

(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2014-89081
(P2014-89081A)

(43) 公開日 平成26年5月15日(2014.5.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1C 3/06 (2006.01)	GO1C 3/06 I10A	2F065
GO1B 11/25 (2006.01)	GO1B 11/25 H	2F112

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2012-238357 (P2012-238357)	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成24年10月29日(2012.10.29)	(74) 代理人	100076428 弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508 弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071 弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894 弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409 弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

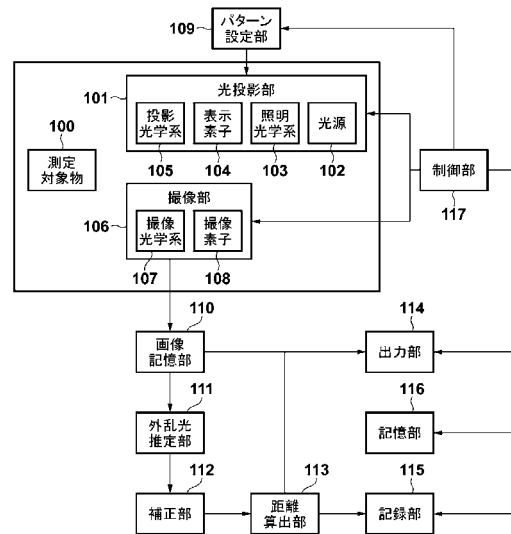
(54) 【発明の名称】 計測装置及びその制御方法、プログラム

(57) 【要約】

【課題】 投影側の工夫のみで外乱光を除去することが可能で、高精度な距離計測を低コストで行う。

【解決手段】 光投影部で光を投影しない領域である暗領域を設定する。設定された暗領域から、測定対象物に投影される外乱光を推定する。推定された外乱光に基づいて、前記撮像画像を補正する。補正された撮像画像から、測定対象物の距離計測を行う。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

測定対象物にパターン光を投影する光投影部と前記測定対象物を撮像する撮像部とを有し、前記光投影部によって前記パターン光を投影した前記測定対象物を前記撮像部が撮像することにより、前記測定対象物の距離計測を行う計測装置であって、
前記光投影部で光を投影しない領域である暗領域を設定する設定手段と、
前記設定手段で設定された暗領域から、前記測定対象物に投影される外乱光を推定する推定手段と、
前記推定手段で推定された外乱光に基づいて、前記撮像画像を補正する補正手段と、
前記補正手段によって補正された前記撮像画像から、前記測定対象物の距離計測を行う距離算出手段と
を有することを特徴とする計測装置。

10

【請求項 2】

前記設定手段は、前記光投影部で前記測定対象物に投影するパターン光の一部に前記暗領域を設定することを特徴とする請求項 1 に記載の計測装置。

【請求項 3】

前記設定手段は、前記撮像手段が撮像する撮像領域の領域内で、かつ前記光投影部が投影するパターン光の領域外に、前記暗領域を設定することを特徴とする請求項 1 に記載の計測装置。

20

【請求項 4】

前記設定手段は、前記撮像画像内の前記測定対象物の周辺に二次的な反射光が映り込む領域を除く領域に前記暗領域を設定することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の計測装置。

【請求項 5】

前記推定手段は、前記設定手段で設定される暗領域を使用して、前記撮像画像に含まれる外乱光を示す輝度情報を算出し、前記撮像画像中の前記測定対象物が存在する領域の外乱光を推定することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の計測装置。

30

【請求項 6】

前記推定手段は、前記設定手段で設定される暗領域を複数使用して、前記撮像画像に含まれる外乱光の分布を算出し、前記撮像画像中の前記測定対象物が存在する領域の外乱光を推定することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の計測装置。

【請求項 7】

前記撮像手段が撮像した撮像画像から、前記測定対象物を認識する認識手段を更に有し、
前記設定手段は、前記認識手段が認識した前記測定対象物の領域を除く領域に前記暗領域を設定することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の計測装置。

40

【請求項 8】

測定対象物にパターン光を投影する光投影部と前記測定対象物を撮像する撮像部とを有し、前記光投影部によって前記パターン光を投影した前記測定対象物を前記撮像部が撮像することにより、前記測定対象物の距離計測を行う計測装置の制御方法であって、
前記光投影部で光を投影しない領域である暗領域を設定する設定工程と、
前記設定工程で設定された暗領域から、前記測定対象物に投影される外乱光を推定する推定工程と、
前記推定工程で推定された外乱光に基づいて、前記撮像画像を補正する補正工程と、
前記補正工程によって補正された前記撮像画像から、前記測定対象物の距離計測を行う距離算出工程と

50

を有することを特徴とする計測装置の制御方法。

【請求項 9】

測定対象物にパターン光を投影する光投影部と前記測定対象物を撮像する撮像部とを有し、前記光投影部によって前記パターン光を投影した前記測定対象物を前記撮像部が撮像することにより、前記測定対象物の距離計測を行う計測装置の制御をコンピュータに機能させるためのプログラムであって、

前記コンピュータを、

前記光投影部で光を投影しない領域である暗領域を設定する設定手段と、

前記設定手段で設定された暗領域、から、前記測定対象物に投影される外乱光を推定する推定手段と、

10

前記推定手段で推定された外乱光に基づいて、前記撮像画像を補正する補正手段と、

前記補正手段によって補正された前記撮像画像から、前記測定対象物の距離計測を行う距離算出手段と

して機能させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測定対象物にパターン光を投影し、パターン光が投影された測定対象物を撮像し、距離計測を行う技術に関するものである。

【背景技術】

20

【0002】

測定対象物にパターン光を投影し、パターン光が投影された測定対象物を撮像して距離計測を行う方法においては、外乱光がある時に問題になる。

【0003】

距離計測を行う環境として外乱光が入らない暗室であれば問題ないが、暗室環境を構成するにはコストがかかる。実用上では、完全に外乱光を排除する環境を構成することは難しい。そのため、距離計測を高精度に行うには外乱光を除去することが重要となる。

【0004】

外乱光を除去する従来技術としては、被写体距離を計測するために投光部で投光された光を受光する受光部と、投光部で投光された光を受光されない位置に配置した別の受光部を有して、投光時の外乱光を取得して距離計測用の受光信号を補正するというものがある。(特許文献1)

30

他の従来技術としては、以下の方法がある。まず、パターン投影部と受光部にそれぞれ光遮蔽円盤を配置し、円盤の回転位相が同位相時に測定光を受光し、別位相時に外乱光を受光する。さらに、受光側に投影部と像面共役位置に配置された視野絞りによりパターン投影時の外乱光を受光し、距離計測の測定光から外乱光を除去するというものである。(特許文献2)

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

40

【特許文献1】特許第3130559号公報

【特許文献2】特開2009-47488号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従来の外乱光除去方法では、外乱光を計測するために受光側に専用の機構が必要であり、構成が複雑になり、コストがかかるといった問題がある。

【0007】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、投影側の工夫のみで外乱光を除去することが可能で、高精度な距離計測を低コストで行うことができる計測装置及びその制御方

50

法、プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の目的を達成するための本発明による計測装置は以下の構成を備える。即ち、測定対象物にパターン光を投影する光投影部と前記測定対象物を撮像する撮像部とを有し、前記光投影部によって前記パターン光を投影した前記測定対象物を前記撮像部が撮像することにより、前記測定対象物の距離計測を行う計測装置であって、

前記光投影部で光を投影しない領域である暗領域を設定する設定手段と、

前記設定手段で設定された暗領域から、前記測定対象物に投影される外乱光を推定する推定手段と、

前記推定手段で推定された外乱光に基づいて、前記撮像画像を補正する補正手段と、

前記補正手段によって補正された前記撮像画像から、前記測定対象物の距離計測を行う距離算出手段と

を有する。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、投影側の工夫のみで外乱光を除去することが可能で、高精度な距離計測を低コストで行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施形態1の距離計測装置の構成を示す図である。

