

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4038576号
(P4038576)

(45) 発行日 平成20年1月30日(2008.1.30)

(24) 登録日 平成19年11月16日(2007.11.16)

(51) Int.Cl.		F I			
GO1B	11/00	(2006.01)	GO1B	11/00	G
GO1J	9/02	(2006.01)	GO1J	9/02	
GO3H	1/04	(2006.01)	GO3H	1/04	
GO3H	1/16	(2006.01)	GO3H	1/16	

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2005-256629 (P2005-256629)	(73) 特許権者	504145283
(22) 出願日	平成17年9月5日(2005.9.5)		国立大学法人 和歌山大学
(65) 公開番号	特開2007-71589 (P2007-71589A)		和歌山県和歌山市栄谷930番地
(43) 公開日	平成19年3月22日(2007.3.22)	(74) 代理人	100147485
審査請求日	平成17年9月5日(2005.9.5)		弁理士 杉村 憲司
特許法第30条第1項適用	平成17年3月9日 日本 実験力学会発行の「日本実験力学会講演論文集 No. 5(2005)」に発表	(74) 代理人	100113745
			弁理士 藤原 英治
特許法第30条第1項適用	平成17年3月17日 社 団法人日本機械学会関西支部発行の「関西学生会 学生 員卒業研究発表講演会講演前刷集」に発表	(74) 代理人	100072051
			弁理士 杉村 興作
		(74) 代理人	100101096
			弁理士 徳永 博
		(74) 代理人	100086645
			弁理士 岩佐 義幸
		(74) 代理人	100107227
			弁理士 藤谷 史朗

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デジタルホログラフィを利用した変位分布計測方法及び物体像再生方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体の像を位相シフトデジタルホログラフィによりデジタルホログラムとして記録し、記録したデジタルホログラムから物体の変位分布ないし変形分布を位相情報として計測する変位分布計測方法において、

第1の状態において、参照光の位相を所定量だけ順次シフトさせながら物体の像を2次元撮像装置により撮像し、干渉縞をデジタルデータとして記録して第1の状態におけるデジタルホログラムを作成する工程と、

第1の状態から前記物体が変形又は変位した第2の状態において、参照光の位相を所定量だけシフトさせながら前記物体の像を2次元撮像装置により撮像し、干渉縞をデジタル

10

データのデジタルホログラムを作成する工程と、
前記第1の状態のデジタルホログラムにもとの画像領域より小さい複数の異なった位置の矩形関数をかけて再生し、強度分布と位相分布を得る工程と、

前記第2の状態におけるデジタルホログラムに前記矩形関数と同一の複数の異なった位置の矩形関数をかけて再生し、強度分布と位相分布を得る工程と、

各々同じ矩形関数をかけて再生した前記第1の状態の強度分布及び位相分布と第2の状態の強度分布及び位相分布から重みと位相差を各画素毎に得る工程と、

各々の矩形関数に関して各画素毎に得られた位相差と重みから複素数を得る工程と、
各画素に関する複素数の平均を得る工程と、

各画素に関する複素数の平均から平均位相差を計測結果として得る工程とを具えること

20

を特徴とする変位分布計測方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の変位分布計測方法において、前記重みが振幅であることを特徴とする変位分布計測方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の変位分布計測方法において、前記重みが強度であることを特徴とする変位分布計測方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の変位分布計測方法において、前記重みが振幅の階乗であることを特徴とする変位分布計測方法。

10

【請求項 5】

物体の像を位相シフトデジタルホログラフィによりデジタルホログラムとして記録し、再生像を得る方法において、

参照光の位相を所定量だけ順次シフトさせながら物体の像を 2 次元撮像装置により撮像し、干渉縞をデジタルデータとして記録して第 1 の状態におけるデジタルホログラムを作成する工程と、

前記デジタルホログラムにもとの画像領域より小さい複数の異なる矩形関数をかけて再生し、強度分布と位相分布を得る工程と、

各々同じ矩形関数をかけて再生した前記第 1 の状態の強度分布及び位相分布から重みと位相差を各画素毎に得る工程と、

20

各々の矩形関数に関して各画素毎に得られた位相差と重みから複素数を得る工程と、

各画素に関する複素数の平均を得る工程と、

各画素に関する複素数の平均から複素数の強度を得る工程とを具えることを特徴とする方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の方法において、前記重みが振幅であることを特徴とする方法。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の方法において、前記重みが強度であることを特徴とする方法。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の方法において、前記重みが振幅の階乗であることを特徴とする方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物体の像を位相シフトデジタルホログラフィによりデジタルホログラムとして記録し、記録したデジタルホログラムから物体の変位分布ないし変形分布を位相情報として計測する変位分布計測方法に関し、特にスペックルノイズによる影響が低減され、物体表面の変位分布を位相情報として得ることができる変位分布計測方法に関するものである。本発明はさらに、物体の像を位相シフトデジタルホログラフィによりデジタルホログラムとして記録し、再生像を得る方法にも関する。

