関信号を取得する方法が提供される。

【0009】

本開示の他の態様によると、光検出信号と各位相シフト参照信号を相関させることによって、相関信号の第1の集合と相関信号の第2の集合を含む相関信号を取得することを含む方法であって、上記相関信号の第1の集合の平均位相と上記相関信号の第2の集合の平均位相が直交、または略直交し、上記相関信号の第1の集合の取得の平均時間と上記相関信号の第2の集合の取得の平均時間が等しい、または略等しい方法が提供される。

【0010】

さらに他の側面に関しては、従属請求項、並びに以下の説明及び図面から明らかにされる。

10

【0011】

図面を参照して本開示の実施形態の詳細な説明を行う前に、いくつかの一般的な説明を行う。

【0012】

回路は、マイクロチップ等の集積回路、CPU等の処理ユニット、LED、および/またはレーザードライバ電子機器等を含む任意の種類の電子回路であり得る。

【0013】

光検出信号は、例えば、ToFカメラのカメラセンサによって得られる光に対応し得る。例えば、ToF撮像において、光検出信号は変調光によって照らされたシーンによって反射された光に対応し得る。

20

【0014】

光検出信号はToFカメラシステムによって取得され得る。このToFカメラシステムは光の既知の速度に基づく距離の解像を行い、画像の各点におけるカメラと被写体との間の変調光信号の飛行時間(ToF: Time of Flight)を計測する。本実施形態においては、ToFカメラに関する様々な技術が用いられ得る。例えば、距離ゲート式撮像装置や位相検出器を備えるRF変調光源が挙げられる。例えば、反射光は画素配列を含むセンサによって捕捉される。この場合、1個の画素は入射光を電流に変換する感光素子(例えば、フォトダイオード)からなる。

【0015】

ToF撮像において、例えば、参照信号は相関信号を生成するための光検出信号と相関している。参照信号は電気参照信号等であり得る。いくつかの実施形態によると、参照信号とは、変調光信号と比較して、それぞれ0°、180°、90°、および270°位相シフトされた電気参照信号である。

30

【0016】

直交相関とは、例えば90°または略90°位相シフトされた参照信号、または270°または略270°位相シフトされた参照信号に関するものであってもよい。一方、同相相関とは、例えば0°または180°位相シフトされた参照信号、または略0°または略180°位相シフトされた参照信号に関するものであってもよい。

【0017】

本実施形態によると、直交相関信号の取得の平均時間と同相相関信号の取得の平均時間は略等しい。直交相関信号の取得の平均時間と同相相関信号の取得の平均時間が略等しい場合、変調光信号と光検出信号間の位相シフト角度を表す式の分子で用いる相関の取得の平均時間と、この位相シフト角度を表す式の分母における相関の取得の平均時間は略等しくなり得る。つまり、直交相関信号の取得の平均時間と同相相関信号の取得の平均時間が略等しい場合、モーションブラーを引き起こす位相オフセット誤差は大幅に減少されることになり得る。

40

【0018】

いくつかの実施形態によると、相関信号は直交変調信号であり、回路は180°反対の位相において第1および最後の相関信号を取得し、第2と第3の相関信号も180°反対

50

の位相において取得するように構成される。

【 0 0 1 9 】

いくつかの実施形態によると、第 1 および最後の相関信号は直交相関信号であり、一方で第 2 と第 3 の相関信号は同相相関信号である。

【 0 0 2 0 】

さらに他の実施形態によると、第 1 および最後の相関信号は同相相関信号であり、一方で第 2 と第 3 の相関信号は直交相関信号である。

【 0 0 2 1 】

いくつかの実施形態によると、回路は、まず 0° と 180° の相関測定の第 1 の集合を続けて取得し、次に 90° と 270° の相関測定の第 2 の集合を続けて取得するように構成される。

10

【 0 0 2 2 】

いくつかの実施形態によると、回路は、第 1 の時間 T_0 において 0° の相関信号を取得し、第 2 の時間 $T_0 + \Delta T$ において 90° の相関信号を取得し、第 3 の時間 $T_0 + 2 \cdot \Delta T$ において 270° の相関信号を取得し、最後の時間 $T_0 + 3 \cdot \Delta T$ において 180° の相関信号を取得するように構成される。この場合、 T_0 は相関信号の取得が開始された時間を示し、 ΔT は所定の時間間隔を示す。

【 0 0 2 3 】

いくつかの実施形態によると、他の位相シフトシーケンスに基づき相関信号を取得するように回路が構成される。

20

【 0 0 2 4 】

例えば、本出願に記載の基本概念を逸脱しない範囲で、相関信号のすべての位相を同一の所定の位相角でシフトしてもよい。

【 0 0 2 5 】

つまり、例えば、光検出信号と各位相シフト参照信号を相関させることによって、相関信号の第 1 の集合と相関信号の第 2 の集合を含む相関信号を取得するように回路が構成されてもよい。この場合、相関信号の第 1 の集合の平均位相と相関信号の第 2 の集合の平均位相が直交、または略直交するように回路が構成され、また、相関信号の第 1 の集合の取得の平均時間と相関信号の第 2 の集合の取得の平均時間が等しい、または略等しくなるように回路が構成される。

30

【 0 0 2 6 】

特に、相関信号の第 1 の集合は、所定の位相角で位相シフトされた直交変調信号を含み得る。相関信号の第 2 の集合は、同じ上記所定の位相角で位相シフトされた同相相関信号を含み得る。

【 0 0 2 7 】

例えば、相関信号の第 1 の集合は、直交変調信号を含み得る。相関信号の第 2 の集合は、任意の位相角で位相シフトされた同相相関信号を含み得る。

【 0 0 2 8 】

この装置は、変調光信号でシーンを照らすための照明ユニットをさらに含んでもよい。例えば、照明ユニットとは発光ダイオード (LED) であってもよく、特に、レーザーダイオード等であってもよい。

40

【 0 0 2 9 】

この装置は、光検出信号を受信するための撮像素子をさらに含んでもよい。例えば、この撮像素子は CCD 画素配列を含んでもよい。

【 0 0 3 0 】

例えば、本実施形態に係る方法は、光検出信号と各位相シフト参照信号を相関させることによって、直交相関信号と同相相関信号を含む相関信号を取得することを含んでもよい。この場合、直交相関信号の取得の平均時間と同相相関信号の取得の平均時間が略等しくなるよう相関信号を取得する。

