

(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2009-42015

(P2009-42015A)

(43) 公開日 平成21年2月26日(2009.2.26)

(51) Int.Cl.
G 0 1 B 11/25 (2006.01)F 1
G 0 1 B 11/25テーマコード (参考)
2 F 0 6 5

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2007-206112 (P2007-206112)
(22) 出願日 平成19年8月8日 (2007.8.8)(71) 出願人 000106760
シーケーディ株式会社
愛知県小牧市応時二丁目250番地
(74) 代理人 100111095
弁理士 川口 光男
(72) 発明者 間宮 高弘
愛知県小牧市応時二丁目250番地 シー
ケーディ 株式会社内
Fターム(参考) 2F065 AA24 AA53 CC01 CC26 DD06
FF04 FF41 GG07 HH05 HH07
HH12 JJ03 JJ09 JJ26 LL28
MM03 PP15 QQ24

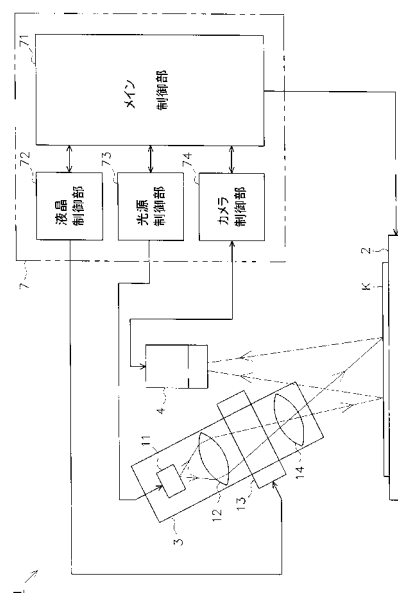
(54) 【発明の名称】 三次元計測装置及び基板検査機

(57) 【要約】

【課題】測定可能な高さレンジを大きくでき、かつ、高精度な計測を実現することができるとともに、撮像回数を最小限に抑制することができ、ひいては、計測（或いは検査）効率の向上を実現することのできる三次元計測装置及び基板検査機を提供する。

【解決手段】基板検査機1はクリームハンダの印刷されたプリント基板Kを載置するためのコンベア2と、斜め上方から所定の光パターンを照射する照射手段3と、前記照射された領域を撮像するCCDカメラ4と、制御装置7とを備える。位相シフト法により計測対象部の高さが計測されるのであるが、これに先だて、空間コード化法によって、計測対象部に対応する縞に相当する空間コード番号が特定される。また、予めライブラリデータが読み込まれ、計測対象部のおおよその高さに基づいて空間コード化法用の撮像回数が決定される。最小限の撮像回数で精度の高い三次元計測を実現できる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板本体上の計測対象部に対し、位相シフト法用の縞状の光パターン及び空間コード化法用の縞状の光パターンを照射可能な照射手段と、

前記光パターンの照射された計測対象部を撮像可能な撮像手段と、

前記撮像手段による撮像を制御する撮像制御手段と、

前記撮像手段にて撮像された複数通りの画像データに基づき、位相シフト法により少なくとも前記計測対象部の高さを演算する第 1 演算手段と、

前記撮像手段にて撮像された画像データに基づき、前記位相シフト法による前記第 1 演算手段での演算時における画像データのうち前記計測対象部に対応する縞を、空間コード化法により特定可能な第 2 演算手段と

を備えた三次元計測装置であって、

前記撮像制御手段は、基板の設計データ及び製造データのうち少なくとも一方に基づき、前記計測対象部の高さ情報又は概略高さ情報を取得し、当該高さ情報又は概略高さ情報に基づき、前記空間コード化法用の光パターンの照射に基づく前記撮像手段による撮像回数を決定し、決定した撮像回数での撮像を実行することを特徴とする三次元計測装置。

【請求項 2】

基板本体上の計測対象部に対し、略正弦波状の光強度分布を有する位相シフト法用の縞状の光パターン、及び、光強度分布が所定コードに従う空間コード化法用の縞状の光パターンを照射可能な照射手段と、

前記位相シフト法用の光パターン及び空間コード化法用の光パターンが照射された計測対象部を撮像可能な撮像手段と、

前記撮像手段による撮像を制御する撮像制御手段と、

前記撮像手段にて撮像された複数通りの画像データに基づき、位相シフト法により少なくとも前記計測対象部の高さを演算する第 1 演算手段と、

前記撮像手段にて撮像された画像データに基づき、前記位相シフト法による前記第 1 演算手段での演算時における縞次数を、空間コード化法により特定可能な第 2 演算手段とを備え、

前記第 2 演算手段によって、前記位相シフト法による前記第 1 演算手段での演算時における縞次数を特定した上で、前記第 1 演算手段によって、前記計測対象部の高さを演算するよう構成されてなる三次元計測装置であって、

前記撮像制御手段は、基板の設計データ及び製造データのうち少なくとも一方に基づき、前記計測対象部の高さ情報又は概略高さ情報を取得し、当該高さ情報又は概略高さ情報に基づき、前記空間コード化法用の光パターンの照射に基づく前記撮像手段による撮像回数を決定し、決定した撮像回数での撮像を実行することを特徴とする三次元計測装置。

【請求項 3】

前記撮像制御手段は、

取得した前記高さ情報又は概略高さ情報が、前記計測対象部の高さが第 1 の所定値未満である旨の情報である場合には、前記空間コード化法用の光パターンの照射に基づく前記撮像手段による撮像回数をゼロ回とし、前記第 2 の演算手段による特定を経ることなく、前記第 1 演算手段によって前記計測対象部の高さを演算することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の三次元計測装置。

【請求項 4】

前記撮像制御手段は、

取得した前記高さ情報又は概略高さ情報が、前記計測対象部の高さが第 1 の所定値以上である旨の情報である場合には、前記空間コード化法用の互いに異なる光パターンの照射に基づく前記撮像手段による撮像回数を 2 回以上とすることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の三次元計測装置。

【請求項 5】

前記位相シフト法用の縞状の光パターンは、当該位相シフト法用の縞状の光パターンの

照射に基づく各撮像回数毎に、同じ周期で位相が異なるパターンであることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の三次元計測装置。

【請求項 6】

前記空間コード化法用の縞状の光パターンは、前記空間コード化法用の光パターンの照射に基づく各撮像回数毎に、最小周期の光パターンに対して、各回で異なる整数値を乗算した周期で明暗が反転するパターンであることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の三次元計測装置。

【請求項 7】

前記照射手段は、単一の照明からなり、位相シフト法用の光パターン及び空間コード化法用の光パターンを切換照射可能であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の三次元計測装置。

