

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3921547号
(P3921547)

(45) 発行日 平成19年5月30日(2007.5.30)

(24) 登録日 平成19年3月2日(2007.3.2)

(51) Int. Cl. F I
G O 1 B 11/25 (2006.01) G O 1 B 11/25 H

請求項の数 8 (全 11 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-249151 (P2004-249151)</p> <p>(22) 出願日 平成16年8月27日(2004.8.27)</p> <p>(65) 公開番号 特開2006-64590 (P2006-64590A)</p> <p>(43) 公開日 平成18年3月9日(2006.3.9)</p> <p>審査請求日 平成16年10月29日(2004.10.29)</p> <p>特許法第30条第1項適用 2004年8月5日 社団法人精密工学会発行の「第9回 知能メカトロニクスワークショップ講演論文集」に発表</p>	<p>(73) 特許権者 504145283 国立大学法人 和歌山大学 和歌山県和歌山市栄谷930番地</p> <p>(74) 代理人 100072051 弁理士 杉村 興作</p> <p>(74) 代理人 100101096 弁理士 徳永 博</p> <p>(74) 代理人 100107227 弁理士 藤谷 史朗</p> <p>(74) 代理人 100114292 弁理士 来間 清志</p> <p>(74) 代理人 100119530 弁理士 富田 和幸</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ラインセンサ及びライン状プロジェクタによる形状計測方法と装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

計測対象物体の形状を計測する形状計測方法において、

(a) 基準面から垂直方向に第1の距離で配置されたライン状プロジェクタによって、長手方向に疑似矩形波強度分布を持つ格子パターンを、前記基準面から垂直方向に第2の距離で保持される第1のレンズを経て照射し、長手方向に疑似正弦波強度分布を持つライン状格子パターンとして前記基準面に投影するステップと、

(b) 前記第1のレンズに対して所定の距離で保持され、且つ、前記基準面から垂直方向に前記第2の距離で保持される第2のレンズ、及び、前記基準面から垂直方向に第3の距離で配置されるラインセンサを有する、前記ライン状プロジェクタの投影視野のつくる平面と同一面を撮影視野として配置されたラインセンサカメラによって、前記第2のレンズを経て、前記ラインセンサにより前記基準面に投影された前記ライン状格子パターンを撮影するステップと、

(c) 前記ライン状プロジェクタによって、前記基準面上に配置された前記計測対象物体に、前記ライン状格子パターンを投影するステップと、

(d) 前記ラインセンサカメラによって、前記計測対象物体に投影された前記ライン状格子パターンを撮影するステップと、

(e) 前記ステップ(b)及び前記ステップ(d)により撮影して生成した画像データを解析するコンピュータによって、前記基準面に投影され撮影されたライン状格子パターンに対する前記計測対象物体に投影され撮影されたライン状格子パターンの位相変化から前記計測

10

20

対象物体の形状を決定するステップとを含むことを特徴とする形状計測方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の形状計測方法において、前記ステップ(a)及び前記ステップ(c)は、前記第 1 の距離として、前記第 1 のレンズの前記第 2 の距離に対応する焦点位置からシフトした距離に配置される前記ライン状プロジェクタによって、前記ライン状格子パターンをぼかして投影するステップを更に含むことを特徴とする形状計測方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の形状計測方法において、前記ステップ(b)及び前記ステップ(d)は、前記第 3 の距離として、前記第 2 のレンズの前記第 2 の距離に対応する焦点位置からシフトした距離に配置される前記ラインセンサを有する前記ラインセンサカメラによって、前記ライン状格子パターンをぼかして撮影するステップを更に含むことを特徴とする形状計測方法。

10

【請求項 4】

請求項 1、2 又は 3 に記載の形状計測方法において、前記ステップ(e)は、前記コンピュータによって、前記ステップ(b)と前記ステップ(d)から得られる画像データを解析することにより得られる位相差 から、前記計測対象物体の高さ h を計算するステップを更に含むことを特徴とする形状計測方法。