【 発明の効果 】

50

【 0 0 3 1 】

以上のように、本開示によれば、カメラの移動やシーンの変化による影響を減らすためのより効率的な方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 2 】

【図 1】T o F カメラの基本動作原理を概略的に示す図である。

【図 2】飛行時間 (Time of Flight) 測定に関する信号の例を示す図である。

【図 3】光検出信号 S_{ϕ} の極形式を示す図である。

【図 4】相関測定制御シーケンスの例を示す図である。

【図 5】従来技術の位相シフトシーケンスによる T o F 3 D 画像の例と、実質的なモーションブラーを示す図である。

10

【図 6】どのようにして分子 Q と分母 I に対する取得の平均時間を判定するかを概略的に示す図である。

【図 7】本開示の実施形態に係る位相シフトシーケンスを用いた T o F 画像の取得方法を概略的に示す図である。

【図 8】人差し指を立てた状態で手を回すような動作を行った際に手の上部に設置した 3 D T o F カメラで取得したシーンにおける手を後ろから見た図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 3 】

以下、添付図面を参照しながら、実施形態について例示する。

20

【 0 0 3 4 】

図 1 は T o F カメラ 3 の基本動作原理を概略的に示す図である。T o F カメラ 3 は、専用の照明ユニット 1 8 からオブジェクトまでの光の飛行時間 (T o F : Time of Flight) を分析して、シーン 1 5 の 3 D 画像を撮影する。T o F カメラ 3 は例えば 3 D センサ 1 等のカメラと、プロセッサ 4 を含む。シーン 1 5 は、専用の照明ユニット 1 8 を用いて所定の波長の変調光 1 6 によって能動的に照らされる。例えば、タイミング発生器 5 によって生成された少なくとも 1 の所定の周波数のいくつかの光パルスによって照らされる。変調光 1 6 はシーン 1 5 内のオブジェクトによって反射される。レンズ 2 は反射光 1 7 を集光し、カメラの撮像素子 1 上にオブジェクトの像を結像する。オブジェクトとカメラの距離に応じて、変調光 1 6、例えばいわゆる光パルスの照射と、反射された光パルス 1 7 のカメラにおける受光との間に遅延が発生する。カメラと反射オブジェクト間の距離は、観察された時間遅延作用および光定数値の速度として判定されてもよい。

30

【 0 0 3 5 】

オブジェクトとカメラの距離は以下のように計算される。

【 0 0 3 6 】

図 2 は T o F 測定に関する信号の例を示す図である。変調信号 S (図 1 における 1 6) はオブジェクトに向かって送信される。オブジェクトによる反射の後、反射光 (図 1 における 1 7) を受光した光検出器によって信号 S_{ϕ} が検出される。移動時間があるため、元の信号 S と比較して位相 ϕ の分だけ信号 S_{ϕ} は位相シフトされる。例えば、信号 S が正弦波形の場合は、

40

【数 1】

$$S = A \cos(2\pi f t)$$

・・・ (式 1)

そして、 S_{ϕ} は、下記の数式を用いて位相シフト波とみなされ得る。

【数 2】

$$S_{\phi} = A \cos(2\pi f t + \phi) = A \cos(2\pi f t) \cos(\phi) - A \sin(2\pi f t) \sin(\phi)$$

50

・・・ (式 2)

【 0 0 3 7 】

下記の式によって、いわゆる同相 I 成分と直交 Q 成分を定義する。

【数 3】

$$I = A \cos(\varphi)$$

・・・ (式 3)

【数 4】

$$Q = A \sin(\varphi)$$

10

・・・ (式 4)

そして、 S_φ は以下のように表すことができる。

【数 5】

$$S_\varphi = I \cos(2\pi ft) - Q \sin(2\pi ft)$$

・・・ (式 5)

【 0 0 3 8 】

20

この式は、図 3 に示すベクトルとして S_φ の極形式を表すことができる。 φ は S_φ の位相を示し、 r は信号 S_φ の振幅 A に対応するパラメータであり、いわゆる信頼度に関する。

【 0 0 3 9 】

φ 、 I 、 Q はオブジェクトとカメラの距離を計測するための主要パラメータである。これらのパラメータを計測するために、光検出信号 S_φ は通常、電気参照信号 S_I 、 S_{I^-} 、 S_Q 、 S_{Q^-} と相関させられる。図 2 に示すように、 S_I 、 S_{I^-} 、 S_Q 、 S_{Q^-} は、元の光信号 S と比較して、それぞれ 0° 、 180° 、 90° 、および 270° シフトされた電気参照信号である。取得される相関信号は以下のように定義される。

【数 6】

$$S_{\varphi, I} = S_\varphi \cdot S_I$$

30

・・・ (式 6)

【数 7】

$$S_{\varphi, \bar{I}} = S_\varphi \cdot S_{\bar{I}}$$

・・・ (式 7)

【数 8】

$$S_{\varphi, Q} = S_\varphi \cdot S_Q$$

40

・・・ (式 8)

【数 9】

$$S_{\varphi, \bar{Q}} = S_\varphi \cdot S_{\bar{Q}}$$

・・・ (式 9)

【 0 0 4 0 】

そして、2 つのパラメータ I と Q は以下のように計算される。

50

【数 1 0】

$$I = A_S \cdot \alpha \cdot (S_{\varphi,I} - S_{\varphi,\bar{I}})$$

・・・ (式 1 0)

【数 1 1】

$$Q = A_S \cdot \alpha \cdot (S_{\varphi,Q} - S_{\varphi,\bar{Q}})$$

・・・ (式 1 1)

10

【0 0 4 1】

A_S および α はそれぞれ、光検出信号 S_φ の振幅変化と、相関の効率を表し、両者は動作中に測定される。

【0 0 4 2】

φ の抽出は、変調信号 S の形に基づく。例えば、 S が正弦波の場合、

【数 1 2】

$$\varphi = \begin{cases} \arctan \frac{Q}{I} & \text{if } I, Q \geq 0 \\ \arctan \frac{Q}{I} + \pi & \text{if } I < 0 \\ \arctan \frac{Q}{I} + 2\pi & \text{if } Q < 0, I \geq 0 \end{cases}$$

