

(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
2020年1月2日(02.01.2020)



(10) 国際公開番号

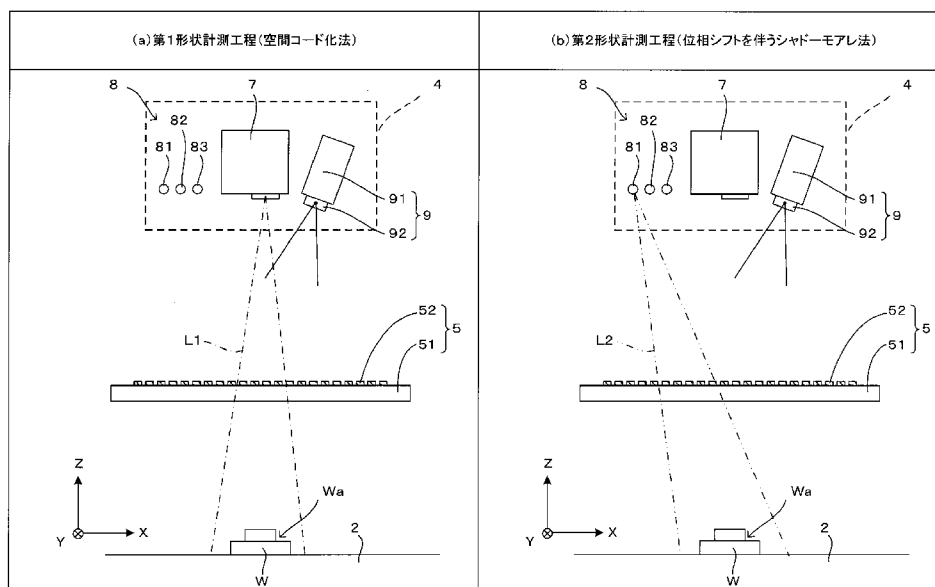
WO 2020/003762 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/25 (2006.01) G06T 7/521 (2017.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/018683
- (22) 国際出願日: 2019年5月10日(10.05.2019)
- (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 2018-123055 2018年6月28日(28.06.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社 S C R E E N ホールディングス (SCREEN HOLDINGS CO., LTD.) [JP/JP];
〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 北村 藤和 (KITAMURA, Fujikazu);
〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 株式会社 S C R E E N ホールディングス内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 振角 正一, 外 (FURIKADO, Shoichi et al.);
〒5300047 大阪府大阪市北区西天満5丁目1番19号 高木ビル4階 Osaka (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, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: SHAPE MEASURING DEVICE AND SHAPE MEASURING METHOD

(54) 発明の名称: 形状測定装置および形状測定方法

[図2]



(a) First shape measuring step (spatial coding method)

(b) Second shape measuring step (shadow moire method accompanied by phase shifting)

(57) Abstract: The present invention accurately measures the shape of an object even when the object has a stepped part. This shape measuring device is provided with: a projection unit that emits, toward the object, pattern light of a first wavelength band including a pattern image set on the basis of a spatial coding method; a light source that emits illumination light of a second wavelength band different from the first wavelength band toward the object; and a grating plate that forms a grating pattern by partially blocking light of the second wavelength band and while transmitting the entire light

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)）

of the first wavelength band. Three-dimensional space coordinates of the object are determined on the basis of a pattern projection image acquired by imaging the object to which a pattern image has been projected and a moire stripe image generated by superimposing together an image of the object and an image of the grating pattern through imaging of the object to which a lattice pattern corresponding to the grating pattern has been projected.

(57) 要約：物体が段差部位を有する場合であっても、当該物体の形状を正確に測定する。空間コード化法に基づいて設定されるパターン画像を含む第1波長帯域のパターン光を物体に向けて出射する投影部と、第1波長帯域と異なる第2波長帯域の照明光を物体に向けて出射する光源部と、第1波長帯域の光については全部を透過させ、第2波長帯域の光については一部を遮光して格子パターンを形成する格子プレートとを備え、パターン画像が投影された物体を撮像して取得したパターン投影画像と、格子パターンに対応する格子模様が投影された物体を撮像することで物体の像と格子パターンの像を重ねて生じるモワレ縞画像とに基づいて物体の三次元空間座標を求める。

明 細 書

発明の名称：形状測定装置および形状測定方法

技術分野

[0001] この発明は、物体の形状を非接触で測定する形状測定装置および形状測定方法に関するものである。

関連出願の相互参照

以下に示す日本出願の明細書、図面および特許請求の範囲における開示内容は、参照によりその全内容が本書に組み入れられる：

特願 2018-123055（2018年6月28日出願）。

背景技術

[0002] 金属製部品、樹脂製部品やゴム製部品などの立体的な物体の三次元形状を非接触で測定する技術として、光を利用したものが多用されている。その一例として、特許文献1では、実体格子型のシャドーマウレ法により物体の三次元空間座標を求める形状測定方法が記載されている。この形状測定方法では、格子パターンを有する格子プレートが物体の近傍に配置され、ハロゲンランプなどの光源から出射した照明光が格子プレートを介して物体に照射される。これによって物体の表面に格子模様が投影される。また、格子パターンと格子模様とにより生じるモワレ縞をカメラなどの撮像部により撮像し、その撮像結果から物体の三次元空間座標を求めている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平4-147001号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記したシャドーマウレ法を用いた形状測定技術、あるいはシャドーマウレ法に位相シフトを組み合わせた形状測定技術によれば、格子パターンの格子ピッチおよび撮像部の分解能などを適正化することで物体の形状測定を良

