

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02012/114947

発行日 平成26年7月7日 (2014.7.7)

(43) 国際公開日 平成24年8月30日 (2012.8.30)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
G03H 1/22 (2006.01) G03H 1/22 2K008

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 22 頁)

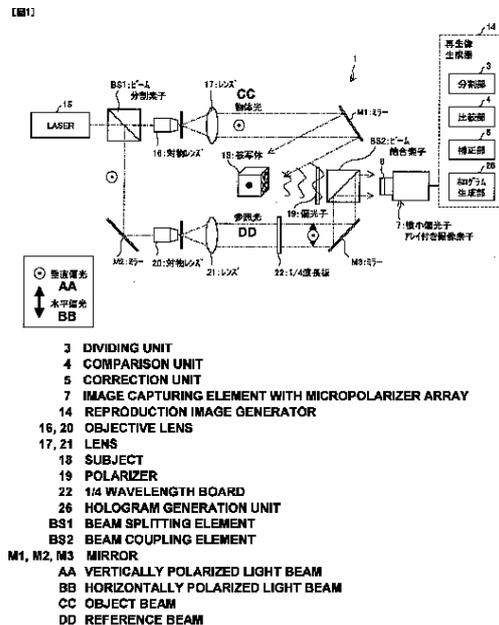
出願番号	特願2013-500973 (P2013-500973)	(71) 出願人	504255685 国立大学法人京都工芸繊維大学 京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地
(21) 国際出願番号	PCT/JP2012/053436	(74) 代理人	110000338 特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK
(22) 国際出願日	平成24年2月14日 (2012.2.14)	(72) 発明者	粟辻 安浩 日本国京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地 国立大学法人京都工芸繊維大学内
(31) 優先権主張番号	特願2011-40820 (P2011-40820)	(72) 発明者	夏 鹏 日本国京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地 国立大学法人京都工芸繊維大学内
(32) 優先日	平成23年2月25日 (2011.2.25)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デジタルホログラフィ装置、及びデジタルホログラフィによる画像生成方法

(57) 【要約】

0次回折光を正確に除去して強度ムラを補正し、被写体を高精度に計測することができるデジタルホログラフィ装置(1)は、偏光子アレイ6が装着された撮像素子7に記録された偏光子アレイホログラムから、位相シフト量が同じ成分をそれぞれ抽出して生成した第1ホログラム及び第2ホログラムを生成するホログラム生成部(26)と、第1ホログラムを複数の第1領域に分割し、第2ホログラムを複数の第2領域に分割する分割部(3)と、第1ホログラムの第1領域における強度の第1平均値と、第2ホログラムの第1領域に対応する第2領域における強度の第2平均値とを比較する比較部(4)と、第1平均値と第2平均値とが異なるときに、第1平均値と第2平均値とが等しくなるように、第1平均値と第2平均値との少なくとも一方を補正する補正部(5)とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

偏光子アレイが装着された撮像素子の画素に記録されて、参照光の位相シフト量が異なる 2 種類以上のホログラム情報を含む偏光子アレイホログラムから、前記位相シフト量が同じ成分をそれぞれ抽出して生成した第 1 ホログラム及び第 2 ホログラムを生成するホログラム生成部と、

前記第 1 ホログラムを複数の第 1 領域に分割し、前記第 2 ホログラムを前記複数の第 1 領域の分割パターンと同じ分割パターンにより複数の第 2 領域に分割する分割部と、

前記第 1 ホログラムの前記第 1 領域における強度の第 1 平均値と、前記第 2 ホログラムの前記第 1 領域に対応する第 2 領域における強度の第 2 平均値とを比較する比較部と、

前記第 1 平均値と前記第 2 平均値とが異なるときに、0 次回折光強度が正確に除去されるように、前記第 1 ホログラムの前記第 1 領域における強度と前記第 2 ホログラムの前記第 1 領域に対応する第 2 領域における強度との少なくとも一方を補正する補正部とを備えたことを特徴とするデジタルホログラフィ装置。

【請求項 2】

前記補正部は、前記第 1 平均値が前記第 2 平均値よりも大きいときに、0 次回折光強度が正確に除去されるように、前記第 1 ホログラムの前記第 1 領域における強度を補正する請求項 1 記載のデジタルホログラフィ装置。

【請求項 3】

前記分割部は、前記複数の第 1 領域の分割パターンと同じ分割パターンにより参照光を複数の参照光領域に分割し、

前記補正部は、前記第 1 平均値が前記第 2 平均値よりも大きいときに、前記第 1 領域と前記第 1 領域に対応する前記第 2 領域との少なくとも一方の参照光領域における強度を補正する請求項 1 記載のデジタルホログラフィ装置。

【請求項 4】

前記分割部により前記第 1 ホログラムで分割された複数の第 1 領域は、マトリックス状に配置されている請求項 1 記載のデジタルホログラフィ装置。

【請求項 5】

前記分割部により前記第 1 ホログラムで分割された複数の第 1 領域は、ホログラムの画素数 $5 \ 1 \ 2 \times 5 \ 1 \ 2$ ピクセルに対して 6 行 \times 6 列に配置されている請求項 1 記載のデジタルホログラフィ装置。

【請求項 6】

偏光子アレイが装着された撮像素子の画素に記録されて、参照光の位相シフト量が異なる 2 種類以上のホログラム情報を含む偏光子アレイホログラムから、前記位相シフト量が同じ成分をそれぞれ抽出して生成した第 1 ホログラム及び第 2 ホログラムを生成するホログラム生成ステップと、

前記第 1 ホログラムを複数の第 1 領域に分割し、前記第 2 ホログラムを前記複数の第 1 領域の分割パターンと同じ分割パターンにより複数の第 2 領域に分割する分割ステップと、

前記第 1 ホログラムの前記第 1 領域における強度の第 1 平均値と、前記第 2 ホログラムの前記第 1 領域に対応する第 2 領域における強度の第 2 平均値とを比較する比較ステップと、

前記第 1 平均値と前記第 2 平均値とが異なるときに、0 次回折光強度が正確に除去されるように、前記第 1 ホログラムの前記第 1 領域における強度と前記第 2 ホログラムの前記第 1 領域に対応する第 2 領域における強度との少なくとも一方を補正する補正ステップとを包含することを特徴とするデジタルホログラフィによる画像生成方法。

【請求項 7】

偏光子アレイが装着された撮像素子の画素に記録されて、参照光の位相シフト量が異なる 2 種類以上のホログラム情報を含む偏光子アレイホログラムから、前記位相シフト量が同じ成分をそれぞれ抽出して生成した第 1 ホログラム及び第 2 ホログラムを生成するホ

10

20

30

40

50

グラム生成部と、

前記第 1 ホログラムを複数の第 1 領域に分割し、前記第 2 ホログラムを前記複数の第 1 領域の分割パターンと同じ分割パターンにより複数の第 2 領域に分割する分割部と、

前記第 1 ホログラムの前記第 1 領域と及び前記第 2 ホログラムの前記第 2 領域との少なくとも一方における強度の補正值を変えながら、前記第 1 及び前記第 2 ホログラムに基づいて、位相シフト法の演算及び回折積分により複数の再生像群を生成する再生像群生成部と、

前記複数の再生像群から 0 次回折光の重畳が最小の再生像を選択し、前記選択した再生像の前記補正值を求める選択部とを備えたことを特徴とするデジタルホログラフィ装置。