【背景技術】

40

【0002】

光学的手法を用いた画像計測は、非接触で物体の形状や変形、応力、歪み等の計測を全視野で行うことができる手法であり、情報通信、医療等の種々の分野に利用することができる。物体表面の変位分布ないし変形分布を計測する方法として、位相シフトデジタルホログラフィを利用した計測方法が既知である（例えば、非特許文献 1 参照）。この位相シフトデジタルホログラフィを利用した計測方法では、物体の変位前後の干渉像を CCD カメラにより撮像し、物体表面の各部位の位相分布をデジタルデータとして計測している。従って、分布表面の変形量や変位量を高速で計測することができ、物体表面の微小変位量を高速で計測する必要のある種々の用途に適用することができる。

【0003】

50

一方、位相シフトデジタルホログラフィでは、物体表面に向けてコヒーレント光を投射し、物体表面からの散乱光をCCDカメラで受光するため、再生面にスペックルパターンが発生し易く、計測誤差が生じ易い問題が指摘されている。特に、計測の対象が金属面や鏡面の場合、スペックルパターンによる影響を受け易いものである。この課題を解決する方法として、ホログラムを再生する際隣接する4個の画素のうち振幅値の一番大きなデジタルの位相値を4画素の位相値として用いて処理する方法が提案されている（例えば、非特許文献2参照）。

【0004】

本出願人は、スペックルパターンに起因するノイズの影響を低減するために、色々な矩形関数を用いて再生し、再生像のスペックルパターンを変化させる方法を提案している（特許文献1参照）。

【特許文献1】特開2005-265441号公報

【非特許文献1】実験力学論文集, Vol.3 No2「位相シフトデジタルホログラフィを用いた面外変位計測」, 2003年6月

【非特許文献2】Opt.Eng.42(5)「Measurement of surface shape and deformation by phase-shifting image digital holography」2003年5月

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述した論文に記載されている方法では、隣接する4個の画素のうち振幅値の一番大きな画素の位相値を4個の画素の位相値としているため、スペックルパターンによるノイズを低減することができるが、逆に空間分解能が低下する不具合が発生してしまう。特許文献1に記載の方法では、計測により得られる位相値は - から の範囲で表されるので - 以下の位相は2分だけ足された値になる。同様に、以上の位相値は2分だけ引かれた値になる。そのため、この方法を用いる際に使用する位相値は間違っただけのものもあり、そのため、精度のよい位相値を得ることができないという問題があった。

【0006】

従って、本発明の目的は、上述した欠点を解消し、スペックルパターンが発生し易い物体表面であっても、スペックルノイズが低減され、高精度の計測が可能となる位相シフトデジタルホログラフィを利用した変位分布計測方法を実現することにある。本発明は、物体の像を位相シフトデジタルホログラフィによりデジタルホログラムとして記録し、再生像を得る方法も提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明による変位分布計測方法は、

物体の像を位相シフトデジタルホログラフィによりデジタルホログラムとして記録し、記録したデジタルホログラムから物体の変位分布ないし変形分布を位相情報として計測する変位分布計測方法において、

第1の状態において、参照光の位相を所定量だけ順次シフトさせながら物体の像を2次元撮像装置により撮像し、干渉縞をデジタルデータとして記録して第1の状態におけるデジタルホログラムを作成する工程と、

第1の状態から前記物体が変形又は変位した第2の状態において、参照光の位相を所定量だけシフトさせながら前記物体の像を2次元撮像装置により撮像し、干渉縞をデジタルデータとして記録して第2の状態におけるデジタルホログラムを作成する工程と、