10

【請求項 8】

前記照射手段は、光源と、液晶スリット板とを具備し、

前記液晶スリット板の一方の面側の複数の電極に印加する電圧を制御することで、前記光源からの光を略正弦波状に透過させて、位相シフト法用の縞状の光パターンを照射可能であるとともに、前記光源からの光をストライプ状に透過させて空間コード化法用の明・暗縞状の光パターンを照射可能であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の三次元計測装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の三次元計測装置を備えてなる基板検査機。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、三次元計測装置、及び、該三次元計測装置を備えた基板検査機に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、プリント基板上に電子部品を実装する場合、まずプリント基板上に配設された所定の電極パターン上にクリームハンダが印刷される。次に、該クリームハンダの粘性に基づいてプリント基板上に電子部品が仮止めされる。その後、前記プリント基板がリフロー炉へ導かれ、所定のリフロー工程を経ることでハンダ付けが行われる。昨今では、リフロー炉に導かれる前段階においてクリームハンダの印刷状態を検査する必要がある、かかる検査に際して三次元計測装置が用いられる。また、リフリー工程を経た後においても、電子部品の実装状態を検査する必要がある、当該検査に際しても三次元計測装置が用いられることもある。

30

【0003】

近年、光を用いたいわゆる非接触式の三次元計測装置が種々提案されており、中でも位相シフト法を利用した三次元計測装置に関する技術が提案されている（例えば、特許文献 1 等）。当該位相シフト法を利用した三次元計測装置においては、光源と正弦波パターンのフィルタとの組み合わせからなる照射手段により、正弦波状（縞状）の光強度分布を有する光パターンをプリント基板に照射する。そして、基板上の点を真上に配置した CCD カメラを用いて観測する。この場合、画面上の点 P の光の強度 I は下式で与えられる。

40

【0004】

$$I = e + f \cdot \cos \phi$$

〔但し、e：直流光ノイズ（オフセット成分）、f：正弦波のコントラスト（反射率）、 ϕ ：物体の凹凸により与えられる位相〕

このとき、光パターンを移動させて、位相を例えば 4 段階（ $\phi + 0$ 、 $\phi + \pi/2$ 、 $\phi + \pi$ 、 $\phi + 3\pi/2$ ）に変化させ、これらに対応する強度分布 I_0 、 I_1 、 I_2 、 I_3 をもつ画像を取り込み、下記式に基づいて変調分 α を求める。

【0005】

50

$$\alpha = \arctan \{ (I_3 - I_1) / (I_0 - I_2) \}$$

この変調分 α を用いて、クリームハンダ等の計測対象上の点Pの3次元座標(X, Y, Z)が求められ、もって計測対象の三次元形状、特に高さが計測される。

【0006】

しかしながら、実際の計測対象には、高いものもあれば低いものもある。例えば、クリームハンダに関して言えば、薄膜状のものもあれば、円錐台状をなして突起しているものもある。そして、これら測定対象のうち最大の高さに合わせて、照射する光パターンの縞の間隔を広くすると、分解能が粗くなってしまい、測定精度が悪化してしまうおそれがある。一方で、縞の間隔を狭くすることで、精度の向上を図ることはできるものの、測定可能な高さレンジが足りなくなってしまう（縞次数が別のものになってしまう）おそれがある。

10

【0007】

そこで、上述した位相シフト法と、空間コード化法とを組み合わせ、測定可能な高さレンジを大きなものとするとともに、高精度な計測を実現することが提案されている（例えば、特許文献2参照）。

【特許文献1】特開平11-211443号公報

【特許文献2】特開平11-148810号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

20

ところが、上記特許文献2に記載の技術では、位相シフト法のみならず、空間コード化法に際しても、予め定めた回数だけ撮像しなければならず、必然的に撮像回数の増大を招いてしまっていた。そのため、総合的な処理速度の低下を招いてしまい、計測に時間を要してしまうおそれがあった。

【0009】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、測定可能な高さレンジを大きくでき、かつ、高精度な計測を実現することができるとともに、撮像回数を最小限に抑制することができ、ひいては、計測（或いは検査）効率の向上を実現することのできる三次元計測装置及び基板検査機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】

30

【0010】

以下、上記目的等を解決するのに適した各手段につき項分けして説明する。なお、必要に応じて対応する手段に特有の作用効果等を付記する。

【0011】

手段1．基板本体上の計測対象部に対し、位相シフト法用の縞状の光パターン及び空間コード化法用の縞状の光パターンを照射可能な照射手段と、

前記光パターンの照射された計測対象部を撮像可能な撮像手段と、

前記撮像手段による撮像を制御する撮像制御手段と、

前記撮像手段にて撮像された複数通りの画像データに基づき、位相シフト法により少なくとも前記計測対象部の高さを演算する第1演算手段と、

40

前記撮像手段にて撮像された画像データに基づき、前記位相シフト法による前記第1演算手段での演算時における画像データのうち前記計測対象部に対応する縞を、空間コード化法により特定可能な第2演算手段と

を備えた三次元計測装置であって、

前記撮像制御手段は、基板の設計データ及び製造データのうち少なくとも一方に基づき、前記計測対象部の高さ情報又は概略高さ情報を取得し、当該高さ情報又は概略高さ情報に基づき、前記空間コード化法用の光パターンの照射に基づく前記撮像手段による撮像回数を決定し、決定した撮像回数での撮像を実行することを特徴とする三次元計測装置。

【0012】

手段1によれば、撮像手段にて撮像された複数通りの画像データに基づき、第1演算手

50

段によって、位相シフト法により少なくとも計測対象部の高さが演算される。また、これに先だって、或いは、これとともに、撮像手段にて撮像された画像データに基づき、位相シフト法による第1演算手段での演算時における画像データのうち前記計測対象部に対応する縞が、第2演算手段によって空間コード化法により特定される。つまり、空間コード化法によって、位相シフト法における計測対象部に対応する縞、すなわち、縞次数が、特定された上で、第1演算手段によって計測対象部の高さが演算される。そのため、空間コード化法のメリットたる測定可能な高さレンジを大きくできること、及び、位相シフト法のメリットたる高精度な計測を実現することができること、の双方の効果が奏される。

【0013】

また、撮像制御手段によって、前記撮像手段による撮像が制御される。特に、手段1では、撮像制御手段により、基板の設計データ及び製造データのうち少なくとも一方に基づき、計測対象部の高さ情報又は概略高さ情報が取得される。そして、当該高さ情報又は概略高さ情報に基づき、前記空間コード化法用の光パターンの照射に基づく前記撮像手段による撮像回数が決定され、決定した撮像回数での撮像が実行される。このため、計測対象部の高さがそれほど高くない場合には、空間コード化法用の光パターンの照射に基づく撮像手段による撮像回数を、より少ないものとすることができる。一方、計測対象部の高さが高い場合には、空間コード化法用の光パターンの照射に基づく撮像手段による撮像回数をそれに応じて多くすることで、高さレンジに対応して、位相シフト法における縞次数を的確に特定することができる。すなわち、そのときどきに取得される計測対象部の高さ情報等に応じた最小限の最適な撮像回数を決定することができ、ひいては、総合的にも最小限の撮像回数で精度の高い三次元計測を実現できる。結果として、計測効率の向上を実現することができる。