【請求項 5】

計測対象物体の形状を計測する形状計測装置において、

基準面から垂直方向に第 1 の距離で配置され、長手方向に疑似矩形波強度分布を持つ格子パターンを、前記基準面から垂直方向に第 2 の距離で保持される第 1 のレンズを経て照射し、長手方向に疑似正弦波強度分布を持つライン状格子パターンとして前記基準面及び前記基準面上に配置された計測対象物体に投影するように構成されたライン状プロジェクタと、

20

前記第 1 のレンズに対して所定の距離で保持され、且つ、前記基準面から垂直方向に前記第 2 の距離で保持される第 2 のレンズ、及び、前記基準面から垂直方向に第 3 の距離で配置されるラインセンサを有する、前記ライン状プロジェクタの投影視野のつくる平面と同一面を撮影視野として配置され、前記第 2 のレンズを経て、前記ラインセンサにより前記ライン状格子パターンを撮影するラインセンサカメラと、

前記基準面に投影され撮影されたライン状格子パターンに対する前記計測対象物体に投影され撮影されたライン状格子パターンの位相変化から前記計測対象物体の形状を決定するための、前記ラインセンサカメラにより撮影して生成した画像データを解析するコンピュータとを備えることを特徴とする形状計測装置。

30

【請求項 6】

請求項 5 に記載の形状計測装置において、前記第 1 の距離として、前記第 1 のレンズの前記第 2 の距離に対応する焦点位置からシフトした距離に配置される前記ライン状プロジェクタは、前記ライン状格子パターンをぼかして投影することを特徴とする形状計測装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の形状計測装置において、前記第 3 の距離として、前記第 2 のレンズの前記第 2 の距離に対応する焦点位置からシフトした距離に配置される前記ラインセンサを有する前記ラインセンサカメラは前記ライン状格子パターンをぼかして撮影することを特徴とする形状計測装置。

40

【請求項 8】

請求項 5、6 又は 7 に記載の形状計測装置において、前記コンピュータは、前記ラインセンサから得られる画像データを解析することにより得られる位相差 から、前記計測対象物体の高さ h を計算するように構成されたことを特徴とする形状計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、物体の形状を非接触で測定する形状計測方法及び装置に関し、特に、格子投影法による非接触形状計測方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

格子投影による形状計測をリアルタイムに高精度で行う従来技術の一例として、本発明者等による特開2002-286433号「連続移動物体のリアルタイム形状計測方法及びシステム」がある。この従来技術では、連続移動する物体に等間隔の格子を、前記物体の移動方向に対して垂直方向から所定の角度だけ傾けた方向において投影し、前記格子が投影された物体を、複数の平行に配置されたラインセンサによって、前記格子投影角度と異なる角度から、前記物体が前記ラインセンサ間の距離を移動する移動時間に合わせた撮影タイミングで各々撮影し、ライン画像を得て、複数の位相シフトされた前記ライン画像を位相シフト法により位相解析し、前記物体の高さ分布を得ている。この従来技術は、システムの構成が簡単で、高速に連続移動物体の形状を計測することができるが、ラインセンサカメラが複数台必要であり、格子の投影効率が悪いという問題があった。

10

【0003】

従来技術の他の例として、本発明者等による特開2003-121124号「単色矩形波格子を用いる形状計測方法及び形状計測装置」がある。この従来技術は、各々の白黒比が異なり、互いのピッチ比が、 m と n を3以上の互いに素である整数として、 $m:n$ である2つの異なる矩形波成分を合成した単色矩形波格子を物体に投影するステップと、この単色矩形波格子全体の周期の $1/(m \times n)$ ずつずらして $m \times n$ 枚の画像を撮影するステップと、前記 $m \times n$ 枚の画像のうち m 枚おきに抜き出した n 枚の画像から周期が $m/(m \times n)$ の矩形波成分に関する位相分布を求め、 n 枚おきに抜き出した m 枚の画像から周期が $m/(m \times n)$ の矩形波成分に関する位相分布を求めるステップと、前記双方の矩形波成分に関する位相分布から前記物体の高さ分布に対応する連続化された位相分布を得るステップとを含む。この従来技術は、計測試料物体の2次元の高さ分布を得る技術であるが、高速に計測することができないという問題、高速な位相接続が行えないといった問題、長い計測試料物体の計測が困難であるといった問題があった。