【図2】実施形態1の相補パターン投影法を説明する図である。

【図3】実施形態1の相補パターン投影法の交点座標を求める部分説明するための模式図である。

【図4】実施形態1の距離計測装置の処理の流れを示すフローチャートである。

【図5】実施形態1の暗領域を設定する方法を説明するための模式図である。

【図6】実施形態1の外乱光除去画像の作成方法を説明するための模式図である。

【図7】実施形態1の距離計測装置の処理の流れを示すフローチャートである。

【図8】実施形態1の位相シフト法の説明図である。

【図9】実施形態2の暗領域を設定する方法を説明するための模式図である。

【図10】実施形態3の暗領域を設定する方法を説明するための模式図である。

【図11】実施形態1乃至3における暗領域を設定する方法の具体例を説明するための模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。

【0012】

<実施形態1>

以下、本発明の外乱光除去方法を使用した距離計測装置について実施形態1を示す。

【0013】

図1は実施形態1の距離計測装置の構成を示す図である。

【0014】

測定対象物100は、実施形態1における測定装置で測定される測定対象である。

【0015】

光投影部101は、測定対象物100にパターン光を投影する。光投影部101は光源102、照明光学系103、表示素子104及び投影光学系105から構成される。光源102にはハロゲンランプ、LED等の各種の発光素子を用いることができる。照明光学系103は光源102から出射した光を表示素子104へと導く機能を有する。表示素子104には、透過型LCDや反射型のLCOS・DMD等が用いられる。表示素子104は、照明光学系103からの光を投影光学系105に導く際に、透過率または反射率を空

10

20

30

40

50

間的に制御する機能を有する。投影光学系 105 は表示素子 104 を測定対象物 100 の特定位置に結像させるように構成されている。

【0016】

尚、実施形態 1 では、表示素子 104 と投影光学系 105 から成る投影装置の構成を示しているが、スポット光と 2 次元走査光学系からなる投影装置を用いることも可能である。

【0017】

撮像部 106 は、測定対象物 100 を撮像する。撮像部 106 は撮像光学系 107 及び撮像素子 108 から構成され、撮像素子 108 には、CMOS センサ、CCD センサ等の各種光電変換素子が用いられる。

10

【0018】

パターン設定部 109 は、光投影部 101 で測定対象物 100 に投影するパターンを設定する。パターン設定部 109 では、距離計測中の外乱光を算出するために光投影部 101 で光を投影しない暗領域を設定することができる。暗領域は表示素子 104 で通す光を制御することにより実現できる。暗領域を設定する具体的な方法については、後述する。

【0019】

画像記憶部 110 は、撮像部 106 で撮像した画像を記憶し、画像を複数枚記憶するだけの十分な容量がある。

【0020】

外乱光推定部 111 は、画像記憶部 110 で記憶した画像からパターン設定部 109 で設定された暗領域の画像輝度から、計測中に測定対象物 100 に投影される外乱光を推定する。外乱光を推定する具体的な方法については、後述する。

20

【0021】

補正部 112 は、外乱光推定部 111 で推定された計測中に測定対象物 100 に投影される外乱光を取り除く（除去する）補正を行うための補正情報を生成する。尚、外乱光を取り除く方法としては、処理対象の画像に実際に投影されている外乱光を取り除く補正を行う方法や、距離計測に影響を与える外乱光の輝度情報そのものを補正する方法が考えられる。外乱光を取り除く具体的な方法については、後述する。

【0022】

距離算出部 113 は、補正部 112 による補正結果（補正情報）から測定対象物 100 の距離を算出する。

30

【0023】

出力部 114 は、距離算出部 113 による算出結果である距離情報を出力する。また、画像記憶部 110 で記憶した画像も出力する。出力部 114 は、算出結果である距離情報や画像を表示するためのモニタ、プリンタ等を有する。

【0024】

記録部 115 は、距離算出部 113 による算出結果である距離情報を記録する。記録部 115 は、算出結果の距離情報等の各種データを記録するためのハードディスク、フラッシュメモリ等を備える。

【0025】

記憶部 116 は、パターン設定部 109 により設定された暗領域の情報や、距離算出部 113 により算出された距離情報等を記憶する。また、記憶部 116 は、制御部 117 による制御情報等も記憶する。

40

【0026】

制御部 117 は、光投影部 101、撮像部 106、パターン設定部 109、出力部 114、記録部 115 及び記憶部 116 の動作を制御する。制御部 117 は、CPU、RAM、各種制御プログラムが格納された ROM 等を備える。ROM に格納された各種プログラムは、光投影部 101 が投影するパターン光を制御するための制御プログラム、撮像部 106 を制御するための制御プログラム、パターン設定部 109 を制御するための制御プログラム等が含まれる。また、各種プログラムには、出力部 114 を制御するための制御プ

50

プログラム、記録部 115 を制御するための制御プログラム等が含まれても良い。

【0027】

次に、外乱光が計測用のパターン光に載った場合の問題点について説明する。図2は空間符号化法における相補パターン投影法を説明するための模式図である。まず、空間符号化法について説明する。空間符号化法は複数本のライン光から成るパターン光を測定対象物に投影し、空間内を時間方向の符号化を用いてライン番号を識別する方法である。事前にパターン光の出斜角と撮像素子への入射角との対応関係をキャリブレーションしておき、三角測量の原理から距離計測を行う。複数本のライン光のライン番号は、例えば、グレイコード法等を用いて識別する。図2(a)はグレイコード法のパターンを表す図であり、左から1bit、2bit及び3bitのグレイコードパターンを表している。4bit

10

【0028】

空間符号化法では、図2(a)のグレイコードパターンを順番に測定対象物に投影しながら画像撮像を行う。そして、撮像画像から各ビットでバイナリ値を算出する。具体的には、各ビットで撮像画像の画像輝度が閾値以上である場合、その領域のバイナリ値を1とする。一方、撮像画像の画像輝度が閾値未満である場合、その領域のバイナリ値を0とする。各ビットでのバイナリ値を順に並べ、その領域のグレイコードとする。そして、グレイコードを空間コードに変換し、距離計測を行う。

【0029】

閾値の決定方法としては、例えば、相補パターン投影法が用いられる。図2(a)のグレイコードパターン(ポジパターンと呼ぶ)に対し、白黒が反転している図2(b)のネガパターンを測定対象物に投影し、画像撮像を行う。そして、ネガパターンの画像輝度値を閾値とする手法である。

20

【0030】

通常、空間符号化法では最下位ビットの幅の分だけ位置の曖昧さを有する。しかし、バイナリ値が0から1、あるいは、バイナリ値が1から0に切り替わる境界位置を撮像画像上で検出することで、ビット幅よりも曖昧さを低下させることができ、距離計測精度は高まる。

【0031】

図2(c)はバイナリ値が切り替わる境界位置における輝度変化を表す図である。理想的には輝度の立ち上がり、立ち下がりはいんパルス的に起こるが、パターン光のボケや被写体(測定対象物)の反射率等の影響により、なだらかな直線または曲線を描く。従って、バイナリ値が切り替わる位置に当たるポジパターンとネガパターンの交点位置 x_c を精度良く求めることが重要となる。

30

【0032】

図3は、外乱光がない場合と一様な外乱光があると仮定した場合の、空間符号化法でポジパターン画像とネガパターン画像の交点座標を求める部分を説明するための模式図である。図3では、外乱光がない場合のポジパターンの輝度変化とネガパターンの輝度変化を実線で表し、外乱光がある場合のポジパターンの輝度変化とネガパターンの輝度変化を点線で表している。

