

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年9月7日(07.09.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/158983 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/25 (2006.01) G01N 21/956 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/030703
- (22) 国際出願日: 2017年8月28日(28.08.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-039311 2017年3月2日(02.03.2017) JP
- (71) 出願人: C K D 株式会社(CKD CORPORATION)
[JP/JP]; 〒4858551 愛知県小牧市応時二丁目250番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 梅村 信行 (UMEMURA Nobuyuki);
〒4858551 愛知県小牧市応時二丁目250

番地 C K D 株式会社 内 Aichi (JP). 大山 剛 (OHYAMA Tsuyoshi); 〒4858551 愛知県小牧市応時二丁目250番地 C K D 株式会社 内 Aichi (JP). 坂井田 憲彦(SAKAIDA Norihiko); 〒4858551 愛知県小牧市応時二丁目250番地 C K D 株式会社 内 Aichi (JP).

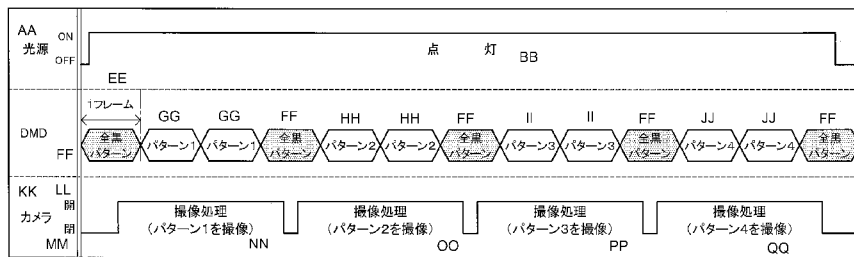
(74) 代理人: 川口 光男 (KAWAGUCHI Mitsuo);
〒4510045 愛知県名古屋市西区名駅三丁目9番37号48KTビル302 Aichi (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 三次元計測装置

【図5】



AA Light source
BB Lighting
EE 1 Frame
FF Total black pattern
GG Pattern 1
HH Pattern 2
II Pattern 3
JJ Pattern 4
KK Camera
LL Opened
MM Closed
NN Imaging (image pattern 1)
OO Imaging (image pattern 2)
PP Imaging (image pattern 3)
QQ Imaging (image pattern 4)

(57) Abstract: Provided is a three-dimensional measurement device capable of preventing a reduction in measurement accuracy during three-dimensional measurement. A substrate inspection device 1 comprises a projection device 4 that projects a stripe pattern onto a printed substrate 2; a camera 5 that images a portion of the printed substrate 2 onto which the stripe pattern has been projected; and a control device 6 that performs various types of control in the substrate inspection device 1. The projection device 4 comprises, a light source 4a that emits predetermined light and a DMD 4b that converts the light from the light source 4a into a stripe pattern, the projection device projecting the stripe pattern onto the printed substrate 2 at a predetermined number of frames per unit of time. The control device 6: sets a total black pattern projection period of one frame, such period being a period in which a predetermined total black pattern can be projected before and after a stripe pattern projection period of a predetermined number of frames; starts the imaging carried out by the camera 5 in the total black pattern projection period which is before the stripe pattern projection period; and ends the imaging carried out by the camera 5 in the total black pattern projection period which is after the stripe pattern projection period.



KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：三次元計測における計測精度の低下抑制を図ることのできる三次元計測装置を提供する。基板検査装置1は、プリント基板2に対し縞パターンを投影する投影装置4と、プリント基板2上の縞パターンの投影された部分を撮像するカメラ5と、基板検査装置1内における各種制御を実施する制御装置6とを備えている。投影装置4は、所定の光を発する光源4aや、該光源4aからの光を縞パターンに変換するDMD4bなどを備え、単位時間あたり所定のフレーム数で縞パターンをプリント基板2に対し投影する。制御装置6は、所定数フレーム分の縞パターン投影期間の前後に所定の全黒パターンを投影可能な1フレーム分の全黒パターン投影期間を設定し、縞パターン投影期間前の全黒パターン投影期間中にカメラ5の撮像処理を開始し、縞パターン投影期間後の全黒パターン投影期間中にカメラ5の撮像処理を終了する。

明 細 書

発明の名称：三次元計測装置

技術分野

[0001] 本発明は、位相シフト法などを利用して三次元計測を行う三次元計測装置に関するものである。

背景技術

[0002] 一般にプリント基板に電子部品を実装する製造ラインにおいては、まずプリント基板の所定位置に対しクリーム半田が印刷される（半田印刷工程）。続いて、プリント基板の所定位置に対し接着剤が塗布される（接着剤塗布工程）。次に、プリント基板に対し電子部品が実装される（実装工程）。ここで、電子部品は、クリーム半田の粘性や接着剤によって仮止めされた状態となる。その後、プリント基板はリフロー炉へ導かれ、半田付けが行われる（リフロー工程）。

[0003] このような製造ラインにおいては、例えば部品実装前にクリーム半田の印刷状態や接着剤の塗布状態を検査する基板検査装置などが設けられている。従来、基板検査装置として三次元計測装置が種々提案されている。中でも、位相シフト法を用いた三次元計測装置がよく知られている。

[0004] 位相シフト法を利用した三次元計測装置においては、所定の光を発する光源、及び、該光源からの光を所定の縞パターンに変換する格子等からなる投影手段を備え、該投影手段により被計測物に対し縞パターンを投影する。

[0005] そして、被計測物の真上に配置した撮像手段を用いて被計測物上に投影された縞パターンを撮像する。撮像手段としては、レンズ及び撮像素子等からなるCCDカメラ等が用いられる。

[0006] 上記構成の下、撮像手段により撮像され取得した画像データ上の各画素の光の強度（輝度） I は下式（U1）で与えられる。

[0007] $I = f \cdot \sin\phi + e \quad \cdots (U1)$

但し、 f ：ゲイン、 e ：オフセット、 ϕ ：縞パターンの位相。

[0008] そして、上記格子の位置を順次切替え、縞パターン有位相を例えば 90° ずつ4通り($\phi + 0$ 、 $\phi + 90^\circ$ 、 $\phi + 180^\circ$ 、 $\phi + 270^\circ$)にシフトさせると共に、位相の異なる各縞パターンの下で撮像を行う。

[0009] これにより、位相の異なる各縞パターンの下で撮像された強度分布 I_0 、 I_1 、 I_2 、 I_3 をもつ画像データを取得することができる。ひいては下記式(U2)に基づいて位相 ϕ を求めることができる。

$$[0010] \quad \phi = \tan^{-1}[(I_1 - I_3)/(I_2 - I_0)] \quad \cdots (U2)$$

この位相 ϕ を用いて、三角測量の原理に基づき被計測物上の各座標(X, Y)における高さ(Z)を求めることができる。

[0011] 一般に、位相シフト法を利用する三次元計測装置においては、計測精度を高めるため、正弦波状の光強度分布を有する縞パターンを投影する。しかし、精度の良い理想的な正弦波状の光強度分布を有する縞パターンを投影することは非常に難しい。

[0012] これに鑑み、近年では、デジタル・マイクロミラー・デバイス(Digital Micromirror Device: 以下「DMD」と称する。)を用いて縞パターンを投影する三次元計測装置も見受けられる(例えば、特許文献1参照)。

[0013] DMDを用いることにより、縞パターンの中間階調をより正確に表現することができるため、投影する縞パターンをより理想的な正弦波状の光強度分布に近づけることができ、計測精度の向上を図ることができる。

先行技術文献

特許文献

[0014] 特許文献1: 特開2015-1381号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0015] しかしながら、DMDでは、画素毎に1フレーム(例えば1/60秒)中のデューティ比を変化させることで、フレーム単位で所望の輝度となる光を表現している(図4参照)。

[0016] そのため、図8に示すように、所定の縞パターン（例えばパターン1）に係る所定数フレーム分の投影期間のうちの1フレーム期間の途中で、該所定の縞パターンを撮像する撮像処理（露光処理）を開始した場合や終了した場合には、DMDの各画素がフレーム単位で表現している光の輝度（デューティ比に則した階調）が、撮像手段により取得した画像データに適切に反映されず、三次元計測における計測精度が低下するおそれがある。

[0017] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、三次元計測における計測精度の低下抑制を図ることのできる三次元計測装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0018] 以下、上記課題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を付記する。

[0019] 手段1. 所定の光を発する光源、及び、該光源からの光を所定の縞パターンに変換可能な反射型光変調素子（例えばDMD）を有し、単位時間あたり所定のフレーム数（例えば1秒あたり60フレーム）で前記縞パターンを被計測物に対し投影可能な投影手段と、

少なくとも前記縞パターンの投影された前記被計測物を撮像可能な撮像手段と、

前記投影手段及び前記撮像手段を制御し、複数通りの縞パターンを順次投影し撮像することにより、光強度分布の異なる複数の画像データを取得可能な画像取得手段と、

前記画像取得手段により取得された複数の画像データを基に前記被計測物の三次元計測を実行可能な画像処理手段とを備え、

前記反射型光変調素子は、

前記光源から入射した光を前記被計測物に対し投射可能なように反射させる第1の状態（オン状態）と、前記第1の状態とは異なる第2の状態（オフ状態）とに択一的に切替え可能な複数の画素（例えばマイクロミラー）が二次元配列された構成を有すると共に、

前記画素毎の1フレーム期間中における前記第1の状態にある割合を変化させることにより前記縞パターンを生成可能に構成され、

前記画像取得手段は、

前記複数の画像データのうちの1つの画像データを取得する上で、

前記複数通りの縞パターンのうちの1通りの縞パターンに係る所定数フレーム分の縞パターン投影期間を少なくとも含む所定期間において連続して撮像（露光）を行う撮像処理を実行可能に構成され、

前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の前後に、所定の全黒パターンを投影可能な少なくとも1フレーム分の全黒パターン投影期間を設定し、

前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間前の前記全黒パターン投影期間中に前記撮像処理を開始し、かつ、前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間後の前記全黒パターン投影期間中に前記撮像処理を終了することを特徴とする三次元計測装置。

[0020] ここで「全黒パターン」とは、投影領域全域が黒くなる（真っ暗となる）光学像を意味する。つまり「全黒パターン」が投影された場合には、投影領域全域に対し光が全く照射されず、投影領域全域において輝度値が「0」の状態となる。従って「全黒パターン投影期間」においては、少なくとも1フレーム全期間において投影領域全域に対し光が全く照射されない状態となる。