【0014】

手段2．基板本体上の計測対象部に対し、略正弦波状の光強度分布を有する位相シフト法用の縞状の光パターン、及び、光強度分布が所定コードに従う空間コード化法用の縞状の光パターンを照射可能な照射手段と、

前記位相シフト法用の光パターン及び空間コード化法用の光パターンが照射された計測対象部を撮像可能な撮像手段と、

前記撮像手段による撮像を制御する撮像制御手段と、

前記撮像手段にて撮像された複数通りの画像データに基づき、位相シフト法により少なくとも前記計測対象部の高さを演算する第1演算手段と、

前記撮像手段にて撮像された画像データに基づき、前記位相シフト法による前記第1演算手段での演算時における縞次数を、空間コード化法により特定可能な第2演算手段とを備え、

前記第2演算手段によって、前記位相シフト法による前記第1演算手段での演算時における縞次数を特定した上で、前記第1演算手段によって、前記計測対象部の高さを演算するよう構成されてなる三次元計測装置であって、

前記撮像制御手段は、基板の設計データ及び製造データのうち少なくとも一方に基づき、前記計測対象部の高さ情報又は概略高さ情報を取得し、当該高さ情報又は概略高さ情報に基づき、前記空間コード化法用の光パターンの照射に基づく前記撮像手段による撮像回数を決定し、決定した撮像回数での撮像を実行することを特徴とする三次元計測装置。

【0015】

手段2によれば、基本的には上記手段1と同様の作用効果が奏される。すなわち、空間コード化法によって測定可能な高さレンジを大きくでき、位相シフト法によって高精度な計測を実現することができる。また、そのときどきに取得される計測対象部の高さ情報等に応じた最適かつ最小限の撮像回数を決定することができ、計測効率の向上を実現することができる。

【0016】

手段3．前記撮像制御手段は、

取得した前記高さ情報又は概略高さ情報が、前記計測対象部の高さが第1の所定値未満

である旨の情報である場合には、前記空間コード化法用の光パターンの照射に基づく前記撮像手段による撮像回数をゼロ回とし、前記第2の演算手段による特定を経ることなく、前記第1演算手段によって前記計測対象部の高さを演算することを特徴とする手段1又は2に記載の三次元計測装置。

【0017】

手段3によれば、計測対象部の高さが第1の所定値未満である場合には、空間コード化法用の光パターンの照射に基づく撮像が行われない。すなわち、第2の演算手段による特定を経ることなく、位相シフト法のみによって計測対象部の高さが演算されることとなる。従って、計測対象部の高さが低い場合には、わざわざ空間コード化法用の撮像を行うことなく高精度の計測を実現できる。その結果、より一層の計測効率の向上を図ることができる。

10

【0018】

手段4．前記撮像制御手段は、

取得した前記高さ情報又は概略高さ情報が、前記計測対象部の高さが第1の所定値以上である旨の情報である場合には、前記空間コード化法用の互いに異なる光パターンの照射に基づく前記撮像手段による撮像回数を2回以上とすることを特徴とする手段1乃至3のいずれかに記載の三次元計測装置。

【0019】

手段4によれば、計測対象部の高さが第1の所定値以上である場合には、空間コード化法用の互いに異なる光パターンの照射に基づく撮像手段による撮像回数が2回以上とされる。このように、2回以上撮像されることで空間コード化法用の画像データが2つ以上存在することとなる。これにより、位相シフト法のみでは複数の高さ候補が存在する場合でも、位相シフト法における縞次数をよりの確に特定することができ、ひいては正確な計測を実現することができる。

20

【0020】

手段5．前記位相シフト法用の縞状の光パターンは、当該位相シフト法用の縞状の光パターンの照射に基づく各撮像回数毎に、同じ周期で位相が異なるパターンであることを特徴とする手段1乃至4のいずれかに記載の三次元計測装置。

【0021】

手段5によれば、位相シフト法用の縞状の光パターンの照射に基づく各撮像回数毎に、同じ周期で位相が異なるパターンが照射される。このため、位相シフト法による演算式、演算プログラムの簡素化が図られるとともに、計測の精度の向上を図ることができる。

30

【0022】

手段6．前記空間コード化法用の縞状の光パターンは、前記空間コード化法用の光パターンの照射に基づく各撮像回数毎に、最小周期の光パターンに対して、各回で異なる整数値を乗算した周期で明暗が反転するパターンであることを特徴とする手段1乃至5のいずれかに記載の三次元計測装置。

【0023】

手段6によれば、撮像回数の増大に伴って、計測可能な高さレンジの増大を図ることができる。

40

【0024】

手段7．前記照射手段は、単一の照明からなり、位相シフト法用の光パターン及び空間コード化法用の光パターンを切換照射可能であることを特徴とする手段1乃至6のいずれかに記載の三次元計測装置。

【0025】

手段7によれば、位相シフト法用と空間コード化法用とで異なる照射手段を用いなくても済み、省スペース化及びコストの増大抑制を図ることができる。

【0026】

手段8．前記照射手段は、光源と、液晶スリット板とを具備し、

前記液晶スリット板の一方の面側の複数の電極に印加する電圧を制御することで、前記

50

光源からの光を略正弦波状に透過させて、位相シフト法用の縞状の光パターンを照射可能であるとともに、前記光源からの光をストライプ状に透過させて空間コード化法用の明・暗縞状の光パターンを照射可能であることを特徴とする手段１乃至７のいずれかに記載の三次元計測装置。

【００２７】

手段８のように、液晶スリット板を用いることで、位相シフト法用の照射にも空間コード化法用の照射にも対応することができる。そのため、手段７において述べた作用効果がより確実に奏される。

【００２８】

手段９．手段１乃至８のいずれかに記載の三次元計測装置を備えてなる基板検査機。

10

【００２９】

手段９のように、上記各技術思想を、三次元計測装置を備える基板検査機にも具現化することもできる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３０】

以下、一実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

【００３１】

図１は、本実施形態における三次元計測装置を具備する基板検査機１を模式的に示す概略構成図である。同図に示すように、基板検査機１は、検査対象たるクリームハンダの印刷されてなるプリント基板Ｋを載置するためのコンベア２と、プリント基板Ｋの表面に対し斜め上方から所定の光パターンを照射するための照射手段３と、プリント基板Ｋ上の前記照射された領域を撮像するための撮像手段を構成するＣＣＤカメラ４とを備えている。なお、本実施形態におけるクリームハンダＣは、プリント基板Ｋ上に設けられた銅箔からなる電極パターン上に印刷形成されている。また、電極パターン上にはハンダメッキが施されている。さらに、検査に際し、前記コンベア２は、プリント基板Ｋとともに水平方向（Ｘ軸方向及びＹ軸方向）へスライドさせられるようになっている。

20

【００３２】

ここで、照射手段３についてより詳しく説明する。照射手段３は、ＬＥＤからなる光源１１と、光源１１から照射される光を集める集光レンズ１２と、液晶透過装置１３と、液晶透過装置１３を透過した光パターンを投影する投影レンズ１４とを備えている。