40

【0033】

外乱光がない場合には、ポジパターンとネガパターンとの交点は、点 $x_{c,i}$ の位置となる。一方、外乱光がある場合には、ポジパターンの輝度が上がり、ネガパターンの輝度も上がるが、ポジパターンの撮像時とネガパターンの撮像時は同じ時間ではないため、外乱光の量が同じとは限らない。そのため、ポジパターンとネガパターンとの交点は、点 $x_{c,r}$ の位置となり、外乱光がない場合と比べ交点位置がずれてしまう。つまり、外乱光が距離計測精度を悪化させる要因となる。

【0034】

ここでは、特に、空間符号化を例にして説明しているが、これに限らず、距離計測装置においては、一般的に、計測を行うために所望の光量のパターン光を測定対象物に投影す

50

る。このような状況において、パターン光に外乱光が加わって所望の光量以上の光が測定対象物に投影され撮像された画像（撮像画像）に映っていることは、距離計測装置として問題となる。つまり、空間符号化法に限らず、パターン光を投影する方法全般について距離計測精度を悪化させるといえる。

【 0 0 3 5 】

次に、本発明における距離計測装置の処理の流れについて、図 4 を用いて説明する。

【 0 0 3 6 】

距離計測装置の動作が開始されると、パターン設定部 1 0 9 により暗領域が設定される（ステップ S 4 0 1）。暗領域の設定方法としては、例えば、図 5 のように、光投影部 1 0 1 の表示素子 1 0 4 から縞パターン光が投影されている際に、表示素子 1 0 4 上で縞パターン光を投影しない領域を生成する。これにより、計測面 5 0 3 上で、撮像画像中の測定対象物 1 0 0 が存在している領域を避けて撮像素子 1 0 8 に対する計測面 5 0 3 上に暗領域 5 0 5 が設定される。暗領域の位置は、測定対象物 1 0 0 を避けた領域を手動で設定してもよいし、距離計測装置が測定対象物 1 0 0 を自動で認識し、設定してもよい。

10

【 0 0 3 7 】

暗領域の設定方法について説明する。手動で設定する場合は、例えば、測定対象物を撮像して出力部 1 1 4 に出力された撮像画像を基に、暗領域を指定する。暗領域の指定の仕方としては、例えば、出力部 1 1 4 がタッチパネルの機能を持っていて、出力された撮像画像上で指もしくは指示部材で矩形領域を指定する。暗領域の他の指定の仕方としては、例えば、出力部 1 1 4 に出力された撮像画像を指もしくは指示部材で指定すると、指定した位置の座標値が出力され、これを矩形形状の領域になるように 4 点指定することにより、4 つの出力された座標値で暗領域が決定される。

20

【 0 0 3 8 】

自動で設定する場合は、測定対象物を認識した結果に基づいて、暗領域を指定する。暗領域を自動で設定する一例について説明する。最初に、測定対象物の存在を認識する。認識する方法としては、計測面を撮像した撮像画像内に測定対象物がない状態の時に画像を撮像しておき、測定対象物が置かれた時との画像差分を取って認識する。測定対象物を認識する他の方法としては、事前に測定対象物を様々な位置や姿勢で撮像した画像を基に、撮像画像上での測定対象物の二次元的な見え方を予め学習して辞書を作成しておく。そして、その辞書と暗領域を設定する際に撮像した画像とを照合して測定対象物を認識する。後者の認識手法の場合は、測定対象物の面内回転方向の角度や奥行回転方向の角度等の情報を辞書に併せて作成しておくことにより、撮像画像から測定対象物の大体の姿勢が判る。

30

【 0 0 3 9 】

このことから、測定対象物に、仮に、平面部分があるとすると、平面部分が向いている方向が判る。例えば、図 1 1 (a) のように、外乱光の主要因となる外乱光源 1 1 0 2 の位置が概ね判っているとすると、外乱光 1 1 0 3 の投影する方向が決まる。その外乱光 1 1 0 3 が平面部分に投影されると、計測面 1 1 0 1 において、測定対象物 1 0 0 の周辺に二次的な反射光が映り込む領域（二次反射領域 1 1 0 4）が発生することがある。この二次反射領域 1 1 0 4 は、外乱光源 1 1 0 2 の投影方向と撮像部 1 0 6 から見た測定対象物 1 0 0 の平面の向いている方向とから判断できる。以上より、図 1 1 (b) のように、二次反射領域 1 1 0 4 を推定して、暗領域と設定することが適切でない領域（NG暗領域 1 1 0 5）を判定することにより、暗領域と設定することが適切である領域（OK暗領域 1 1 0 6）を自動的に設定することが可能となる。外乱光の投影する方向が決まらない場合は、例えば、検出した平面部分を基に二次反射領域として影響があると考えられる領域を広くとり対応することが可能である。

40

【 0 0 4 0 】

尚、図 1 1 における暗領域の手動 / 自動設定は、後述する実施形態 2 及び 3 の構成についても適用できる。また、暗領域の形状は、矩形形状に限定されるものではなく、用途や目的に応じて任意の形状を使用することができる。

50

【 0 0 4 1 】

暗領域が設定されると、次に、光投影部 1 0 1 により、距離計測を行うための計測用のパターン光を測定対象物 1 0 0 に投影する（ステップ S 4 0 2）。

【 0 0 4 2 】

パターン光が投影されると、次に、撮像部 1 0 6 により、測定対象物 1 0 0 を含む撮像領域を撮像する（ステップ S 4 0 3）。

【 0 0 4 3 】

測定対象物 1 0 0 を含む撮像領域が撮像されると、次に、外乱光推定部 1 1 1 により、撮像画像内（撮像領域内）の暗領域の画像輝度を測定する（ステップ S 4 0 4）。

【 0 0 4 4 】

暗領域の画像輝度が測定されると、次に、制御部 1 1 7 により、計測用のパターン光を投影して距離計測を行うために必要な枚数を撮像したか否か判定する。距離計測を行うために必要な枚数を撮像したと判定した場合（ステップ S 4 0 5 で YES）、ステップ S 4 0 6 に進む。一方、距離計測を行うために必要な枚数を撮像していないと判定した場合（ステップ S 4 0 5 で NO）、ステップ S 4 0 2 に戻り、光投影部 1 0 1 により、次の計測用のパターン光を投影する（ステップ S 4 0 5）。

【 0 0 4 5 】

距離計測を行うために必要な枚数が撮像されると、次に、補正部 1 1 2 により、撮像画像から外乱光を除去した画像（以降、外乱光除去画像）を作成する（ステップ S 4 0 6）。外乱光除去画像は、外乱光の分布が均一と仮定した場合、計測用のパターン光を投影して撮像した画像の輝度から暗領域の画像輝度を引いた値を使用して作成する。以下で、図 6 を用いて具体的な作成方法の一例について説明する。

【 0 0 4 6 】

計測用のパターン光を投影して撮像した画像の内、暗領域の範囲の x 座標を $x_{d1} \sim x_{di}$ 、暗領域の範囲の y 座標を $y_{d1} \sim y_{dj}$ とする。計測用のパターン光を投影して撮像した画像の内、計測用のパターン光が投影されている領域の範囲の x 座標を $x_{m1} \sim x_{mk}$ 、計測用のパターン光が投影されている領域の範囲の y 座標を $y_{m1} \sim y_{mn}$ とする。但し、計測用のパターン光が投影されている領域の範囲の座標と暗領域の範囲の座標は重なっていないものとする。また、計測用のパターン光が投影されている領域の各画素の輝度を $I_m(x, y)$ とする。暗領域の各画素の輝度を $I_d(x, y)$ とする。

【 0 0 4 7 】

暗領域には、計測用のパターン光が投影されていないため、暗領域の画素の輝度は外乱光のみの影響を受けた画素の輝度となる。例えば、暗領域のすべての画素の輝度の平均値を外乱光のみの影響を受けた画素の輝度の代表値 I_{dave} とすると、