【請求項 8】

偏光子アレイが装着された撮像素子の画素に記録されて、参照光の位相シフト量が異なる 2 種類以上のホログラム情報を含む偏光子アレイホログラムから、前記位相シフト量が同じ成分をそれぞれ抽出して生成した第 1 ホログラム及び第 2 ホログラムを生成するホログラム生成ステップと、

前記第 1 ホログラムを複数の第 1 領域に分割し、前記第 2 ホログラムを前記複数の第 1 領域の分割パターンと同じ分割パターンにより複数の第 2 領域に分割する分割ステップと、

前記第 1 ホログラムの前記第 1 領域と及び前記第 2 ホログラムの前記第 2 領域との少なくとも一方における強度の補正值を変えながら、前記第 1 及び前記第 2 ホログラムに基づいて、位相シフト法の演算及び回折積分により複数の再生像群を生成する再生像群生成ステップと、

前記複数の再生像群から 0 次回折光の重畳が最小の再生像を選択し、前記選択した再生像の前記補正值を求める選択ステップとを包含することを特徴とするデジタルホログラフィによる画像生成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

はじめに、本明細書においては、偏光子アレイが装着された撮像素子の各画素に記録されて、参照光の位相シフト量が異なる 2 種類以上のホログラム情報を含む 1 枚のホログラムを、偏光子アレイホログラムと定義する。本発明は、この偏光子アレイホログラムから、位相シフト量が同じ成分をそれぞれ抽出した第 1 ホログラム及び第 2 ホログラムに基づいて、被写体の再生像を生成するデジタルホログラフィ装置、及びデジタルホログラフィによる画像生成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

以後の文章中で位相の単位はラジアンで表す。加工技術の精密化や多様化に伴い、物体の 3 次元形状等の高度な計測や解析が求められ、様々な測定法が開発されている。該測定法のうち、光の干渉を利用した干渉計測技術、特にデジタルホログラフィは、非接触かつ非破壊で、物体の 3 次元情報を得ることができるため、近年、注目を集めている測定法の一つとなっている。

【0003】

デジタルホログラフィは、3 次元物体への光照射によって得られる干渉パターン（干渉縞）から、コンピュータを用いて 3 次元物体の像を再生する技術である。具体的には例えば、3 次元物体への光照射によって得られる物体光と、該物体光に対して可干渉である参照光とが作る干渉パターンを、CCD（charge coupled device）等の撮像素子を用いて記録する。記録された干渉パターンに基づいて、コンピュータで回折を計算し、3 次元物体の像を再生する。

【0004】

本発明者らは、光源から出射された光を、その進行方向に垂直な平面上において互いに位相が異なる 2 種類の参照光に分割する偏光子アレイを CCD カメラの撮像面に貼り付け

10

20

30

40

50

る等の装着する構成を備え、1回の撮影により、被写体の再生画像の画質を向上させたデジタルホログラフィ装置を提案している(特許文献1)。

【0005】

また本発明者らは、物体光を互いに偏光方向が異なる2種類の物体光に分割し、それぞれの伝播方向に角度差を生じさせる偏光分割部と、第1偏光子領域および第2偏光子領域が複数配置され、参照光と、被写体を介して到達する物体光とを透過させる偏光子アレイ部とを設けることにより、1回の撮像でその瞬間の深い奥行き範囲の高精度3次元情報を得ることができるデジタルホログラフィ装置を提案している(特許文献2)。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0006】

【特許文献1】国際公開第2009/066771号パンフレット(2009年5月28日公開)

【特許文献2】国際公開第2010/092739号パンフレット(2010年8月19日公開)

【特許文献3】日本国特許明細書特許第4294526号明細書

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】J.W.Goodman and R.W.Lawrence, Appl. Phys. Lett. 11, p.77(1967)

【非特許文献2】I. Yamaguchi and T. Zhang, Opt. Lett. 22, p.1268(1997)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0008】

しかしながら、偏光子アレイをCCDカメラの撮像面に実装する際に、偏光子アレイの区画の撮像面の画素に対する方向及び位置がずれるため組み立て誤差が生じる。この組み立て誤差に起因して、デジタルホログラフィ装置により取得されるホログラムに強度むらが生じる。また、この強度分布(強度むら)は経時変化によっても発生する。このため、物体光、参照光の強度が各透過軸で等しくないとき、デジタルホログラフィ装置による画像の再生処理時に、不要な0次回折光を完全に除去することができないという問題がある。

【0009】

本発明の目的は、偏光子アレイとCCDカメラの撮像面との組み立て誤差に起因して生じる不要な0次回折光を完全に除去することができるデジタルホログラフィ装置、及びデジタルホログラフィによる画像生成方法を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記の課題を解決するために、本発明に係るデジタルホログラフィ装置は、偏光子アレイが装着された撮像素子の画素に記録されて、参照光の位相シフト量が異なる2種類以上のホログラム情報を含む偏光子アレイホログラムから、前記位相シフト量が同じ成分をそれぞれ抽出して生成した第1ホログラム及び第2ホログラムを生成するホログラム生成部と、前記第1ホログラムを複数の第1領域に分割し、前記第2ホログラムを前記複数の第1領域の分割パターンと同じ分割パターンにより複数の第2領域に分割する分割部と、前記第1ホログラムの前記第1領域における強度の第1平均値と、前記第2ホログラムの前記第1領域に対応する第2領域における強度の第2平均値とを比較する比較部と、前記第1平均値と前記第2平均値とが異なるときに、0次回折光強度が正確に除去されるように、前記第1ホログラムの前記第1領域における強度と前記第2ホログラムの前記第1領域に対応する第2領域における強度との少なくとも一方を補正する補正部とを備えたことを特徴とする。

40

【0011】

この特徴により、前記第1ホログラムの前記第1領域における強度の前記第1平均値と、前記第2ホログラムの前記第1領域に対応する第2領域における強度の前記第2平均値とが異なるときに、前記第1ホログラムの前記第1領域における強度と前記第2ホログラ

50

ムの前記第1領域に対応する第2領域における強度との少なくとも一方を補正して、各ホログラムの各領域において0次回折光の強度比を1:1にすることができ、撮像素子面全体において、不要な像成分である0次回折光を正確に除去して強度むらを補正し、被写体を高精度に計測することができる。

【0012】

本発明に係るデジタルホログラフィによる画像生成方法は、偏光子アレイが装着された撮像素子の画素に記録されて、参照光の位相シフト量が異なる2種類以上のホログラム情報を含む偏光子アレイホログラムから、前記位相シフト量が同じ成分をそれぞれ抽出して生成した第1ホログラム及び第2ホログラムを生成するホログラム生成ステップと、前記第1ホログラムを複数の第1領域に分割し、前記第2ホログラムを前記複数の第1領域の分割パターンと同じ分割パターンにより複数の第2領域に分割する分割ステップと、前記第1ホログラムの前記第1領域における強度の第1平均値と、前記第2ホログラムの前記第1領域に対応する第2領域における強度の第2平均値とを比較する比較ステップと、前記第1平均値と前記第2平均値とが異なるときに、0次回折光強度が正確に除去されるように、前記第1ホログラムの前記第1領域における強度と前記第2ホログラムの前記第1領域に対応する第2領域における強度との少なくとも一方を補正する補正ステップとを包含することを特徴とする。