30

【００３３】

本実施形態において、前記照射手段３は、位相シフト法用の光パターンと、空間コード化法用の光パターンとを切換えて照射できるようになっている。より詳しくは、位相シフト法用の光パターンとは、照度（輝度）が一定の周期で正弦波状に変化する縞状の光パターンである。当該正弦波状に変化する縞状の光パターンは、位相シフト法用の照射に際し、４分の１ピッチづつ位相が変化させられる。

【００３４】

また、空間コード化法用の光パターンとは、各撮像回毎に、最小周期の光パターンに対して、各回で異なる整数値を乗算した周期で明・暗が反転するパターンである。より詳しくは、前記位相シフト法用の縞状の光パターンの１周期分を最小周期として、１回目は、前記１周期内に明・暗が１回ずつ含まれるよう反転するストライプ状の光パターンが照射され、２回目は、その２倍の周期で明・暗が１回ずつ含まれるよう反転するストライプ状の光パターンが照射される。３回目は、さらにその倍（前記最小周期の４倍）の周期で明・暗が１回ずつ含まれるよう反転するストライプ状の光パターンが照射される。

40

【００３５】

このような光パターンの照射を実現するため、本実施形態では、液晶透過装置１３として、次のような構成が採用されている。すなわち、図２に示すように、液晶透過装置１３は、液晶スリット板２１と、後述する制御装置７の液晶制御部７２からのパターン信号をデコードして、前記液晶スリット板２１のスリットパターンを変化させるデコーダ２２とを含んで構成されている。液晶スリット板２１の一方の表面には、同図縦方向に分割された

50

複数のアノード側透明電極 25 a, 25 b, 25 c, . . . 25 h が設けられており (総称するときには「25」と表記する。また、図は、あくまでも便宜的なものであり、実際には、アノード側透明電極は多数本設けられている。)、これらに対し、デコーダ 22 から個別的に電圧が印加され電力が与えられる。液晶スリット板 21 の他方の表面には、単一かつ共通のカソード側透明電極 26 が形成されており、この電極 26 は接地されている。電極 25、26 間に充填される液晶としては、電圧が印加されることによって遮光性となるもの、或いは、透過性となるもの、のうちいずれかが用いられる。

【0036】

次に、かかる液晶透過装置 13 の光制御パターンについて説明する。上記のとおり、液晶透過装置 13 によって位相シフト法用の光制御パターンと、空間コード化法用の光制御パターンとが切換えられるようになっている。位相シフト法用の光制御パターンとしては、図 3 の位相シフト (S1) ~ 位相シフト (S4) の光制御パターン例に示すように、光の透過率が階段状に変化し、略正弦波を描くように光を透過するよう構成されている。そして、位相シフト (S1) から位相シフト (S4) の順に光制御パターンが切換えられるのに伴って、位相が 90° ($\pi/2$) ずつずらされる。これにより、照射手段 3 からは、一定の周期で略正弦波状に変化する縞状の光パターンが照射されるようになっており、上記のように位相がずらされるようにして 4 回の照射が行われ、各照射毎に位相シフト法用の撮像が行われるようになっている。

【0037】

また、空間コード化法用の光制御パターンとしては、図 3 の空間コード (C1) ~ 空間コード (C3) の光制御パターン例に示すように、光の透過率が「0 (最小)」と「4 (最大)」との間で交互に光を透過するよう構成されている。そして、空間コード (C1) は、上記のように、位相シフト (S1) ~ (S4) の光透過パターンの 1 周期分を 1 周期 (最小周期) として、前記 1 周期内に明 (透光) ・暗 (遮蔽) が 1 回ずつ含まれるよう反転するストライプ状の光制御パターンとされる。また、空間コード (C2) は、その 2 倍の周期で明・暗が 1 回ずつ含まれるよう反転するストライプ状の光制御パターンとされる。さらに、空間コード (C3) は、さらにその倍 [空間コード (C1) の 4 倍] の周期で明・暗が 1 回ずつ含まれるよう反転するストライプ状の光制御パターンとされる。

【0038】

本実施形態において、位相シフト法による計測に際しては、各測定ポイント毎に、4 回の撮像が行われるのであるが、空間コード化法による計測に際しては、後述するように、そのときどきのクリームハンダの概略高さ情報に基づいて、空間コード化法用の光パターンの照射に基づく撮像回数が決定され、決定された撮像回数での撮像及び照射が実行される。より詳しくは、クリームハンダの概略高さ情報に基づき、クリームハンダ (計測対象部) が例えば $0\ \mu\text{m}$ ~ $100\ \mu\text{m}$ (但し、 $100\ \mu\text{m}$ は含まない; 以下同様) の範囲内にあると判断された場合には、第 1 態様での計測が行われるようになっている。また、計測対象部が例えば $100\ \mu\text{m}$ ~ $200\ \mu\text{m}$ (但し、 $200\ \mu\text{m}$ は含まない; 以下同様) の範囲内にあると判断された場合には、第 2 態様での計測が行われるようになっている。さらに、計測対象部が例えば $200\ \mu\text{m}$ ~ $400\ \mu\text{m}$ の範囲内にあると判断された場合には、第 3 態様での計測が行われるようになっている。尚、本実施形態では、説明の便宜上、クリームハンダ (計測対象部) の高さが $400\ \mu\text{m}$ を超えるケースはないものとして説明することとしている。

【0039】

そして、第 1 態様での計測が行われる場合には、空間コード化法用の撮像回数はゼロ回とされる。従って、この場合には、位相シフト法のみによる計測が行われる。

【0040】

また、第 2 態様での計測が行われる場合には、空間コード化法用の撮像回数は 2 回とされる。この場合には、最小周期の空間コード (C1) と、その 2 倍の周期の空間コード (C2) の光制御パターンでの照射が行われる。

【0041】

さらに、第3態様での測定が行われる場合には、空間コード化法用の撮像回数は3回とされる。この場合には、最小周期の空間コード(C1)と、その2倍の周期の空間コード(C2)と、さらにその2倍の周期の空間コード(C3)の光制御パターンでの照射が行われる。

【0042】

また、図1に示すように、前記照射手段3、CCDカメラ4、コンベア2等を駆動制御するとともに、CCDカメラ4により撮像された撮像データに基づき種々の演算(計測)、及び、検査を実行するための制御装置7が設けられている。すなわち、プリント基板Kがコンベア2上の所定位置に配置されると、制御装置7は、まず図示しないモータ等を駆動制御して所定の位置に移動させ、プリント基板Kを初期位置に移動させる。この初期位置は、例えばCCDカメラ4の視野の大きさを1単位としてプリント基板Kの表面を予め分割しておいた中の1つの位置である。また、制御装置7は、照射手段3を駆動制御して光パターンの照射を開始させると共に、位相シフト法用の光パターンを、位相を4分の1ピッチずつシフトさせて4種類の照射を順次切替制御する。また、これとともに、必要に応じて空間コード化法用の光パターンの照射を実行する。さらに、このようにして光パターンの照射が行われている間に、制御装置7はCCDカメラ4を駆動制御して、これら各照射ごとに検査エリア部分を撮像し、それぞれ必要な画像データ(位相シフト法用の画像データ及び空間コード化法用の画像データ)を得る。