20

・・・ (式 1 2 ~ 1 4)

【0 0 4 3】

一度位相 φ が既知となると、下記の式に基づき、オブジェクトとカメラの距離 D_φ を取得することができる。

【数 1 3】

$$D_\varphi = \frac{c \cdot (\varphi + 2\pi \cdot n)}{4\pi \cdot f_{mod}}$$

30

・・・ (式 1 5)

c は光の速度を表し、 f_{mod} は変調周波数を表し、 n は位相アンビギュイティに関する整数を表す。

【0 0 4 4】

(シーンまたはカメラの変化)

式 1 2 ~ 1 4 の逆正接項は、4 つの相関が計測される際にはシーンもカメラも変化しないという仮定に基づく。例えば、 φ が定数で、 0° 、 90° 、 180° 、 270° の信号シフトが行われた相関の間で A_S が定数 ΔA_S の分だけ増加する場合、位相オフセット誤差は以下ようになる。

40

【数 1 4】

$$\Delta\varphi = \arctan\left(\frac{(I+4\Delta A_S)\sin\varphi}{(I+2\Delta A_S)\cos\varphi}\right) - \varphi$$

・・・ (式 1 6)

【0 0 4 5】

詳述すると、従来技術の相関計測シーケンスは以下のように論理的に設定される。まず 0° ($S_{\varphi,I}$) と 90° ($S_{\varphi,Q}$) の相関測定を含む第 1 の組の測定が連続して行われ、次に 180° (S_{φ,I^-}) と 270° (S_{φ,Q^-}) の相関測定を含む第 2 の組の測定が連

50

続して行われるように設定される。これは、ある位相からその隣の位相にオフセットが線形増加するのを容易にするためである。この増加は、毎回1つの同じ 90° のオフセットに基づき設定される（このオフセットを格納するために1つのメモリを割り当てる必要がある）。

【0046】

図4は相関測定制御シーケンスの例を示す図である。制御シーケンスはuFrame uFを含み、uFrame uFは4つのサブフレームSF1、SF2、SF3、SF4を含む。各サブフレームは、特定の参照信号に対する特定の相関測定に関する。従来技術の位相シフトシーケンスによると、サブフレームSF1は 0° の相関測定($S_{\phi,I}$)を制御し、サブフレームSF2は 90° の相関測定($S_{\phi,Q}$)を制御し、サブフレームSF3は 180° の相関測定(S_{ϕ,I^-})を制御し、サブフレームSF4は 270° の相関測定(S_{ϕ,Q^-})を制御する。各サブフレームは積分(integration)シーケンスを含む。この積分シーケンスにおいて、相関信号は受信され、積分される。この積分シーケンスの後に、R/Oシーケンスが続く。R/Oシーケンスにおいて、積分結果が読み出される。R/Oシーケンスの後に、SF DTシーケンスが続く。SF DTシーケンスでサブフレームは終わりとなる。DTとはサブフレーム・ダウンタイムのことであり、この間には何も起こらない。

【0047】

図5は従来技術の位相シフトシーケンスによるToF 3D画像の例を示す図である。ToF 3Dカメラの前でユーザが手を振ったときにこのToF 3D画像が取得されると、ToF 3D画像は著しいモーションブラーを含むことになる。

【0048】

下記の本実施形態は、時間とともに行われる取得についての好適な構成に関する。この構成によると、ToF原理によって推測を行う際の深度算出誤差を最小化することができる。特に本実施形態は、位相誤差が減少するように信号シフトを並び変えることに関する。

【0049】

この構成によると、（位相シフト角 ϕ を表す式12～14における）分子に用いられる相関の取得の平均時間と、（位相シフト角 ϕ を表す式12～14における）分母に用いられる相関の取得の平均時間とが等しくなる。

【0050】

上記のような直交変調において、これは、 180° 反対の位相において第1および最後の3D写真を取得し、第2と第3の3D写真は、例えば下記の改良された位相シフトにおいて取得されることを意味する。

【0051】

図6は、本発明の実施形態の 0° ($S_{\phi,I}$)、 90° ($S_{\phi,Q}$)、 270° (S_{ϕ,Q^-})、 180° (S_{ϕ,I^-})の位相シフトシーケンスを用いる際に式12～14においてどのようにして分子Qと分母Iに対する取得の平均時間を判定するかの例を概略的に示す図である。図6の下のグラフは、時間 t の経過とともに行われる、式12～14における分子Qに対する相関信号 $S_{\phi,Q}$ および S_{ϕ,Q^-} （直交相関）の取得について信号振幅Aとして示す。それに応じて、図6の上のグラフは、時間 t の経過とともに行われる、式12～14における分母Iに対する相関信号 $S_{\phi,I}$ および S_{ϕ,I^-} （同相相関）の取得について信号振幅Aとして示す。相関信号 $S_{\phi,I}$ の取得は時刻 T_0 に開始し、積分時間 δt の間継続する。相関信号 $S_{\phi,Q}$ の取得は時刻 $T_0 + \Delta T$ に開始し、積分時間 δt の間継続する。相関信号 S_{ϕ,Q^-} の取得は時刻 $T_0 + 2 \cdot \Delta T$ に開始し、積分時間 δt の間継続する。相関信号 S_{ϕ,I^-} の取得は時刻 $T_0 + 3 \cdot \Delta T$ に開始し、積分時間 δt の間継続する。例示のため、ここでは積分時間 δt と信号振幅 $A(t) = A_0$ が各相関測定において同一であると仮定する。従って、分子相関 $S_{\phi,Q}$ および S_{ϕ,Q^-} に対する取得 y_Q の平均時間は以下になる。

【数15】

10

20

30

40

50

$$y_Q = \frac{\int A(t).t.dt}{\int A(t).dt} = T_0 + \frac{1}{2}\Delta T + \frac{1}{2}\delta t$$