10

【0013】

本発明に係る他のデジタルホログラフィ装置は、偏光子アレイが装着された撮像素子の画素に記録されて、参照光の位相シフト量が異なる2種類以上のホログラム情報を含む偏光子アレイホログラムから、前記位相シフト量が同じ成分をそれぞれ抽出して生成した第1ホログラム及び第2ホログラムを生成するホログラム生成部と、前記第1ホログラムを複数の第1領域に分割し、前記第2ホログラムを前記複数の第1領域の分割パターンと同じ分割パターンにより複数の第2領域に分割する分割部と、前記第1ホログラムの前記第1領域と及び前記第2ホログラムの前記第2領域との少なくとも一方における強度の補正值を変えながら、前記第1及び前記第2ホログラムに基づいて、位相シフト法の演算及び回折積分により複数の再生像群を生成する再生像群生成部と、前記複数の再生像群から0次回折光の重畳が最小の再生像を選択し、前記選択した再生像の前記補正值を求める選択部とを備えたことを特徴とする。

20

【0014】

この特徴により、0次回折光の重畳が最小の再生像補正值を求めることができるので、より正確に0次回折光強度を除去することができる。

30

【0015】

本発明に係るデジタルホログラフィによる画像生成方法は、偏光子アレイが装着された撮像素子の画素に記録されて、参照光の位相シフト量が異なる2種類以上のホログラム情報を含む偏光子アレイホログラムから、前記位相シフト量が同じ成分をそれぞれ抽出して生成した第1ホログラム及び第2ホログラムを生成するホログラム生成ステップと、前記第1ホログラムを複数の第1領域に分割し、前記第2ホログラムを前記複数の第1領域の分割パターンと同じ分割パターンにより複数の第2領域に分割する分割ステップと、前記第1ホログラムの前記第1領域と及び前記第2ホログラムの前記第2領域との少なくとも一方における強度の補正值を変えながら、前記第1及び前記第2ホログラムに基づいて、位相シフト法の演算及び回折積分により複数の再生像群を生成する再生像群生成ステップと、前記複数の再生像群から0次回折光の重畳が最小の再生像を選択し、前記選択した再生像の前記補正值を求める選択ステップとを包含することを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0016】

本発明に係るデジタルホログラフィ装置は、前記第1ホログラムの第1領域における強度の第1平均値と前記第2ホログラムの前記第1領域に対応する第2領域における強度の第2平均値とを比較する比較部と、0次回折光強度が正確に除去されるように、前記第1ホログラムの前記第1領域と前記第2ホログラムの前記第1領域に対応する第2領域との

50

少なくとも一方を補正する補正部とを設けたので、各ホログラムの各領域において0次回折光の強度比を1:1にすることができ、撮像素子面全体において、不要な像成分である0次回折光を正確に除去して強度むらを補正し、被写体を高精度に計測することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】実施の形態に係るデジタルホログラフィ装置の構成を模式的に示す図である。

【図2】上記デジタルホログラフィ装置による並列位相シフトデジタルホログラフィの原理を説明するための図である。

【図3】(a)は上記デジタルホログラフィ装置に設けられた偏光子アレイの各セルにおける透過軸を示す図であり、(b)は上記デジタルホログラフィ装置における参照光の位相分布を示す図である。

【図4】上記デジタルホログラフィ装置による像再生アルゴリズムを説明するための図である。

【図5】上記デジタルホログラフィ装置が撮像する被写体を示す写真である。

【図6】従来のデジタルホログラフィ装置による被写体の再生像を示す写真である。

【図7】(a)は、従来のデジタルホログラフィ装置の撮像素子で記録されたホログラムと像再生に用いる画素の範囲を示す図であり、(b)は、(a)に示す各範囲における0次回折光を示す図である。

【図8】偏光子アレイと撮像素子との位置合わせ誤差を説明するための図である。

【図9】実施の形態に係るデジタルホログラフィ装置によるホログラムの領域の強度の補正方法を説明するための図である。

【図10】実施の形態に係るデジタルホログラフィ装置による被写体の再生像を示す写真である。

【図11】実施の形態に係る他のデジタルホログラフィ装置の構成を模式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の実施の形態について、詳細に説明する。図1は、実施の形態に係るデジタルホログラフィ装置1の構成を模式的に示す図である。デジタルホログラフィ装置1は、並列2段階位相シフトデジタルホログラフィを実現するためのシステムである。図1は、撮像素子7の撮像面に偏光子アレイ6を装着する場合の光学系の一例を示している。図1に示すデジタルホログラフィ装置1を説明する。まず、光源15から出射されるレーザーは垂直偏光成分のみを有するものとする。光源15から出射された光は、ビーム分割素子BS1によって物体光と参照光とに分けられる。

【0019】

ビーム分割素子BS1を透過した物体光は、対物レンズ16及びレンズ17を透過し、ミラーM1により反射され、被写体18に照射される。被写体18からの散乱光は、偏光子19を通り、垂直偏光となる。そして、散乱光は、ビーム結合素子BS2を通り、偏光子アレイ6を通過して撮像素子7の撮像面に到達する。

【0020】

一方、ビーム分割素子BS1により反射された参照光は、ミラーM2により反射され、対物レンズ20及びレンズ21を通り、1/4波長板22を通過するとき垂直偏光と水平偏光との成分を持った円偏光になる。このとき、参照光は位相シフトのない成分と1/2位相シフトした成分とを持つ。そして、参照光は、ミラーM3により反射され、ビーム結合素子BS2により反射されて、偏光子アレイ6と一体に構成された撮像素子7へ到達する。

【0021】

偏光子アレイ6を通過した物体光と参照光とは、撮像素子7の撮像面上で干渉する。偏光子アレイ6を通過した参照光の位相は、空間的に2種類の情報を持ち、市松模様分布

10

20

30

40

50

する。この参照光と物体光とが干渉することにより、2種類のホログラムの情報を1回で撮像することができる。

【0022】

デジタルホログラフィ装置1は、再生像生成器14を備えている。再生像生成器14は、偏光子アレイホログラム8(図4)から、位相シフト量が同じ成分をそれぞれ抽出して生成したホログラム9及びホログラム10(図4)を生成するホログラム生成部26と、ホログラム9を複数の領域11(図9)に分割し、ホログラム10を複数の領域11の分割パターンと同じ分割パターンにより複数の領域12(図9)に分割する分割部3と、ホログラム9の領域11における強度の第1平均値と、ホログラム10の対応する領域12における強度の第2平均値とを比較する比較部4と、第1平均値と第2平均値とが異なるときに、0次回折光強度が正確に除去されるように、第1平均値と第2平均値との少なくとも一方を補正する補正部5とを有している。

10

【0023】

図2は、位相シフト干渉計測をシングルショットで実現できるデジタルホログラフィ装置1である並列位相シフトデジタルホログラフィの原理を説明するための図である。デジタルホログラフィ装置1は、単一の撮像素子7を用いて位相シフト法に必要な複数枚のホログラムの情報を1回の撮像で記録する。そして、像再生処理によって被写体の3次元像を再生する。図2は、2枚のホログラムを1回の撮像により取得する並列位相シフトデジタルホログラフィである並列2段階位相シフトデジタルホログラフィの原理を示している。

20

【0024】

図3(a)はデジタルホログラフィ装置1に設けられた偏光子アレイ6の各セルにおける透過軸を示す図であり、図3(b)はデジタルホログラフィ装置1における参照光の位相分布を示す図である。