好に行うことができる。しかしながら、これらの形状測定技術は必ずしも万能であるとは言えず、例えば段付き歯車のように比較的大きな段差部位を有する物体については正確な形状測定が難しいという問題を有していた。

[0005] この発明は上記課題に鑑みなされたものであり、物体が段差部位を有する場合であっても、当該物体の形状を正確に測定することができる形状測定装置および形状測定方法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

[0006] この発明の一態様は、物体の形状を非接触で測定する形状測定装置であって、物体から第1の方向に離間して配置され、空間コード化法に基づいて設定されるパターン画像を含む第1波長帯域のパターン光を物体に向けて出射する投影部と、物体から第1の方向に離間して配置され、第1波長帯域と異なる第2波長帯域の照明光を物体に向けて出射する光源部と、第1の方向において物体と光源部および投影部との間に配置され、第1波長帯域の光については全部を透過させ、第2波長帯域の光については一部を遮光して格子パターンを形成する格子プレートと、格子プレートを介して物体を撮像可能に設けられ、パターン光の照射によりパターン画像が投影された物体を撮像してパターン投影画像を取得し、照明光の照射により格子パターンに対応する格子模様が投影された物体を撮像することで物体の像と格子パターンの像を重ねて生じるモワレ縞画像を取得する撮像部と、撮像部により撮像されたモワレ縞画像およびパターン投影画像に基づいて物体の三次元空間座標を求める制御部とを備えることを特徴としている。

[0007] また、この発明の他の態様は、物体の形状を非接触で測定する形状測定方法であって空間コード化法に基づいて設定されるパターン画像を含む第1波長帯域のパターン光を物体の表面に照射してパターン画像を投影するとともに、パターン画像が投影された物体を撮像してパターン投影画像を取得する第1形状測定工程と、第1波長帯域と異なる第2波長帯域の照明光を格子パターンを介して物体の表面に照射して格子模様が投影するとともに、格子模様が投影された物体を撮像して物体の像と格子パターンの像を重ねて生じる

モワレ縞画像を取得する第2形状測定工程と、モワレ縞画像およびパターン投影画像に基づいて物体の三次元空間座標を求める座標確定工程とを備えることを特徴としている。

[0008] モワレ縞画像に基づく物体の形状測定（シャドーモワレ法）では、第1の方向において物体の表面が大きく変動する部分（つまり段差部分）が存在する物体の表面を高精度に測定することが難しかった。これに対し、シャドーモワレ法に対してパターン画像に基づく空間コード化法を組み合わせることによって物体の三次元空間座標が良好に求められる。

発明の効果

[0009] 以上のように、シャドーモワレ法と空間コード化法とを組み合わせることで物体の三次元空間座標を求めているため、段差部位を有さない物体はもちろんのこと、段差部位を有する物体についても当該物体の形状を正確に測定することができる。

上述した本発明の各態様の有する複数の構成要素はすべてが必須のものではなく、上述の課題の一部又は全部を解決するため、あるいは、本明細書に記載された効果の一部又は全部を達成するために、適宜、前記複数の構成要素の一部の構成要素について、その変更、削除、新たな他の構成要素との差し替え、限定内容の一部削除を行うことが可能である。また、上述の課題の一部又は全部を解決するため、あるいは、本明細書に記載された効果の一部又は全部を達成するために、上述した本発明の一態様に含まれる技術的特徴の一部又は全部を上述した本発明の他の態様に含まれる技術的特徴の一部又は全部と組み合わせ、本発明の独立した一形態とすることも可能である。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明に係る物体の形状測定装置の第1実施形態を示す図である。