前記第1の状態のデジタルホログラムにもとの画像領域より小さい複数の異なった位置の矩形関数をかけて再生し、強度分布と位相分布を得る工程と、

前記第2の状態におけるデジタルホログラムに前記矩形関数と同一の複数の異なった位置の矩形関数をかけて再生し、強度分布と位相分布を得る工程と、

各々同じ矩形関数をかけて再生した前記第1の状態の強度分布及び位相分布と第2の状態の強度分布及び位相分布から重みと位相差を各画素毎に得る工程と、

10

20

30

40

50

各々の矩形関数に関して各画素毎に得られた位相差と重みから複素数を得る工程と、各画素に関する複素数の平均を得る工程と、各画素に関する複素数の平均から平均位相差を計測結果として得る工程とを具えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明では、得られる位相差を極座標系で表し、その位相差に重みをもたせて平均を求めることで、ラッピングされた位相差でも位相接続ミスなく正しい位相値に重みをもたせて平均を取ることができる。したがってスペckルパターンに起因するノイズによる影響が低減された変形前後の変位分布を得ることができる。再生像についても、スペckルパターンの影響が軽減された鮮明な再生像を形成することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

初めに、位相シフトデジタルホログラフィの原理について説明する。図1は本発明による位相シフトデジタルホログラフィを利用した物体表面の変位分布計測方法を実施するための記録光学系の一例を示す線図である。コヒーレント光を発生するレーザ光源1から光ビームを放出する。光ビームは、エキスパンダ光学系2及びコリメータレンズ3により拡大平行光束に変換する。この光ビームは、ビームスプリッタとして機能するプリズム4に入射し、ハーフミラー4aにより分割され、反射光ビームは計測されるべき物体5に入射する。物体5の表面で反射した散乱光は、物体光として再びプリズム4に入射しハーフミラー4aを透過し、CCDカメラ6に向けて伝搬する。一方、ハーフミラー4aを透過した光ビームは、PZTステージ7に装着された全反射ミラー8に入射する。全反射ミラー8で反射した光ビームは参照光となり、再びプリズム4に入射し、ハーフミラー4aで反射し、CCDカメラ6に向けて伝搬する。物体光と参照光は互いに干渉しあい、CCDカメラ6には干渉縞が撮像される。そして、CCDカメラにより撮像された干渉縞はデジタルデータとして記録され、その出力データは、コンピュータに転送され、信号処理が行われる。

20

【0010】

PZTステージ7は、光学系の光軸方向に微小距離だけ変位し、参照光の位相をシフトさせる。参照光の位相シフト量として、例えば0, $\pi/2$, π , $3\pi/2$ の4つの位相シフト量を選択することができる。そして、干渉縞の記録は、参照光の位相をシフトさせながら、すなわち、初めに位相シフト量が0の状態干渉縞を撮像してデジタルデータとして記録する。次に、参照光を位相シフト量 $\pi/2$ だけシフトさせて撮像してデジタルデータとして記録する。そして、この撮像動作を各位相シフト量だけ順次繰り返し、参照光の位相が $\pi/2$ ずつシフトされた4個のデジタルホログラムをデジタルデータとして記録する。

30

【0011】

物体光及び参照光の振幅分布を $A_o(x, y)$ 及び $A_r(x, y)$ とすると、これら物体光及び参照光の振幅分布は次式で表すことができる。

$$A_o(x, y) = a_o(x, y) \exp\{i\phi_o(x, y)\} \quad (1)$$

40

$$A_r(x, y) = a_r(x, y) \exp[i\{\phi_r(x, y) + \theta\}] \quad (2)$$

ここで、 $a_o(x, y)$, $a_r(x, y)$ は振幅分布、 $\phi_o(x, y)$, $\phi_r(x, y)$ は位相分布、 θ は piezo ステージに取り付けたミラーにより変化させる参照光の位相シフト量で、 $\theta = 0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$ である。

【0012】

CCDカメラ6により記録され、コンピュータに入力される干渉縞の強度は、次式で表すことができる。

$$I_a(x, y) = a_o(x, y) a_r(x, y) \cos\{\phi_o(x, y) - \phi_r(x, y) - \theta\} \quad (3)$$

参照光に平行光を用いるために記録面での振幅は一定で位相の変化はなく、式(4)より記録面での物体光のみの振幅 $a_o(x, y)$ が得られ、式(5)の関係式より位相 $\phi_o(x, y)$ が得られる。

50

x, y) を求めることができる。ここで、 x 及び y は記録面における位置座標を規定する。

【数 1】

$$a_o(x, y) = \frac{1}{4} \sqrt{\{I_{3\pi/2}(x, y) - I_{\pi/2}(x, y)\}^2 + \{I_o(x, y) - I_\pi(x, y)\}^2} \quad (4)$$

$$\tan \phi_o(x, y) = \frac{I_{3\pi/2}(x, y) - I_{\pi/2}(x, y)}{I_o(x, y) - I_\pi(x, y)} \quad (5)$$