[0021] これにより「全黒パターン投影期間」において撮像処理（露光処理）を行ったとしても、かかる期間においては撮像手段に対し光が入射せず、撮像素子に電荷が蓄積されることはない。それ故、所定の全黒パターンを投影可能な「全黒パターン投影期間」を、被計測物に対し光が投射されない「非投影期間」と換言することも可能である。

[0022] 尚、「全黒パターン」の生成方法としては、例えば1フレーム全期間において反射型光変調素子の全画素を上記第2の状態（オフ状態）とする方法や、光源を消灯する方法、別途設けたシャッタにより遮光する方法などが挙げられる。

[0023] 上記手段 1 によれば、DMD等の反射型光変調素子を用いて被計測物に対し縞パターンを投影しているため、従来のように格子等を用いて縞パターンを投影し撮像した場合よりも、三次元計測を行う上で、より精度の良い画像データを取得することが可能となる。

[0024] さらに、本手段では、全黒パターン投影期間中に撮像処理を開始及び終了させている。上記のとおり、全黒パターン投影期間においては、撮像手段に対し光が入射せず、撮像素子に電荷が蓄積されない。従って、所定数フレーム分の縞パターン投影期間に投影された光だけを撮像（露光）することができる。

[0025] これにより、反射型光変調素子の各画素がフレーム単位で表現している光の輝度（デューティ比に則した階調）が、撮像手段により取得した画像データに適切に反映されることとなる。結果として、三次元計測における計測精度の低下抑制を図ることができる。

[0026] 手段 2. 所定の光を発する光源、及び、該光源からの光を所定の縞パターンに変換可能な反射型光変調素子を有し、単位時間あたり所定のフレーム数で前記縞パターンを被計測物に対し投影可能な投影手段と、

少なくとも前記縞パターンの投影された前記被計測物を撮像可能な撮像手段と、

前記投影手段及び前記撮像手段を制御し、複数通りの縞パターンを順次投影し撮像することにより、光強度分布の異なる複数の画像データを取得可能な画像取得手段と、

前記画像取得手段により取得された複数の画像データを基に前記被計測物の三次元計測を実行可能な画像処理手段とを備え、

前記反射型光変調素子は、

前記光源から入射した光を前記被計測物に対し投射可能なように反射させる第 1 の状態と、前記第 1 の状態とは異なる第 2 の状態とに択一的に切替え可能な複数の画素が二次元配列された構成を有すると共に、

前記画素毎の 1 フレーム期間中における前記第 1 の状態にある割合を変化

させることにより前記縞パターンを生成可能に構成され、

前記画像取得手段は、

前記複数の画像データのうちの１つの画像データを取得する上で、

前記複数通りの縞パターンのうちの１通りの縞パターンに係る所定数フレーム分の縞パターン投影期間を少なくとも含む所定期間において連続して撮像を行う撮像処理を実行可能に構成され、

前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の最初のフレームの開始タイミングに同期して前記撮像処理を開始し、かつ、前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の最後のフレームの終了タイミングに同期して前記撮像処理を終了することを特徴とする三次元計測装置。

[0027] 上記手段２によれば、反射型光変調素子のフレームの切替えタイミングに同期して撮像処理を開始及び終了させている。結果として、上記手段１と同様の作用効果が奏される。

[0028] 手段３．所定の光を発する光源、及び、該光源からの光を所定の縞パターンに変換可能な反射型光変調素子を有し、単位時間あたり所定のフレーム数で前記縞パターンを被計測物に対し投影可能な投影手段と、

少なくとも前記縞パターンの投影された前記被計測物を撮像可能な撮像手段と、

前記投影手段及び前記撮像手段を制御し、複数通りの縞パターンを順次投影し撮像することにより、光強度分布の異なる複数の画像データを取得可能な画像取得手段と、

前記画像取得手段により取得された複数の画像データを基に前記被計測物の三次元計測を実行可能な画像処理手段とを備え、

前記反射型光変調素子は、

前記光源から入射した光を前記被計測物に対し投射可能なように反射させる第１の状態と、前記第１の状態とは異なる第２の状態とに択一的に切替え可能な複数の画素が二次元配列された構成を有すると共に、

前記画素毎の１フレーム期間中における前記第１の状態にある割合を変化

させることにより前記縞パターンを生成可能に構成され、

前記画像取得手段は、

前記複数の画像データのうちの1つの画像データを取得する上で、

前記複数通りの縞パターンのうちの1通りの縞パターンに係る所定数フレーム分の縞パターン投影期間を少なくとも含む所定期間において連続して撮像を行う撮像処理を実行可能に構成され、

前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の前後の少なくとも一方に、所定の全黒パターンを投影可能な少なくとも1フレーム分の全黒パターン投影期間を設定可能に構成され、

前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間前の前記全黒パターン投影期間中に前記撮像処理を開始し、又は、前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の最初のフレームの開始タイミングに同期して前記撮像処理を開始し、

かつ、

前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間後の前記全黒パターン投影期間中に前記撮像処理を終了し、又は、前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の最後のフレームの終了タイミングに同期して前記撮像処理を終了することを特徴とする三次元計測装置。

[0029] 上記手段3によれば、撮像処理の開始又は終了の一方については全黒パターン投影期間中に行われ、他方については反射型光変調素子のフレームの切替えタイミングに同期して行われる。結果として、上記手段1、2と同様の作用効果が奏される。

[0030] 手段4. 所定の光を発する光源、及び、該光源からの光を所定の縞パターンに変換可能な反射型光変調素子を有し、単位時間あたり所定のフレーム数で前記縞パターンを被計測物に対し投影可能な投影手段と、

少なくとも前記縞パターンの投影された前記被計測物を撮像可能な撮像手段と、

前記投影手段及び前記撮像手段を制御し、複数通りの縞パターンを順次投

影し撮像することにより、光強度分布の異なる複数の画像データを取得可能な画像取得手段と、

前記画像取得手段により取得された複数の画像データを基に前記被計測物の三次元計測を実行可能な画像処理手段とを備え、

前記反射型光変調素子は、

前記光源から入射した光を前記被計測物に対し投射可能なように反射させる第1の状態と、前記第1の状態とは異なる第2の状態とに択一的に切替え可能な複数の画素が二次元配列された構成を有すると共に、

前記画素毎の1フレーム期間中における前記第1の状態にある割合を変化させることにより前記縞パターンを生成可能に構成され、

前記画像取得手段は、

前記複数の画像データのうちの1つの画像データを取得する上で、

前記複数通りの縞パターンのうちの1通りの縞パターンに係る所定数フレーム分の縞パターン投影期間を少なくとも含む所定期間において連続して撮像を行う撮像処理を実行可能に構成され、

前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の最初のフレームの開始タイミングに同期して前記光源の点灯処理を開始し、

かつ、

前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の最後のフレームの終了タイミングに同期して前記光源の点灯処理を終了することを特徴とする三次元計測装置。

[0031] 上記手段4によれば、反射型光変調素子のフレームの切替えタイミングに同期して光源の点灯処理を開始及び終了させている。これにより、所定数フレーム分の縞パターン投影期間の間しか被計測物に対し光が投射されないため、撮像処理の開始及び終了タイミングによらず、所定数フレーム分の縞パターン投影期間に投影された光だけを撮像（露光）することができる。結果として、上記手段1と同様の作用効果が奏される。

[0032] 手段5. 前記反射型光変調素子は、前記画素として、前記光源から入射し

た光を前記被計測物に対し投射可能なように反射させる第1の傾斜状態と、前記第1の傾斜状態とは異なる第2の傾斜状態とに択一的に所定軸を中心に揺動変位可能な可動ミラーを備えたデジタル・マイクロミラー・デバイス（DMD）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。

[0033] 液晶デバイス等に比べ、DMDは各画素の動作が高速で、偏光板等による光ロスも少ないため、上記手段5によれば、高画質・高解像度の画像データを取得しやすくなる。

[0034] 手段6. 前記反射型光変調素子は、前記縞パターンとして、正弦波状の光強度分布を有する光パターンを生成可能に構成され、

前記画像取得手段は、位相の異なる複数通りの縞パターンを順次投影し撮像することにより、光強度分布の異なる複数の画像データを取得可能に構成され、

前記画像処理手段は、前記画像取得手段により取得された複数の画像データを基に位相シフト法により前記被計測物の三次元計測を実行可能に構成されてい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。

[0035] 上記手段6によれば、DMD等の反射型光変調素子を用いて被計測物に対し縞パターンを投影しているため、従来のように格子等を用いて縞パターンを投影し撮像した場合よりも、理想的な正弦波により近い光強度分布を有する画像データを取得することが可能となる。

[0036] 尚、位相シフト法のように、位相の異なる縞パターンの下で撮像した複数の画像データの輝度値の違いを基に三次元計測を行う構成においては、輝度値の誤差が僅かであっても、計測精度に多大な影響を与えるおそれがある。従って、本手段に係る構成の下において上記手段1等の作用効果がより奏功することとなる。

[0037] 手段7. 前記被計測物は、クリーム半田が印刷されたプリント基板であること、又は、接着剤が塗布されたプリント基板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。

[0038] 上記手段7によれば、プリント基板に印刷されたクリーム半田、又は、プリント基板に塗布された接着剤の高さ計測等を行うことができる。ひいては、クリーム半田又は接着剤の検査において、その計測値に基づいてクリーム半田又は接着剤の良否判定を行うことができる。従って、かかる検査において、上記各手段の作用効果が奏されることとなり、精度よく良否判定を行うことができる。結果として、基板検査装置における検査精度の向上を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0039] [図1]基板検査装置を模式的に示す概略構成図である。

[図2]基板検査装置の電氣的構成を示すブロック図である。

[図3]DMDの反射面を模式的に示す部分拡大平面図である。

[図4]各画素における輝度とマイクロミラーのオン時間との関係を示す図である。

[図5]投影装置及びカメラの処理動作を説明するためのタイミングチャートである。

[図6]第2実施形態に係る投影装置及びカメラの処理動作を説明するためのタイミングチャートである。

[図7]第3実施形態に係る投影装置及びカメラの処理動作を説明するためのタイミングチャートである。

[図8]従来の投影装置及びカメラの処理動作を説明するためのタイミングチャートである。

発明を実施するための形態

[0040] 〔第1実施形態〕

以下、一実施形態について図面を参照しつつ説明する。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装置1を模式的に示す概略構成図である。同図に示すように、基板検査装置1は、計測対象たるクリーム半田が印刷されてなる被計測物としてのプリント基板2を載置するための載