[図2]図1の形状測定装置に装備される測定ヘッドの内部構造を模式的に示す図である。

[図3]格子パターンの透過率特性を示すグラフである。

[図4]図1に示す形状測定装置による形状測定動作を示すフローチャートであ

る。

[図5]形状測定動作を模式的に示す図である。

[図6]本発明に係る物体の形状測定装置の第2実施形態を示す図である。

[図7]本発明に係る形状測定装置の第3実施形態を装備する外観検査装置の一例を模式的に示す図である。

[図8]本発明に係る物体の形状測定装置の第4実施形態を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0011] 図1は本発明に係る物体の形状測定装置の第1実施形態を示す図である。この形状測定装置1Aは、例えば段付き歯車のように比較的大きな段差部位Waを有する物体Wを静止させた状態で物体Wの形状を測定する装置である。以後の説明のために、図1に示すようにXYZ座標軸を設定する。ここでXY平面が水平面であり、Z軸は鉛直軸と一致する。また、Z軸における正方向は鉛直上向き方向である。
- [0012] 形状測定装置1Aは、測定対象となる物体Wを静止状態で保持する保持部2を有している。この保持部2からは鉛直方向Zに柱状部材3が立設され、柱状部材3の上端部に対して測定ヘッド4がZ方向に昇降自在に取り付けられるとともに、柱状部材3の中間部に対して格子プレート5がZ方向に昇降自在に取り付けられている。これら測定ヘッド4および格子プレート5は昇降部6と接続されている。そして、装置全体を制御する制御部10からの昇降指令に応じて昇降部6が作動することで、鉛直方向Zにおける物体Wの寸法、つまり物体高さに応じて測定ヘッド4および格子プレート5が一体的に昇降し、物体Wの直上位置に格子プレート5が位置決めされる。また、格子プレート5の位置決めが完了した後で測定ヘッド4に内蔵されるプロジェクター、光源部および撮像部により第1形状測定工程および第2形状測定工程がそれぞれ実行される。なお、第1形状測定工程および第2形状測定工程がそれぞれ本発明の「第1形状測定処理」および「第2形状測定処理」の一例に相当している。

- [0013] 図2は測定ヘッドの内部構造を模式的に示す図である。測定ヘッド4に内

蔵されるプロジェクター 7、光源部 8 および撮像部 9 はいずれも物体 W から (+Z) 方向に離間して配置されており、格子プレート 5 を挟んで物体 W の表面と対向している。これらのうちプロジェクター 7 は空間コード化法に基づいて設定されるパターン画像を含む第 1 波長帯域 λ_1 のパターン光 L 1 を物体 W に向けて出射する。パターン光 L 1 は図 2 の (a) 欄に示すように第 1 形状測定工程において格子プレート 5 を介して物体 W に照射される。なお、本実施形態では、上記パターン画像としてグレイコードを用いており、プロジェクター 7 が本発明の「投影部」の一例に相当している。

[0014] また、光源部 8 は X 方向に互いに所定間隔だけ離間しながら一列に配列された 3 つの光源 8 1 ~ 8 3 を有している。光源 8 1 ~ 8 3 は LED (Light Emitting Diode) や LD (Laser Diode) などで構成された点光源であり、いずれも第 2 波長帯域 λ_2 ($\neq \lambda_1$) の照明光 L 2 を発光可能となっている。例えば第 1 波長帯域 λ_1 および第 2 波長帯域 λ_2 をそれぞれ「赤色の波長帯域」および「青色の波長帯域」とすることができる。

[0015] 光源 8 1 ~ 8 3 はそれぞれ独立して制御部 10 からの点灯指令に応じて点灯および消灯可能となっている。そして、第 2 形状測定工程では、図 2 の (b) 欄に示すように X 方向において最上流に位置する光源 8 1 が一定時間だけ点灯する。すなわち、照明光 L 2 が格子プレート 5 を介して物体 W に照射された後で光源 8 1 は消灯される。これに続いて、光源 8 2、8 3 がこの順序で光源 8 1 と同様に一定時間だけ点灯した後で消灯される。

[0016] このように互いに異なる波長帯域のパターン光 L 1 および照明光 L 2 が格子プレート 5 に入射されるが、本実施形態では、第 1 形状測定工程においてパターン光 L 1 の全部を物体 W に投影する一方、第 2 形状測定工程において第 2 波長帯域の照明光 L 2 を用いて格子画像を物体 W の表面に投影する必要がある。そこで、本実施形態では、格子プレート 5 は次のように構成されている。

[0017] 格子プレート 5 は、図 1 および図 2 に示すように、平板基材 5 1 と、平板基材 5 1 の (+Z) 方向側主面上において所定ピッチで相互に離間して設け

られて正弦波格子パターン（図5中の符号G）を構成する複数のパターン部材52とを有している。平板基材51はガラス板やプラスチック板などで構成されており、第1波長帯域 λ_1 および第2波長帯域 λ_2 の光を透過させる第1の光学特性を有している。一方、各パターン部材52は、誘電体膜などをパターンニングすることで製造されており、図3に示すように、第1波長帯域 λ_1 の光を透過させる一方で第2波長帯域 λ_2 の光を遮光する第2の光学特性を有している。なお、図3中の縦軸および横軸はそれぞれ「透過率」および「波長」を示している。

[0018] このように構成された格子プレート5に対して第1波長帯域 λ_1 のパターン光L1が照射され、パターン光L1はそのまま格子プレート5を通過して物体Wに照射される。これによって、物体Wの表面にグレイコードが投影され、従来より周知の空間コード化法により物体Wの形状を測定可能となっている（第1形状測定工程）。一方、第2波長帯域 λ_2 の照明光L2が格子プレート5に照射されると、照明光L2のうちパターン部材52に照射された光はパターン部材52で遮光され、残りは平板基材51を透過して物体Wに照射される。このため、物体Wの表面には、上記正弦波格子パターン（図5中の符号G）に対応した格子画像が投影される。このように格子プレート5は特定の第2波長帯域 λ_2 に対してのみ透過しない格子として機能する。