【0025】

図3(a)中の矢印は、図中の矢印方向の偏光のみが通過できることを示す。この偏光子アレイ6の1区間の大きさは撮像素子7の撮像面における1画素の大きさに対応しており、偏光子アレイ6は撮像素子7の撮像面上に装着される。偏光子アレイ6は、光源15から出射された光を、その進行方向に垂直な平面上において互いに位相が異なる2種類の参照光に分割する。偏光子アレイ6の各セルにおける透過軸が図3(a)に示すように構成されているとき、撮像素子7の撮像面における各画素に記録される参照光の位相分布は、図3(b)に示すように、位相ずれがゼロの領域と位相ずれが $\pi/2$ の領域とが交互に配置された分布となる。よって、偏光子アレイ6により、参照光の位相シフト量が異なる2種類のホログラム情報を含む偏光子アレイホログラム8(図4)を1回の記録により得ることができる。

30

【0026】

図4は、デジタルホログラフィ装置1による像再生アルゴリズムを説明するための図である。デジタルホログラフィ装置1の再生像生成器14に設けられたホログラム生成部26は、撮像素子7の撮像面に記録された1枚の偏光子アレイホログラム8から参照光の位相シフト量が同じ干渉縞の情報を表すホログラム23、ホログラム24をそれぞれ抽出する。次に、ホログラム23、ホログラム24のそれぞれの欠落画素I5に対して、隣接する画素I1・I2・I3・I4を用いてそれぞれ補間処理を施して2枚のホログラム9及び10を得る。そして、得られたホログラム9及び10を用いて2段階位相シフト法により計算処理を行う。その後、計算によって得られた被写体18の複素振幅に対して回折計算を行うことにより、再生像を得る。

40

【0027】

図5は、デジタルホログラフィ装置が撮像する被写体を示す写真である。図1に示す光学システムを用いて実験を行った。実験に用いた被写体を図5に示す。被写体は車のミニチュア模型である。光源15には、波長532nmの固体レーザを用い、撮像素子7には、画素数1164(H)×874(V)の偏光子アレイ付きCCDカメラを用いた。

50

【 0 0 2 8 】

この実験によって得られた再生像を図 6 に示す。この再生像では、不必要な像成分である 0 次回折光が所望の車のミニチュア模型の像に重畳してしまった。

【 0 0 2 9 】

図 7 (a) は、従来のデジタルホログラフィ装置の撮像素子で記録されたホログラムと像再生に用いる画素の範囲を示す図であり、図 7 (b) は、図 7 (a) に示す各範囲における 0 次回折光を示す図である。

【 0 0 3 0 】

像再生に用いるホログラムの範囲と 0 次回折光との関係を説明する。デジタルホログラフィでは、電子的に記録したホログラムの一部を用いて、像再生処理を行うことが可能である。図 7 (a) は、撮像素子により記録された 1164×874 画素の電子的なホログラムと像再生に用いる画素の範囲とを示す。図 7 (b) は、左から、図 7 (a) 中の符号 A、B、C により示されている範囲を、 512×512 画素を用いて像再生した結果を示している。四角で囲まれた領域 A 1、領域 B 1、領域 C 1 とそれぞれの拡大図には、0 次回折光が表されている。

10

【 0 0 3 1 】

いずれの再生像にも 0 次回折光が重畳しているが、拡大図を観察すると、0 次回折光が一部除去されている。また、像再生に用いる画素の範囲を変えると、除去及び重畳の様子が変わっていることが伺える。以上より、像再生に用いるホログラムの範囲を変えると、0 次回折光の現れ方が変わることが明らかとなった。

20

【 0 0 3 2 】

従来の並列位相シフトデジタルホログラフィでは、被写体の像のみの抽出と瞬時計測との両方を実現可能である。しかしながら、図 6 及び図 7 に示すように、0 次回折光を完全には除去することができておらず画質が劣化している。また、像再生に用いるホログラムの範囲を変えると、0 次回折光の現れ方が変化した。この原因を次に説明する。

【 0 0 3 3 】

まず、位相シフト法では、得られた複数のホログラムにおいて 0 次回折光の強度が一定でなければ、不要な像成分を完全には除去できない。そこで、並列位相シフトデジタルホログラフィでは、0 次回折光の強度が一定になるように、光学システムの調整を行う。

【 0 0 3 4 】

しかしながら、撮像素子の全面において 0 次回折光の強度を一定にすることは困難である。撮像素子のある部分で 0 次回折光の強度を一定にすることができても、他の部分では強度むらが発生する。

30

【 0 0 3 5 】

その結果、従来の像再生処理では、0 次回折光を完全には除去できず、0 次回折光が残留する。図 7 (b) は、撮像素子の撮像面の一部分でのみ 0 次回折光の強度を一定にすることができ、他の部分では、強度のばらつきが起こっていたことを表している。

【 0 0 3 6 】

図 8 は、偏光子アレイと撮像素子とを装着する際の位置合わせ誤差を説明するための図である。0 次回折光の強度を一定にすることが困難である原因の一つに、微小な光学素子のアレイの各セルと、撮像素子の各画素との位置合わせ誤差が挙げられる。

40

【 0 0 3 7 】

即ち、微小な光学素子の偏光子アレイ 6 の各セルを撮像素子 7 の各画素に装着させる際、位置合わせ誤差に起因して強度むらが発生する。つまり、物体光、参照光の強度が各透過軸で等しくないとき、像再生処理時に不要な像成分を完全に除去することができなくなる。この問題は、デジタルホログラフィ装置の構成上、並びに製造技術上不可避の問題である。

【 0 0 3 8 】

このような強度むらの問題を解決する 1 つの方法として、偏光子アレイ 6 の各セルと撮像素子 7 の各画素との装着をより正確に行うことが挙げられる。しかしながら、各セルと

50

各画素とのサイズは近年ではミクロンオーダーであり、非常に高精度な位置合わせが求められている。近年の製造技術の向上により偏光子アレイ 6 の位置合わせが実現されているが、光学素子の偏光子アレイ 6 の各セルと撮像素子 7 の各画素との完全な 1 対 1 対応の位置合わせは困難を極める。

【 0 0 3 9 】

そこで、本願発明者らは、強度むらの問題を画像処理によって解決するために、0 次回折光除去アルゴリズムを発明した。本アルゴリズムは、偏光子アレイ 6 と撮像素子 7 との位置合わせ誤差、光学システムの調整誤差、撮像素子の画素ごとの受光感度の違い、暗電流、その他の偶発的な画素値変化等、強度むらが起こる原因に対して有効である。

【 0 0 4 0 】

図 9 は、デジタルホログラフィ装置 1 によるホログラムの領域の強度を補正する方法を説明するための図である。

【 0 0 4 1 】

複数種類のホログラムにおける 0 次回折光強度がばらつくために、0 次回折光を正確に計算することができず除去できなかったことから、強度むらを補正することによって 0 次回折光強度のばらつきを補正する。また、ホログラムの領域ごとに強度むら補正值を変えることによって、撮像素子 7 の撮像面全体における 0 次回折光の強度を一定にする。