【 0 0 5 2 】

従って、分母相関 $S_{\phi, I}$ および S_{ϕ, I^-} の取得 y_I の平均時間は以下ようになる。

【 数 1 6 】

$$y_I = \frac{\int A(t).t.dt}{\int A(t).dt} = T_0 + \frac{1}{2}\Delta T + \frac{1}{2}\delta t$$

10

【 0 0 5 3 】

つまり、図 6 に例示した位相シフトシーケンスを用いた場合、分子相関 $S_{\phi, Q}$ および S_{ϕ, Q^-} (直交相関) の取得 y_Q の平均時間と分母相関 $S_{\phi, I}$ および S_{ϕ, I^-} (同相相関) の取得 y_I の平均時間は等しくなる。

【 0 0 5 4 】

図 6 の実施形態に示すように、積分時間 δt と信号振幅 $A(t) = A_0$ は各相関測定において同一であり、分子相関 (直交相関) の取得 y_Q の平均時間と分母相関 (同相相関) の取得 y_I の平均時間は完全に同一であると仮定される。他の実施例においては、振幅 A 、時間間隔 ΔT 、及び積分期間 δt は各相関測定において同一であってはならない。このような場合、分子相関 (直交相関) の取得 y_Q の平均時間と分母相関 (同相相関) の取得 y_I の平均時間は完全に同一であってはならない。両者は略同一であればよい。

20

【 0 0 5 5 】

以下の表は、従来技術の位相シフトシーケンスと比較した上記第 1 の実施形態の位相シフトシーケンスを示す。

【 表 1 】

写真	時間	I	従来技術の 位相シフト シーケンス	第 1 の実施形態の 位相シフト シーケンス
0	T_0	A_S	0°	0°
1	$T_0 + \Delta T$	$A_S + \Delta A_S$	90°	90°
2	$T_0 + 2 \cdot \Delta T$	$A_S + 2 \cdot \Delta A_S$	180°	270°
3	$T_0 + 3 \cdot \Delta T$	$A_S + 3 \cdot \Delta A_S$	270°	180°

30

【 0 0 5 6 】

例えば、この順番で式 1 6 を以下に示す式 1 7 に変換する。式 1 7 は位相の誤差が 0 ま で減少したことを示す。

【 数 1 7 】

$$\Delta\varphi = \arctan\left(\frac{(I+3\Delta A_S)\sin\varphi}{(I+3\Delta A_S)\cos\varphi}\right) - \varphi = 0$$

40

・・・ (式 1 7)

【 0 0 5 7 】

また、他の実施形態の位相シフトシーケンスを下記の表に示す。ここで、位相シフトシーケンス A は上記の表を用いて説明したものと同一である。

50

【表 2】

写真	位相シフトシーケンス							
	A	B	C	D	E	F	G	H
0	0°	0°	180°	180°	90°	90°	270°	270°
1	90°	270°	90°	270°	0°	180°	0°	180°
2	270°	90°	270°	90°	180°	0°	180°	0°
3	180°	180°	0°	0°	270°	270°	90°	90°

10

【0058】

上記の位相シフトシーケンスによると、180°反対の位相において第1および最後の
 相関信号が取得され、第2と第3の相関信号も180°反対の位相において取得される。

【0059】

さらに他の実施形態の場合、相関信号は放出信号に対して二次式または同相である必要
 はない。例えば、各位相の差が維持されたまま、実施形態の効果が失われないように、相
 関信号の全ての位相を同じ角度 δ でシフトすることができる。例えば、0°、90°、2
 70°、180°の位相シフトシーケンスAの代わりに、実施形態の要旨から逸脱しない
 範囲内で、0°+ δ 、90°+ δ 、270°+ δ 、180°+ δ の位相シフトシーケンス
 A'が用いられてもよい。

20

【0060】

これらの実施形態によると、位相シフト直交相関信号の平均位相と、位相シフト同相相
 関信号の平均位相は互いに直交する。例えば、上記の位相シフトシーケンスA'によると、
 シフト同相相関信号0°+ δ 、180°+ δ の平均値は90°+ δ であり、シフト直交相
 関信号90°+ δ 、270°+ δ の平均値は180°+ δ である。つまり、シフト同相相
 関信号の平均値90°+ δ とシフト直交相関信号の平均値180°+ δ は互いに直交する
 (|(180°+ δ) - (90°+ δ)| = 90°)。

【0061】

このような実施形態によると、相関信号のすべての位相が同じ角度 δ でシフトされる場
 合、式16は以下の形を取る。

30

【数18】

$$\Delta\varphi = \arctan\left(\frac{(I+4\Delta A_S)\sin(\varphi-\delta)}{(I+2\Delta A_S)\cos(\varphi-\delta)}\right) - (\varphi - \delta)$$

・・・(式16')

【0062】

以下の表は、さらに他の実施形態の位相シフトシーケンスを示す。

【表 3】

40

写真	位相シフトシーケンス							
	I	J	K	L	M	N	O	P
0	0°	0°	120°	120°	90°	90°	210°	210°
1	90°	210°	90°	210°	0°	120°	0°	120°
2	210°	90°	210°	90°	120°	0°	120°	0°
3	120°	120°	0°	0°	210°	210°	90°	90°

50

【 0 0 6 3 】

この場合も、各位相の差が維持されたまま、実施形態の効果が失われないように、すべての角度を同じ角度 δ でシフトすることができる。例えば、 0° 、 90° 、 210° 、 120° の位相シフトシーケンスIの代わりに、実施形態の要旨から逸脱しない範囲内で、 $0^\circ + \delta$ 、 $90^\circ + \delta$ 、 $210^\circ + \delta$ 、 $120^\circ + \delta$ の位相シフトシーケンスI'が用いられてもよい。これらの実施形態によると、この場合も、位相シフト直交相関信号の平均位相と、位相シフト同相相関信号の平均位相は互いに直交する。例えば、上記の位相シフトシーケンスI'によると、シフト同相相関信号 $0^\circ + \delta$ 、 $180^\circ + \delta$ の平均値は $90^\circ + \delta$ であり、シフト直交相関信号 $90^\circ + \delta$ 、 $270^\circ + \delta$ の平均値は $180^\circ + \delta$ である。つまり、シフト同相相関信号の平均値 $90^\circ + \delta$ とシフト直交相関信号の平均値 $180^\circ + \delta$ は互いに直交する（ $|(180^\circ + \delta) - (90^\circ + \delta)| = 90^\circ$ ）。