10

この位相と振幅より記録面での複素振幅分布 $g(x, y)$ を求めると次式のようになる。

$$g(x, y) = a_o(x, y) \exp\{i \phi_o(x, y)\} \quad (6)$$

【0013】

記録面での物体光のみの複素振幅分布を表す式 $g(x, y)$ を物体の置かれている地点である再生面までフレネル変換して再生することで元の物体の複素振幅分布を求めることができる。フレネル変換以外の種々の近似乃至変換方法を用いて再生することも可能である。尚、図 2 にデジタルホログラフィ再生のための回折現象の概念図を示す。

次式にフレネル変換することにより得られ再生面における複素振幅を示す式を式 (7) として示す。尚、 X 及び Y は再生面における位置座標を示す。

20

【数 2】

$$u(X, Y) = \exp\left[\frac{ik(X^2 + Y^2)}{2R}\right] F\left\{\exp\left[\frac{ik(x^2 + y^2)}{2R}\right] g(x, y)\right\} \quad (7)$$

ここで、 $u(X, Y)$ は再生面での複素振幅分布、 R は記録面と再生面の距離、 k は波数 ($k = 2\pi / \lambda$)、 F はフーリエ変換を表す演算子である。この再生面の複素振幅分布の強度を求めることで再生像を得ることができる。式 (7) の $u(X, Y)$ について絶対値をとることにより、再生面における各画素の強度を得ることができ、偏角を求めることにより各画素の位相値が求められる。本発明では、再生処理において、記録面の強度分布及び位相分布を用い変位ないし変形前後の変位分布を位相情報として求める。

30

【0014】

次に、ホログラフィ干渉法の原理について簡単に説明する。

ホログラフィ干渉法の概念図を図 3 に示す。変形ないし変位前の物体光を $A_o(x, y)$ 、変形後の物体光を $A'_o(x, y)$ とするとそれぞれ次式で表現できる。

$$A_o(x, y) = a_o(x, y) \exp\{i \phi_o(x, y)\} \quad (8)$$

$$A'_o(x, y) = a'_o(x, y) \exp\{i \phi'_o(x, y)\} \quad (9)$$

40

与えた変形が微小であれば、変形前と変形後の物体光の振幅の変化はなく、位相のみが変化するとみなすことができ、振幅と位相はそれぞれ次式で表すことができる。

$$a'_o(x, y) = a_o(x, y) \quad (10)$$

$$\phi'_o(x, y) = \phi_o(x, y) + \Delta\phi(x, y) \quad (11)$$

ここで、 $\phi_o(x, y)$ は変形前の位相分布を示し、 $\phi'_o(x, y)$ は変形後の位相分布を示し、 $\Delta\phi(x, y)$ は変形前後における位相変化量の分布を示す。また、物体表面

50

の変形前後の変位量 d と位相変化との関係は次式で表すことができる。

【数 3】

$$d = \frac{\lambda}{2\pi} \Delta \phi(x, y) \quad (12)$$

ここで、 λ は計測光の波長である。

【0015】

このように、変形前後の位相分布の差を各画素毎に求めることにより、物体の各部位（各画素）の変形前後における変形量ないし変位量を位相量として求めることができる。さらに、再生画像を得るには、式（7）に示す再生面における複素振幅分布の強度すなわち絶対値を各画素毎に演算することにより物体の再生画像を得ることができる。

10

【0016】

本発明の変位分布計測方法について以下に説明する。図4は、一連の変位計測工程を示す線図である。

【0017】

変形前後の位相シフトしたデジタルホログラムを記録する（手順1）。

【0018】

記録した変形前のデジタルホログラムにもとの画像領域より小さい矩形関数をかけて再生する。矩形関数の位置を n 回変化させ同様に再生する。変形前のデジタルホログラムと同じ矩形関数を用いて、この作業を変形後のデジタルホログラムについても行う（手順2）。

20

【0019】

同じ位置の矩形関数を用い再生した再生像同士で n 個の重み $a_0(x, y), a_1(x, y), \dots, a_{n-1}(x, y)$ と位相差 $\phi_0(x, y), \phi_1(x, y), \dots, \phi_{n-1}(x, y)$ を求める。矩形関数の位置を変化させた n 個の重みと位相差を得る。尚、用いる重みとして、振幅、強度、振幅の3乗など色々なものを用いることができる（手順3）。