[0019] 撮像部9は、モノクロの画像を取得するモノクロ撮像素子91と、物体Wの像をモノクロ撮像素子91の撮像面911（図5参照）に結像する結像レンズ92とを有している。このため、図2の（a）欄に示すように、光源81～83を消灯させた状態で制御部10からの投影指令に応じてプロジェクター7がパターン光L1を物体Wに向けて出射すると、上記したようにグレイコードが物体Wの表面に投影され、その物体Wをモノクロ撮像素子91が撮像する。こうして撮像された画像が本発明の「パターン投影画像」の一例であり、その画像データがモノクロ撮像素子91から制御部10に転送され、空間コード化法により物体Wの形状を測定可能となっている（第1形状測定工程）。

[0020] 一方、プロジェクター 7 による投影を規制した状態で光源 8 1 ~ 8 3 を順次点灯すると、上記したように物体 W の表面に格子画像が投影される。このように格子画像が投影された物体 W を撮像部 9 は格子プレート 5 を介して撮像するため、モノクロ撮像素子 9 1 に撮像された画像には、格子画像が投影された物体 W の像と正弦波格子パターンの像を重ねて生じるモワレ縞画像が含まれている。この画像データがモノクロ撮像素子 9 1 から制御部 1 0 に転送され、シャドーモワレ法により物体 W の形状を測定可能となっている（第 2 形状測定工程）。また、本実施形態は後で詳述するように位相シフトを伴うシャドーモアレ法を実行するために、光源 8 1 ~ 8 3 を順次互いに異なるタイミングで発光させることによって物体 W の表面で格子模様を移動させている。そして、このように移動する格子模様が撮像部 9 で撮像される。

[0021] 制御部 1 0 は、CPU (Central Processing Unit) や RAM (Random Access Memory) 等で構成されたコンピュータを有している。そして、制御部 1 0 は、上記したように装置各部の動作を制御してグレイコードが投影された物体 W の表面を撮像してパターン投影画像を取得する（第 1 形状測定工程）と、光源 8 1 ~ 8 3 の点灯切替に応じて物体 W の表面で格子模様を光源 8 1 ~ 8 3 の配列方向に移動させつつモワレ縞画像を取得する（第 2 形状測定工程）とを連続的に実行する。また、こうして得られた画像（＝パターン投影画像＋モワレ縞画像）に基づいて制御部 1 0 は物体 W の三次元空間座標を確定する（座標確定工程）。このような第 1 形状測定工程、第 2 形状測定工程および座標確定工程の実行について図 4 および図 5 を参照しつつ説明する。

[0022] 図 4 は図 1 に示す形状測定装置による形状測定動作を示すフローチャートである。また、図 5 は形状測定動作を模試的に示す図である。形状測定装置 1 A では、測定対象となる物体 W が保持部 2 に保持されると、第 1 形状測定工程（ステップ S 1 ）、第 2 形状測定工程（ステップ S 2）および座標確定工程（ステップ S 3）をこの順序で実行する。

[0023] 第 1 形状測定工程では、光源 8 1 ~ 8 3 を消灯させた状態のままプロジェクター 7 がグレイコードを含む第 1 波長帯域 $\lambda 1$ のパターン光 L 1 を物体 W

に向けて出射し、格子プレート5を介して物体Wに照射する。これによって、物体Wの表面にグレイコードが投影される（ステップS1-1）。このとき、パターン光L1は波長帯域 λ_1 の光であるため、正弦波格子パターンGの影響を受けることなく、図5の（a）欄に示すように格子プレート5をそのまま通過して物体Wの表面に照射される。

[0024] そして、従来より周知の空間コード化法、例えば電子通信学会論文誌1985年3月Vol. J68-D No. 3の369～371頁に記載された空間コード化法により物体Wの点Pの三次元座標（X，Y，Z）を測定する。すなわち、パターン光L1では、複数の投影光が一定の広がりを持って物体Wに向けて照射されており、パターン光L1を細かい扇状領域（同図の（a）欄では、そのうちの一つにドットが付されて図示されている）に分割し、こうして形成された各空間をコード化する、つまり各空間に対して投影光コードを与える（ステップS1-2）。そして、物体Wの点PのX座標およびY座標について、投影されたモノクロ撮像素子91の撮像面911上の座標C（x，y）から得られる、撮像部9から見た点Pの方向、つまり鉛直方向Zに対する角度 θ を算出する（ステップS1-3）。また、上記座標C（x，y）のグレイコードの明暗パターン（投影光コード）から扇状領域を特定し、当該扇状領域内の投影光の点Pへの照射方向、つまり鉛直方向Zに対する角度 ϕ を算出する（ステップS1-4）。さらに、三角測量の原理により鉛直方向Zにおける点PのZ軸座標を算出する（ステップS1-5）とともに、点PのX座標およびY座標を算出する（ステップS1-6）。こうして算出された点Pの三次元位置、つまり三次元座標P（X，Y，Z）は制御部10のメモリに記憶される。なお、本実施形態では、三次元座標の原点は結像レンズ92の主点Oに設定されている。

[0025] こうして空間コード化法による物体Wの形状測定、つまり第1形状測定工程（ステップS1）が完了すると、位相シフトを伴うシャドーモアレ法、例えば特許文献1に記載の方法で物体Wの点Pの三次元座標（X，Y，Z）を測定する（第2形状測定工程：ステップS2）。すなわち、プロジェクター