10

【 0 0 6 4 】

上記の位相シフトシーケンスによると、 120° 反対の位相において第1および最後の相関信号が取得され、第2と第3の相関信号も 120° 反対の位相において取得される。

【 0 0 6 5 】

このような実施形態によると、式16は以下の形（式16'と同一）を取る。

【数 1 9】

$$\Delta\varphi = \arctan\left(\frac{(I+4\Delta A_S)\sin(\varphi-\delta)}{(I+2\Delta A_S)\cos(\varphi-\delta)}\right) - (\varphi - \delta)$$

20

・・・（式16''）

【 0 0 6 6 】

先行技術においては、可能な限り迅速に4つの相関計測を行うことによってシーンの変化（モーションブラー（被写体ぶれ））による誤差を減らしてシーン変化の影響を減らしたり、モーションブラー（被写体ぶれ）が発生した領域を特定するための追加の信号処理を行ったりする。しかしながら、上記の本実施形態においては、追加の計算やシステムの変更をすることなく、メソッドパラメータを変更するだけで、主要な共通のケースにおける深度計測誤差を誘発するモーションブラーを制限したり、大幅に削減したりする。

【 0 0 6 7 】

30

図7は本開示の一実施形態に係る位相シフトシーケンスを用いたT o F画像の取得方法を概略的に示す図である。処理801において、光検出信号 S_φ を各位相シフト参照信号 S_Q と相関させることによって相関信号 $S_{\varphi,Q}$ が取得される。処理802において、光検出信号 S_φ を各位相シフト参照信号 S_I と相関させることによって相関信号 $S_{\varphi,I}$ が取得される。処理803において、光検出信号 S_φ を各位相シフト参照信号 S_{I^-} と相関させることによって相関信号 S_{φ,I^-} が取得される。処理804において、光検出信号 S_φ を各位相シフト参照信号 S_{Q^-} と相関させることによって相関信号 S_{φ,Q^-} が取得される。相関信号 $S_{\varphi,Q}$ 、 S_{φ,Q^-} 、 $S_{\varphi,I}$ 、 S_{φ,I^-} は、直交相関信号 $S_{\varphi,Q}$ 、 S_{φ,Q^-} と同相相関信号 $S_{\varphi,I}$ 、 S_{φ,I^-} を含む。直交相関信号 $S_{\varphi,Q}$ 、 S_{φ,Q^-} の取得の平均時間と同相相関信号 $S_{\varphi,I}$ 、 S_{φ,I^-} の取得の平均時間が略等しくなるよう相関信号 $S_{\varphi,Q}$ 、 S_{φ,Q^-} 、 $S_{\varphi,I}$ 、 S_{φ,I^-} を取得する。

40

【 0 0 6 8 】

（実施形態の効果）

図8は人差し指を立てた状態で手を回すような動作を行った際に手の上部に設置した3D T o Fカメラで取得したシーンにおける手を後ろから見た図である。連続して取得された相関から算出された位相差の誤差は、Y軸上のカメラに近づいたり離れたりするよう誤った深度計測を引き起こす。対象画素とその周囲の画素との勾配とともに深度計測の誤差が増加する。左の画像（図8a）は、従来技術の位相シフトシーケンスによって取得された画像である。右の画像（図8b）は上記の実施形態の位相シフトシーケンスによって取得された画像である。図8から分かるように、従来技術の位相シフトシーケンスによ

50

るモーションブラーと比較して、本実施形態の位相シフトシーケンスによるモーションブラーは減少されている。

【0069】

本実施形態はT o Fカメラが動作するすべての状況に適用される。特に、モーションブラーを最小化しなければならない状況、および／またはシステム制約が一定のモーションブラーにおいて緩和される状況に適用される。例えば、動いている手や指の追跡や、車内における、動いている全身の追跡、または動いているオブジェクト／カメラによる3Dオブジェクトのスキニングなどである。

【0070】

本明細書及び添付の特許請求の範囲に記載されるすべてのユニットおよびエンティティは、別段の記載がない限り、例えばオンチップ論理集積回路として実装することができ、このようなユニットおよびエンティティによって提供される機能は、別段の記載がない限り、ソフトウェアによって実装することができる。

10

【0071】

上述の本開示の実施形態の少なくとも一部が、ソフトウェア制御データ処理装置を使用して実施される限り、このようなソフトウェア制御を提供するコンピュータ・プログラムと、このようなコンピュータ・プログラムが提供される送信、記憶または他の媒体とが、本開示の態様として想定される。つまり、本明細書において説明される方法は、いくつかの実施形態では、コンピュータおよび／またはプロセッサが、コンピュータおよび／またはプロセッサ上においてその方法を実行するためのコンピュータ・プログラムとして実装されてもよい。いくつかの実施形態では、上述のプロセッサのようなプロセッサによって、本明細書で説明される方法を実行させるコンピュータ・プログラム製品を内部に格納する、非一過性のコンピュータ読み取り可能な記録媒体も提供される。

20

【0072】

上記のいくつかの実施形態によると、4つの異なる相関信号 $S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-} 、 $S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-} とともに直交変調相関信号が用いられる。しかし、本実施形態はこのような特定の構造に限定されない。例えば、他の実施形態として、4つ以上または4つ以下の相関信号が使用されてもよい。

【0073】

同様に、上記のいくつかの実施形態において、光検出信号 S_{ϕ} を各位相シフト参照信号 S_I 、 S_{I^-} 、 S_Q 、 S_{Q^-} と相関させることによって相関信号 $S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-} 、 $S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-} が取得される。各位相シフト参照信号 S_I 、 S_{I^-} 、 S_Q 、 S_{Q^-} は、それぞれ変調光信号 S と比較して、 0° 、 180° 、 90° 、 270° 位相シフトされている。しかし、本実施形態はこのような特定の構造に限定されない。例えば、他の実施形態として、 0° 、 90° 、 120° 、 270° といった他の位相シフトや、他の組み合わせが用いられてもよい。