【0043】

制御装置7は画像メモリを備えており、各画像データを順次記憶する。当該記憶した画像データに基づいて、制御装置7は各種画像処理を行う。かかる画像処理が行われている間に、制御装置7は、モータを駆動制御してコンベア2(プリント基板K)を次の検査エリアへと移動せしめる。制御装置7は、ここでの画像データについても画像メモリへ格納する。一方、画像メモリでの画像処理が一旦終了した場合、すでに画像メモリには次の画像データが記憶されているので、速やかに制御装置7は次の画像処理を行うことができる。つまり、検査は、一方で次なる検査エリア(n+1番目)への移動及び画像入力を行い、他方ではn番目の画像処理及び計測・判定を行う。以降、全ての検査エリアでの検査が完了するまで、交互に同様の上記並行処理が繰り返し行われる。このように、本実施形態の基板検査装置1においては、制御装置7の制御により検査エリアを移動しながら、順次画像処理を行うことにより、プリント基板K上のクリームハンダの高さ計測を含む三次元計測を行い、クリームハンダの印刷状態を高速かつ確実に検査することができるようになっている。

【0044】

上記のような制御を実現するべく、制御装置7は、メイン制御部71、液晶制御部72、光源制御部73、及び、撮像制御手段としてのカメラ制御部74を具備している。液晶制御部72は、上述した液晶透過装置13の光制御パターンを主として制御する。また、光源制御部73は、光源11の点灯、消灯等を主として制御する。さらに、カメラ制御部74は、上述のとおり、CCDカメラ4による検査エリア部分の撮像を制御する。また、カメラ制御部74は、撮像の実行以外にも、プリント基板Kの設計データ、製造データ等に基づき、クリームハンダの概略高さ情報を取得(読み取り)可能に構成されている。そして、当該概略高さ情報に基づき、カメラ制御部74では、上記のとおり、空間コード化法用の光パターンの照射に基づくCCDカメラ4による撮像回数が決定されるようになっている。

【0045】

本実施形態では、上記概略高さ情報として、プリント基板Kのライブラリデータが取得される(読み込まれる)ことに基づき、クリームハンダ(各計測対象部)のおおよその高さが得られるようになっている。勿論、プリント基板Kの設計データ、製造データとしては、ライブラリデータに限られるものではなく、CADデータや、実装データ、或いは部品データ、及び、これらのうちの任意の組み合わせを採用することとしてもよい。

【0046】

さらに、メイン制御部 71 は、各制御部 72～74 の各種制御を主として司るとともに、コンペア 2 を制御したり、撮像により得られた画像データに基づき、画像処理及び計測（位相シフト法による計測、空間コード化法による計測）・判定を行ったりする。すなわち、メイン制御部 71 は、本発明における第 1 演算手段、及び、第 2 演算手段としても機能する。

【0047】

次に、メイン制御部 71 をはじめとする制御装置 7 にて実行される三次元計測（基板検査）の処理内容を、図 4 のフローチャートに基づいて説明する。図 4 は、所定検査エリアにおける基板検査の処理内容の一例を示している。制御装置 7 では、ステップ S101 において、該当するプリント基板 K のライブラリデータを読み込む。続くステップ S102 において、クリームハンダ（計測対象部）のおおよその高さを得る。

【0048】

そして、得られた計測対象部のおおよその高さが $0\ \mu\text{m}$ ～ $100\ \mu\text{m}$ の範囲内にある場合には、ステップ S103 に移行し、第 1 態様での計測を実行する。第 1 態様での計測に際しては、図 5 に示すように、空間コード化法用の撮像回数はゼロ回とされる。従って、この場合には、位相シフト法のみによる計測が行われる。すなわち、上述した位相シフト法（S1）～位相シフト法（S4）の光制御パターンに基づいて、図 5 に示すような位相シフト法（IS1）～位相シフト法（IS4）の 4 回の光パターンの照射が行われ、各照射毎に位相シフト法用の撮像が行われる。そして、背景技術においても説明した公知の位相シフト法によって、当該位相シフト法のみに基づいた、計測対象部の高さ計測が行われる。

【0049】

また、得られた計測対象部のおおよその高さが $100\ \mu\text{m}$ ～ $200\ \mu\text{m}$ の範囲内にある場合には、ステップ S104 に移行し、第 2 態様での計測を実行する。第 2 態様での計測に際しては、空間コード化法用の撮像回数は 2 回とされる。この場合には、最小周期の空間コード（C1）と、その 2 倍の周期の空間コード（C2）の光制御パターンでの照射が行われる。すなわち、図 6 に示すような空間コード化法（KC1）、空間コード化法（KC2）の 2 回の光パターンの照射が行われ、各照射毎に空間コード化法用の撮像が行われる。また、当該撮像とは別に、位相シフト法（IS1）～位相シフト法（IS4）の 4 回の光パターンの照射が行われ、各照射毎に位相シフト法用の撮像が行われる。そして、先ずは空間コード化法に基づいて、計測対象部の空間コード番号が特定される。これにより位相シフト法の縞次数が特定される。また、特定された縞次数に基づいて、位相シフト法によって計測対象部の高さ計測が行われる。

【0050】

また、得られた計測対象部のおおよその高さが $200\ \mu\text{m}$ ～ $400\ \mu\text{m}$ の範囲内にある場合には、ステップ S105 に移行し、第 3 態様での計測を実行する。第 3 態様での計測に際しては、空間コード化法用の撮像回数は 3 回とされる。この場合には、最小周期の空間コード（C1）と、その 2 倍の周期の空間コード（C2）と、さらにその倍の周期の空間コード（C3）の光制御パターンでの照射が行われる。すなわち、図 7 に示すような空間コード化法（KC1）、空間コード化法（KC2）及び空間コード化法（KC3）の 3 回の光パターンの照射が行われ、各照射毎に空間コード化法用の撮像が行われる。また、当該撮像とは別に、位相シフト法（IS1）～位相シフト法（IS4）の 4 回の光パターンの照射が行われ、各照射毎に位相シフト法用の撮像が行われる。そして、先ずは空間コード化法に基づいて、計測対象部の空間コード番号が特定される。これにより位相シフト法の縞次数が特定される。また、特定された縞次数に基づいて、位相シフト法によって計測対象部の高さ計測が行われる。

【0051】

さて、上記ステップ S103，104，105 から移行して、ステップ S106 においては、計測結果を判定する。すなわち、前記各ステップ S103～105 での計測対象部の高さが予め定められた許容範囲内にあるか否かを判定する。そして、続くステップ S107 において、その判定結果を外部に出力してその後の処理を一旦終了する。より詳しく