置台 3 と、プリント基板 2 の表面に対し斜め上方から所定の縞パターン（正弦波状の光強度分布を有する光パターン）を投影する投影手段としての投影装置 4 と、プリント基板 2 上の縞パターンの投影された部分を撮像する撮像手段としてのカメラ 5 と、投影装置 4 やカメラ 5 の駆動制御など基板検査装置 1 内における各種制御や画像処理、演算処理を実施するための制御装置 6 とを備えている。制御装置 6 は、本実施形態における画像取得手段及び画像処理手段を構成する。

[0041] 載置台 3 には、モータ 15, 16 が設けられており、該モータ 15, 16 が制御装置 6 により駆動制御されることによって、載置台 3 上に載置されたプリント基板 2 が任意の方向（X 軸方向及び Y 軸方向）へスライドするようになっている。

[0042] 投影装置 4 は、所定の光を発する光源 4 a や、該光源 4 a からの光を縞パターンに変換する反射型光変調素子としてのデジタル・マイクロミラー・デバイス（以下「DMD」と称する。）4 bなどを備え、単位時間あたり所定のフレーム数（例えば 1 秒あたり 60 フレーム：60 FPS）で縞パターン等の光学象をプリント基板 2 に対し投影する。

[0043] 投影装置 4 において、光源 4 a から発せられた光は集光レンズ（図示略）等を介して DMD 4 b に導かれる。そして、DMD 4 b の反射面において選択的に反射され変調された光が投影レンズ 4 c に導かれると、該光は投影レンズ 4 c を介してプリント基板 2 に対し投射されることとなる。

[0044] 本実施形態では、光源 4 a として白色光を出射するランプ光源を採用している。勿論、光源 4 a は、これに限定されるものではなく、例えば LED 光源やレーザー光源等を採用してもよい。また、白色光に限らず、例えば近赤外光など他の光を出射する光源を採用してもよい。

[0045] 尚、本実施形態で用いる DMD 4 b は公知のものである。以下、DMD 4 b の基本的構成について図 3 を参照して説明する。図 3 は、DMD 4 b の反射面を模式的に示す部分拡大平面図である。

[0046] DMD 4 b は、互いに独立して駆動制御可能な平面視矩形状の多数のマイ

クロミラー（可動ミラー）41がシリコン基板上に二次元配列された構成を有している。各マイクロミラー41がそれぞれDMD4bの1画素を構成する。

[0047] 各マイクロミラー41は、その一对角線を揺動軸41aとして揺動可能に支持されると共に、その裏側に配設された図示しない電極に対し駆動電圧が印加されることで発生する静電引力によって傾斜した状態となる。

[0048] これを基に、各画素に印加される駆動電圧を制御することで、各マイクロミラー41は、DMD4bの基準面に対して例えば $+10^\circ$ 傾いた第1の傾斜状態（以下「オン状態」という）と、 -10° 傾いた第2の傾斜状態（以下「オフ状態」という）とに択一的に切替え可能となる。

[0049] そして、オン状態のマイクロミラー41に対し光源4aから光が入射した場合には、該マイクロミラー41に反射した反射光が投影レンズ4cに入射し、投影レンズ4cを介してプリント基板2に対し投射される。

[0050] 一方、オフ状態のマイクロミラー41に光源から光が入射した場合には、該マイクロミラー41に反射した反射光は投影レンズ4cには入射せず、所定の光吸収体（図示略）に向け投射される。つまり、プリント基板2に向け投射されず、プリント基板2上には黒点が投影されることとなる。

[0051] また、図4に示すように、DMD4bは、オンオフ制御を高速で行い、例えばパルス幅変調（PWM）によって各マイクロミラー41の1フレーム期間中におけるオン状態にある時間割合（デューティ比）を変化させることで、各画素毎に例えば256階調の階調表現が可能となっている。

[0052] そして、予め設定された投影パターン情報を基に生成した制御信号によって、DMD4b上に二次元配列された各マイクロミラー41をそれぞれ個別に駆動制御することにより、投影パターン情報に応じて変調された縞パターン（正弦波状の光強度分布を有する光パターン）等の光学象をプリント基板2上に投影することが可能となる。

[0053] カメラ5は、レンズや撮像素子等からなる。本実施形態では、撮像素子としてCMOSセンサを採用している。勿論、撮像素子はこれに限定されるも

のではなく、例えばＣＣＤセンサ等を採用してもよい。

[0054] カメラ５によって撮像され取得された画像データは、該カメラ５内部においてデジタル信号に変換された上で、デジタル信号の形で制御装置６に入力され、後述する画像データ記憶装置２４に記憶される。そして、制御装置６は、該画像データを基に、後述するような画像処理や演算処理等を実施する。

[0055] ここで、制御装置６の電氣的構成について説明する。図２に示すように、制御装置６は、基板検査装置１全体の制御を司るＣＰＵ及び入出力インターフェース２１（以下、「ＣＰＵ等２１」という）、キーボードやマウス、タッチパネル等で構成される「入力手段」としての入力装置２２、ＣＲＴや液晶などの表示画面を有する「表示手段」としての表示装置２３、カメラ５により撮像し取得した画像データなどを記憶するための画像データ記憶装置２４、各種演算結果を記憶するための演算結果記憶装置２５、プリント基板２に係る設計情報や、投影装置４が生成する縞パターン等に係る投影パターン情報などの各種情報を予め記憶しておくための設定データ記憶装置２６などを備えている。尚、これら各装置２２～２６は、ＣＰＵ等２１に対し電氣的に接続されている。

[0056] 次に、基板検査装置１によってプリント基板２の各検査エリアごとに行われる検査ルーチンについて図５を参照して詳しく説明する。図５は、投影装置４及びカメラ５の処理動作を説明するためのタイミングチャートである。

[0057] かかる検査ルーチンは、制御装置６（ＣＰＵ等２１）にて実行されるものである。本実施形態では、各検査エリアについて、それぞれ４回の画像取得処理を行うことにより、光強度分布の異なる４通りの画像データを取得する。

[0058] 制御装置６は、まずモータ１５，１６を駆動制御してプリント基板２を移動させ、カメラ５の視野（撮像範囲）をプリント基板２上の所定の検査エリアに合わせる。尚、検査エリアは、カメラ５の視野の大きさを１単位としてプリント基板２の表面を予め分割しておいた中の１つのエリアである。

- [0059] 続いて、制御装置 6 は、クロック信号等に基づき所定のタイミングで 1 フレーム分の全黒パターン生成処理を開始する。
- [0060] 具体的には、投影装置 4 を駆動制御して、DMD 4 b の全画素（全てのマイクロミラー 4 1）が 1 フレーム全期間においてオフ状態となる処理を実行する。これにより、光源 4 a の点灯の有無に拘らず、プリント基板 2 に対しては、1 フレーム全期間において継続して投影装置 4 から光が投射されることはなく、全黒パターンが投影された状態となる。
- [0061] また、この全黒パターン投影期間中の所定のタイミングにおいて、光源 4 a の点灯処理を開始する。尚、本実施形態では、1 つの検査エリアに係る 4 回の撮像処理が終了するまでの間、光源 4 a の点灯期間が継続する。
- [0062] さらに、この全黒パターン投影期間中の所定のタイミング（図 5 の例では光源 4 a の点灯後）において、カメラ 5 を駆動制御して 1 回目の撮像処理（露光処理）を開始する。但し、全黒パターンの投影期間中は、カメラ 5 に対し光が入射しないため、撮像素子に電荷が蓄積されることはない。
- [0063] 制御装置 6 は、上記全黒パターン投影期間（全黒パターン生成処理）の終了後、1 回目の縞パターン生成処理を実行する。具体的には、DMD 4 b を駆動制御して、位相の異なる 4 通りの縞パターンのうちの 1 つ目の縞パターン（位相「0°」のパターン 1）の生成処理を所定数フレーム分（図 5 の例では 2 フレーム分）実行する。これにより、所定数フレームの間、プリント基板 2 に対して 1 つ目の縞パターンが投影された状態となる。尚、この間、カメラ 5 による 1 回目の撮像処理は継続して実行されている。
- [0064] 制御装置 6 は、1 回目の縞パターン投影期間（縞パターン生成処理）の終了後、上記同様の 1 フレーム分の全黒パターン生成処理を実行し、プリント基板 2 に対して全黒パターンが投影された状態とする。
- [0065] そして、この全黒パターン投影期間中の所定のタイミングにおいて、1 回目の撮像処理を終了すると共に、2 回目の撮像処理を開始する。尚、カメラ 5 により撮像され取得された画像データは、各撮像処理の終了後、画像データ記憶装置 2 4 へ転送され記憶される。

[0066] 制御装置 6 は、上記全黒パターン投影期間（全黒パターン生成処理）の終了後、2 回目の縞パターン生成処理を実行する。具体的には、DMD 4 b を駆動制御して、2 つ目の縞パターン（位相「 90° 」のパターン 2）の生成処理を所定数フレーム分（図 5 の例では 2 フレーム分）実行する。これにより、所定数フレームの間、プリント基板 2 に対して 2 つ目の縞パターンが投影された状態となる。尚、この間、カメラ 5 による 2 回目の撮像処理は継続して実行されている。

[0067] 制御装置 6 は、2 回目の縞パターン投影期間（縞パターン生成処理）の終了後、上記同様の 1 フレーム分の全黒パターン生成処理を実行し、プリント基板 2 に対して全黒パターンが投影された状態とする。そして、この全黒パターン投影期間中の所定のタイミングにおいて、2 回目の撮像処理を終了すると共に、3 回目の撮像処理を開始する。

[0068] 制御装置 6 は、上記全黒パターン投影期間（全黒パターン生成処理）の終了後、3 回目の縞パターン生成処理を実行する。具体的には、DMD 4 b を駆動制御して、3 つ目の縞パターン（位相「 180° 」のパターン 3）の生成処理を所定数フレーム分（図 5 の例では 2 フレーム分）実行する。これにより、所定数フレームの間、プリント基板 2 に対して 3 つ目の縞パターンが投影された状態となる。尚、この間、カメラ 5 による 3 回目の撮像処理は継続して実行されている。

[0069] 制御装置 6 は、3 回目の縞パターン投影期間（縞パターン生成処理）の終了後、上記同様の 1 フレーム分の全黒パターン生成処理を実行し、プリント基板 2 に対して全黒パターンが投影された状態とする。そして、この全黒パターン投影期間中の所定のタイミングにおいて、3 回目の撮像処理を終了すると共に、4 回目の撮像処理を開始する。