20

【0004】

従来技術のさらに他の例として、崎田等による特開2002-257528号「位相シフト法による三次元形状測定装置」がある。この従来技術は、被検物と正弦波状の強度分布を持つライン照明する正弦波状ライン照明ユニットと、該照明ユニットによって照明された場所を撮像するラインセンサカメラと、被検物を前記ラインセンサカメラの素子の並びに対して垂直方向に駆動する駆動装置及びそのコントローラと、前記ラインセンサカメラの撮像位置での正弦波状ライン照明の位相を変化させるための駆動装置及びそのコントローラと、それら全体の動きを制御するための演算処理装置とを備え、位相シフト法により被検物の三次元形状を測定する。この従来技術は、1本のライン照明で高速な三次元測定を行うことができるが、正弦波状ライン照明の位相を変化させるための駆動装置及びコントローラが必要であるという問題、影が発生するという問題、格子投影に広い面積がひつようであるので明るい光源が必要であるという問題があった。

30

【0005】

このように、従来技術では、2次元状に計測試料物体の高さ分布を計測していたため、長さのある計測物体を高速に計測することができないという問題があった。また、ラインセンサを用いた1次元編画像解析手法では、格子の投影効率が悪く、影が発生するなど死角が多いという問題もあった。

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述したことを鑑み、本発明は、格子投影による形状計測において光量を効率よく用いて格子パターンを投影し、かつ高速に撮影することができる、従来のものより小型の形状計測方法及び形状計測装置を提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明による計測対象物体の形状を計測する形状計測方法は、基準面から垂直方向に第1の距離で配置されたライン状プロジェクタによって、長手方向に疑似矩形波強度分布を持つ格子パターンを、前記基準面から垂直方向に第2の距離で保持される第1のレンズを経て照射し、長手方向に疑似正弦波強度分布を持つライン状格子パターンとして前記基準面に投影するステップ(ステップ(a))と、前記第1のレンズに対して所定の距離で保持され、且つ、前記基準面から垂直方向に前記第2の距離で保持される第2のレンズ、及び、前記基準面から垂直方向に第3の距離で配置されるラインセンサを有する、前記ライン状プロジェクタの投影視野のつくる平面と同一面を撮影視野として配置されたラインセンサカメラによって、前記第2のレンズを経て、前記ラインセンサにより前記基準面に投影された前記ライン状格子パターンを撮影するステップ(ステップ(b))と、前記ライン状プロジェクタによって、前記基準面上に配置された前記計測対象物体に、前記ライン状格子パターンを投影するステップ(ステップ(c))と、前記ラインセンサカメラによって、前記計測対象物体に投影された前記ライン状格子パターンを撮影するステップ(ステップ(d))と、前記ステップ(b)及び前記ステップ(d)により撮影して生成した画像データを解析するコンピュータによって、前記基準面に投影され撮影されたライン状格子パターンに対する前記計測対象物体に投影され撮影されたライン状格子パターンの位相変化から前記計測対象物体の形状を決定するステップ(ステップ(e))とを含むことを特徴とする。また、前記ステップ(a)及び前記ステップ(c)は、前記第1の距離として、前記第1のレンズの前記第2の距離に対応する焦点位置からシフトした距離に配置される前記ライン状プロジェクタによって、前記ライン状格子パターンをぼかして投影するステップを更に含むことができる。更に、前記ステップ(b)及び前記ステップ(d)は、前記第3の距離として、前記第2のレンズの前記第2の距離に対応する焦点位置からシフトした距離に配置される前記ラインセンサを有する前記ラインセンサカメラによって、前記ライン状格子パターンをぼかして撮影するステップを更に含むことができる。