【 0 0 4 8 】

【数 1】

$$I_{dave} = \sum_{x=x_{d1}}^{x_{di}} \sum_{y=y_{d1}}^{y_{dj}} I_d(x, y) / (i \times j) \cdots (1)$$

【 0 0 4 9 】

となる。そして、外乱光除去画像の各画素の輝度 $I_r(x, y)$ は、

$$I_r(x, y) = I_m(x, y) - I_{dave} \cdots (2)$$

となる。以上より、外乱光除去画像が作成される。

【 0 0 5 0 】

外乱光除去画像が作成されると、次に、制御部 1 1 7 により、すべての計測用のパターン光を投影して撮像した画像から、外乱光除去画像を作成したか否か判定する（ステップ S 4 0 7）。すべての計測用のパターン光を投影して撮像した画像から、外乱光除去画像

10

20

30

40

50

を作成したと判定した場合（ステップS407でYES）、ステップS408に進む。一方、すべての計測用のパターン光を投影して撮像した画像から、外乱光除去画像を作成していないと判定した場合（ステップS407でNO）、ステップS406に戻り、次の外乱光除去画像を作成する。

【0051】

すべての計測用のパターン光を投影して撮像した画像から、外乱光除去画像が作成されると、次に、距離算出部113により、外乱光除去画像を用いて距離計測処理を行う（ステップS408）。

【0052】

このように、暗領域を設定することにより、計測領域以外を有効に活用し、計測するタイミングと同時間での外乱光を計測することができる。

10

【0053】

以上の処理は、計測用のパターン光を投影するタイミングと外乱光を計測するタイミングを同時に合わせる方法であるが、計測用のパターン光を投影する領域と外乱光を計測する暗領域との領域の違いがある。

【0054】

次に、計測用のパターン光を投影するタイミングと外乱光を計測するタイミングは異なるが、計測用のパターン光を投影する領域と外乱光を計測する暗領域との領域の違いを考慮し、外乱光の時間方向の変化量を基に外乱光を除去する方法について説明する。

【0055】

距離計測装置の構成図は図1と同様なので省略する。図7に処理の流れを示す。ステップS701～ステップS705はそれぞれ、図4のステップS401～ステップS405に対応するため、その詳細説明は省略する。ステップS705で計測用のパターン光を投影して、距離計測を行うのに必要な枚数が撮像されると、光投影部101を全消灯させる（ステップS706）。

20

【0056】

光投影部101が全消灯されると、次に、撮像部106により、測定対象物100を含む撮像領域を撮像する（ステップS707）。

【0057】

測定対象物100を含む撮像領域が撮像されると、次に、外乱光推定部111により、暗領域の画像輝度を測定する（ステップS708）。

30

【0058】

暗領域の画像輝度が測定されると、次に、補正部112により、撮像画像から外乱光除去画像を作成する（ステップS709）。この手法の場合、外乱光除去画像は、計測用のパターン光を投影して撮像した画像と全消灯で撮像した画像を使用して作成する。以下で、具体的な作成方法の一例について説明する。まず、計測用パターン光を投影する領域と暗領域は図6と同じであり、また、計測用のパターン光が投影されている領域の各画素の輝度と暗領域の各画素の輝度も図6と同じであるため説明を省略する。

【0059】

ここで、全消灯で撮像した画像で計測領域の各画素の輝度を $I_{mb}(x, y)$ とする。また、全消灯で撮像した画像で暗領域の各画素の輝度を $I_{db}(x, y)$ とする。そして、全消灯で撮像した画像で、例えば、暗領域のすべての画素の輝度の平均値を外乱光のみの影響を受けた画素の輝度の代表値 I_{dbave} とすると、

40

【0060】

【数 2】

$$I_{dbave} = \sum_{x=x_{d1}}^{x_{di}} \sum_{y=y_{d1}}^{y_{dj}} I_{db}(x, y) / (i \times j) \dots (3)$$

【0061】

となる。そして、外乱光除去画像の各画素の輝度 $I_r(x, y)$ は、

$$I_r(x, y) = I_m(x, y) - I_{mb}(x, y) \times I_{dave} / I_{dbave} \dots (4)$$

となる。尚、 I_{dave} は式(1)で算出された値と同じである。以上より、外乱光除去画像が作成される。

10

【0062】

以下、ステップ S710 及びステップ S711 はそれぞれ、図 4 のステップ S407 及びステップ S408 と同様なので説明を省略する。

【0063】

このように、外乱光の時間方向の変化量を基に、計測用のパターン光を投影する領域と外乱光を計測する暗領域との領域の違いを考慮した計測領域の外乱光を推定することができる。

【0064】

また、以上の例では、外乱光除去画像を作成しているが、外乱光除去画像を作成せずに、計測用のパターン光から外乱光を除去した輝度情報から距離計測処理を行ってもよい。より具体的には、撮像画像 A の距離が必要な部分の輝度情報(撮像画像 A 中の一部である部分画像)を直接補正して、撮像画像 A1 とする。つまり、撮像画像 A を撮像画像 A1 にする。

20

【0065】

また、以上の例では全消灯で一枚撮像して外乱光を除去しているが、全消灯で複数枚撮像して外乱光を除去した輝度情報を得るようにしてもよい。特に、外乱光に周期性がある場合には、複数枚の撮像画像から周期性成分を算出することができるので、そのような場合には、複数枚撮像することは有効である。

30

【0066】

また、以上の例では、空間符号化法を使う場合について説明しているが、パターン光投影を伴う他の距離計測手法に適用してもよい。

【0067】

図 8 は位相シフト法についての説明図である。図 8(a) は投影するパターンのタイミングを表し、図 8(b) は撮像するタイミングでの撮像画像の輝度値を表し、外乱光がない場合の輝度変化を実線で表し、外乱光がある場合の輝度変化を点線で表している。位相シフト法では、明度が正弦波状に変化する縞パターン光を測定対象物 100 に投影し、縞パターン光の位相を $\pi/2$ ずつ、ずらして撮像部 106 で撮像する。これを、位相が 2π になるまで計 4 枚撮像する。4 枚の画像上の同じ位置での輝度を A_0 、 B_0 、 C_0 、 D_0 とすると、その位置でのパターンの位相 α は、

40

【0068】

【数 3】

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{D_0 - B_0}{A_0 - C_0} \dots (5)$$

【0069】

で表される。この位相を基に三角測量の原理により距離計測するが、撮像するタイミング

50

に外乱光があると、図 8 (b) の点線で表したように 4 枚の画像上の同じ位置での輝度がそれぞれ A 1、B 1、C 1、D 1 のように変化してしまう。そのため、算出する位相が変化し距離計測結果に誤差が生じる。従って、外乱光を除去することにより高精度に距離計測を行うことが可能となる。

【 0 0 7 0 】

光切断法やマルチラインシフト法でも同様にパターン光を投影して異なるタイミングで撮像を行うため、外乱光があると距離計測結果に誤差が生じる。そのため、外乱光を除去することにより高精度に距離計測を行うことが可能となる。

【 0 0 7 1 】

以上説明したように、実施形態 1 によれば、計測領域外にパターン光を投影しない暗領域を設定し、その暗領域の画像輝度を基に外乱光を除去し、距離計測する。これにより、受光側に外乱光を計測する構成を設けることなく、外乱光を計測することが可能となり、距離計測の精度向上が図れる。また、暗領域を手動 / 自動で適切な位置に設定することができるので、より高精度な距離計測を行うことが可能となる。

【 0 0 7 2 】

< 実施形態 2 >

(パターン光の外側を使用して暗領域を設定)