は、計測対象部の高さが予め定められた許容範囲内にある場合には、OK（良）である旨を出力し、計測対象部の高さが許容範囲内でない場合には、不良であるものとして、警告音を発したり、一旦検査機の動作を停止したり、モニタにその旨の表示を行ったりして、作業等者に報知を促す。

【0052】

ここで、より具体的な事例を図8に基づいて説明する。上述のとおり、最終的な計測対象部の高さは、位相シフト法により得られる位相角 θ によって求められる。例えば、図8に示すように、位相シフト法における正弦波の1周期分が $100\mu\text{m}$ に対応し、かつ、位相シフト法により得られる位相角 θ が 90° であったとする。すると、同図より、候補となる高さは、「 $25\mu\text{m}$ 」、「 $125\mu\text{m}$ 」、「 $225\mu\text{m}$ 」、 $\dots$ となる。ここで、ライブラリデータによる計測対象部のおおよその高さが $100\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ の範囲内にあると推定された場合には、第2態様での計測が行われる。つまり、この場合には、空間コード化法用の撮像回数は2回とされる〔空間コード化法(KC1)、空間コード化法(KC2)の2回の光パターンの照射が行われ、各照射毎に空間コード化法用の撮像が行われる〕。そして、空間コード化法で求められた空間コード番号が「0」であれば（縞次数が0であれば）、実際の高さは「 $25\mu\text{m}$ 」であるとされ、空間コード番号が「2」であれば（縞次数が1であれば）、実際の高さは「 $125\mu\text{m}$ 」であるとされる。

【0053】

また、上記事例において位相シフト法により得られる位相角 θ が 180° であったとする。すると、同図より、候補となる高さは、「 $50\mu\text{m}$ 」、「 $150\mu\text{m}$ 」、「 $250\mu\text{m}$ 」、 $\dots$ となる。ここで、ライブラリデータによる計測対象部のおおよその高さが $100\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ の範囲内にあると推定された場合には、上記同様第2態様での計測が行われ、空間コード化法用の撮像回数は2回とされる。そして、空間コード化法で求められた空間コード番号が「0」又は「1」であれば（縞次数が0又は2であれば）、実際の高さは「 $50\mu\text{m}$ 」であるとされ、空間コード番号が「2」又は「3」であれば（縞次数が1であれば）、実際の高さは「 $150\mu\text{m}$ 」であるとされる。

【0054】

さらに、別の事例について説明する。例えば、図9に示すように、位相シフト法における正弦波の1周期分が $100\mu\text{m}$ に対応し、かつ、位相シフト法により得られる位相角 θ が 270° であったとする。すると、同図より、候補となる高さは、「 $75\mu\text{m}$ 」、「 $175\mu\text{m}$ 」、「 $275\mu\text{m}$ 」、「 $375\mu\text{m}$ 」、 $\dots$ となる。ここで、ライブラリデータによる計測対象部のおおよその高さが $200\mu\text{m}\sim 400\mu\text{m}$ の範囲内にあると推定された場合には、第3態様での計測が行われる。つまり、この場合には、空間コード化法用の撮像回数は3回とされる〔空間コード化法(KC1)、空間コード化法(KC2)、空間コード化法(KC3)の3回の光パターンの照射が行われ、各照射毎に空間コード化法用の撮像が行われる〕。そして、空間コード化法で求められた空間コード番号が「1」であれば（縞次数が0であれば）、実際の高さは「 $75\mu\text{m}$ 」であるとされ、空間コード番号が「3」であれば（縞次数が1であれば）、実際の高さは「 $175\mu\text{m}$ 」であるとされ、空間コード番号が「5」であれば（縞次数が2であれば）、実際の高さは「 $275\mu\text{m}$ 」であるとされ、空間コード番号が「7」であれば（縞次数が3であれば）、実際の高さは「 $375\mu\text{m}$ 」であるとされる。

【0055】

以上詳述したように、本実施形態によれば、最終的には、位相シフト法により計測対象部の高さが計測されるのであるが、これに先だって、空間コード化法によって、計測対象部に対応する縞（縞次数）に相当する空間コード番号が、特定される。すなわち、縞次数が特定された上で、計測対象部の高さが計測される。そのため、空間コード化法のメリットたる測定可能な高さレンジを大きくできること、及び、位相シフト法のメリットたる高精度な計測を実現することができること、の双方の効果が奏される。

【0056】

また、本実施形態では、単に位相シフト法と空間コード化法とを組み合わせるという技

術思想にとどまらず、ライブラリデータを読み込みんで、計測対象部のおおよその高さを得ることとし、それによって、空間コード化法用の撮像回数を決定することとしている。より詳しくは、計測対象部のおおよその高さが $0\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ の範囲内にある場合には、第1態様（位相シフト法のみ）での計測を実行し、計測対象部のおおよその高さが $100\ \mu\text{m} \sim 200\ \mu\text{m}$ の範囲内にある場合には、第2態様（位相シフト法+空間コード化法用の2回の撮像）での計測を実行し、計測対象部のおおよその高さが $200\ \mu\text{m} \sim 400\ \mu\text{m}$ の範囲内にある場合には、第3態様（位相シフト法+空間コード化法用の3回の撮像）での計測を実行することとした。このように、計測対象部の高さがそれほど高くない場合には、空間コード化法用の光パターンの照射に基づく撮像手段による撮像回数を、より少ないものとすることができる。一方、計測対象部の高さが高い場合には、空間コード化法用の光パターンの照射に基づく撮像手段による撮像回数をそれに応じて多くすることで、高さレンジに対応して、空間コード番号（位相シフト法における縞次数）を的確に特定することができる。すなわち、そのときどきに取得される計測対象部の高さ情報等に応じた最小限の最適な撮像回数を決定することができ、ひいては、総合的にも最小限の撮像回数で精度の高い三次元計測を実現できる。結果として、計測効率の向上を実現することができる。

10

【0057】

特に、本実施形態では、計測対象部のおおよその高さが $0\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ の範囲内にある場合には、空間コード化法用の光パターンの照射に基づく撮像回数をゼロ回とし、位相シフト法のみによって計測対象部の高さを計測することとした。従って、より一層の計測効率の向上を図ることができる。

20

【0058】

一方で、計測対象部のおおよその高さが $100\ \mu\text{m}$ 以上の場合には、空間コード化法用の互いに異なる光パターンの照射に基づく撮像回数を2回以上とすることとしている。このように、2回以上撮像されることで空間コード化法用の画像データが2つ以上存在することとなる。これにより、位相シフト法のみでは複数の高さ候補が存在する場合でも、位相シフト法における縞次数をよりの確に特定することができ、ひいては正確な計測を実現することができる。