[0070] 制御装置 6 は、上記全黒パターン投影期間（全黒パターン生成処理）の終了後、4 回目の縞パターン生成処理を実行する。具体的には、DMD 4 b を駆動制御して、4 つ目の縞パターン（位相「 270° 」のパターン 4）の生成処理を所定数フレーム分（図 5 の例では 2 フレーム分）実行する。これに

より、所定数フレームの間、プリント基板 2 に対して 4 つ目の縞パターンが投影された状態となる。尚、この間、カメラ 5 による 4 回目の撮像処理は継続して実行されている。

[0071] 制御装置 6 は、4 回目の縞パターン投影期間（縞パターン生成処理）の終了後、上記同様の 1 フレーム分の全黒パターン生成処理を実行し、プリント基板 2 に対して全黒パターンが投影された状態とする。そして、この全黒パターン投影期間中の所定のタイミングにおいて、4 回目の撮像処理を終了する。また、この全黒パターン投影期間中の所定のタイミングにおいて、光源 4 a の点灯処理を終了する（図 5 の例では、4 回目の撮像処理の終了後）。

[0072] このように、上記 4 回の画像取得処理を行うことにより、所定の検査エリアにつき三次元計測を行う上で必要な光強度分布の異なる 4 通りの画像データが取得される。

[0073] 続いて、制御装置 6 は、上記のように取得した 4 通りの画像データ（各画素の輝度値）を基に、背景技術においても説明した公知の位相シフト法により三次元計測（高さ計測）を行い、かかる計測結果を演算結果記憶装置 2 5 に記憶する。

[0074] 次に、制御装置 6 は、三次元計測結果（各座標における高さデータ）に基づき、クリーム半田の良否判定処理を行う。具体的に、制御装置 6 は、上記のように得られた検査エリアの計測結果に基づいて、基準面より高くなったクリーム半田の印刷範囲を検出し、この範囲内での各部位の高さを積分することにより、印刷されたクリーム半田の量を算出する。

[0075] 続いて、制御装置 6 は、このようにして求めたクリーム半田の位置、面積、高さ又は量等のデータを、予め設定データ記憶装置 2 6 に記憶されている基準データ（ガーバデータなど）と比較判定し、この比較結果が許容範囲内にあるか否かによって、その検査エリアにおけるクリーム半田の印刷状態の良否を判定する。

[0076] かかる処理が行われている間に、制御装置 6 は、モータ 1 5, 1 6 を駆動制御してプリント基板 2 を次の検査エリアへと移動せしめ、以降、上記一連

の処理が、全ての検査エリアで繰り返し行われることで、プリント基板 2 全体の検査が終了する。

[0077] 以上詳述したように、本実施形態によれば、DMD 4 b を用いてプリント基板 2 に対し縞パターンを投影しており、縞パターンの中間階調をより正確に表現することができるため、投影する縞パターンをより理想的な正弦波状の光強度分布に近づけることができる。結果として、位相シフト法を利用した三次元計測を行う上で、より精度の良い画像データを取得することができる。

[0078] さらに、本実施形態では、所定数フレーム分の縞パターン投影期間の前後に 1 フレーム分の全黒パターン投影期間を設定すると共に、該全黒パターン投影期間中にカメラ 5 による撮像処理を開始及び終了させている。全黒パターン投影期間は、カメラ 5 に対し光が入射せず、撮像素子に電荷が蓄積されないため、所定数フレーム分の縞パターン投影期間に投影された光だけを撮像することができる。

[0079] これにより、DMD 4 b の各画素がフレーム単位で表現している光の輝度（デューティ比に則した階調）が、カメラ 5 により取得した画像データに適切に反映されることとなる。結果として、位相シフト法を利用した三次元計測における計測精度の低下抑制を図ることができる。

[0080] [第 2 実施形態]

次に第 2 実施形態について図 6 を参照して詳しく説明する。図 6 は、本実施形態に係る投影装置 4 及びカメラ 5 の処理動作を説明するためのタイミングチャートである。尚、上述した第 1 実施形態と重複する部分については、同一の部材名称、同一の符号を用いる等してその詳細な説明を省略するとともに、以下には第 1 実施形態と相違する部分を中心として説明することとする。

[0081] 本実施形態に係る各検査エリアの検査ルーチンでは、まずモータ 15, 16 を駆動制御してプリント基板 2 を移動させ、カメラ 5 の視野（撮像範囲）をプリント基板 2 上の所定の検査エリアに合わせる。

- [0082] 続いて、制御装置 6 は、クロック信号等に基づき所定のタイミングで 1 フレーム分の不使用のインターバル期間の設定処理を実行する。ここで、不使用とは、プリント基板 2 に対し何らかの光学像が投影されるか否かに拘わらず、画像データの取得に用いないことを意味する。
- [0083] このインターバル期間中の所定のタイミングにおいて、光源 4 a の点灯処理を開始する。尚、本実施形態では、1 つの検査エリアに係る 4 回の撮像処理が終了するまでの間、光源 4 a の点灯期間が継続する。
- [0084] 制御装置 6 は、上記インターバル期間の終了後、1 回目の縞パターン生成処理を実行する。具体的には、DMD 4 b を駆動制御して、位相の異なる 4 通りの縞パターンのうちの 1 つ目の縞パターン（位相「 0° 」のパターン 1）の生成処理を所定数フレーム分（図 6 の例では 2 フレーム分）実行する。これにより、所定数フレームの間、プリント基板 2 に対して 1 つ目の縞パターンが投影された状態となる。
- [0085] また、制御装置 6 は、この縞パターン投影期間の最初のフレームの開始タイミングに同期して、カメラ 5 による 1 回目の撮像処理を開始する。そして、縞パターン投影期間の最後のフレームの終了タイミングに同期して 1 回目の撮像処理を終了する。尚、この間、1 回目の撮像処理は継続して実行される。
- [0086] 制御装置 6 は、1 回目の縞パターン生成処理及び撮像処理の終了と同時に、上記同様の 1 フレーム分のインターバル期間の設定処理を実行する。
- [0087] 制御装置 6 は、上記インターバル期間の終了後、2 回目の縞パターン生成処理を実行する。具体的には、DMD 4 b を駆動制御して、2 つ目の縞パターン（位相「 90° 」のパターン 2）の生成処理を所定数フレーム分（図 6 の例では 2 フレーム分）実行する。これにより、所定数フレームの間、プリント基板 2 に対して 2 つ目の縞パターンが投影された状態となる
- また、制御装置 6 は、この縞パターン投影期間の最初のフレームの開始タイミングに同期して、カメラ 5 による 2 回目の撮像処理を開始する。そして、縞パターン投影期間の最後のフレームの終了タイミングに同期して 2 回目

の撮像処理を終了する。尚、この間、2回目の撮像処理は継続して実行される。

[0088] 制御装置6は、2回目の縞パターン生成処理及び撮像処理の終了と同時に、上記同様の1フレーム分のインターバル期間の設定処理を実行する。

[0089] 制御装置6は、上記インターバル期間の終了後、3回目の縞パターン生成処理を実行する。具体的には、DMD4bを駆動制御して、3つ目の縞パターン（位相「180°」のパターン3）の生成処理を所定数フレーム分（図6の例では2フレーム分）実行する。これにより、所定数フレームの間、プリント基板2に対して3つ目の縞パターンが投影された状態となる

また、制御装置6は、この縞パターン投影期間の最初のフレームの開始タイミングに同期して、カメラ5による3回目の撮像処理を開始する。そして、縞パターン投影期間の最後のフレームの終了タイミングに同期して3回目の撮像処理を終了する。尚、この間、3回目の撮像処理は継続して実行される。

[0090] 制御装置6は、3回目の縞パターン生成処理及び撮像処理の終了と同時に、上記同様の1フレーム分のインターバル期間の設定処理を実行する。

[0091] 制御装置6は、上記インターバル期間の終了後、4回目の縞パターン生成処理を実行する。具体的には、DMD4bを駆動制御して、4つ目の縞パターン（位相「270°」のパターン4）の生成処理を所定数フレーム分（図6の例では2フレーム分）実行する。これにより、所定数フレームの間、プリント基板2に対して4つ目の縞パターンが投影された状態となる

また、制御装置6は、この縞パターン投影期間の最初のフレームの開始タイミングに同期して、カメラ5による4回目の撮像処理を開始する。そして、縞パターン投影期間の最後のフレームの終了タイミングに同期して4回目の撮像処理を終了する。尚、この間、4回目の撮像処理は継続して実行される。

[0092] 制御装置6は、4回目の縞パターン生成処理及び撮像処理の終了と同時に、上記同様の1フレーム分のインターバル期間の設定処理を実行する。そし

て、このインターバル期間中の所定のタイミングにおいて、光源 4 a の点灯処理を終了する。

[0093] 以上詳述したように、本実施形態によれば、DMD 4 b のフレームの切替えタイミングに同期して撮像処理を開始及び終了させている。結果として、上記第 1 実施形態と同様の作用効果が奏される。

[0094] 〔第 3 実施形態〕

次に第 3 実施形態について図 7 を参照して詳しく説明する。図 7 は、本実施形態に係る投影装置 4 及びカメラ 5 の処理動作を説明するためのタイミングチャートである。尚、上述した第 1, 2 実施形態と重複する部分については、同一の部材名称、同一の符号を用いる等してその詳細な説明を省略するとともに、以下には第 1, 2 実施形態と相違する部分を中心として説明することとする。

[0095] 本実施形態に係る各検査エリアの検査ルーチンでは、まずモータ 15, 16 を駆動制御してプリント基板 2 を移動させ、カメラ 5 の視野（撮像範囲）をプリント基板 2 上の所定の検査エリアに合わせる。

[0096] 続いて、制御装置 6 は、クロック信号等に基づき所定のタイミングで 1 フレーム分の不使用のインターバル期間の設定処理を実行する。ここで、不使用とは、縞パターンの投影に用いないことを意味する。

[0097] このインターバル期間中の所定のタイミングにおいて、カメラ 5 を駆動制御して 1 回目の撮像処理（露光処理）を開始する。但し、インターバル期間中は、カメラ 5 に対し光が入射しないため、撮像素子に電荷が蓄積されることはない。

[0098] 制御装置 6 は、上記インターバル期間の終了後、1 回目の縞パターン生成処理を実行する。具体的には、DMD 4 b を駆動制御して、位相の異なる 4 通りの縞パターンのうちの 1 つ目の縞パターン（位相「0°」のパターン 1）の生成処理を所定数フレーム分（図 7 の例では 2 フレーム分）実行する。

[0099] また、制御装置 6 は、この縞パターン生成処理の最初のフレームの開始タイミングに同期して、光源 4 a の 1 回目の点灯処理を開始する。そして、縞