本発明の外乱光除去方法を使用した距離計測装置について実施形態 2 を示す。

【 0 0 7 3 】

距離計測装置の構成図は実施形態 1 と同様のため省略する。実施形態 1 では、図 5 のように、暗領域を光投影部 1 0 1 でパターン光を投影する際に表示素子 1 0 4 上で投影しない領域を生成して暗領域を設定している。これに対して、実施形態 2 では、撮像部 1 0 6 の撮像素子 1 0 8 で撮像される領域と光投影部 1 0 1 の表示素子 1 0 4 が投影する領域との一部が重なるように配置し、投影する領域外でかつ撮像する領域内に暗領域を設定する。

【 0 0 7 4 】

図 9 は暗領域の設定方法の一例を表す図である。図 9 (a) では撮像部 1 0 6 の撮像素子 1 0 8 で撮像される領域と、光投影部 1 0 1 の表示素子 1 0 4 が投影する領域とが重なる計測面 9 0 3 a の上部の領域を暗領域 9 0 5 a と設定する例である。暗領域 9 0 5 a にはパターン光が投影されないため、常に外乱光を計測することができる領域である。

【 0 0 7 5 】

図 9 (b) ではパターン光が投影される領域を取り囲むように暗領域 9 0 5 b を設定する例である。この例では、暗領域 9 0 5 a の時に比べ暗領域の面積が大きくなるため、処理時間は多くなるが、計測領域の外乱光をより推定しやすくなる。

【 0 0 7 6 】

処理の流れは実施形態 1 と同様であるため省略する。

【 0 0 7 7 】

以上説明したように、実施形態 2 によれば、実施形態 1 で説明した効果に加えて、表示素子上で投影しない領域を生成する制御を行うことなく暗領域を設定することができる。

【 0 0 7 8 】

< 実施形態 3 >

(複数の暗領域を使用する)

本発明の外乱光除去方法を使用した距離計測装置について実施形態 3 を示す。

【 0 0 7 9 】

距離計測装置の構成図は実施形態 1 と同様のため省略する。実施形態 1 及び実施形態 2 では暗領域を一ヶ所に設定している。これに対して、実施形態 3 では、図 1 0 のように、撮像部 1 0 6 の撮像素子 1 0 8 で撮像される領域内に複数の暗領域を設定する。つまり、暗領域を複数使用する。処理の流れは実施形態 1 と同様であるが、外乱光除去画像を作成する方法が異なるため、以下で説明する。

【 0 0 8 0 】

10

20

30

40

50

図10で示すように、暗領域が4つ存在する場合について説明する。ここで、暗領域1005a、1005b、1005c及び1005dのすべての画素の輝度の平均値をそれぞれ I_{daave} 、 I_{dbave} 、 I_{dcave} 及び I_{ddave} とする。計測用のパターン光が投影されている領域の各画素と各暗領域の重心との距離をそれぞれ $D_{ma}(x, y)$ 、 $D_{mb}(x, y)$ 、 $D_{mc}(x, y)$ 及び $D_{md}(x, y)$ とする。また、計測用のパターン光が投影されている領域の各画素と各暗領域の重心との距離の総和を $D_{mali}(x, y)$ とする。計測用のパターン光が投影されている領域の各画素の輝度を $I_m(x, y)$ とする。例えば、計測用のパターン光が投影されている領域の各画素と各暗領域の重心との距離に応じて、暗領域のすべての画素の輝度の平均値を傾斜配分すると、外乱光除去画像の各画素の輝度 $I_r(x, y)$ は、

10

$$I_r(x, y) = I_m(x, y) - \left((I_{daave} \times D_{ma}(x, y) / D_{mali}(x, y)) + (I_{dbave} \times D_{mb}(x, y) / D_{mali}(x, y)) + (I_{dcave} \times D_{mc}(x, y) / D_{mali}(x, y)) + (I_{ddave} \times D_{md}(x, y) / D_{mali}(x, y)) \right) \cdots (6)$$

となる。以上より、外乱光除去画像が作成される。

【0081】

このように、複数の暗領域を使用して、計測領域の外乱光を推定することができる。

【0082】

また、外乱光除去画像の各画素の輝度の求め方は、この方法に限定されず複数の暗領域を使用する方法であれば他の方法でもよい。

20

【0083】

以上説明したように、実施形態3によれば、実施形態1で説明した効果に加えて、複数の暗領域を設定することができるので、測定対象物が比較的小さい場合等の計測環境に即したより適切な暗領域を設定することが可能となる。これにより、高精度な距離計測を行うことが可能となる。

【0084】

<実施形態4>

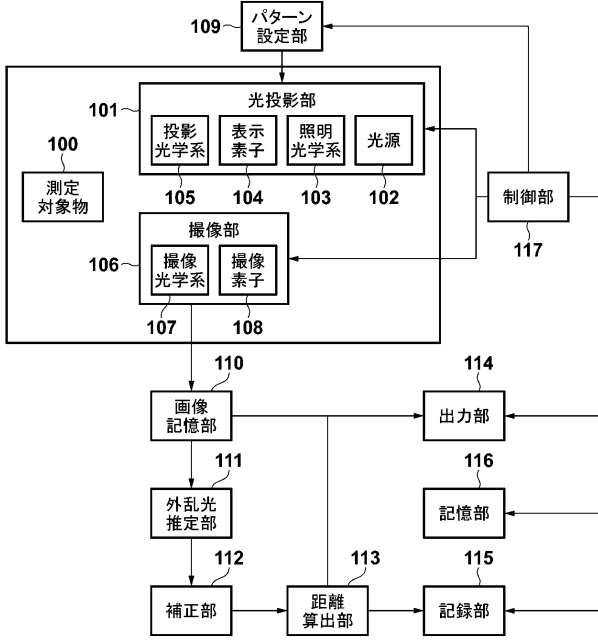
実施形態1乃至3を任意に組み合わせた実施形態を実現することもできる。例えば、実施形態2の構成において、複数の暗領域を手動/自動で設定するようにしても良い。

30

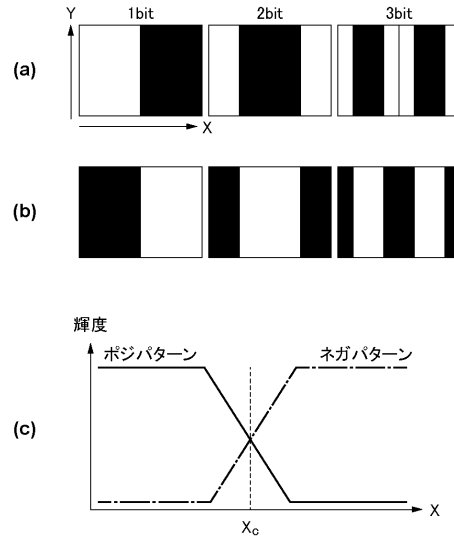
【0085】

尚、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア(プログラム)を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステムまたは装置に供給し、そのシステムまたは装置のコンピュータ(またはCPUやMPU等)がプログラムを読み出して実行する処理である。