【0020】

手順3で求めた重みと位相差から n 個の複素数 $z_0(x, y) = a_0(x, y) e^{i\phi_0}$, $z_1(x, y) = a_1(x, y) e^{i\phi_1}$, \dots , $z_{n-1}(x, y) = a_{n-1}(x, y) e^{i\phi_{n-1}}$ を求め、複素平面上で表現する。そして、この n 個の複素数の平均

30

$$\overline{z(x, y)}$$

は

【数 4】

$$\overline{z(x, y)} = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} z_k(x, y) \quad (13)$$

40

で表される。式（13）から得られる平均位相差

$$\overline{\Delta\phi(x, y)}$$

は

【数 5】

$$\overline{\Delta\phi(x, y)} = \arg \overline{z(x, y)} \quad (14)$$

50

で表され、この平均位相値

$$\overline{\Delta\phi(x,y)}$$

は強度を重みに用いた位相差といえる。この平均位相差

$$\overline{\Delta\phi(x,y)}$$

を信頼できる位相差データとする（手順4）。

【0021】

本発明による実際の形状計測の一例を説明する。まず、図1に示した光学系で変形前の位相シフトした干渉縞を記録する。変形を与えた後、変形後の位相シフトした干渉縞を記録する。図5は、このとき得られた変形前後の位相シフトした干渉縞を用いた通常時の計測結果である。次に、位置を変化させた矩形関数（16箇所）に矩形窓をかける。この作業を変形前後のデジタルホログラム全てに行う。次に、同じ矩形関数をかけたデジタルホログラム同士で再生した変形前の再生像（強度分布）と位相分布を求める。同様に変形後の再生像（強度分布）と位相分布を求める。このようにして得られた16個の強度分布の平均をとり、位相分布の差（位相差分布）をとる。なお強度は振幅の2乗であり、正である。同一画素の強度分布と位相差分布（16点のデータ）から複素平面上に表し、その実部と虚部のそれぞれの平均をとる。その実部と虚部の平均から得られた位相値をその画素の位相差データとして採用する。これを全画素で行う。例として、再生物体中央部の1点について16個の位相差と強度を求め、複素平面上に16個プロットしたものとその平均値を図6に示す。また、 θ 、 r 付近の1点について16個の位相差と強度を求め、複素平面上に16個プロットしたものとその平均値を図7に示す。図7において、プロットされた点は、原点に近いと強度が低く、原点から離れると強度が高いことを意味する。また、その点の偏角が位相を表す。原点に近い点であってもいくらかの偏角は持つが、その偏角は信頼性が低い値になる。逆に、原点から離れている点は強度が高く、その偏角は信頼性が高いものになる。したがって、式(13)で示される複素数の平均を計算すると、強度に比例した重みがかかることになる。このとき得た位相差分布を図8(a)に示す。このときの位相差分布を詳しく見るために図8(a)のラインB上の位相差分布を図8(b)に示す。図5と図8を比較すると本発明の効果が明らかにわかる。また、重みの掛け方としては、強度に比例でなくても、強度の2乗や3乗に比例させても同様の結果が得られる。また、原点付近の点は削除して、強度の高い点だけで平均を計算してもよい。

【0022】

本発明の効果を示すため、従来の方法との比較を示す。図9は、矩形関数を使用しない（したがってノイズ除去を行わない）方法によって得られた結果を示すグラフであり、aは位相差分布を示し、bは理想曲線（理論解）を示す。図10は、特願2004-74444号明細書に記載の従来の方法によって得られた結果を示すグラフであり、aは分割数4、bは分割数16、cは分割数64、dは分割数256の場合である。位相の変わり目付近が丸くなっているのがわかる。図11は、本願発明の方法によって得られた結果を示すグラフであり、同様にaは分割数4、bは分割数16、cは分割数64、dは分割数256の場合である。位相の変わり目付近が丸くならないのがわかる。各々の図において、縦軸は位相分布をラジアンで示し、横軸は位置を画素番号で示す。図12は、本発明の方法によりスペックルパターンの影響が軽減される効果を示す画像である。aは従来の方法による場合、bは本発明の方法で16箇所）に矩形窓を用いた場合である。複数の矩形関数をかけて再生したそれぞれの再生画像の強度と位相を極座標系で表し、その平均をとり、その平均を取った複素数の強度を求めることで元の再生像よりも鮮明な再生像を得ることができた。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明による位相シフトデジタルホログラフィを利用した変位分布計測方法を実施するための光学系の一例を示す線図である。