30

【0074】

当業者にとっては、本開示が実施形態に記載された具体的な処理手順に限定されないことは容易に理解できるものである。例えば、図7における処理801と例802は入れ替え可能である。

40

【0075】

なお、本技術は、以下のような構成をとることも可能である。

(1)

光検出信号(S_{ϕ})と各位相シフト参照信号(S_Q 、 S_{Q^-} 、 S_I 、 S_{I^-})を相関させることによって、直交相関信号($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-})と同相相関信号($S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-})を含む相関信号($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-} 、 $S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-})を取得するように構成された回路を具備する装置であって、

上記直交相関信号($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-})の取得の平均時間と上記同相相関信号($S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-})の取得の平均時間が等しい、または略等しくなるように、上記回路が構成される

50

装置。

(2)

(1) に記載の装置であって、

プロセッサは、下記の位相シフトシーケンス (A から H) のいずれか 1 つに基づき上記
 相関信号 ($S_{\varphi,Q}$ 、 S_{φ,Q^-} 、 $S_{\varphi,I}$ 、 S_{φ,I^-}) を取得するように構成される

装置。

【表 4】

位相シフトシーケンス							
A	B	C	D	E	F	G	H
$S_{\varphi,Q}$	$S_{\varphi,Q}$	$S_{\varphi,\bar{Q}}$	$S_{\varphi,\bar{Q}}$	$S_{\varphi,I}$	$S_{\varphi,I}$	$S_{\varphi,\bar{I}}$	$S_{\varphi,\bar{I}}$
$S_{\varphi,I}$	$S_{\varphi,\bar{I}}$	$S_{\varphi,I}$	$S_{\varphi,\bar{I}}$	$S_{\varphi,Q}$	$S_{\varphi,\bar{Q}}$	$S_{\varphi,Q}$	$S_{\varphi,\bar{Q}}$
$S_{\varphi,\bar{I}}$	$S_{\varphi,I}$	$S_{\varphi,\bar{I}}$	$S_{\varphi,I}$	$S_{\varphi,\bar{Q}}$	$S_{\varphi,Q}$	$S_{\varphi,\bar{Q}}$	$S_{\varphi,Q}$
$S_{\varphi,\bar{Q}}$	$S_{\varphi,\bar{Q}}$	$S_{\varphi,Q}$	$S_{\varphi,Q}$	$S_{\varphi,\bar{I}}$	$S_{\varphi,\bar{I}}$	$S_{\varphi,I}$	$S_{\varphi,I}$

10

(3)

(1) または (2) に記載の装置であって、

変調光信号 (S) と比較して、参照信号 (S_I 、 S_Q 、 S_{Q^-} 、 S_{I^-}) はそれぞれ 0° 、
 90° 、 270° 、および 180° 位相シフトされる

装置。

20

(4)

(1) から (3) のいずれか 1 つに記載の装置であって、

上記相関信号は直交変調信号であり、

上記回路は 180° 反対の位相において第 1 および最後の相関信号を取得し、第 2 およ
 び第 3 の相関信号も 180° 反対の位相において取得するように構成される

装置。

(5)

(1) から (3) のいずれか 1 つに記載の装置であって、

上記回路は、まず 0° と 90° の相関測定の第 1 の集合を続けて取得し、次に 210° と
 120° の相関測定の第 2 の集合を続けて取得するように構成される

装置。

30

(6)

(3) に記載の装置であって、

上記回路は

第 1 の時間 T_0 において 0° の相関信号 ($S_{\varphi,I}$) を取得し、

第 2 の時間 $T_0 + \Delta T$ において 90° の相関信号 ($S_{\varphi,Q}$) を取得し、

第 3 の時間 $T_0 + 2 \cdot \Delta T$ において 270° の相関信号 (S_{φ,Q^-}) を取得し、

最後の時間 $T_0 + 3 \cdot \Delta T$ において 180° の相関信号 (S_{φ,I^-}) を取得するよう

に構成され、

T_0 は上記相関信号 ($S_{\varphi,Q}$ 、 S_{φ,Q^-} 、 $S_{\varphi,I}$ 、 S_{φ,I^-}) の取得が開始された時間
 を示し、 ΔT は所定の時間間隔を示す

装置。

40

(7)

(1) から (4) のいずれか 1 つに記載の装置であって、

プロセッサは、下記の位相シフトシーケンス (A から H) のいずれか 1 つに基づき上記
 相関信号 ($S_{\varphi,Q}$ 、 S_{φ,Q^-} 、 $S_{\varphi,I}$ 、 S_{φ,I^-}) を取得するように構成される

装置。

50

【表 5】

写真	位相シフトシーケンス							
	A	B	C	D	E	F	G	H
0	0°	0°	180°	180°	90°	90°	270°	270°
1	90°	270°	90°	270°	0°	180°	0°	180°
2	270°	90°	270°	90°	180°	0°	180°	0°
3	180°	180°	0°	0°	270°	270°	90°	90°

10

(8)

(1) から (3) のいずれか 1 つに記載の装置であって、

プロセッサは、下記の位相シフトシーケンス (I から P) のいずれか 1 つに基づき上記
 相関信号 ($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-} 、 $S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-}) を取得するように構成される
 装置。

【表 6】

写真	位相シフトシーケンス							
	I	J	K	L	M	N	O	P
0	0°	0°	120°	120°	90°	90°	210°	210°
1	90°	210°	90°	210°	0°	120°	0°	120°
2	210°	90°	210°	90°	120°	0°	120°	0°
3	120°	120°	0°	0°	210°	210°	90°	90°

20

(9)

(1) から (3) のいずれか 1 つに記載の装置であって、

変調光信号 (S) でシーン (24) を照らすように構成される照明ユニット (18) を
 さらに具備する
 装置。

30

(10)

(1) から (9) に記載の装置であって、

上記光検出信号 (S_{ϕ}) を受信するように構成された撮像素子 (1) をさらに具備する
 装置。

(11)