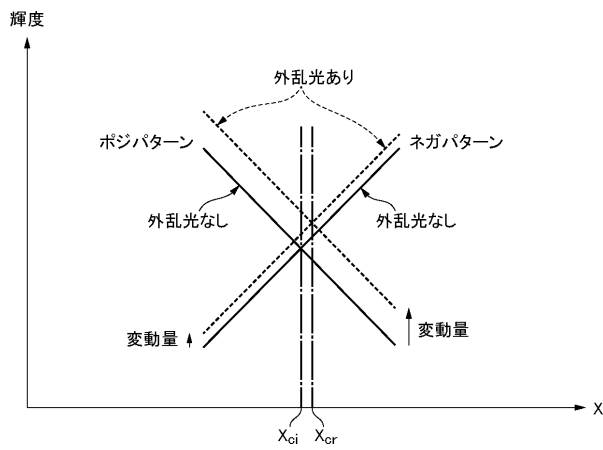
【 図 1 】



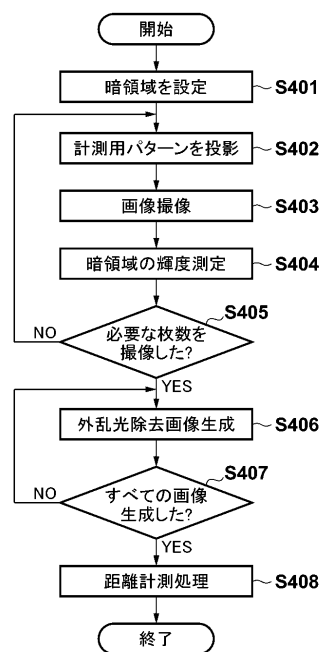
【 図 2 】



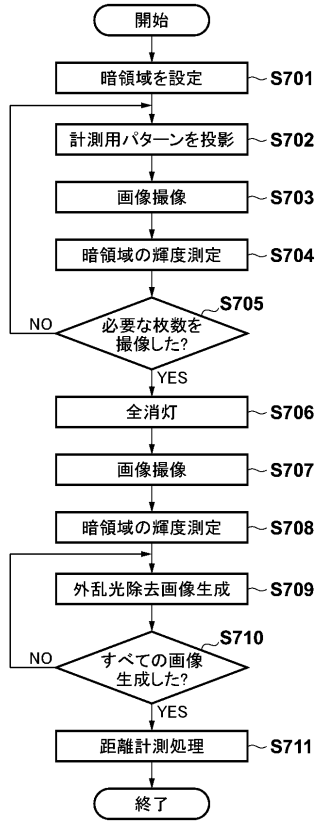
【 図 3 】



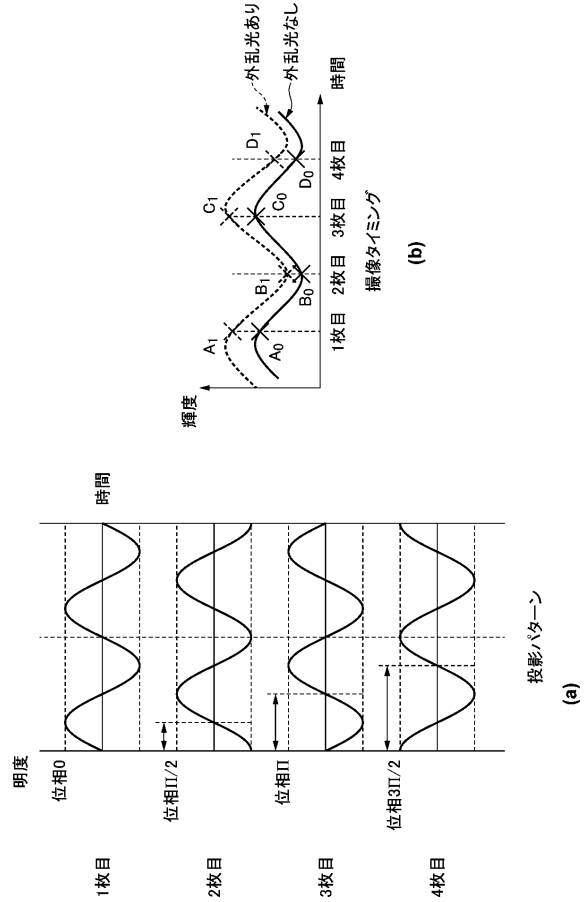