10

20

30

40

50

【図2】ホログラムを再生する際の回折現象を示す概念図である。

【図3】ホログラフィ干渉法の原理を説明するための線図である。

【図4】一連の変位計測工程を示す線図である。

【図5】従来の変位分布計測方法を用いた計測結果であり、aは位相差を示す画像、bはラインA上の位相差分布を示すグラフである。

【図6】16個のホログラム複素振幅分布を示すグラフである。

【図7】 - 付近の1点についての16個のホログラム複素振幅分布を示すグラフである。

【図8】本発明による変位分布計測方法を用いた計測結果であり、aは位相差を示す画像、bはラインB上の位相差分布を示すグラフである。

10

【図9】矩形関数を使用しない(したがってノイズ除去を行わない)方法によって得られた結果を示すグラフであり、aは位相差分布を示し、bは理想曲線(理論解)を示す。

【図10】特願2004-74444号明細書に記載の従来の方法によって得られた結果を示すグラフであり、aは分割数4、bは分割数16、cは分割数64、dは分割数256の場合である。

【図11】本願発明の方法によって得られた結果を示すグラフであり、同様にaは分割数4、bは分割数16、cは分割数64、dは分割数256の場合である。

【図12】本発明の方法によりスペckルパターンの影響が軽減される効果を示す画像であり、aは従来の方法によるもの、bは本発明によるものである。

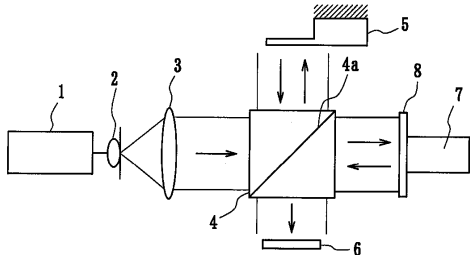
20

【符号の説明】

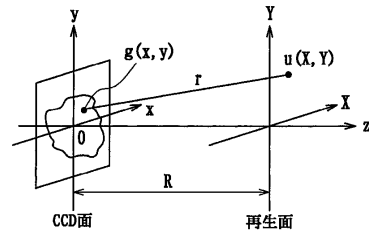
【0024】

- 1 レーザ光源
- 2 エキスパンダ
- 3 コリメータレンズ
- 4 ビームスプリッタ
- 5 物体
- 6 CCDカメラ
- 7 PZTステージ
- 8 ミラー