光検出信号 (S_{ϕ}) と各位相シフト参照信号 (S_Q 、 S_{Q^-} 、 S_I 、 S_{I^-}) を相関させる
 ことによって、相関信号 ($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-}) の第 1 の集合と相関信号 ($S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-}) の第 2 の集合を含む相関信号 ($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-} 、 $S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-}) を取得するよう
 に構成された回路を具備する装置であって、

40

上記相関信号 ($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-}) の第 1 の集合の平均位相と上記相関信号 ($S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-}) の第 2 の集合の平均位相が直交する、または略直交するように上記回路が構成され、

上記相関信号 ($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-}) の第 1 の集合の取得の平均時間と上記相関信号 ($S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-}) の第 2 の集合の取得の平均時間が等しい、または略等しくなるように上記回路が構成される

装置。

(12)

(11) に記載の装置であって、

50

上記相関信号 ($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-}) の第 1 の集合は直交変調信号を含み、
 上記相関信号の第 2 の集合は同相相関信号 ($S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-}) を含む
 装置。

(1 3)

(1 1) または (1 2) に記載の装置であって、

上記相関信号 ($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-}) の第 1 の集合は、所定の位相角で位相シフトされた
 直交変調信号を含み、

上記相関信号の第 2 の集合は、上記所定の位相角で位相シフトされた同相相関信号 ($S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-}) を含む
 装置。

10

(1 4)

(1 1) から (1 3) のいずれか 1 つに記載の装置であって、

プロセッサは、下記の位相シフトシーケンス (A から H) のいずれか 1 つに基づき上記
 相関信号 ($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-}) の第 1 の集合および上記相関信号 ($S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-}) の
 第 2 の集合を取得するように構成される

装置。

【表 7】

写真	位相シフトシーケンス							
	A	B	C	D	E	F	G	H
0	0°	0°	180°	180°	90°	90°	270°	270°
1	90°	270°	90°	270°	0°	180°	0°	180°
2	270°	90°	270°	90°	180°	0°	180°	0°
3	180°	180°	0°	0°	270°	270°	90°	90°

20

(1 5)

(1 1) から (1 3) のいずれか 1 つに記載の装置であって、

プロセッサは、下記の位相シフトシーケンス (I から P) のいずれか 1 つに基づき上記
 相関信号 ($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-}) の第 1 の集合および上記相関信号 ($S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-}) の
 第 2 の集合を取得するように構成される

装置。

【表 8】

写真	位相シフトシーケンス							
	I	J	K	L	M	N	O	P
0	0°	0°	120°	120°	90°	90°	210°	210°
1	90°	210°	90°	210°	0°	120°	0°	120°
2	210°	90°	210°	90°	120°	0°	120°	0°
3	120°	120°	0°	0°	210°	210°	90°	90°

40

(1 6)

光検出信号 (S_{ϕ}) と各位相シフト参照信号 (S_Q 、 S_{Q^-} 、 S_I 、 S_{I^-}) を相関させる
 ことによって、直交相関信号 ($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-}) と同相相関信号 ($S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-})
) を含む相関信号 ($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-} 、 $S_{\phi,I}$ 、 S_{ϕ,I^-}) を取得することを含む方法で
 あって、

上記直交相関信号 ($S_{\phi,Q}$ 、 S_{ϕ,Q^-}) の取得の平均時間と上記同相相関信号 ($S_{\phi,I}$

50

、 S_{ϕ, I^-})の取得の平均時間が略等しくなるよう上記相関信号 ($S_{\phi, Q}$ 、 S_{ϕ, Q^-} 、 $S_{\phi, I}$ 、 S_{ϕ, I^-})を取得する方法。

(17)

プロセッサ上で実行される際に上記プロセッサに (16) に記載の方法を実行させる命令を含むコンピュータ・プログラム。

(18)

光検出信号 (S_{ϕ})と各位相シフト参照信号 (S_Q 、 S_{Q^-} 、 S_I 、 S_{I^-})を相関させることによって、相関信号 ($S_{\phi, Q}$ 、 S_{ϕ, Q^-})の第1の集合と相関信号 ($S_{\phi, I}$ 、 S_{ϕ, I^-})の第2の集合を含む相関信号 ($S_{\phi, Q}$ 、 S_{ϕ, Q^-} 、 $S_{\phi, I}$ 、 S_{ϕ, I^-})を取得することを含む方法であって、

10

上記相関信号 ($S_{\phi, Q}$ 、 S_{ϕ, Q^-})の第1の集合の平均位相と上記相関信号 ($S_{\phi, I}$ 、 S_{ϕ, I^-})の第2の集合の平均位相が直交、または略直交し、

上記相関信号 ($S_{\phi, Q}$ 、 S_{ϕ, Q^-})の第1の集合の取得の平均時間と上記相関信号 ($S_{\phi, I}$ 、 S_{ϕ, I^-})の第2の集合の取得の平均時間が等しい、または略等しい

方法。

(19)

プロセッサ上で実行される際に上記プロセッサに (18) に記載の方法を実行させる命令を含むコンピュータ・プログラム。

(20)

20

プロセッサ上で実行される際に上記プロセッサに、

光検出信号 (S_{ϕ})と各位相シフト参照信号 (S_Q 、 S_{Q^-} 、 S_I 、 S_{I^-})を相関させることによって、直交相関信号 ($S_{\phi, Q}$ 、 S_{ϕ, Q^-})と同相相関信号 ($S_{\phi, I}$ 、 S_{ϕ, I^-})を含む相関信号 ($S_{\phi, Q}$ 、 S_{ϕ, Q^-} 、 $S_{\phi, I}$ 、 S_{ϕ, I^-})を取得すること

を実行させる命令を含むコンピュータ・プログラムであって、

上記直交相関信号 ($S_{\phi, Q}$ 、 S_{ϕ, Q^-})の取得の平均時間と上記同相相関信号 ($S_{\phi, I}$ 、 S_{ϕ, I^-})の取得の平均時間が略等しくなるよう相関信号 ($S_{\phi, Q}$ 、 S_{ϕ, Q^-} 、 $S_{\phi, I}$ 、 S_{ϕ, I^-})を取得させる

コンピュータ・プログラム。

(21)