7からのパターン光L1の出射を停止する一方で、図5の(b)欄に示すように光源81が点灯されて第2波長帯域 λ_2 の照明光L2が物体Wに向けて出射され、正弦波格子パターンGに対応した格子画像が物体Wの表面に投影される(ステップS2-1)。そして、モノクロ撮像素子91が格子プレート5を介して格子模様が投影された物体Wを撮像する。これは、ステップS2-2で全ての光源81~83について物体Wの撮像が完了したことを確認するまで、光源の発光のタイミングを異ならせながら物体Wの撮像が繰り返される。より具体的には、光源81の消灯に続いて光源82を点灯し、光源81の点灯時と同様に格子プレート5を介して格子模様が投影された物体Wを撮像する。さらに、さらに、光源82の消灯に続いて光源83を点灯し、光源81、82の点灯時と同様に格子プレート5を介して格子模様が投影された物体Wを撮像する。

[0026] そして、全ての光源81~83について物体Wの撮像が完了したことを確認する(ステップS2-2で「YES」と、物体Wの点P(X, Y, Z)についてモノクロ撮像素子91の撮像面911上の座標C(x, y)から位相値 $\phi(x, y)$ を算出する(ステップS2-3)。同(b)欄では、正弦波格子パターンGの格子面と撮像部9の光軸OAとの交点を原点としている。

[0027] ここで、位相値 $\phi(x, y)$ は、測定対象となる物体Wの形状が連続的に変化している場合や段差部位Waが正弦波格子パターンGを構成するパターン部材52の1ピッチ以内となっている場合には、単純に 2π を加算すればよいが、1ピッチ以上の段差を持つ場合には、位相の飛びが 2π の何倍に相当する、つまり縞次数 $n(x, y)$ を求める必要がある。

[0028] そこで、本実施形態では、座標確定工程(ステップS3)を実行する。この座標確定工程では、第1形状測定工程(ステップS1)で求めた点Pの三次元座標(X, Y, Z)に基づいて縞次数 $n(x, y)$ を決定する(ステップS3-1)。そして、その縞次数 $n(x, y)$ によりアンラッピング処理を行い、それによって算出された三次元座標(X, Y, Z)を点Pの三次元

位置とする（ステップS 3－2）。

[0029] 以上のように、本実施形態によれば、次のような作用効果が得られる。物体Wの形状が連続的に変化している物体Wや段差部位W aが存在するもののパターン部材5 2の1ピッチ以内である物体Wについては、シャドーモアレ法に位相シフトを組み合わせることで高い精度で物体Wの形状測定を行うことができる。ここで、1ピッチを超える段差部位W aが物体Wに存在すると、位相のラップ（飛び）が生じるが、本実施形態では空間コード化法により得られる位置情報に基づいてアンラッピング処理を実行している。このため、段差部位W aを有さない物体Wはもちろんのこと、段差部位W aを有する物体Wについても形状測定を高精度に行うことができる。

[0030] また、第2形状測定工程のみを用いて物体Wの形状測定を行うためには、段差部位W aに適合する格子ピッチ（隣り合うパターン部材5 2のピッチ）を有する格子プレート5に交換して形状測定を行う必要がある。これに対し、本実施形態では、上記したようにパターン画像に基づく空間コード化法を組み合わせることで格子プレート5を変更することなく、物体Wの形状を高精度に測定することができる。

[0031] 図6は本発明に係る物体の形状測定装置の第2実施形態を示す図である。この第2実施形態に係る形状測定装置1 Bが第1実施形態と大きく相違する点は、コンベア駆動部2 1によりコンベア2 2を循環移動させることで物体Wを水平方向Xに搬送させながら物体Wの形状測定を行っている点と、第2形状測定工程において光源8 1～8 3を切り替えて位相シフトを行う代わりに物体Wの移動により位相シフトを行っている点であり、その他の構成は基本的に第1実施形態と同様である。この第2実施形態においても、位相シフトを伴うシャドーモアレ法と空間コード化法とを組み合わせているため、段差部位W aの有無を問わず、物体Wの形状測定を高精度に行うことができる。なお、本実施形態では、コンベア2 2が本発明の「移動部」の一例に相当している。

[0032] また、このように構成された形状測定装置1 Bについては、例えば図7に

示すように物体Wに傷等の欠陥が無いかどうかを調べる、いわゆる外観検査装置に組み込んでよい。外観検査装置の一例としては、例えば特開2017-227621号公報に記載されたものがある。この外観検査装置では、鍛造や鋳造などにより製造される金属製品（本発明の「物体」の一例に相当）における欠陥の有無を調べるために、金属製品の外観検査を行って金属製品のうち形状欠陥が含まれる欠陥領域を抽出する。そこで、例えば図7に示すように、外観検査装置100において、物体（金属製品）Wをコンベアなどの搬送機構110により所定方向に搬送しながら外観検査部120による外観検査および形状測定部130による欠陥領域の形状測定を行うように構成してもよい。以下、図7を参照しつつ外観検査装置100の構成および動作について説明する。