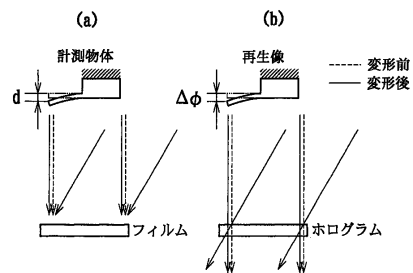
【図1】



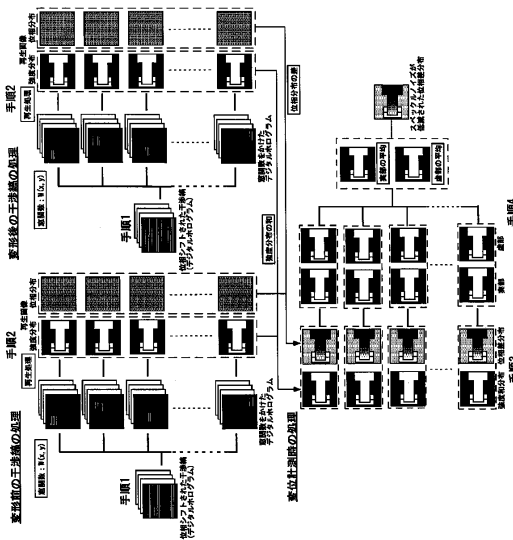
【図2】



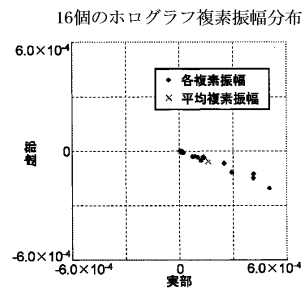
【図3】



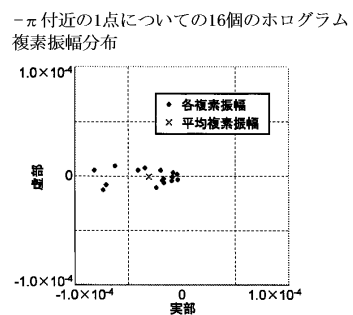
【図4】



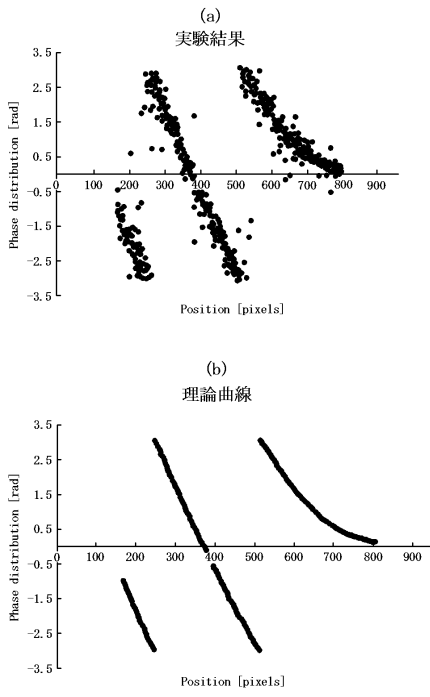
【図6】



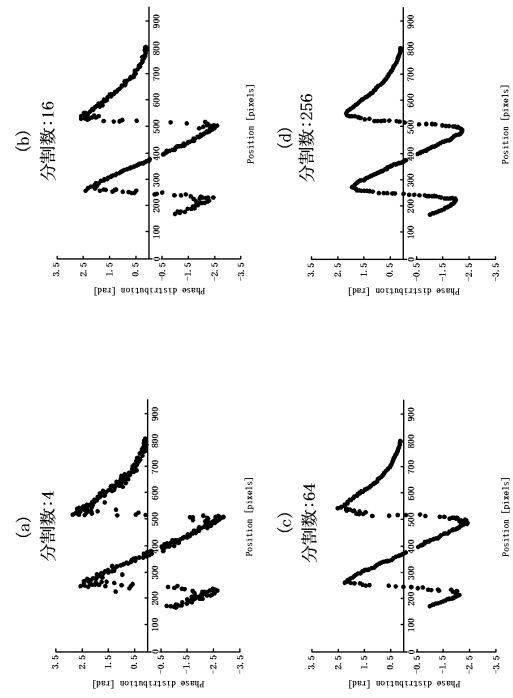
【図7】



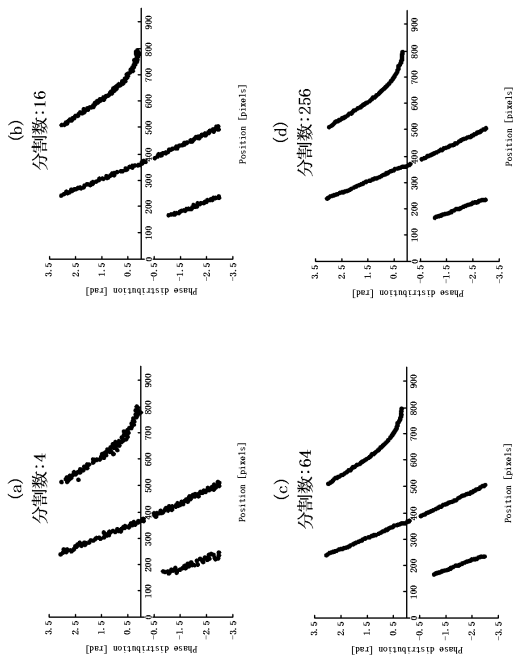
【 図 9 】



【 図 10 】



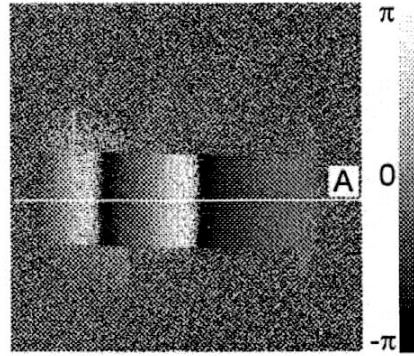
【 図 11 】



【図5】

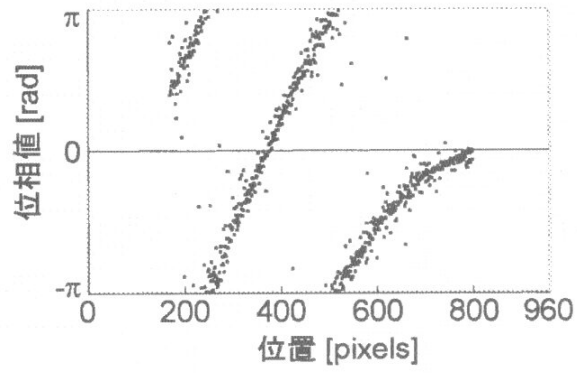
(a)