10

20

【0015】

本発明による計測対象物体の形状を計測する形状計測装置は、基準面から垂直方向に第1の距離で配置され、長手方向に疑似矩形波強度分布を持つ格子パターンを、前記基準面から垂直方向に第2の距離で保持される第1のレンズを経て照射し、長手方向に疑似正弦波強度分布を持つライン状格子パターンとして前記基準面及び前記基準面上に配置された計測対象物体に投影するように構成されたライン状プロジェクタと、前記第1のレンズに対して所定の距離で保持され、且つ、前記基準面から垂直方向に前記第2の距離で保持される第2のレンズ、及び、前記基準面から垂直方向に第3の距離で配置されるラインセンサを有する、前記ライン状プロジェクタの投影視野のつくる平面と同一面を撮影視野として配置され、前記第2のレンズを経て、前記ラインセンサにより前記ライン状格子パターンを撮影するラインセンサカメラと、前記基準面に投影され撮影されたライン状格子パターンに対する前記計測対象物体に投影され撮影されたライン状格子パターンの位相変化から前記計測対象物体の形状を決定するための、前記ラインセンサカメラにより撮影して生成した画像データを解析するコンピュータとを備えることを特徴とする。また、前記第1の距離として、前記第1のレンズの前記第2の距離に対応する焦点位置からシフトした距離に配置される前記ライン状プロジェクタは、前記ライン状格子パターンをぼかして投影することができる。更に、前記第3の距離として、前記第2のレンズの前記第2の距離に対応する焦点位置からシフトした距離に配置される前記ラインセンサを有する前記ラインセンサカメラは、前記ライン状格子パターンをぼかして撮影することができる。

30

40

【発明の効果】

【0025】

本発明によれば、格子投影による形状計測において格子パターンの光量を効率よく投影することができ、投影された格子を高速に変化し、撮影することができ、計測対象物体の高さが変化しても物体上に投影された格子パターンをラインセンサカメラで撮影すること

50

ができ、小型化が容易になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

図1は、本発明によるラインセンサ及びライン状プロジェクタによる同一面内形状計測装置の構成を示す図である。本装置は、ライン状プロジェクタ3と、ドライバ4と、レンズ5と、ラインセンサカメラ6と、画像入力部7と、コンピュータ8とを具える。基準面1上に配置された計測対象物体2に、ライン状プロジェクタ3から所定のピッチの疑似矩形波強度分布又は正弦波強度分布を有するライン状格子パターンをレンズ5を経て投影する。ライン状プロジェクタ3には、格子フィルムやLEDリニアアレイ素子、液晶プロジェクタ、レーザー干渉縞、レーザーリニアアレイなどを用いることができる。ドライバ4は、このようなライン状格子パターンをコンピュータ8の指令に従ってライン状プロジェクタ3に投影させる。カメラはこのようにライン状格子パターンが投影された計測対象物体2を撮影し、画像入力部7に供給する。画像入力部7はコンピュータ8に画像データを供給し、コンピュータ8は、この画像データから計測対象物体2の形状を決定する。

10

【0027】

図1に示すような装置において撮影された格子パターンから計測対象物体の高さ分布を算出する方法を説明する。上述したように、ライン状プロジェクタによって疑似矩形波状又は正弦波状の輝度分布を持つ格子パターンを基準面上に投影し、投影面と同一面内でラインセンサカメラによって撮影すると、計測対象物体の高さに応じて格子の位置が変位する。格子の位置は - から までの繰り返された位相で表すことができる。この格子の位置変化、つまり位相変化から、物体の形状を精度よく計測することができる。

20

【0028】

図2は、図1に示す装置の光学系の位置関係をより正確に示す図である。ラインセンサカメラの撮影視野のつくる平面と、ライン状プロジェクタの投影視野のつくる平面とが同一平面になるように、ラインセンサカメラとライン状プロジェクタとを配置する。このように配置すれば、格子を効率よく投影することができる。図2において、ライン状プロジェクタのレンズの中心とラインセンサカメラのレンズの中心との間の距離を l 、これらのレンズから基準面までの距離を H 、物体の高さを h とすると、ライン状プロジェクタとラインセンサカメラの各々のレンズ中心の位置関係より、以下の式(1)が得られる。