[0033] 図7は本発明に係る形状測定装置の第3実施形態を装備する外観検査装置の一例を模式的に示す図である。この外観検査装置100では、外観検査の対象となる物体Wが搬送機構110により水平方向に搬送される。また、物体Wの搬送経路に沿って外観検査部120と形状測定部130とが並設されている。外観検査部120は、物体Wの搬送方向において形状測定部130の上流側（同図における左手側）に配置されている。

[0034] 外観検査部120には、搬送機構110の鉛直上方に撮像カメラ121が配置されている。また、搬送機構110の斜め上方において、2つの照明器具122、123が撮像カメラ121を挟み込むように配置されている。外観検査装置100では、予め良品と判別された物体Wを撮像カメラ121により撮像して取得される参照画像のデータが記憶されている。そして、検査対象となる物体Wが搬送機構110により外観検査部120に搬送されてくると、撮像カメラ121により物体Wを撮像し、その撮像画像と参照画像とを比較して欠陥の有無を判定する。

[0035] 一方、形状測定部130は物体Wの搬送方向Xにおいて外観検査部120の下流側に設けられている。形状測定部130には、上記実施形態と同様に測定ヘッド4および格子プレート5により物体Wの形状を測定する形状測定

ユニット１３１が搬送機構１１０の斜め上方に２組設けられている。各形状測定ユニット１３１に対して図示を省略するロボットアームが接続されており、搬送機構１１０により外観検査部１２０から搬送されてくる物体Ｗに対して任意の姿勢で各形状測定ユニット１３１による形状測定が実行可能となっている。各形状測定ユニット１３１は、外観検査部１２０により見つけ出された欠陥領域と対向するように姿勢制御された状態で、上記実施形態と同様に第１形状測定工程、第２形状測定工程および座標確定工程を実行して欠陥領域の形状を詳細に測定し、その測定結果を出力する。

[0036] このように図７に示す外観検査装置１００によれば、物体Ｗの表面に存在する欠陥領域を見つけ出し、その詳細な形状測定を行うことが可能となっており、物体Ｗの検査を高精度に行うことができる。なお、図７に示す外観検査装置１００では、外観検査部１２０で検査された時の姿勢のまま物体Ｗを搬送機構１１０により形状測定部１３０に搬送しているが、外観検査部１２０と形状測定部１３０との間に物体Ｗの姿勢を調整する、例えば物体Ｗを反転させる反転機構（図示省略）を設けてもよく、これによって形状測定部１３０により測定可能となる範囲を広げることができる。

[0037] なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない限りにおいて上述したもの以外に種々の変更を行うことが可能である。例えば本実施形態では、モノクロ撮像素子９１を用いて第１形状測定工程（ステップＳ１）と第２形状測定工程（ステップＳ２）とをこの順序で実行しているが、これらの順序を逆転させてもよい。また、モノクロ撮像素子９１の代わりに、カラーＣＣＤやカラーＣＭＯＳなどのカラー撮像素子を用いることで第１形状測定工程（ステップＳ１）と第２形状測定工程（ステップＳ２）とを同時に行ってもよく、この場合、形状測定に要する時間を短縮することができる。

[0038] また、第１形状測定工程（ステップＳ１）と第２形状測定工程（ステップＳ２）とを同時に行うために、モノクロ撮像素子９１の代わりに、図８に示すように、２つのモノクロ撮像素子９３、９４と、ダイクロイックミラーな

どの色分離素子 95 とを設けてもよい（第 4 実施形態）。

[0039] 図 8 は本発明に係る物体の形状測定装置の第 4 実施形態を示す図である。

この第 4 実施形態では、第 1 形状測定工程（ステップ S 1）と第 2 形状測定工程（ステップ S 2）とを同時に行う際には、第 1 波長帯域 λ_1 の光と第 2 波長帯域 λ_2 の光と撮像部 9 に入射されるが、本実施形態では結像レンズ 9 2 の出射側に色分離素子 9 5 が配置されている。この色分離素子 9 5 は第 1 波長帯域 λ_1 の光を反射して第 1 モノクロ撮像素子 9 3 に導光するとともに第 2 波長帯域 λ_2 の光をそのまま透過させて第 2 モノクロ撮像素子 9 4 に導光する。したがって、第 1 モノクロ撮像素子 9 3 で第 1 波長帯域の光を受光して第 1 形状測定工程（ステップ S 1）と第 2 モノクロ撮像素子 9 4 で第 2 波長帯域の光を受光して第 2 形状測定工程（ステップ S 2）とを同時に実行可能となっており、形状測定に要する時間を短縮することができる。

[0040] また、上記実施形態では、第 2 形状測定工程（ステップ S 2）を実行するために、3つの光源 8 1～8 3 として点光源を用いているが、線光源を用いてもよい。また、光源の個数は「3」に限定されるものではなく、4 以上であってもよい。

[0041] また、第 2 形状測定工程（ステップ S 2）では位相シフトを併用しているが、位相シフトの併用は形状測定の精度を高める上で好適であるが、本発明の技術的特徴のひとつである空間コード化法との組み合わせにとって必須構成ではなく、あくまで任意構成である。