位相差画像



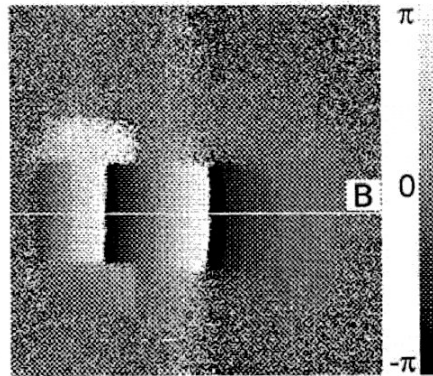
(b)

ラインA上の位相差分布

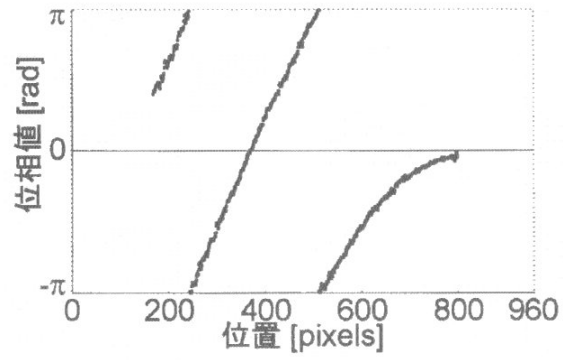


【 図 8 】

(a)
位相差画像



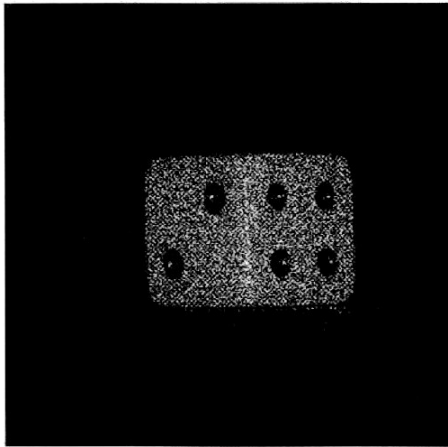
(b)
ラインB上の位相差分布



【図 12】

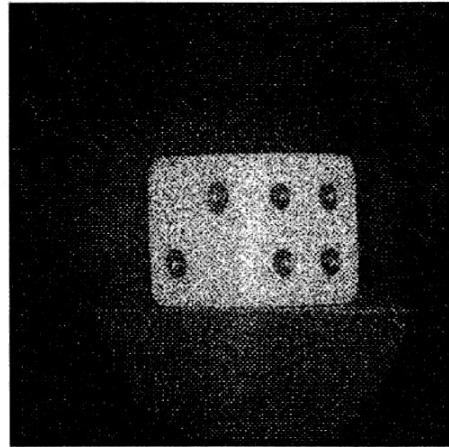
(a)

手法適用前の再生像



(b)

手法適用後の再生像 (n=16)



フロントページの続き

特許法第30条第1項適用 平成17年6月7日 Society for Experimental Mechanics, Inc. 発行の「2005 SEM Annual Conference and Exposition on Experimental and Applied Mechanics Final Program and Bound Abstracts」に発表

(74)代理人 100114292

弁理士 来間 清志

(74)代理人 100119530

弁理士 富田 和幸

(72)発明者 森本 吉春

大阪府泉南郡田尻町りんくうポート北5 - 17

(72)発明者 藤垣 元治

和歌山県和歌山市木ノ本1496 - 164

(72)発明者 松井 徹

和歌山県和歌山市木ノ本176 - 5

(72)発明者 川岸 功和

大阪府貝塚市名越409

審査官 小野寺 麻美子

(56)参考文献 特開平10 - 268740 (JP, A)

特開2005 - 265441 (JP, A)

特開2005 - 283683 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00

G01J 9/02

G03H 1/04

G03H 1/16