【 0 0 4 2 】

まず、図 9 に示すように、再生像生成器 1 4 の分割部 3 は、ホログラム 9 を 6 行 × 6 列の 3 6 の領域 1 1 に分割し、ホログラム 1 0 を、ホログラム 9 の分割パターンと同じ 6 行 × 6 列の 3 6 の領域 1 2 に分割する。分割部 3 は、さらに、参照光 2 5 を、6 行 × 6 列の 3 6 の領域 1 3 に分割する。

【 0 0 4 3 】

なお、図 9 に示す分割の態様は例示であり、本発明はこれに限定されない。分割数はこれよりも多くても良く、少なくても良い。4 行 × 4 列の 1 6 の領域に分割しても良いし、8 行 × 8 列の 6 4 の領域に分割してもよい。また、マトリックス状に分割しなくてもよい。例えば、行列状に分割しなくても、強度むらの出方が不規則な範囲で現れるようであれば、強度むらが出るところだけ本実施の形態に係るアルゴリズムを適用するなど、様々な不規則な範囲の取り方でも本発明を適用することが可能である。

【 0 0 4 4 】

このように、補間処理後に得られた 2 枚のホログラム 9 ・ 1 0 と参照光 2 5 とに対し、それぞれ複数の領域に分割して、各領域に対して補正を行う。

【 0 0 4 5 】

そして、再生像生成器 1 4 の比較部 4 は、ホログラム 9 の領域 1 1 における強度の第 1 平均値と、ホログラム 1 0 の対応する領域 1 2 における強度の第 2 平均値とを比較する。つまり、比較部 4 は、補間処理後の 2 枚のホログラム 9 ・ 1 0 の対応する領域 1 1 ・ 1 2 における平均値を計算して比較する。

【 0 0 4 6 】

次に、補正部 5 は、ホログラム 9 の領域 1 1 における強度の第 1 平均値が、ホログラム 1 0 の対応する領域 1 2 における強度の第 2 平均値よりも大きいときに、第 1 平均値と第 2 平均値とが等しくなるように、前記第 1 平均値を補正する。即ち、比較した結果平均値の大きい方に補正值 A を与える。計算方法は以下に示すとおりである。

【 0 0 4 7 】

10

20

30

40

【数 1】

$\overline{I_{1_{ij}}} > \overline{I_{2_{ij}}}$ の場合

$$I_{1_{ij_hosei}} = I_{1_{ij}} \times A \quad (\text{式1})$$

$\overline{I_{1_{ij}}} < \overline{I_{2_{ij}}}$ の場合

$$I_{2_{ij_hosei}} = I_{2_{ij}} \times A \quad (\text{式2})$$

$\overline{I_{1_{ij}}}$: ホログラム 9 の領域 1 1 における強度の平均値、
 $\overline{I_{2_{ij}}}$: ホログラム 1 0 の領域 1 2 における強度の平均値、
 $I_{1_{ij}}$: ホログラム 9 の領域 1 1 における補正前の強度、
 $I_{2_{ij}}$: ホログラム 1 0 の領域 1 2 における補正前の強度、
 $I_{1_{ij_hosei}}$: ホログラム 9 の領域 1 1 における補正後の強度、
 $I_{2_{ij_hosei}}$: ホログラム 1 0 の領域 1 2 における補正後の強度

10

20

【0048】

であり、補正值 A は、今回 0.90 ~ 0.99 程度であった。

【0049】

なお、本実施の形態では、ホログラム 9 の領域 1 1 における強度の第 1 平均値が、ホログラム 1 0 の対応する領域 1 2 における強度の第 2 平均値よりも大きいときに、第 1 平均値と第 2 平均値とが等しくなるように、ホログラム 9 の領域 1 1 の強度を補正する例を示したが、本発明はこれに限定されない。第 1 平均値と第 2 平均値とが等しくなるように、ホログラム 1 0 の領域 1 1 に対応する領域 1 2 を補正してもよいし、第 1 平均値と第 2 平均値とが等しくなるように、ホログラム 9 の領域 1 1 とホログラム 1 0 の領域 1 1 に対応する領域 1 2 との双方を補正してもよい。

30

【0050】

また、第 1 平均値と第 2 平均値とが等しくなるように補正する例を示したが、本発明はこれに限定されない。0 次回折光強度が正確に除去されるように、ホログラム 9 の領域 1 1 における強度とホログラム 1 0 の領域 1 1 に対応する領域 1 2 における強度との少なくとも一方を補正すればよい。このように、第 1 平均値と第 2 平均値とが正確に等しくならなくても、0 次回折光強度が正確に除去されるように補正すれば、本発明の効果を奏する。

【0051】

参照光強度には、補正值 B を与える。計算方法は以下に示すとおりである。

【0052】

【数 2】

$$I_{r_{ij_hosei}} = I_{r_{ij}} \times B \quad (\text{式3})$$

【0053】

ここで、

$I_{r_{ij}}$: 参照光 2 5 の領域 1 3 における強度の平均値、
 $I_{r_{ij_hosei}}$: 参照光 2 5 の領域 1 3 における補正後の強度、
 であり、補正值 B は、今回 0.90 ~ 0.99 程度であった。このようにして、0 次回折光が除去されるように、それぞれの領域ごとに強度を調整する。補正值 B は、例えば、予

50

め計測しておいた参照光の強度を基準にして計算することができる。

【 0 0 5 4 】

本実施の形態に係る 0 次回折光除去アルゴリズムに基づいて生成した再生像では、図 10 に示すように、0 次回折光が除去され、鮮明な像が再生された。

【 0 0 5 5 】

図 11 は、実施の形態に係るデジタルホログラフィ装置 27 の構成を模式的に示す図である。前述した構成要素と同一の構成要素には、同一の参照符号を付し、その詳細な説明は省略する。デジタルホログラフィ装置 27 は、再生像生成器 14 を備えている。再生像生成器 14 には、ホログラム生成部 26 と分割部 3 と再生像群生成部 28 と選択部 29 とが設けられている。

【 0 0 5 6 】

本実施の形態に係るデジタルホログラフィ装置 27 では、第 1 平均値と第 2 平均値とを比較せず、ホログラム 9 の領域 11 とホログラム 10 の領域 11 に対応する領域 12 との少なくとも一方に補正または双方補正せず、位相シフト法の計算を行い回折積分により再生像を得てもよい。

【 0 0 5 7 】

即ち、領域 11 と領域 12 との少なくとも一方に対する補正値を変えながら、像を再生することにより再生像群を取得する。そして、当該再生像群において 0 次回折光の重畳を比較することにより、0 次回折光の重畳が最も少なくなる時の領域 11 と、領域 11 に対応する領域 12 との少なくとも一方における最適な補正値を求める。同様に、各領域において最適な補正値を求めることで、強度むらを補正し、0 次回折光を正確に除去しても良い。

【 0 0 5 8 】

この方法は、図 9 に示した平均値を比較する方法よりも手間を増やすことで、より正確に 0 次回折光強度を除去する方法である。手順として以下に示す流れとなる。

(1) まず、ある領域(例えば、1 行 1 列目の領域)で補正値を変えながら像再生までの手順を繰り返し実行する。

(2) そして、得られた複数の再生像を比較し、0 次回折光の重畳が最も少ないときの再生像を選択し、選択した再生像に対応する補正値を採用する。

(3) 上記 1 及び 2 に示す手順を各領域に対して同様に行なうことで、全領域において、それぞれ 0 次回折光の重畳が最も少ないときの再生像に対応する補正値を採用し、それぞれ、より正確に 0 次回折光強度を除去する。