【 図 4 】



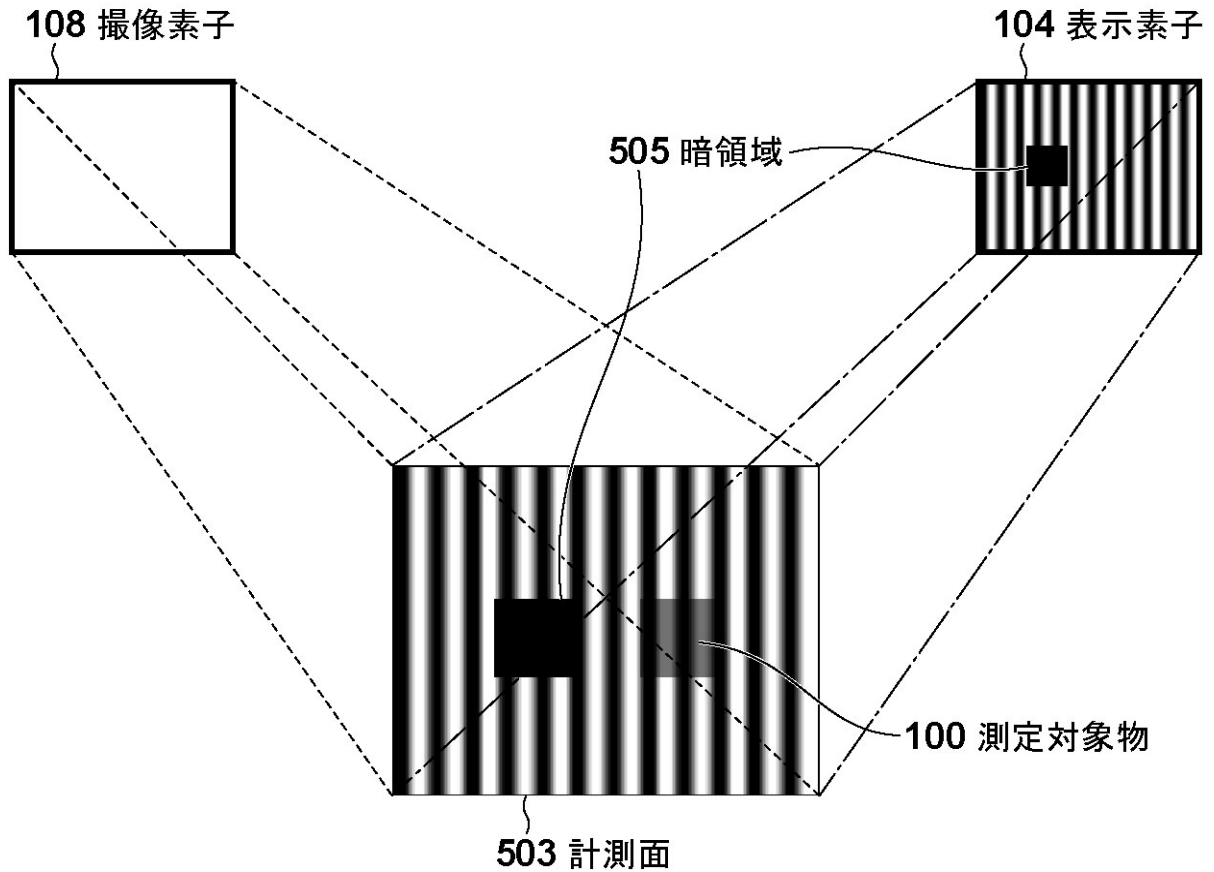
【 図 7 】



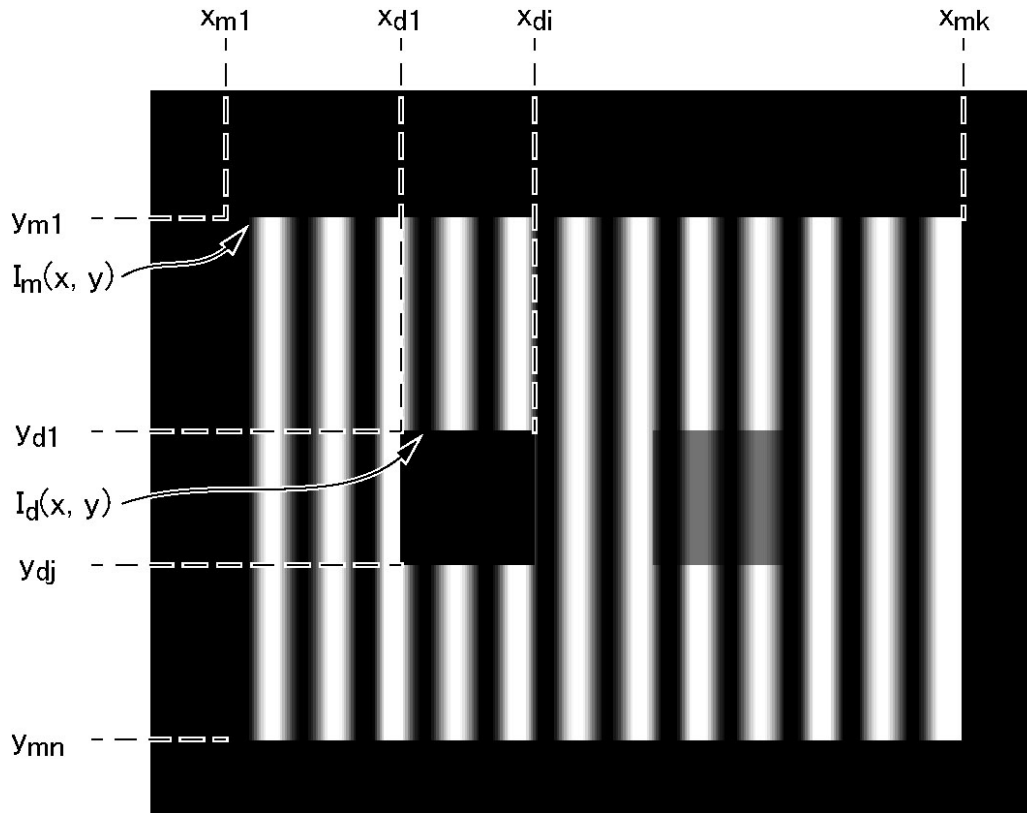
【 図 8 】



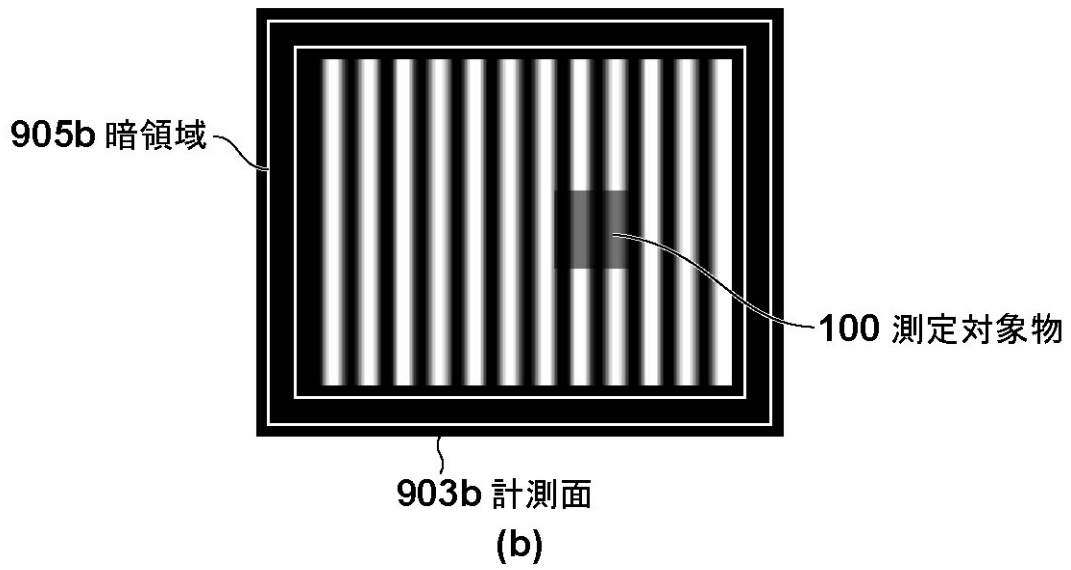
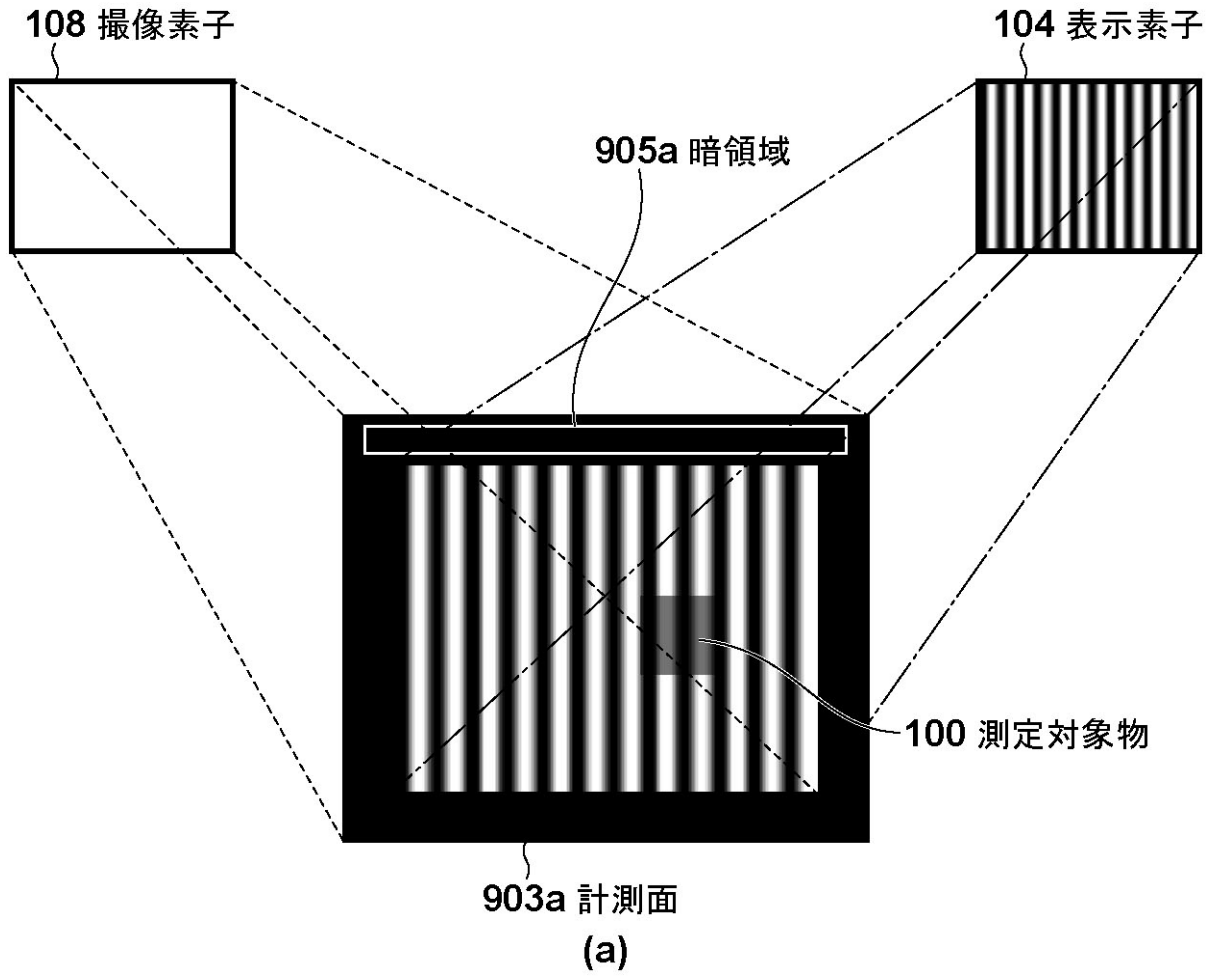
【 図 5 】