【0059】

また、本実施形態では、単一の照射手段3、単一のCCDカメラ4を用いることとしている。換言すれば、位相シフト法用と空間コード化法用とで異なる照射手段、撮像手段を用いなくても済む。そのため、省スペース化を図ることができるとともに、コストの増大抑制を図ることができる。また、本実施形態では、照明手段3として、液晶スリット板21を有する液晶透過装置13を用いることで、位相シフト法用の照射にも空間コード化法用の照射にも対応することができる。そのため、上記作用効果がより確実に奏される。

30

【0060】

なお、上述した実施の形態の記載内容に限定されことなく、例えば次のように実施してもよい。

【0061】

(a) 上記実施形態では、クリームハンダ（計測対象部）の高さが $400\ \mu\text{m}$ を超えるケースはないものとして説明することとしている。これに対し、空間コード化法用の撮像回数をさらに増大することで、 $400\ \mu\text{m}$ を超える場合であっても、計測可能である。すなわち、上記実施形態では、空間コード化法用の撮像回数の上限が3回となっているが、4回以上撮像することとしても差し支えない。

40

【0062】

(b) 上記実施形態では、特に言及していないが、空間コード化法においては、明・暗の境界を特定することが重要となっている。そこで、液晶透過装置13による光制御パターンの明・暗を逆転させた光パターンを別途照射することとしてもよい。このようにして第1のパターン光と、その第1パターン光の照射領域と陰の領域とを反転した第2パターン光とを照射し、撮像するのである。図10に、第1パターン光を照射して得られる画像

50

情報の一部を符号 L a で示し、第 2 パターン光を照射して得られる画像情報の一部を符号 L b で示す。第 1 パターン光によって得られる画像情報 L a の透光領域に対応する照射領域の部分 L a 1 は、第 2 パターン光を用いたときの画像情報 L b の遮光領域に対応する部分 L b 1 となる。これらの画像情報 L a, L b の明るさ、すなわち光強度が互いに交わる点を、明・暗の境界とすることで、光源 1 1 からの光にムラが生じたり、外乱要因が存在したとしても、それに影響されることなく、正確に明・暗の境界を特定することができる。ひいては、空間コード化法におけるより正確な演算を実現することができる。

【0063】

(c) 上記実施形態では、位相シフト法による撮像回数を 4 回としているが、撮像回数を 3 回としてもよい（特開 2002-81924 号公報等参照）。

【0064】

(d) 上記実施形態では、最小周期を 100 μm として計測することとしているが、これはあくまでも例示であって、かかる数値に拘泥されるものではない。

【0065】

(e) 上記実施形態では、クリームハンダを計測対象としているが、他の計測対象を計測することとしてもよい、他の計測対象としては、例えば、ハンダバンプ、電子部品等が挙げられる。

【0066】

(f) 上記実施形態では、計測された高さが 1 回でも範囲を逸脱する場合には、不良と判定することとしたが、判定基準については何ら限定されるものではない。例えば、複数エリアにおいて逸脱する場合に不良と判定することとしてもよいし、クリームハンダ全体の体積が所定値以下の場合に不良と判定することとしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0067】

【図 1】 三次元計測装置を含む基板検査機を示す概略構成図である。

【図 2】 液晶透過装置を示す概略構成図である。

【図 3】 液晶透過装置における位相シフト法用の光制御パターン、及び、空間コード化法用の光制御パターンを示す図である。

【図 4】 所定検査エリアにおける基板検査の処理内容の一例を示すフローチャートである。

【図 5】 第 1 態様での計測に際して、照射される位相シフト法用の光パターンを示す模式図である。

【図 6】 第 2 態様での計測に際して、照射される空間コード化法用の光パターン及び位相シフト法用の光パターンを示す模式図である。

【図 7】 第 3 態様での計測に際して、照射される空間コード化法用の光パターン及び位相シフト法用の光パターンを示す模式図である。

【図 8】 具体的な高さ計測の事例を示す説明図である。

【図 9】 別の具体的な高さ計測の事例を示す説明図である。

【図 10】 別の実施形態において液晶透過装置による光制御パターンの明・暗を逆転させた光パターンを別途照射することで、明暗の境界を求める事例を示す説明図である。

【符号の説明】

【0068】

1 … 基板検査機、3 … 照射手段、4 … 撮像手段を構成する CCD カメラ、7 … 制御装置、11 … 光源、12 … 液晶透過装置、21 … 液晶スリット板、25, 26 … 電極、71 … メイン制御部、72 … 液晶制御部、73 … 光源制御部、74 … 撮像制御手段としてのカメラ制御部。