【 0 0 5 9 】

上記(2)に示すところの 0 次回折光の重畳が少ないという判定は、再生像において 0 次回折光強度が重畳するときに現れる画素(図 7 参照)の値が小さいということから判定することができる。実施の形態で前述した方法よりも、実行に時間がかかるが、より正確に 0 次回折光強度を除去することができる。

【 0 0 6 0 】

ホログラム生成部 26 は、偏光子アレイ 6 が装着された撮像素子 7 の画素に記録されて、参照光の位相シフト量が異なる 2 種類以上のホログラム情報を含む偏光子アレイホログラム 8 から、位相シフト量が同じ成分をそれぞれ抽出して生成したホログラム 9 及びホログラム 10 を生成する。

【 0 0 6 1 】

分割部 3 は、ホログラム 9 を複数の領域 11 に分割し、ホログラム 10 を複数の領域 11 の分割パターンと同じ分割パターンにより複数の領域 12 に分割する。

【 0 0 6 2 】

再生像群生成部 28 は、ホログラム 9 の領域 11 と及びホログラム 10 の領域 12 との少なくとも一方における強度の補正値を変えながら、ホログラム 9・10 に基づいて、位相シフト法の演算及び回折積分により複数の再生像群を生成する。

【 0 0 6 3 】

選択部 29 は、複数の再生像群から 0 次回折光の重畳が最小の再生像を選択し、選択した再生像の補正值を求める。

【0064】

なお、本実施の形態では、2 種類のホログラム情報を含む偏光子アレイホログラムの例を説明したが、本発明はこれに限定されない。3 種類以上のホログラム情報を含む偏光子アレイホログラムに対しても、本発明を適用することができる。例えば、4 種類のホログラム情報を含むホログラムに対しても本発明を適用することができる。

【0065】

以上のように、本発明者らは、位相シフトデジタルホログラフィにおける強度補正アルゴリズムを提案し、実験により有効性を確認した。本強度補正アルゴリズムは、位相シフトデジタルホログラフィにおける位相シフトの段数にかかわらず適用可能である。本強度補正アルゴリズムによって、並列位相シフトデジタルホログラフィにおける高画質イメージングが可能となる。

10

【0066】

このように、本強度補正アルゴリズムは、並列位相シフトデジタルホログラフィの微小偏光子アレイを用いる形態において、不要な像成分を正確に除去して高精度 3 次元計測を達成するものである。微小偏光子アレイを用いる形態では、微小偏光子アレイの区画が撮像素子の画素に装着された撮像素子を用いるが、装着の際の位置ずれによって強度むらが発生する。また、他の形態でも、光学系の調整精度及び撮像素子の暗電流等によって強度むらが発生する。強度むらが発生すると、不要な像成分である 0 次回折光の除去計算が正確に行えないために、画質が劣化する。本発明者らは、ホログラムの各部分によって異なる量の強度むらが発生することを発見し、そのことに着目した。そして、0 次回折光の除去を正確に行って高精度計測を行うための、強度むらを補正するアルゴリズムを発明した。本強度補正アルゴリズムは、補間処理後のホログラムと参照光強度に対して強度補正を行うものである。

20

【0067】

本実施の形態に係るデジタルホログラフィ装置では、前記補正部は、前記第 1 平均値が前記第 2 平均値よりも大きいときに、0 次回折光強度が正確に除去されるように、粗面物体あるいは強散乱物体においては前記第 1 ホログラムの前記第 1 領域における強度を補正することが好ましく、弱散乱物体あるいは透過物体においては前記第 1 ホログラムの前記第 1 領域か前記第 2 ホログラムの前記第 1 領域に対応する前記第 2 領域における強度を補正することが好ましい。

30

【0068】

上記構成により、前記第 1 平均値が前記第 2 平均値よりも大きいときに、前記第 1 ホログラムの前記第 1 領域における強度を減少させるように補正するという簡単な構成により、各ホログラムの各領域において 0 次回折光の強度比を 1 : 1 にすることができる。

【0069】

本実施の形態に係るデジタルホログラフィ装置では、前記分割部は、前記複数の第 1 領域の分割パターンと同じ分割パターンにより参照光を複数の参照光領域に分割し、前記補正部は、前記第 1 平均値が前記第 2 平均値よりも大きいときに、前記第 1 領域に対応する参照光領域を補正することが好ましい。また、前記第 1 領域と前記第 2 領域のいずれも補正しても良い。

40

【0070】

上記構成により、参照光に対しても、0 次回折光を正確に除去して強度むらを補正することができる。

【0071】

本実施の形態に係るデジタルホログラフィ装置では、前記分割部により前記第 1 ホログラムで分割された複数の第 1 領域は、マトリックス状に配置されていることが好ましい。

【0072】

上記構成により、前記第 1 ホログラムの前記第 1 領域における強度の第 1 平均値と、前

50

記第 2 ホログラムの前記第 1 領域に対応する第 2 領域における強度の第 2 平均値とを、簡単な構成により比較することができる。

【 0 0 7 3 】

本実施の形態に係るデジタルホログラフィ装置では、前記分割部により前記第 1 ホログラムで分割された複数の第 1 領域は、ホログラムの画素数 5 1 2 × 5 1 2 ピクセルに対して 6 行 × 6 列に配置されていることが好ましい。

【 0 0 7 4 】

上記構成により、前記第 1 ホログラムの前記第 1 領域における強度の第 1 平均値と、前記第 2 ホログラムの前記第 1 領域に対応する第 2 領域における強度の第 2 平均値とを、比較的少ない計算量で比較することができる。

10

【 0 0 7 5 】

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせ得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 7 6 】

本発明は、偏光子アレイホログラムから、位相シフト量が同じ成分をそれぞれ抽出した第 1 ホログラム及び第 2 ホログラムに基づいて、被写体の再生像を生成するデジタルホログラフィ装置、及びデジタルホログラフィに適用することができる。

【 符号の説明 】

20

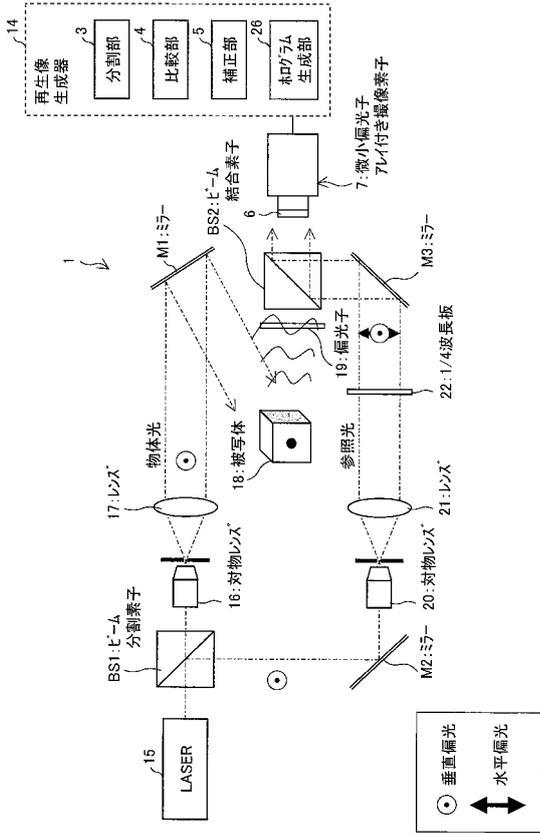
【 0 0 7 7 】

- 1 デジタルホログラフィ装置
- 3 分割部
- 4 比較部
- 5 補正部
- 6 偏光子アレイ
- 7 撮像素子
- 8 偏光子アレイホログラム
- 9、10 ホログラム
- 11 領域
- 12 領域
- 13 領域
- 14 再生像生成器
- 15 光源
- 16 対物レンズ
- 17 レンズ
- 18 被写体
- 19 偏光子
- 20 対物レンズ
- 21 レンズ
- 22 1 / 4 波長板
- 23、24 ホログラム
- 23、24 ホログラム
- 27 デジタルホログラフィ装置
- 28 再生像群生成部
- 29 選択部
- B S 1 ビーム分割素子
- B S 2 ビーム結合素子
- M 1、M 2、M 3 ミラー