以上、特定の実施例に沿って発明を説明したが、この説明は限定的な意味で解釈されることを意図したものではない。発明の説明を参照すれば、本発明のその他の実施形態と同様に、開示された実施形態の様々な変形例が、この技術に精通した者に明らかとなるであろう。故に、添付の特許請求の範囲は、発明の真の範囲を逸脱しない範囲内で、当該変形例または実施形態を含むものと考えられる。

産業上の利用可能性

[0042] この発明は、物体の形状を非接触で測定する形状測定技術全般に適用する

ことができる。

符号の説明

- [0043] 1 A, 1 B…形状測定装置
- 5…格子プレート
- 7…プロジェクター（投影部）
- 8…光源部
- 9…撮像部
- 10…制御部
- 22…コンベア（移動部）
- 51…平板基材
- 52…パターン部材
- 81～83…光源
- 91…モノクロ撮像素子
- 93…第1モノクロ撮像素子
- 94…第2モノクロ撮像素子
- 95…色分離素子
- 131…形状測定ユニット（形状測定装置）
- G…正弦波格子パターン
- L1…パターン光
- L2…照明光
- λ 1…第1波長帯域
- λ 2…第2波長帯域
- W…物体
- W a…段差部位
- X…水平方向（第2の方向）
- Z…鉛直方向（第1の方向）

請求の範囲

[請求項1]

物体の形状を非接触で測定する形状測定装置であって、

前記物体から第1の方向に離間して配置され、空間コード化法に基づいて設定されるパターン画像を含む第1波長帯域のパターン光を前記物体に向けて出射する投影部と、

前記物体から前記第1の方向に離間して配置され、前記第1波長帯域と異なる第2波長帯域の照明光を前記物体に向けて出射する光源部と、

前記第1の方向において前記物体と前記光源部および前記投影部との間に配置され、前記第1波長帯域の光については全部を透過させ、前記第2波長帯域の光については一部を遮光して格子パターンを形成する格子プレートと、

前記格子プレートを介して前記物体を撮像可能に設けられ、前記パターン光の照射により前記パターン画像が投影された前記物体を撮像してパターン投影画像を取得し、前記照明光の照射により前記格子パターンに対応する格子模様が投影された前記物体を撮像することで前記物体の像と前記格子パターンの像を重ねて生じるモワレ縞画像を取得する撮像部と、

前記撮像部により撮像された前記モワレ縞画像および前記パターン投影画像に基づいて前記物体の三次元空間座標を求める制御部とを備えることを特徴とする形状測定装置。

[請求項2]

請求項1に記載の形状測定装置であって、

前記格子プレートは、

前記第1波長帯域および前記第2波長帯域の光を透過させる第1の光学特性を有する平板基材と、

前記第1波長帯域の光を透過させる一方で前記第2波長帯域の光を遮光する第2の光学特性を有し、前記平板基材の一方主面上で互いに離間して設けられて前記格子パターンを構成する複数のパターン部材

と

を有する形状測定装置。

[請求項3]

請求項 1 または 2 に記載の形状測定装置であって、

前記撮像部はモノクロの画像を取得するモノクロ撮像素子で前記物体を撮像し、

前記制御部は、前記パターン光および前記照明光を個別に出射させるとともに、前記パターン光の出射に対応して前記撮像部により前記パターン投影画像を取得する第 1 形状測定処理を実行し、前記照明光の出射に対応して前記撮像部により前記モワレ縞画像を取得する第 2 形状測定処理を実行する形状測定装置。

[請求項4]

請求項 1 または 2 に記載の形状測定装置であって、

前記撮像部はカラーの画像を取得するカラー撮像素子で前記物体を撮像し、

前記制御部は、前記パターン光および前記照明光を同時に出射させるとともに、前記撮像部により前記パターン投影画像を取得する第 1 形状測定処理と前記撮像部により前記モワレ縞画像を取得する第 2 形状測定処理とを同時に実行する形状測定装置。

[請求項5]

請求項 1 または 2 に記載の形状測定装置であって、

前記撮像部は、入射してくる光を前記第 1 波長帯域の光と前記第 2 波長帯域の光とに分離する色分離素子と、前記色分離素子により分離された前記第 1 波長帯域の光を受光して前記物体を撮像する第 1 モノクロ撮像素子と、前記色分離素子により分離された前記第 2 波長帯域の光を受光して前記物体を撮像する第 2 モノクロ撮像素子とを有し、