パターン生成処理の最後のフレームの終了タイミングに同期して光源 4 a の 1 回目の点灯処理を終了する。これにより、所定数フレームの間、プリント基板 2 に対して 1 つ目の縞パターンが投影された状態となる。

[0100] 制御装置 6 は、1 回目の縞パターン投影期間（縞パターン生成処理及び点灯処理）の終了と同時に、上記同様の 1 フレーム分のインターバル期間の設定処理を実行する。そして、このインターバル期間中の所定のタイミングにおいて、1 回目の撮像処理を終了すると共に、2 回目の撮像処理を開始する。

[0101] 制御装置 6 は、上記インターバル期間の終了後、2 回目の縞パターン生成処理を実行する。具体的には、DMD 4 b を駆動制御して、2 つ目の縞パターン（位相「 90° 」のパターン 2）の生成処理を所定数フレーム分（図 7 の例では 2 フレーム分）実行する。

[0102] また、制御装置 6 は、この縞パターン生成処理の最初のフレームの開始タイミングに同期して、光源 4 a の 2 回目の点灯処理を開始する。そして、縞パターン生成処理の最後のフレームの終了タイミングに同期して光源 4 a の 2 回目の点灯処理を終了する。これにより、所定数フレームの間、プリント基板 2 に対して 2 つ目の縞パターンが投影された状態となる。

[0103] 制御装置 6 は、2 回目の縞パターン投影期間（縞パターン生成処理及び点灯処理）の終了と同時に、上記同様の 1 フレーム分のインターバル期間の設定処理を実行する。そして、このインターバル期間中の所定のタイミングにおいて、2 回目の撮像処理を終了すると共に、3 回目の撮像処理を開始する。

[0104] 制御装置 6 は、上記インターバル期間の終了後、3 回目の縞パターン生成処理を実行する。具体的には、DMD 4 b を駆動制御して、3 つ目の縞パターン（位相「 180° 」のパターン 3）の生成処理を所定数フレーム分（図 7 の例では 2 フレーム分）実行する。

[0105] また、制御装置 6 は、この縞パターン生成処理の最初のフレームの開始タイミングに同期して、光源 4 a の 3 回目の点灯処理を開始する。そして、縞

パターン生成処理の最後のフレームの終了タイミングに同期して光源 4 a の 3 回目の点灯処理を終了する。これにより、所定数フレームの間、プリント基板 2 に対して 3 つ目の縞パターンが投影された状態となる。

[0106] 制御装置 6 は、3 回目の縞パターン投影期間（縞パターン生成処理及び点灯処理）の終了と同時に、上記同様の 1 フレーム分のインターバル期間の設定処理を実行する。そして、このインターバル期間中の所定のタイミングにおいて、3 回目の撮像処理を終了すると共に、4 回目の撮像処理を開始する。

[0107] 制御装置 6 は、上記インターバル期間の終了後、4 回目の縞パターン生成処理を実行する。具体的には、DMD 4 b を駆動制御して、4 つ目の縞パターン（位相「 270° 」のパターン 4）の生成処理を所定数フレーム分（図 7 の例では 2 フレーム分）実行する。

[0108] また、制御装置 6 は、この縞パターン生成処理の最初のフレームの開始タイミングに同期して、光源 4 a の 4 回目の点灯処理を開始する。そして、縞パターン生成処理の最後のフレームの終了タイミングに同期して光源 4 a の 4 回目の点灯処理を終了する。これにより、所定数フレームの間、プリント基板 2 に対して 4 つ目の縞パターンが投影された状態となる。

[0109] 制御装置 6 は、4 回目の縞パターン投影期間（縞パターン生成処理及び点灯処理）の終了と同時に、上記同様の 1 フレーム分のインターバル期間の設定処理を実行する。そして、このインターバル期間中の所定のタイミングにおいて、4 回目の撮像処理を終了する。

[0110] 以上詳述したように、本実施形態によれば、DMD 4 b のフレームの切替えタイミングに同期して光源 4 a の点灯処理を開始及び終了させている。これにより、所定数フレーム分の縞パターン投影期間の間しかプリント基板 2 に対し光が投射されないため、撮像処理の開始及び終了タイミングによらず、所定数フレーム分の縞パターン投影期間に投影された光だけを撮像することができる。結果として、上記第 1，2 実施形態と同様の作用効果が奏される。

- [0111] 尚、上記実施形態の記載内容に限定されず、例えば次のように実施してもよい。勿論、以下において例示しない他の応用例、変更例も当然可能である。
- [0112] (a) 上記各実施形態では、三次元計測装置を、プリント基板2に印刷されたクリーム半田の印刷状態を検査する基板検査装置1（半田印刷検査装置）に具体化した。これに限らず、例えばプリント基板上に塗布された接着剤や、プリント基板上に実装された電子部品、ウエハ基板に形成された半田バンプなど、他の対象を計測する構成に具体化してもよい。
- [0113] (b) 上記各実施形態では、位相シフト法による三次元計測を行う上で、縞パターンの位相が 90° ずつ異なる4通りの画像データを取得する構成となっているが、位相シフト回数及び位相シフト量は、これらに限定されるものではない。位相シフト法により三次元計測可能な他の位相シフト回数及び位相シフト量を採用してもよい。
- [0114] 例えば位相が 120° （又は 90° ）ずつ異なる3通りの画像データを取得して三次元計測を行う構成としてもよいし、位相が 180° （又は 90° ）ずつ異なる2通りの画像データを取得して三次元計測を行う構成としてもよい。
- [0115] (c) 上記各実施形態では、位相シフト法により三次元計測を行う構成となっているが、これに限らず、例えば空間コード法など、他のパターン投影法（三次元計測法）を採用することとしてもよい。但し、クリーム半田など小さな計測対象を計測する場合には、位相シフト法など、計測精度の高い計測方法を採用することがより好ましい。
- [0116] (d) 基板検査装置1の構成は上記実施形態に限定されるものではない。例えば上記各実施形態では、モータ15、16を駆動制御してプリント基板2を移動させ、カメラ5の視野（撮像範囲）をプリント基板2上の所定の検査エリアに合わせる構成となっている。これに限らず、例えばプリント基板2を固定した状態で、投影装置4及びカメラ5からなる検査ヘッドを移動させ、プリント基板2上の所定の検査エリアに合わせる構成としてもよい。

- [0117] (e) 投影装置 4 に係る構成は上記各実施形態に限定されるものではない。例えば上記実施形態では、反射型光変調素子として DMD 4 b を採用しているが、これに代えて、例えば反射型液晶素子 (L C O S : Liquid Crystal On Silicon) など、他のものを採用してもよい。
- [0118] また、DMD 4 b に係る画素数、階調数、フレームレート、マイクロミラー 4 1 の二次元配列構成、マイクロミラー 4 1 の揺動軸 4 1 a の向き、マイクロミラー 4 1 の傾斜角度などは上記各実施形態に限定されず、他の構成を採用してもよい。
- [0119] また、上記各実施形態では、DMD 4 b における各マイクロミラー 4 1 の 1 フレーム期間中におけるオン状態にある時間割合 (デューティ比) を変化させる方法として、パルス幅変調 (PWM) を例示しているが、これに限らず、例えば各マイクロミラー 4 1 の 1 フレーム期間中におけるオン状態にある回数を調整するパルス密度変調 (PDM) 等を採用してもよい。
- [0120] (f) 光源 4 a の点灯処理の開始タイミング及び終了タイミング、並びに、カメラ 5 の撮像処理の開始タイミング及び終了タイミングは、上記実施形態に限定されるものではない。
- [0121] 例えば上記第 1 及び第 2 実施形態においては、1 つの検査エリアに係る 4 回の撮像処理が終了するまでの間、光源 4 a の点灯期間が継続する構成となっているが、これに限らず、縞パターン投影期間の前後 (全黒パターン投影期間中又はインターバル期間中) に一旦、光源 4 a を消灯する構成としてもよい。
- [0122] さらに、かかる構成の下、第 1 実施形態においては、縞パターン投影期間前の全黒パターン投影期間中において、光源 4 a の点灯処理の開始タイミングと、カメラ 5 の撮像処理の開始タイミングとを同期させる、及び／又は、縞パターン投影期間後の全黒パターン投影期間中において、光源 4 a の点灯処理の終了タイミングと、カメラ 5 の撮像処理の開始タイミングとを同期させる構成としてもよい。
- [0123] また、上記第 1 実施形態と第 2 実施形態とを組み合わせた構成としてもよ

い。具体的には、カメラ 5 による撮像処理の開始又は終了の一方については、縞パターン投影期間前又は後の全黒パターン投影期間中に行われ、他方については縞パターン投影期間前又は後の DMD 4 b のフレームの切替えタイミングに同期して行われる構成としてもよい。

[0124] また、上記第 3 実施形態において、縞パターン投影期間（DMD 4 b の縞パターン生成処理、及び、光源 4 a の点灯処理）の最初のフレームの開始タイミングに同期してカメラ 5 の撮像処理を開始する、及び／又は、縞パターン投影期間の最後のフレームの終了タイミングに同期してカメラ 5 の撮像処理を終了する構成としてもよい。

符号の説明

[0125] 1…基板検査装置、2…プリント基板、4…投影装置、4 a…光源、4 b…デジタル・マイクロミラー・デバイス（DMD）、5…カメラ、6…制御装置、4 c…投影レンズ、4 1…マイクロミラー、4 1 a…揺動軸。

請求の範囲

[請求項1]

所定の光を発する光源、及び、該光源からの光を所定の縞パターンに変換可能な反射型光変調素子を有し、単位時間あたり所定のフレーム数で前記縞パターンを被計測物に対し投影可能な投影手段と、

少なくとも前記縞パターンの投影された前記被計測物を撮像可能な撮像手段と、

前記投影手段及び前記撮像手段を制御し、複数通りの縞パターンを順次投影し撮像することにより、光強度分布の異なる複数の画像データを取得可能な画像取得手段と、

前記画像取得手段により取得された複数の画像データを基に前記被計測物の三次元計測を実行可能な画像処理手段とを備え、

前記反射型光変調素子は、

前記光源から入射した光を前記被計測物に対し投射可能なように反射させる第1の状態と、前記第1の状態とは異なる第2の状態とに択一的に切替え可能な複数の画素が二次元配列された構成を有すると共に、

前記画素毎の1フレーム期間中における前記第1の状態にある割合を変化させることにより前記縞パターンを生成可能に構成され、

前記画像取得手段は、

前記複数の画像データのうちの1つの画像データを取得する上で、

前記複数通りの縞パターンのうちの1通りの縞パターンに係る所定数フレーム分の縞パターン投影期間を少なくとも含む所定期間において連続して撮像を行う撮像処理を実行可能に構成され、