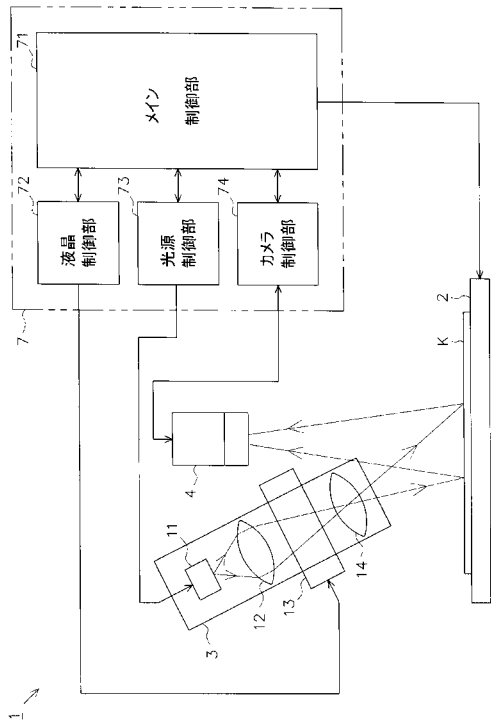
10

20

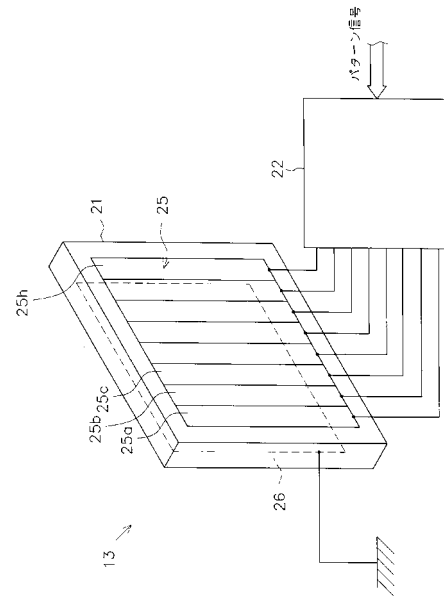
30

40

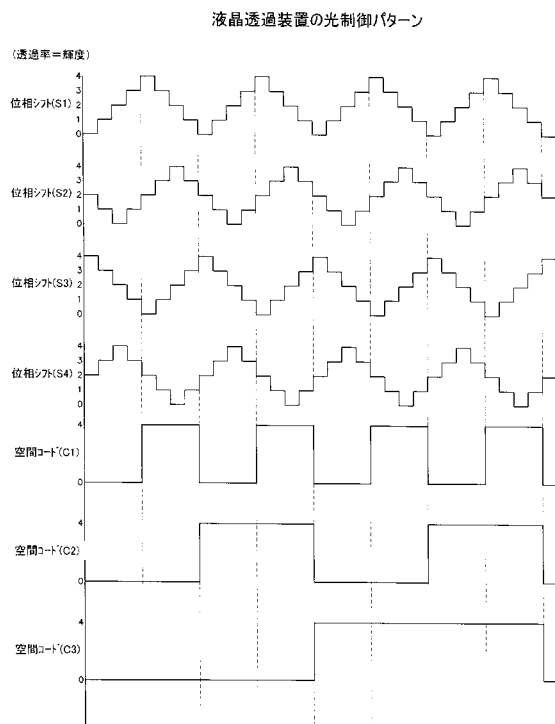
【図 1】



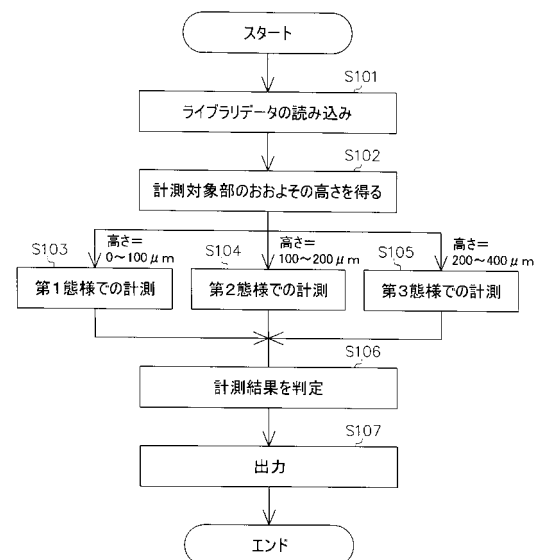
【図 2】



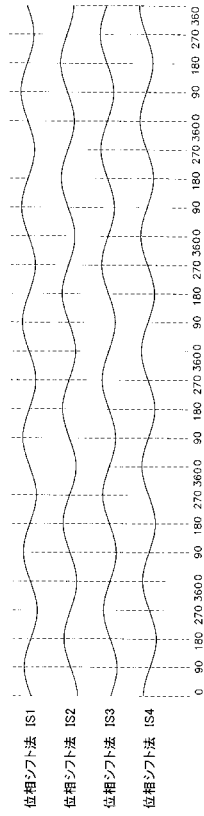
【図 3】



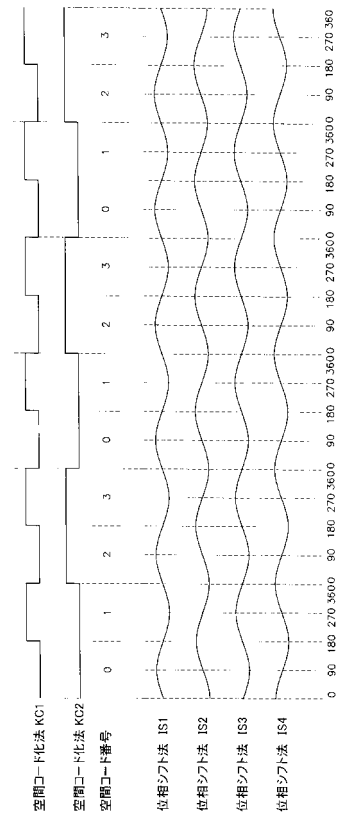
【図 4】



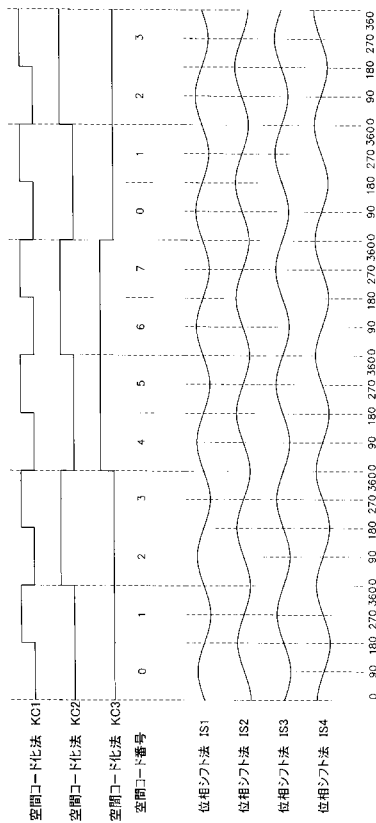
【図 5】

空間コード化法の撮影回数=0回 高さレンジ=0 μm ~100 μm 

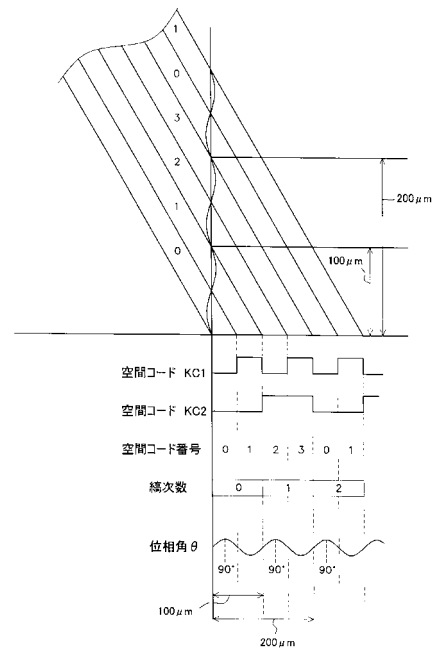
【図 6】

空間コード化法の撮影回数=2回 高さレンジ=100 μm ~200 μm 

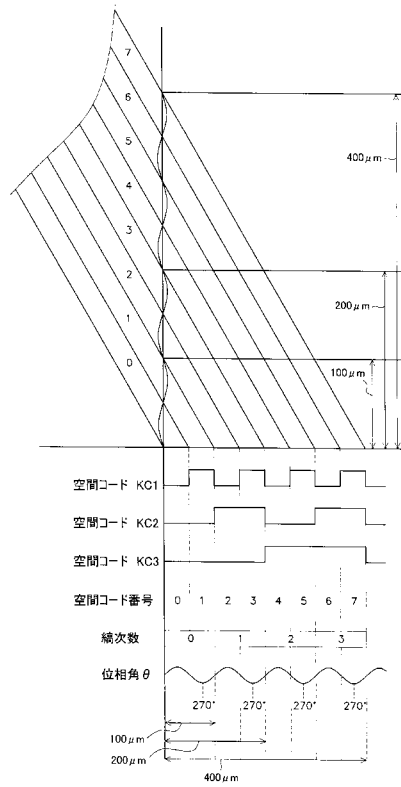
【図 7】

空間コード化法の撮影回数=3回 高さレンジ=200 μm ~400 μm 

【図 8】



【図 9】



【図 10】