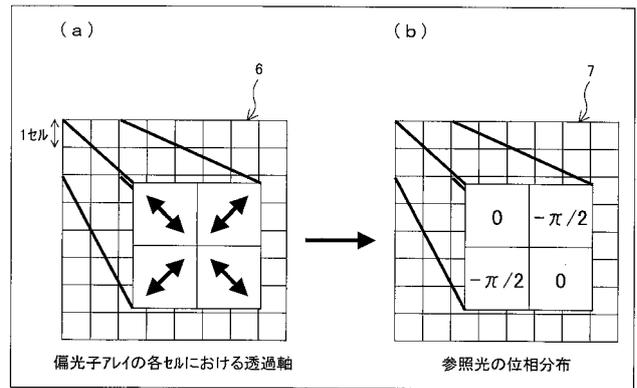
30

40

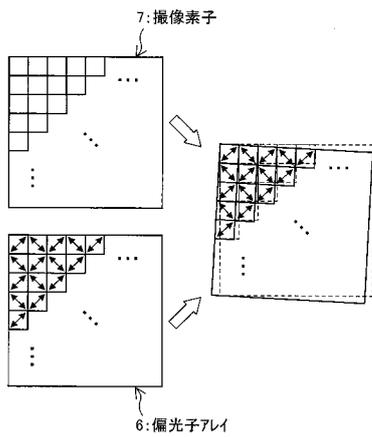
【 図 1 】



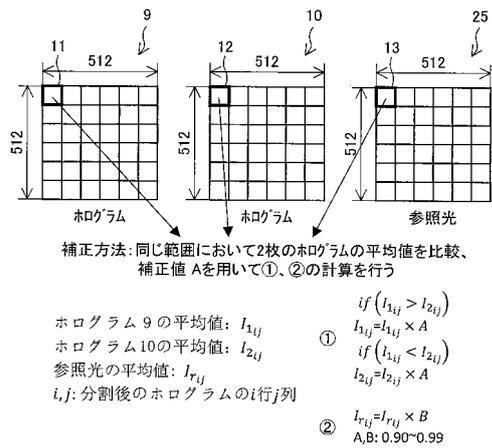
【 図 3 】



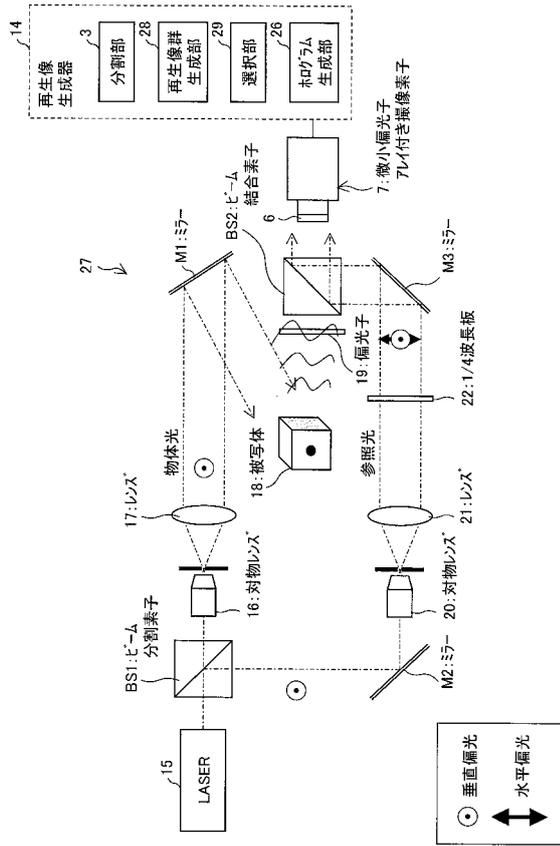
【 図 8 】



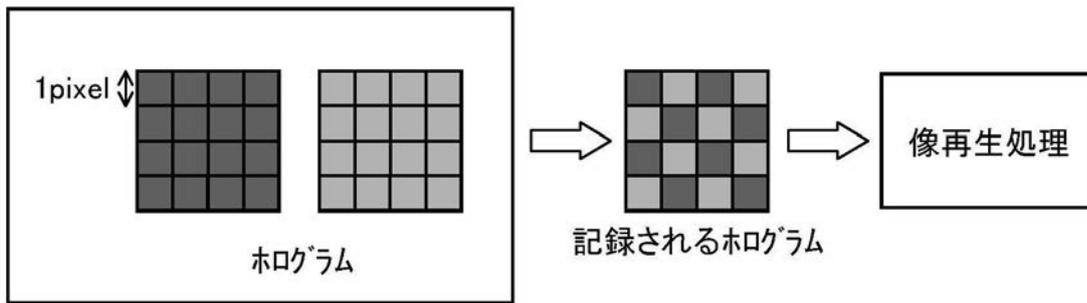
【 図 9 】



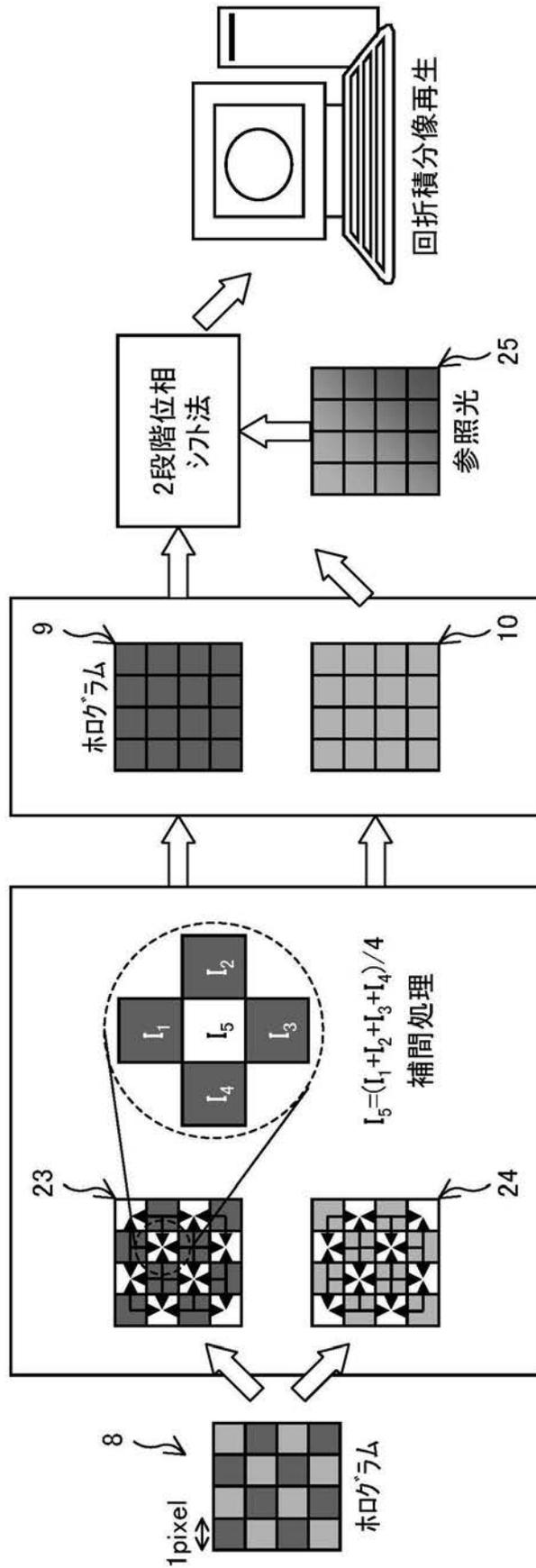
【 図 1 1 】



【 図 2 】



【 図 4 】



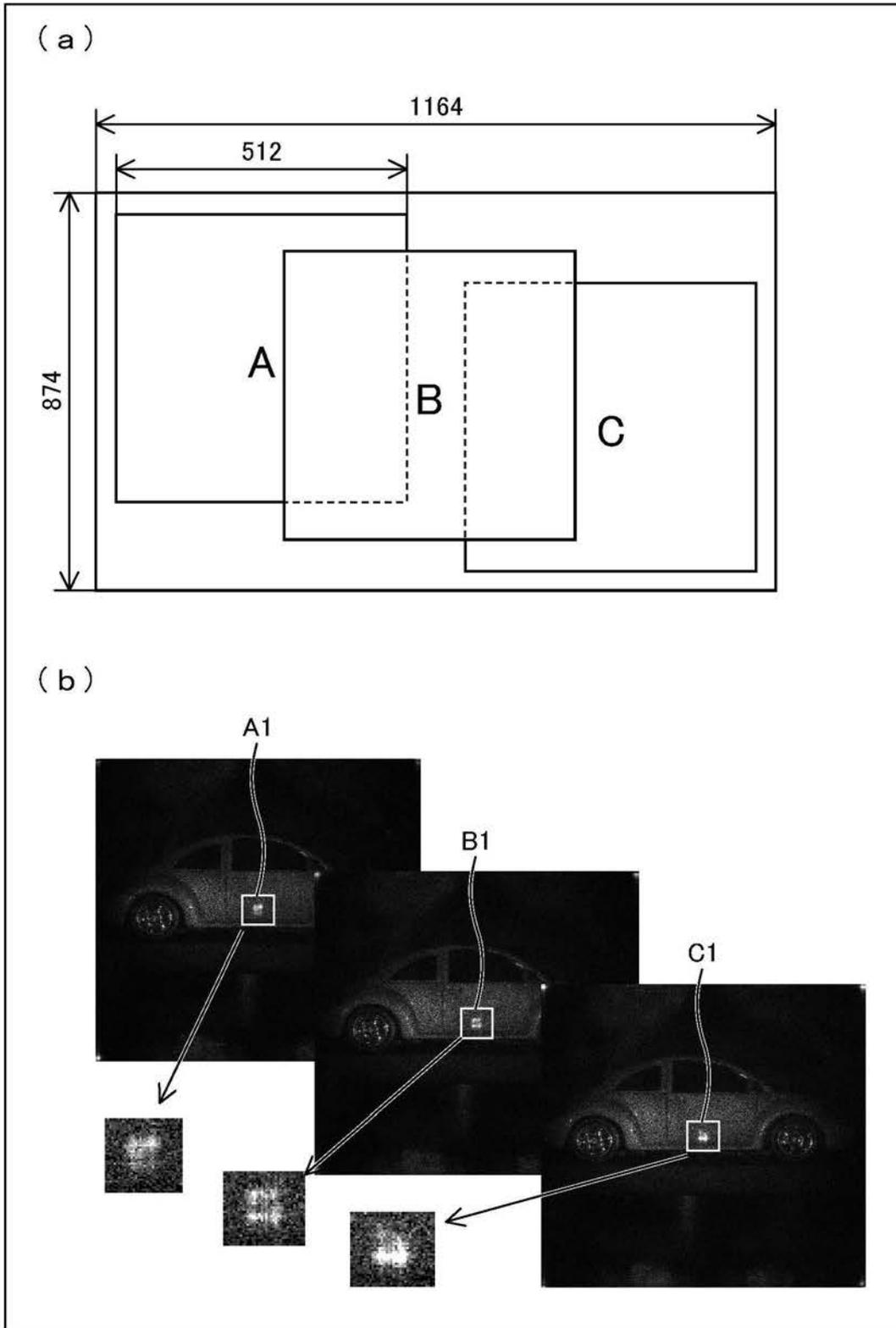
【图 5】



【图 6】



【 図 7 】



【図 10】

補正後



0次回折光が除去され、鮮明な像が再生

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/053436

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G03H1/22(2006.01) i, G01B11/24(2006.01) i		
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) G03H1/22, G01B11/24		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-283683 A (Japan Science and Technology Agency), 13 October 2005 (13.10.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	WO 2009/066771 A1 (National University Corporation Kyoto Institute of Technology), 28 May 2009 (28.05.2009), entire text; all drawings & US 2010/0253986 A1 & EP 2224291 A1 & CN 101925865 A	1-8
A	WO 2010/092739 A1 (National University Corporation Kyoto Institute of Technology), 19 August 2010 (19.08.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents:		"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
"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	"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
"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	"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
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 06 March, 2012 (06.03.12)	Date of mailing of the international search report 13 March, 2012 (13.03.12)	
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer	
Facsimile No.	Telephone No.	