30

$$(y_1 - y_2) / l = h / (H - h) \quad (1)$$

基準面上の格子の位相値を ϕ_0 、物体上の格子の位相値を ϕ_1 とし、格子のピッチを p とする。ここで、位相差 $\Delta\phi = \phi_1 - \phi_0$ とすると、以下の式(2)が得られる。

$$y_1 - y_2 = \Delta\phi \cdot p / (2\pi) \quad (2)$$

式(1)と式(2)から、以下の式(3)が得られる。

$$h l = (H - h) \cdot \Delta\phi \cdot p / (2\pi) \quad (3)$$

40

式(3)を h について解けば、以下の式(4)が得られる。

$$h = H / (1 + 2\pi l / (\Delta\phi \cdot p)) \quad (4)$$

これにより、ラインセンサカメラで撮影される各画素について基準面を撮影して得られる位相と計測対象物体を撮影して得られる位相の差を求めることで、計測対象物体の高さを得ることができる。

【0029】

撮影された格子パターンが矩形波の場合、積分型位相シフト法を用いて各位相値から計

50

測定料物体の高さ分布を算出する。矩形波パターンを連続的にシフトすることができる場合は積分型位相シフト法を適用することができ、連続的にシフトできない場合はラインセンサカメラのシャッター速度より速く多数回シフトすることで、疑似的に積分型位相シフト法を適用することができる。積分型位相シフト法では、例えば、ラインセンサで1ライン撮影する間に、ライン状プロジェクタによって格子パターンを連続的に1/4ピッチシフトさせ、4枚の画像を撮影する。得られた画像のある画素Pで撮影される輝度は、1ライン撮影する間にシフトされた格子パターンの輝度値を時間積分した値となり、図3における面積 I_0 、 I_1 、 I_2 、 I_3 の値となる。0 $\leq \theta < \pi/2$ の場合、 I_3 が最大となり、このときの I_0 、 I_1 、 I_2 、 I_3 の値をそれぞれ以下の式(5)のように表現することができる。

10

$$\begin{aligned} I_0 &= T \{ I_L + (\pi/2 - \theta) (I_H - I_L) / (\pi/2) \} \\ I_1 &= T I_L \\ I_2 &= T \{ I_L + \theta (I_H - I_L) / (\pi/2) \} \\ I_3 &= T I_H \end{aligned} \quad (5)$$

このとき X 、 Y を以下の式(6)のように定義すると、式(5)から以下の式(7)が得られる。

$$X = I_0 - I_2, \quad Y = I_3 - I_1 \quad (6)$$

20

$$\begin{aligned} X &= T (I_H - I_L) (1 - 4\theta/\pi) \\ Y &= T (I_H - I_L) \end{aligned} \quad (7)$$

式(7)より、 θ は X 、 Y から以下の式(8)のように得られる。同様に、 I_0 、 I_1 、 I_2 が最大となるときの θ はそれぞれ以下の式(9)のように得られる。

$$\theta = (\pi/4) (1 - X/Y) \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \theta &= (\pi/4) (3 - X/Y) \quad (I_0 \text{ が最大の時}) \\ \theta &= (\pi/4) (5 - X/Y) \quad (I_1 \text{ が最大の時}) \\ \theta &= (\pi/4) (7 - X/Y) \quad (I_2 \text{ が最大の時}) \end{aligned} \quad (9)$$

30

【0030】

撮影された格子パターンが正弦波である場合、位相シフト法によって位相を算出することができる。また、格子パターンが矩形波状であっても、焦点位置をずらし、擬似的な正弦波とみなすことができれば、位相シフト法を適用することができる。