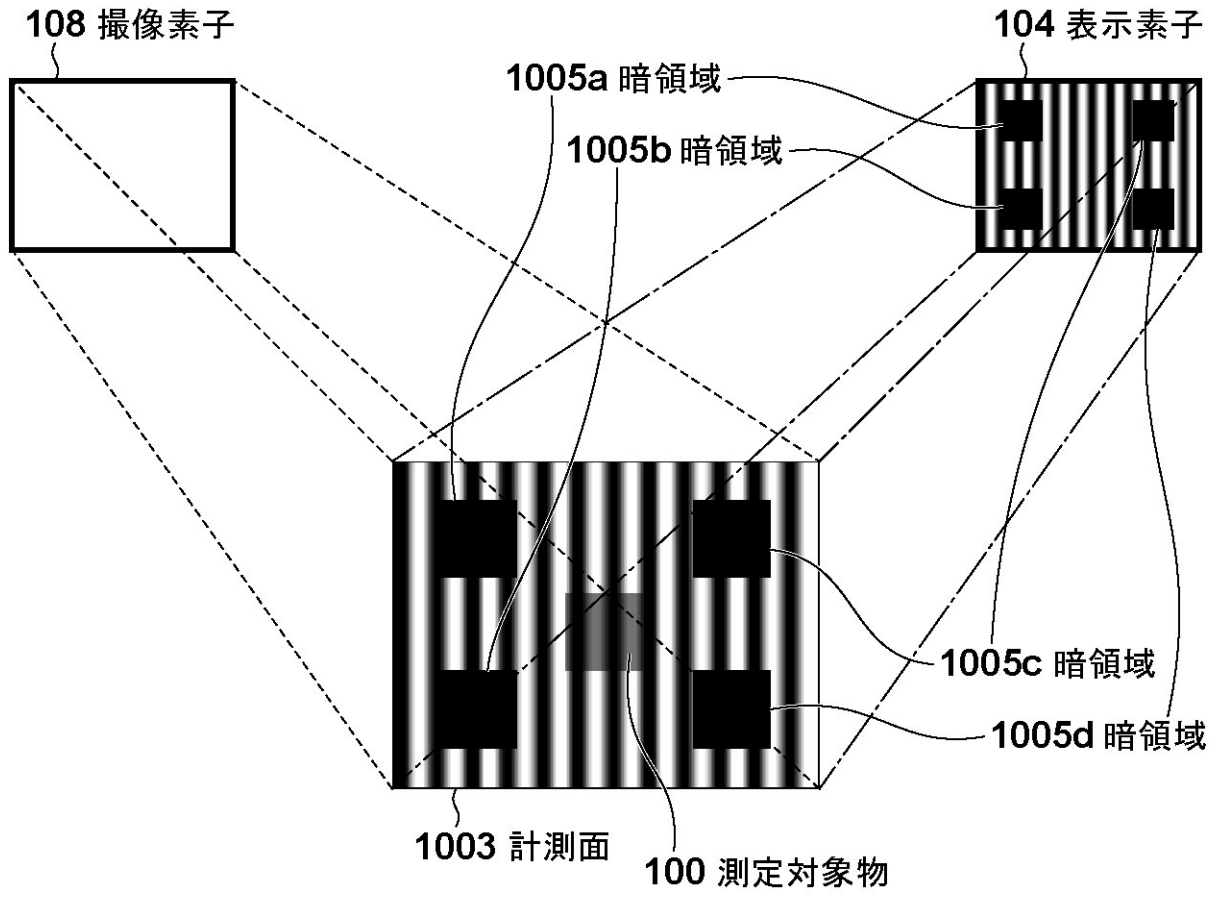
【 図 6 】



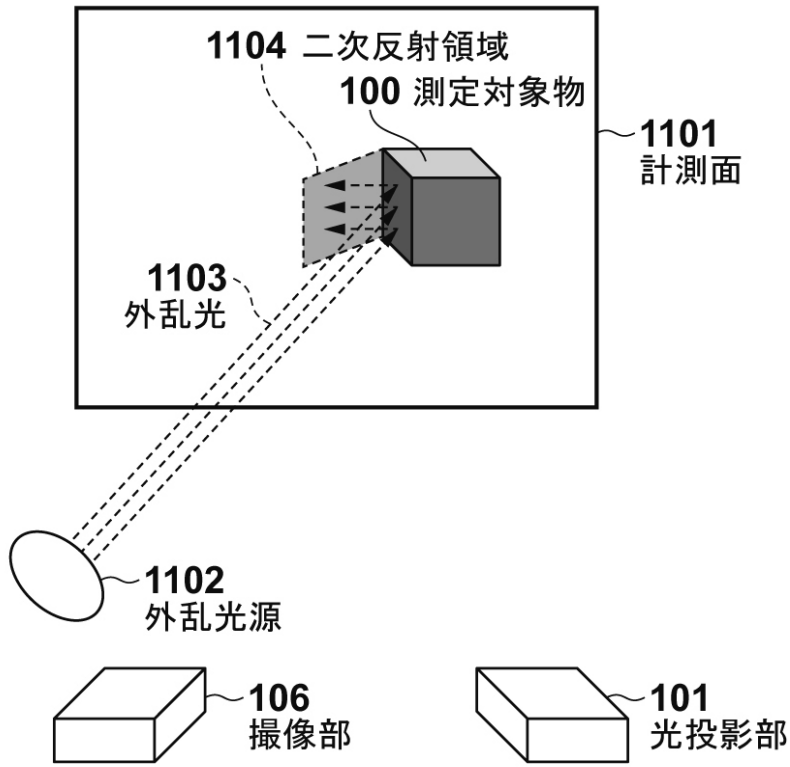
【 図 9 】



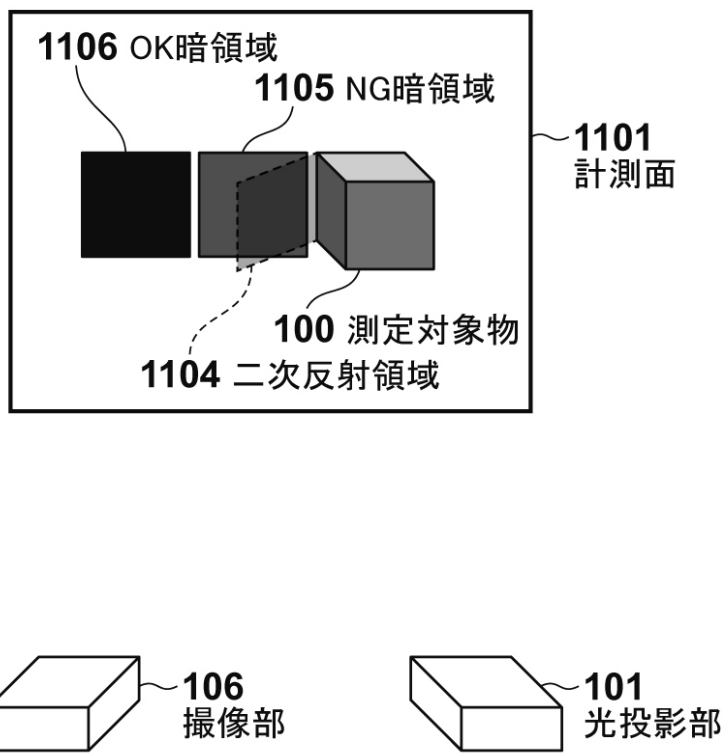
【図10】



【 図 1 1 】



(a)



(b)

フロントページの続き

(72)発明者 太田 和之

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 吉川 博志

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA06 BB05 DD04 DD11 DD12 FF02 FF04 FF09 GG03
GG07 GG15 GG18 HH07 JJ03 JJ19 JJ26 LL24 LL28 LL30
LL41 NN03 QQ08 QQ24 QQ25
2F112 AA09 BA06 BA07 CA12 DA13 DA15 DA22 EA03 EA07 FA03
FA08 FA33 FA35 FA38 FA45 GA05