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2012/053436									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G03H1/22(2006.01)i, G01B11/24(2006.01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G03H1/22, G01B11/24											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2012年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2012年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2012年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2012年	日本国実用新案登録公報	1996-2012年	日本国登録実用新案公報	1994-2012年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2012年										
日本国実用新案登録公報	1996-2012年										
日本国登録実用新案公報	1994-2012年										
国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号									
A	JP 2005-283683 A (独立行政法人科学技術振興機構) 2005.10.13, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8									
A	WO 2009/066771 A1 (国立大学法人京都工芸繊維大学) 2009.05.28, 全文、全図 & US 2010/0253986 A1 & EP 2224291 A1 & CN 101925865 A	1-8									
A	WO 2010/092739 A1 (国立大学法人京都工芸繊維大学) 2010.08.19, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8									
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。											
* 引用文献のカテゴリー		の日後に公表された文献									
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの		「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの									
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの									
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの									
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」 同一パテントファミリー文献									
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願											
国際調査を完了した日 06.03.2012		国際調査報告の発送日 13.03.2012									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 中村 理弘	20 4465								
		電話番号 03-3581-1101 内線 3271									

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, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN

(72)発明者 田原 樹

日本国京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地 国立大学法人京都工芸繊維大学内

Fターム(参考) 2K008 AA08 BB04 HH01 HH06 HH12 HH14 HH18 HH28

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。