【0031】

式(8)及び式(9)で得られた位相値は、0から 2π の繰り返しとして得られる。したがって、位相値が繰り返される場合には、得られた位相値と計測対象物体の高さとが1対1に対応しない。そこで、複数のピッチの格子パターンを撮影し、位相接続を行う。例として2種類のピッチを用いる場合について説明する。ライン状光源を用いた場合、異なるピッチの格子パターンを高速に切り替えて投影することができる。図4は、このような2通りのピッチの格子パターンの強度分布の一例を示すグラフである。まず、図4に示すような格子パターンA、Bを用いてそれぞれの位相値を求める。格子Bのピッチは格子Aのピッチの3/4とする。それぞれの格子パターンを交互に位相シフトして撮影し、8枚の画像を得る。図5は、連続化前及び後の位相分布を示すグラフである。 θ_1 は連続化前の格子Aの位相分布、 θ_2 は連続化前の格子Bの位相分布、 θ_c は連続化後の格子Aの位相分布である。図5から、 $0 \leq \theta_c < 8\pi$ の範囲で、以下の式(10)によって θ_c を得ることができる。

40

50

$$c = 4 \left(\begin{matrix} 1 & 2 \\ 1 & 2 \end{matrix} \right) \quad \left(\begin{matrix} 1 & 2 \\ 1 & 2 \end{matrix} \right)$$

$$c = 4 \left(\begin{matrix} 1 & 2 \\ 1 & 2 + 2 \end{matrix} \right) \quad \left(\begin{matrix} 1 < 2 \\ 1 < 2 \end{matrix} \right) \quad (10)$$

他に、不等間隔のピッチをもった周波数変調格子を用いた位相接続法、エイリアシングを用いた位相接続法を用いて位相接続を行うことも可能である。なお、上記例ではライン状格子パターンを一定速度でシフトさせて等間隔で撮影しているが、一定でない速度でシフトさせ、不等間隔で撮影しても同様に位相接続することができる。

【0032】

計測ラインに対して垂直方向に計測対象物体を移動、又は回転することにより、本発明を3次元計測に適用することができる。また、装置を移動又は回転させることにより、装置の周囲の距離分布を計測することができる。ライン状の高さ分布又は距離分布を計測するラインをそのラインに対して垂直方向に移動又は回転することにより、3次元計測への適用が可能になる。

10

【0033】

本発明により、ライン状プロジェクタの光源にLEDリニアアレイ素子を用い、同一面内形状計測を行った例について述べる。計測対象物体には、幅90mm、高さ10mm、20mm、30mmを持った階段状物体を用いた。基準面の幅は120mmで、ライン状プロジェクタのレンズから450mm離れた位置に設置した。ライン状プロジェクタから投影された格子パターンのピッチは、基準面上で8.9mmであった。ライン状プロジェクタのレンズ中心とラインセンサカメラのレンズ中心との間の距離は120mmで、双方とも $z = 0$ の位置にあった。本例では、ラインセンサカメラで4枚撮影する間に格子パターンの位相を1/8ピッチずつ8回シフトした。図6は、このようにして撮影された輝度分布を示すグラフである。図6aは、基準面上で撮影された輝度分布、図6bは、計測対象物体上で撮影された輝度分布を示す。図7は、図6の輝度分布から得られた位相分布を示すグラフである。図7aは、基準面での位相分布、図7bは、計測対象物体おける位相分布である。図8は、図7a及び図7bから得られる位相差分布を示すグラフである。図9は、図8に示す位相差から得られる計測対象物体の高さ分布を示すグラフである。

20

【0034】

矩形波状の格子パターンを基準面上に投影した場合、図10のような輝度分布が得られる。この場合、積分型位相シフト法を適応することで、格子パターンの位相を算出することができる。ただし、格子パターンを連続的に移動しなければならない。一方、図11に示されるように、結像位置をずらし、ぼかすことで、正弦波状投影格子による位相シフト法の適応が可能となる。本手法では、格子を連続的に移動する必要がなく、投影方法や計算アルゴリズムが安易となる。本手法を用いて、図12に示す計測資料物体の形状を計測した実験結果を図13に示す。