前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の前後に、所定の全黒パターンを投影可能な少なくとも1フレーム分の全黒パターン投影期間を設定し、

前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間前の前記全黒パターン投影期間中に前記撮像処理を開始し、かつ、前記所定数フレーム分の

縞パターン投影期間後の前記全黒パターン投影期間中に前記撮像処理を終了することを特徴とする三次元計測装置。

[請求項2]

所定の光を発する光源、及び、該光源からの光を所定の縞パターンに変換可能な反射型光変調素子を有し、単位時間あたり所定のフレーム数で前記縞パターンを被計測物に対し投影可能な投影手段と、

少なくとも前記縞パターンの投影された前記被計測物を撮像可能な撮像手段と、

前記投影手段及び前記撮像手段を制御し、複数通りの縞パターンを順次投影し撮像することにより、光強度分布の異なる複数の画像データを取得可能な画像取得手段と、

前記画像取得手段により取得された複数の画像データを基に前記被計測物の三次元計測を実行可能な画像処理手段とを備え、

前記反射型光変調素子は、

前記光源から入射した光を前記被計測物に対し投射可能なように反射させる第1の状態と、前記第1の状態とは異なる第2の状態とに択一的に切替え可能な複数の画素が二次元配列された構成を有すると共に、

前記画素毎の1フレーム期間中における前記第1の状態にある割合を変化させることにより前記縞パターンを生成可能に構成され、

前記画像取得手段は、

前記複数の画像データのうちの1つの画像データを取得する上で、

前記複数通りの縞パターンのうちの1通りの縞パターンに係る所定数フレーム分の縞パターン投影期間を少なくとも含む所定期間において連続して撮像を行う撮像処理を実行可能に構成され、

前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の最初のフレームの開始タイミングに同期して前記撮像処理を開始し、かつ、前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の最後のフレームの終了タイミングに同期して前記撮像処理を終了することを特徴とする三次元計測装置。

- [請求項3] 所定の光を発する光源、及び、該光源からの光を所定の縞パターンに変換可能な反射型光変調素子を有し、単位時間あたり所定のフレーム数で前記縞パターンを被計測物に対し投影可能な投影手段と、
- 少なくとも前記縞パターンの投影された前記被計測物を撮像可能な撮像手段と、
- 前記投影手段及び前記撮像手段を制御し、複数通りの縞パターンを順次投影し撮像することにより、光強度分布の異なる複数の画像データを取得可能な画像取得手段と、
- 前記画像取得手段により取得された複数の画像データを基に前記被計測物の三次元計測を実行可能な画像処理手段とを備え、
- 前記反射型光変調素子は、
- 前記光源から入射した光を前記被計測物に対し投射可能なように反射させる第1の状態と、前記第1の状態とは異なる第2の状態とに択一的に切替え可能な複数の画素が二次元配列された構成を有すると共に、
- 前記画素毎の1フレーム期間中における前記第1の状態にある割合を変化させることにより前記縞パターンを生成可能に構成され、
- 前記画像取得手段は、
- 前記複数の画像データのうちの1つの画像データを取得する上で、
- 前記複数通りの縞パターンのうちの1通りの縞パターンに係る所定数フレーム分の縞パターン投影期間を少なくとも含む所定期間において連続して撮像を行う撮像処理を実行可能に構成され、
- 前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の前後の少なくとも一方に、所定の全黒パターンを投影可能な少なくとも1フレーム分の全黒パターン投影期間を設定可能に構成され、
- 前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間前の前記全黒パターン投影期間中に前記撮像処理を開始し、又は、前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の最初のフレームの開始タイミングに同期して前

記撮像処理を開始し、

かつ、

前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間後の前記全黒パターン投影期間中に前記撮像処理を終了し、又は、前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の最後のフレームの終了タイミングに同期して前記撮像処理を終了することを特徴とする三次元計測装置。

[請求項4]

所定の光を発する光源、及び、該光源からの光を所定の縞パターンに変換可能な反射型光変調素子を有し、単位時間あたり所定のフレーム数で前記縞パターンを被計測物に対し投影可能な投影手段と、

少なくとも前記縞パターンの投影された前記被計測物を撮像可能な撮像手段と、

前記投影手段及び前記撮像手段を制御し、複数通りの縞パターンを順次投影し撮像することにより、光強度分布の異なる複数の画像データを取得可能な画像取得手段と、

前記画像取得手段により取得された複数の画像データを基に前記被計測物の三次元計測を実行可能な画像処理手段とを備え、

前記反射型光変調素子は、

前記光源から入射した光を前記被計測物に対し投射可能なように反射させる第1の状態と、前記第1の状態とは異なる第2の状態とに択一的に切替え可能な複数の画素が二次元配列された構成を有すると共に、

前記画素毎の1フレーム期間中における前記第1の状態にある割合を変化させることにより前記縞パターンを生成可能に構成され、

前記画像取得手段は、

前記複数の画像データのうちの1つの画像データを取得する上で、

前記複数通りの縞パターンのうちの1通りの縞パターンに係る所定数フレーム分の縞パターン投影期間を少なくとも含む所定期間において連続して撮像を行う撮像処理を実行可能に構成され、

前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の最初のフレームの開始タイミングに同期して前記光源の点灯処理を開始し、

かつ、

前記所定数フレーム分の縞パターン投影期間の最後のフレームの終了タイミングに同期して前記光源の点灯処理を終了することを特徴とする三次元計測装置。

[請求項5]

前記反射型光変調素子は、前記画素として、前記光源から入射した光を前記被計測物に対し投射可能なように反射させる第1の傾斜状態と、前記第1の傾斜状態とは異なる第2の傾斜状態とに択一的に所定軸を中心に揺動変位可能な可動ミラーを備えたデジタル・マイクロミラー・デバイス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]

前記反射型光変調素子は、前記縞パターンとして、正弦波状の光強度分布を有する光パターンを生成可能に構成され、

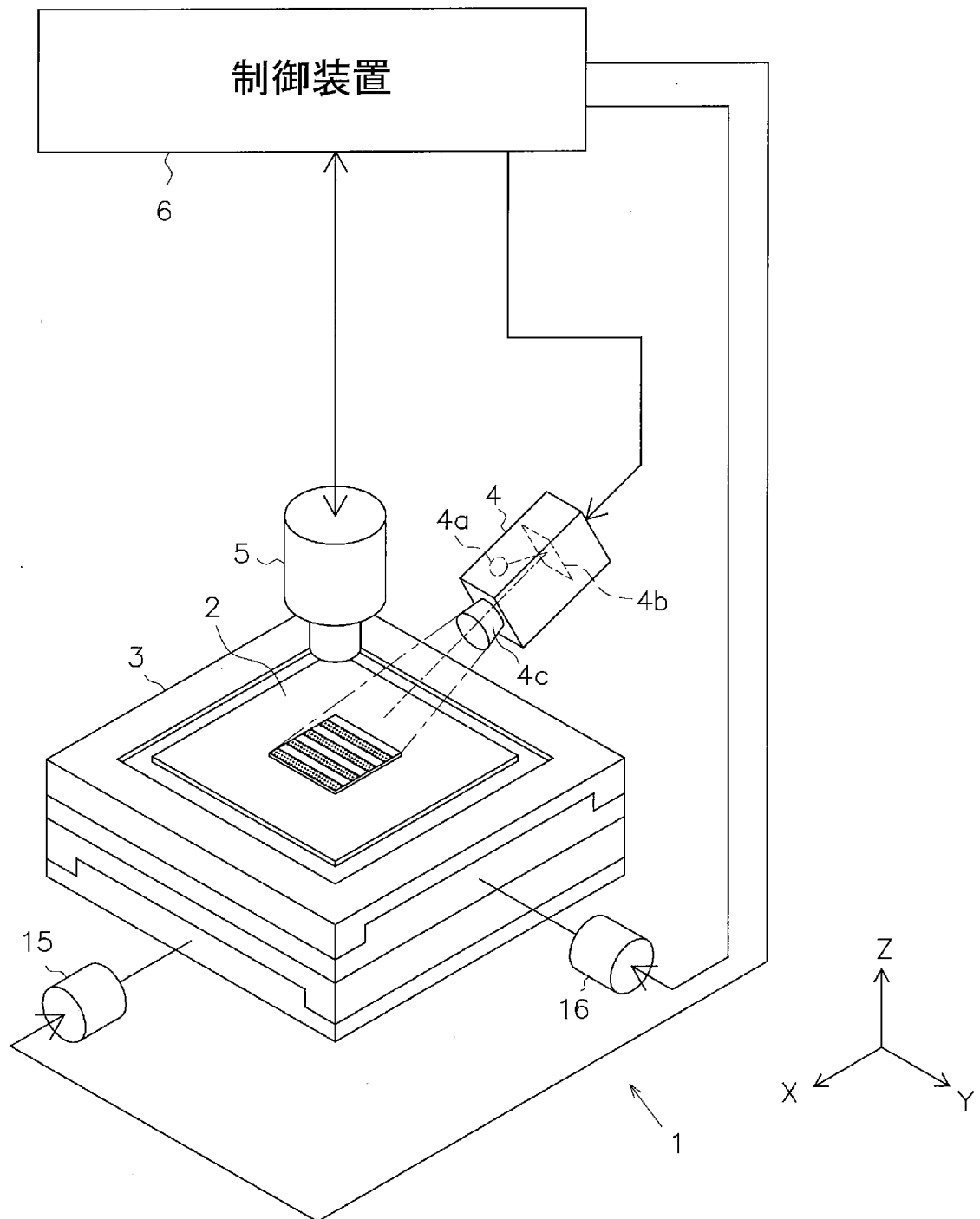
前記画像取得手段は、位相の異なる複数通りの縞パターンを順次投影し撮像することにより、光強度分布の異なる複数の画像データを取得可能に構成され、

前記画像処理手段は、前記画像取得手段により取得された複数の画像データを基に位相シフト法により前記被計測物の三次元計測を実行可能に構成されてい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。