30

プロセッサ上で実行される際に上記プロセッサに、

光検出信号 (S_{ϕ})と各位相シフト参照信号 (S_Q 、 S_{Q^-} 、 S_I 、 S_{I^-})を相関させることによって、相関信号 ($S_{\phi, Q}$ 、 S_{ϕ, Q^-})の第1の集合と相関信号 ($S_{\phi, I}$ 、 S_{ϕ, I^-})の第2の集合を含む相関信号 ($S_{\phi, Q}$ 、 S_{ϕ, Q^-} 、 $S_{\phi, I}$ 、 S_{ϕ, I^-})を取得すること

を実行させる命令を含むコンピュータ・プログラムであって、

上記相関信号 ($S_{\phi, Q}$ 、 S_{ϕ, Q^-})の第1の集合の平均位相と上記相関信号 ($S_{\phi, I}$ 、 S_{ϕ, I^-})の第2の集合の平均位相が直交、または略直交し、

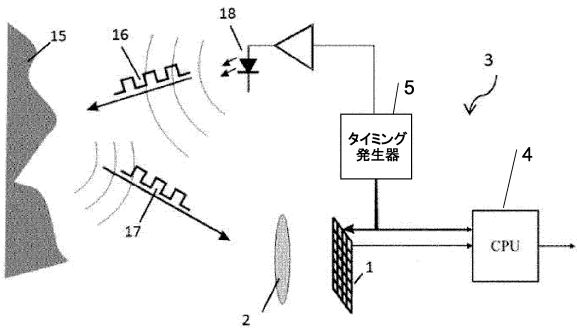
上記相関信号 ($S_{\phi, Q}$ 、 S_{ϕ, Q^-})の第1の集合の取得の平均時間と上記相関信号 ($S_{\phi, I}$ 、 S_{ϕ, I^-})の第2の集合の取得の平均時間が等しい、または略等しい

40

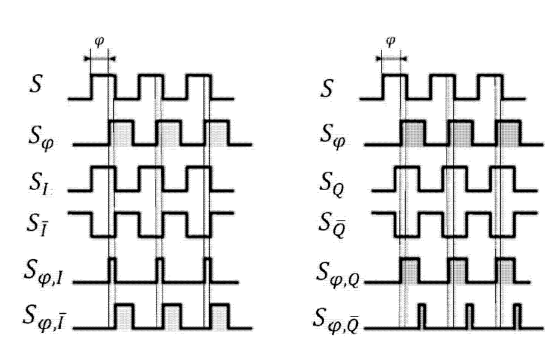
コンピュータ・プログラム。

【図面】

【図 1】

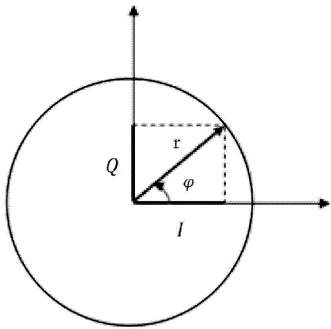


【図 2】

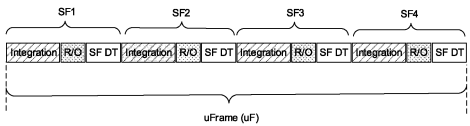


10

【図 3】



【図 4】



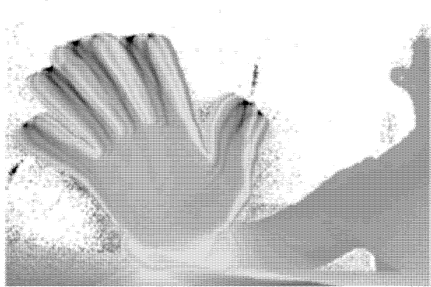
20

30

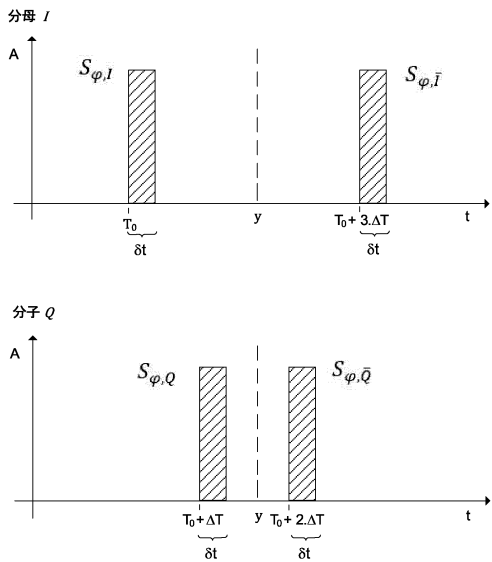
40

50

【 図 5 】

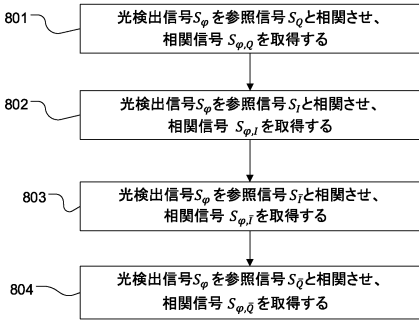


【 図 6 】

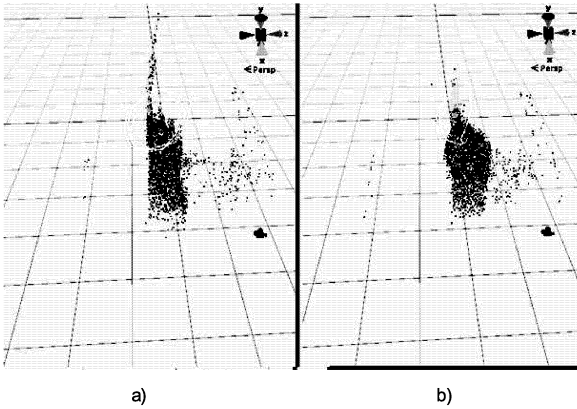


10

【 図 7 】



【 図 8 】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 独国特許出願公開第102012204512(DE,A1)
米国特許第06777659(US,B1)
欧州特許出願公開第02894492(EP,A1)
特表2011-520116(JP,A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01S 7/48 - 7/51
G01S 17/00 - 17/95
G01B 11/00 - 11/30
G01C 3/00 - 3/32