30

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本発明による形状計測装置の構成を示す図である。

【図2】図1に示す装置の光学系の位置関係をより正確に示す図である。

【図3】格子パターンの強度変化を示すグラフである。

40

【図4】2通りのピッチの格子パターンの強度分布を示すグラフである。

【図5】位相接続前後の位相分布を示すグラフである。

【図6】aは基準面上での輝度分布を示すグラフであり、bは計測対象物体上での輝度分布を示すグラフである。

【図7】aは基準面上での位相分布を示すグラフであり、bは計測対象物体上での位相分布を示すグラフである。

【図8】計測対象物体上での位相差分布を示すグラフである。

【図9】計測対象物体の高さ分布を示すグラフである。

【図10】矩形波状の格子パターンを基準面上に投影した場合に得られる輝度分布を示すグラフである。

50

【図11】矩形波状の格子パターンを基準面上にぼかして投影した場合に得られる輝度分布を示すグラフである。

【図12】計測資料物体の形状を示す図である。

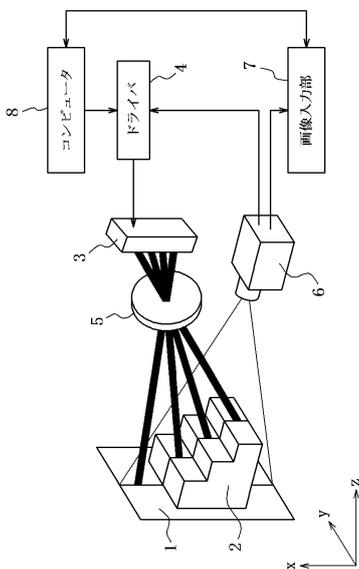
【図13】図12に示す計測資料物体を測定した結果を示すグラフである。

【符号の説明】

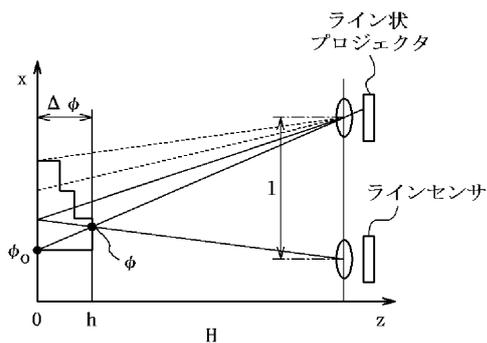
【0036】

- 1 基準面
- 2 計測対象物体
- 3 ライン状プロジェクタ
- 4 ドライバ
- 5 レンズ
- 6 ラインセンサカメラ
- 7 画像入力部
- 8 コンピュータ