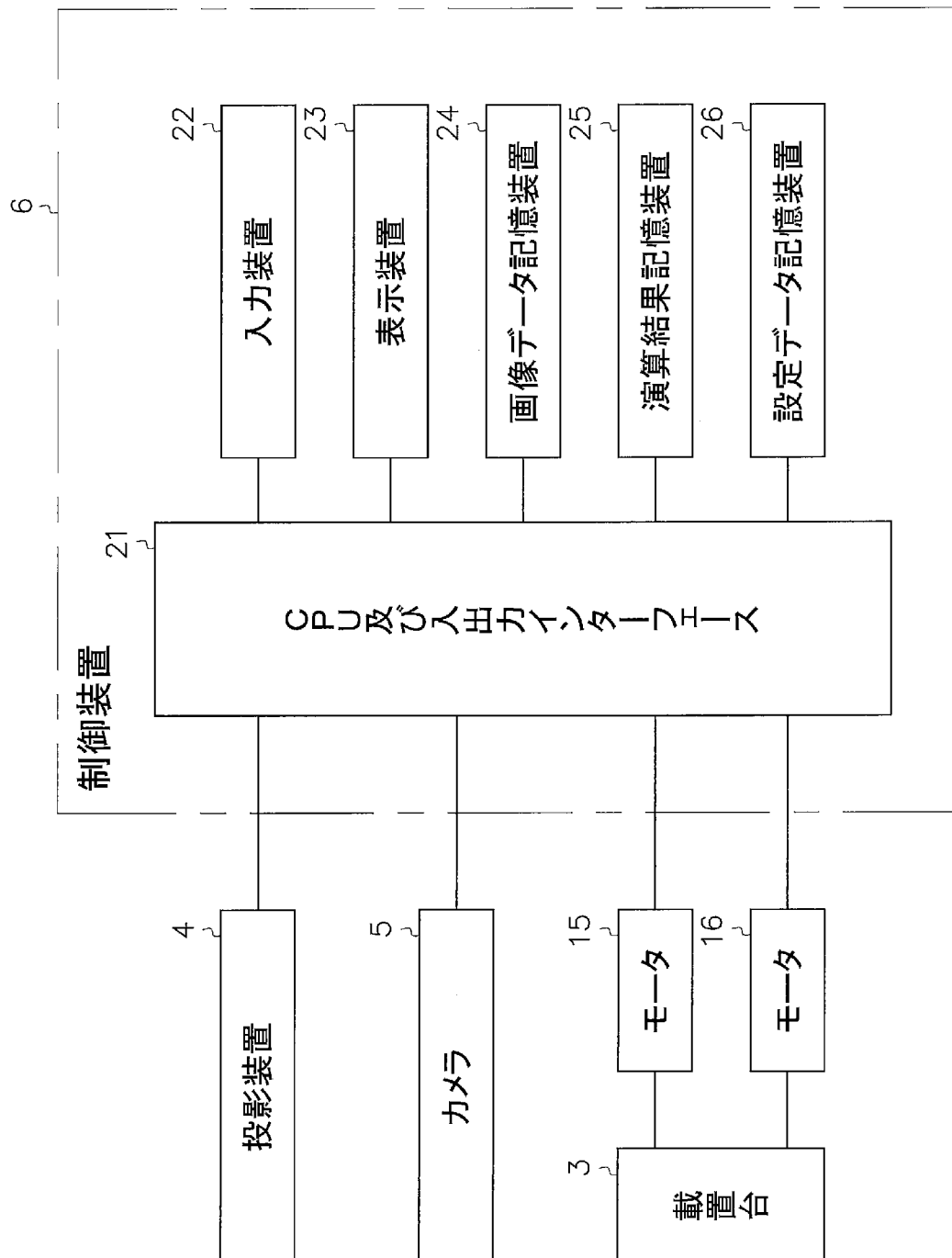
[請求項7]

前記被計測物は、クリーム半田が印刷されたプリント基板であること、又は、接着剤が塗布されたプリント基板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。

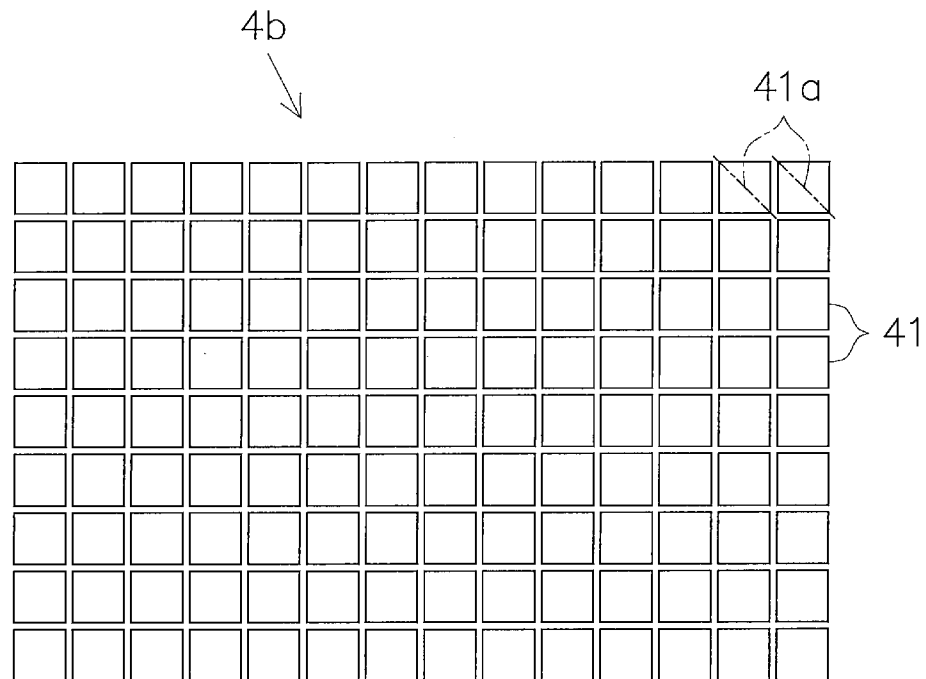
[図1]



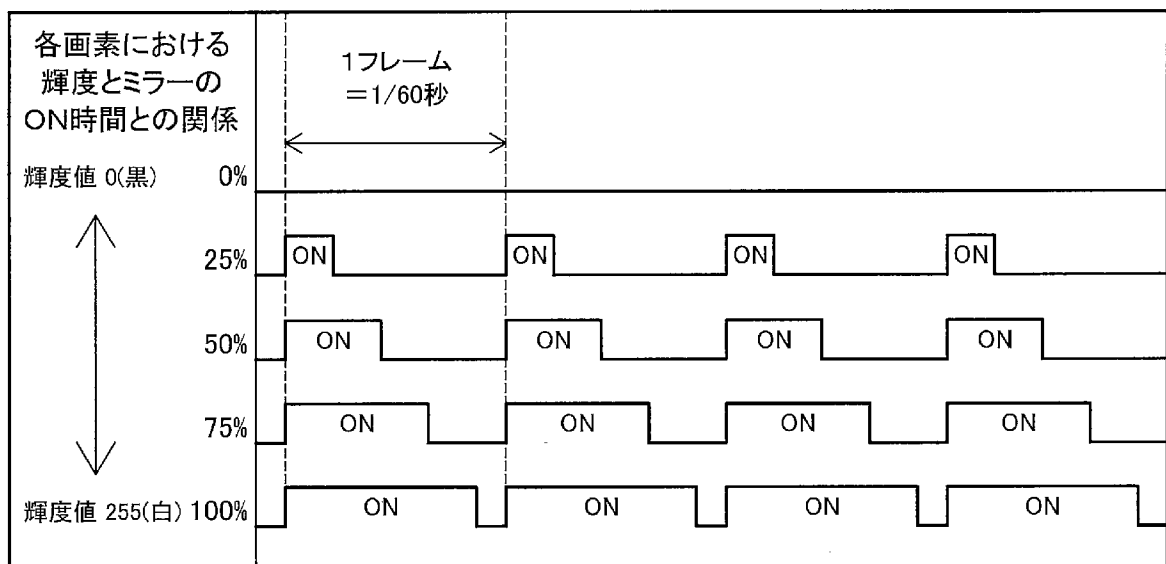
[図2]



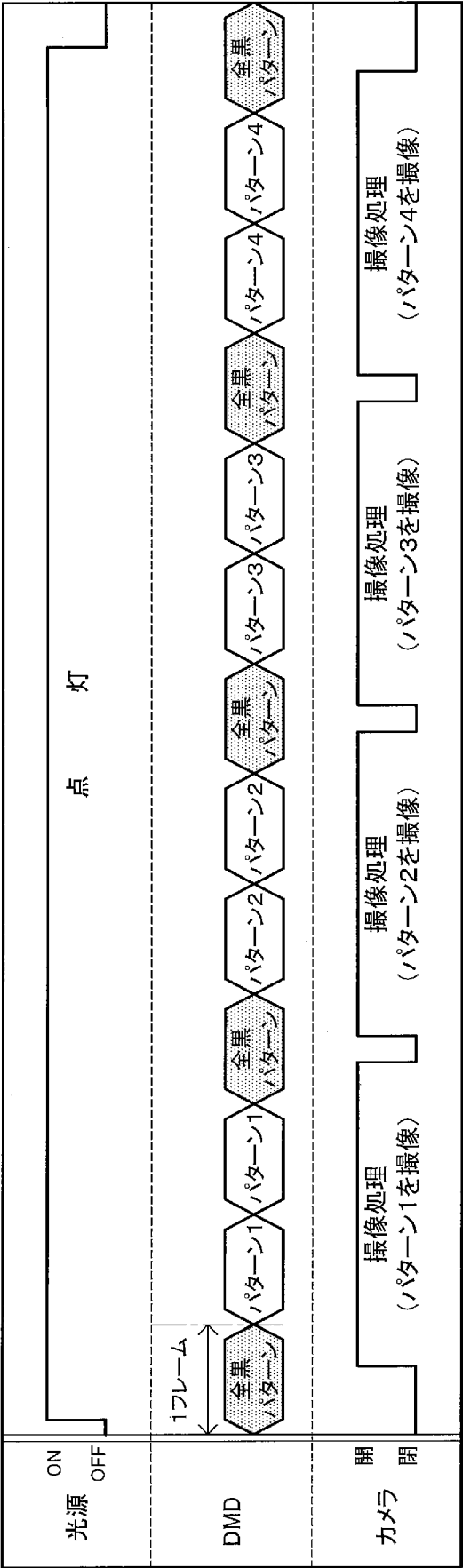
[図3]