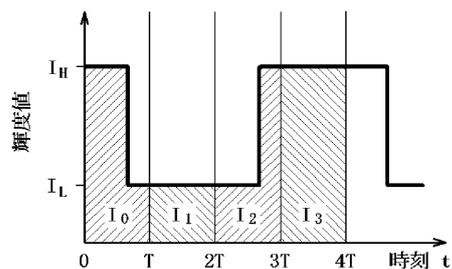
【図1】



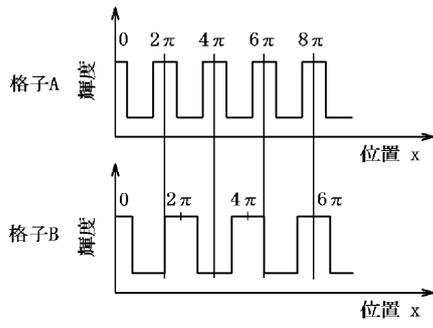
【図2】



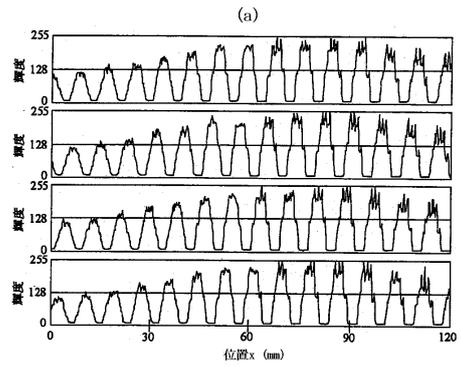
【図3】



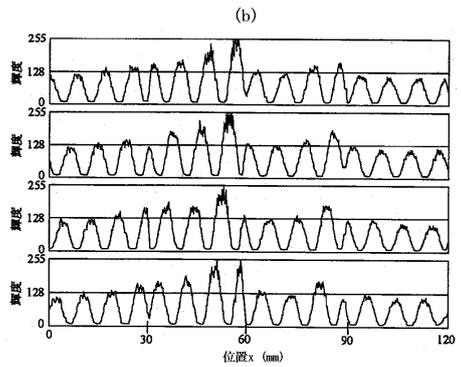
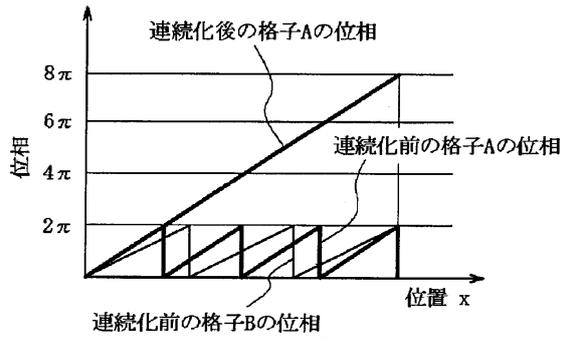
【 図 4 】



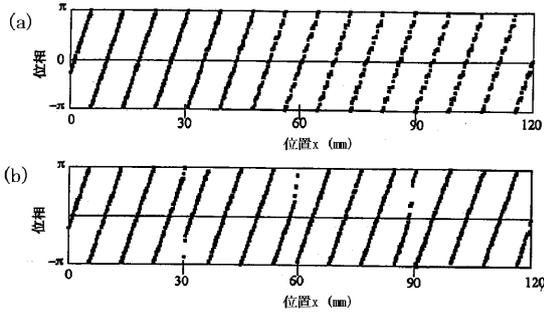
【 図 6 】



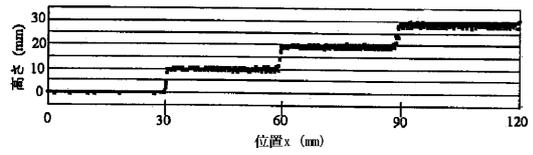
【 図 5 】



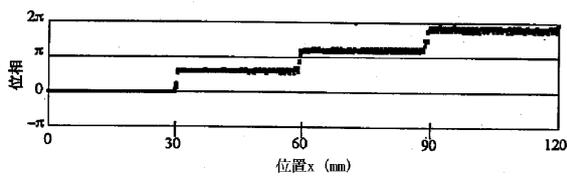
【 図 7 】



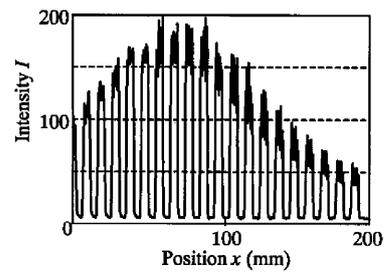
【 図 9 】



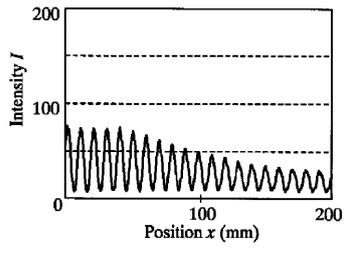
【 図 8 】



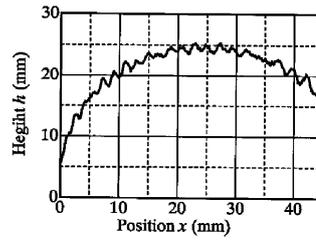
【 図 10 】



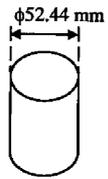
【 図 1 1 】



【 図 1 3 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

- (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 渋田 実
大阪府泉大津市池浦町2 - 15 - 18

審査官 うし 田 真悟

- (56)参考文献 特開平03 - 128408 (JP, A)
特開2001 - 004338 (JP, A)
特開平10 - 096611 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01B 11/00 - 11/30