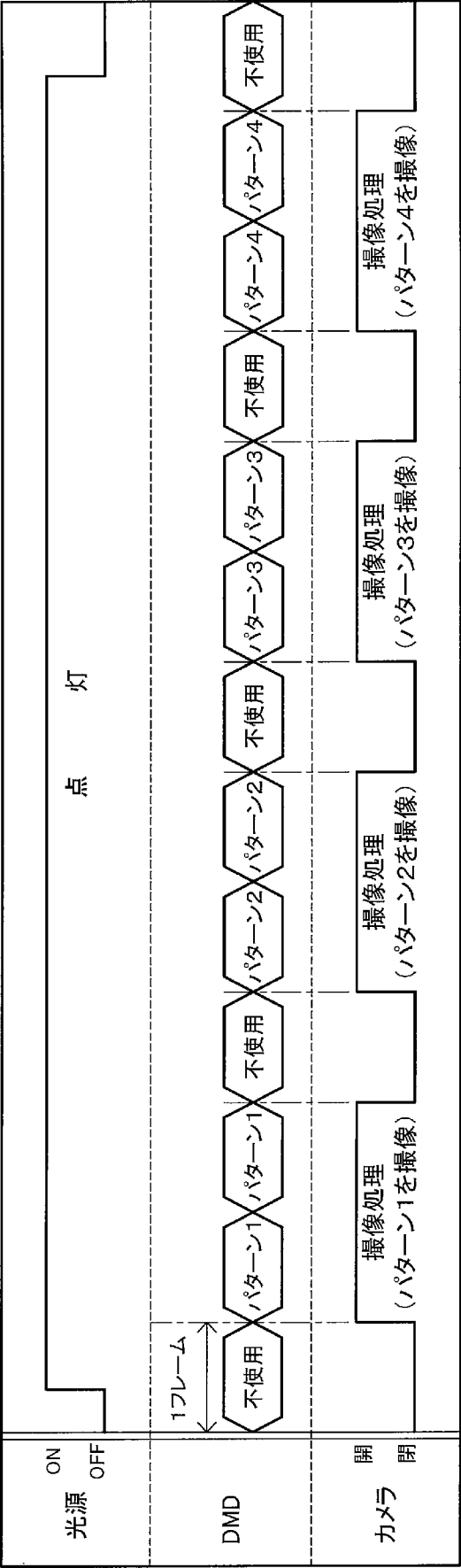
[図4]



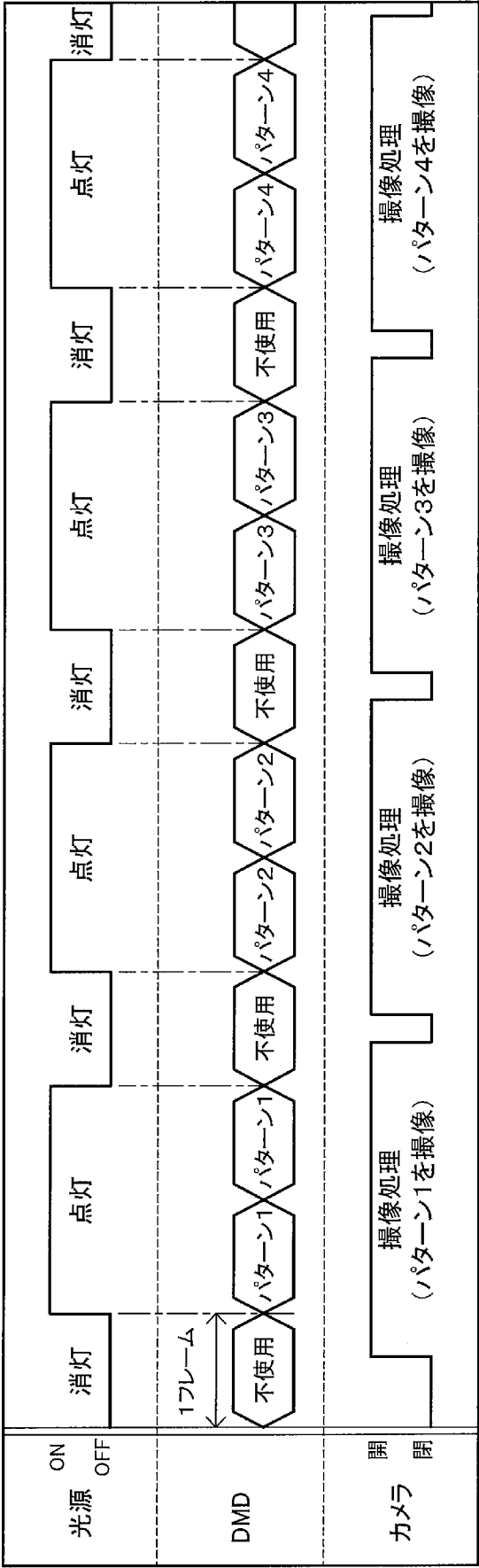
[図5]



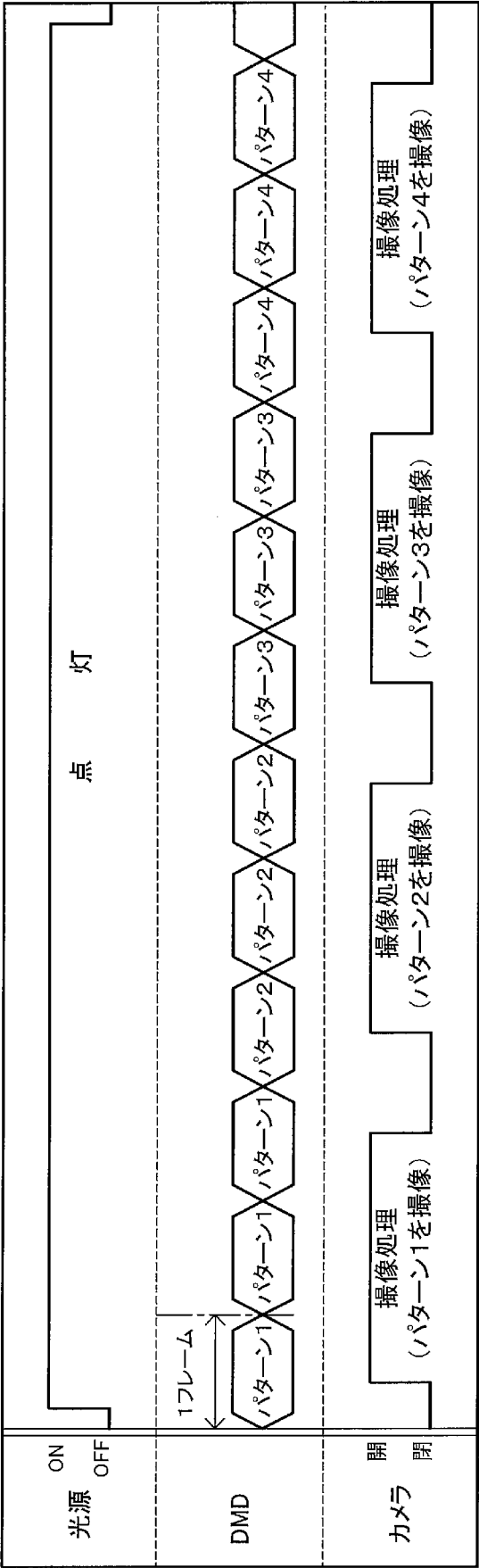
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/030703

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B11/25(2006.01) i, G01N21/956(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)

G01B11/25, G01N21/956

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

G01B11/00-11/30

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2014-032159 A (Canon Inc.), 20 February 2014 (20.02.2014), paragraphs [0014] to [0042]; fig. 2 to 3 (Family: none)	2-7 1
Y	JP 2006-292385 A (Hiroshima University), 26 October 2006 (26.10.2006), paragraphs [0001] to [0013], [0069] to [0074] (Family: none)	2-7
Y	JP 2013-120093 A (Canon Inc.), 17 June 2013 (17.06.2013), paragraphs [0036] to [0037]; fig. 8 & US 2013/0141569 A1 paragraphs [0053] to [0054]; fig. 8	4-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"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

"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

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 November 2017 (08.11.17)

Date of mailing of the international search report
21 November 2017 (21.11.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/030703

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2015-001381 A (Yamaha Motor Co., Ltd.), 05 January 2015 (05.01.2015), paragraphs [0025] to [0072] & US 2014/0368835 A1 paragraphs [0046] to [0097] & EP 2813808 A2 & CN 104236481 A & KR 10-2014-0145541 A	6-7
A	WO 2015/125403 A1 (Panasonic Intellectual Property Corporation of America), 27 August 2015 (27.08.2015), paragraphs [0058] to [0099]; fig. 4 & US 2016/0088275 A1 paragraphs [0061] to [0122]; fig. 4 & EP 3110139 A1 & CN 105165006 A & KR 10-2016-0122048 A	1-7
A	US 2015/0300816 A1 (7D SURGICAL INC.), 22 October 2015 (22.10.2015), paragraphs [0049] to [0050], [0076] to [0079]; fig. 6(a) to (e) & WO 2014/067000 A1 & EP 2912405 A1 & CN 104919272 A & CA 2925620 A1	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01B11/25(2006.01)i, G01N21/956(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. G01B11/25, G01N21/956

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

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

G01B11/00-11/30

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
Y A	JP 2014-032159 A（キヤノン株式会社）2014.02.20, 段落[0014]-[0042], 図2-3（ファミリーなし）	2-7 1
Y	JP 2006-292385 A（国立大学法人広島大学）2006.10.26, 段落[0001]-[0013], [0069]-[0074]（ファミリーなし）	2-7
Y	JP 2013-120093 A（キヤノン株式会社）2013.06.17, 段落[0036]-[0037], 図8 & US 2013/0141569 A1, 段落[0053]-[0054], 図8	4-7

C欄の続きにも文献が列挙されている。

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

「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
「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
「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）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08.11.2017

国際調査報告の発送日

21.11.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

池田 剛志

2 S

5551

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 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
Y	JP 2015-001381 A (ヤマハ発動機株式会社) 2015.01.05, 段落 [0025]-[0072] & US 2014/0368835 A1, 段落[0046]-[0097] & EP 2813808 A2 & CN 104236481 A & KR 10-2014-0145541 A	6-7
A	WO 2015/125403 A1 (パナソニック インテレクチュアルプロパティ コーポレーション オブ アメリカ) 2015.08.27, 段落[0058]-[0099], 図4 & US 2016/0088275 A1, 段落[0061]-[0122], 図4 & EP 3110139 A1 & CN 105165006 A & KR 10-2016-0122048 A	1-7
A	US 2015/0300816 A1 (7D SURGICAL INC.) 2015.10.22, 段落[0049]-[0050], [0076]-[0079], 図6(a)-(e) & WO 2014/067000 A1 & EP 2912405 A1 & CN 104919272 A & CA 2925620 A1	1-7