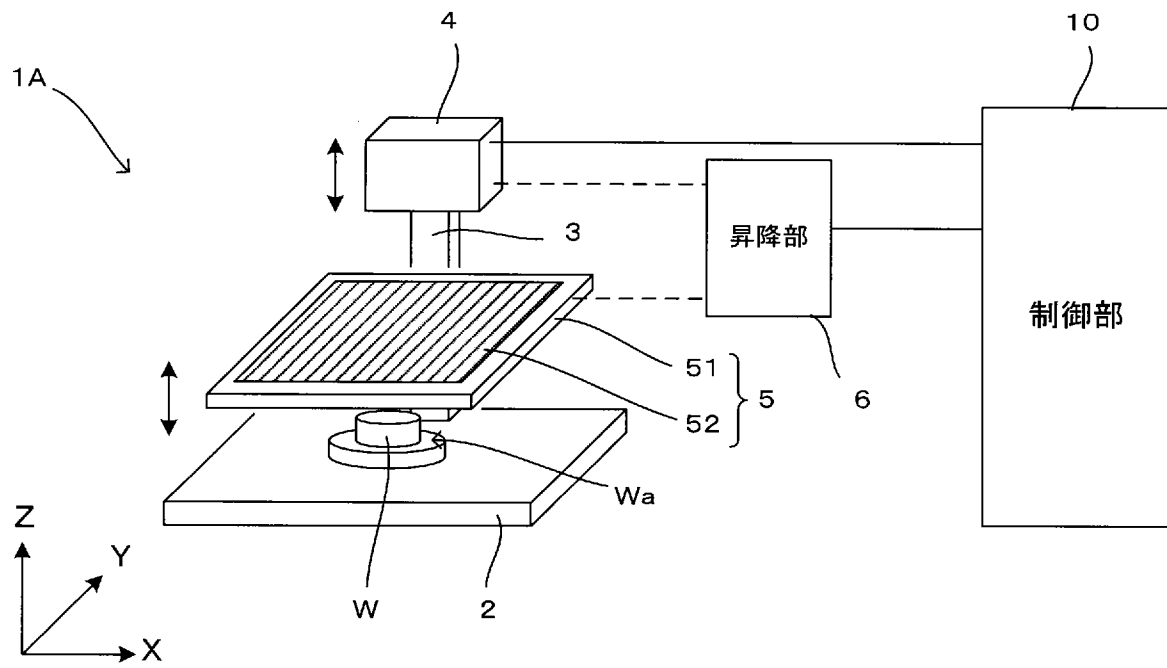
前記制御部は、前記パターン光および前記照明光を同時に出射させるとともに、前記第 1 モノクロ撮像素子により前記パターン投影画像を取得する第 1 形状測定処理と、前記第 2 モノクロ撮像素子により前記モワレ縞画像を取得する第 2 形状測定処理とを同時に実行する形状測定装置。

- [請求項6] 請求項3ないし5のいずれか一項に記載の形状測定装置であって、
前記光源部では、照明光を発光する光源が3つ以上互いに離間して
一列に配列され、
前記制御部は、
前記第2形状測定処理において前記3つ以上の光源を互いに異なる
タイミングで発光させることで前記物体の表面で前記格子模様を移動
させて位相を変化させ、
前記撮像部により撮像された前記パターン投影画像に基づいて前記
物体の位置情報を取得し、前記位置情報に基づいて前記位相にアンラ
ッピング処理を施して前記物体の三次元空間座標を確定する形状測定
装置。
- [請求項7] 請求項3ないし5のいずれか一項に記載の形状測定装置であって、
前記第1の方向と異なる第2の方向に前記物体を移動させる移動部
をさらに備え、
前記制御部は、
前記第2形状測定処理において前記第2の方向への前記物体の移動
により前記物体の表面で前記格子模様を移動させて位相を変化させ、
前記撮像部により撮像された前記パターン投影画像に基づいて前記
物体の位置情報を取得し、前記位置情報に基づいて前記位相にアンラ
ッピング処理を施して前記物体の三次元空間座標を確定する形状測定
装置。
- [請求項8] 物体の形状を非接触で測定する形状測定方法であって、
空間コード化法に基づいて設定されるパターン画像を含む第1波長
帯域のパターン光を前記物体の表面に照射して前記パターン画像を投
影するとともに、前記パターン画像が投影された前記物体を撮像して
パターン投影画像を取得する第1形状測定工程と、
前記第1波長帯域と異なる第2波長帯域の照明光を格子パターンを
介して前記物体の表面に照射して格子模様を投影するとともに、前記

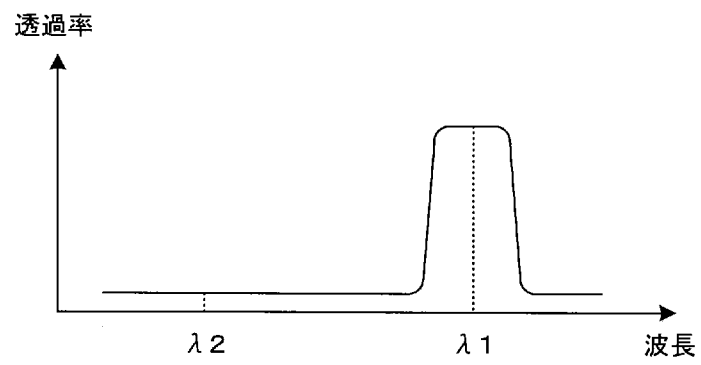
格子模様が投影された前記物体を撮像して前記物体の像と前記格子パターンの像を重ねて生じるモワレ縞画像を取得する第2形状測定工程と、

前記モワレ縞画像および前記パターン投影画像に基づいて前記物体の三次元空間座標を求める座標確定工程とを備えることを特徴とする形状測定方法。

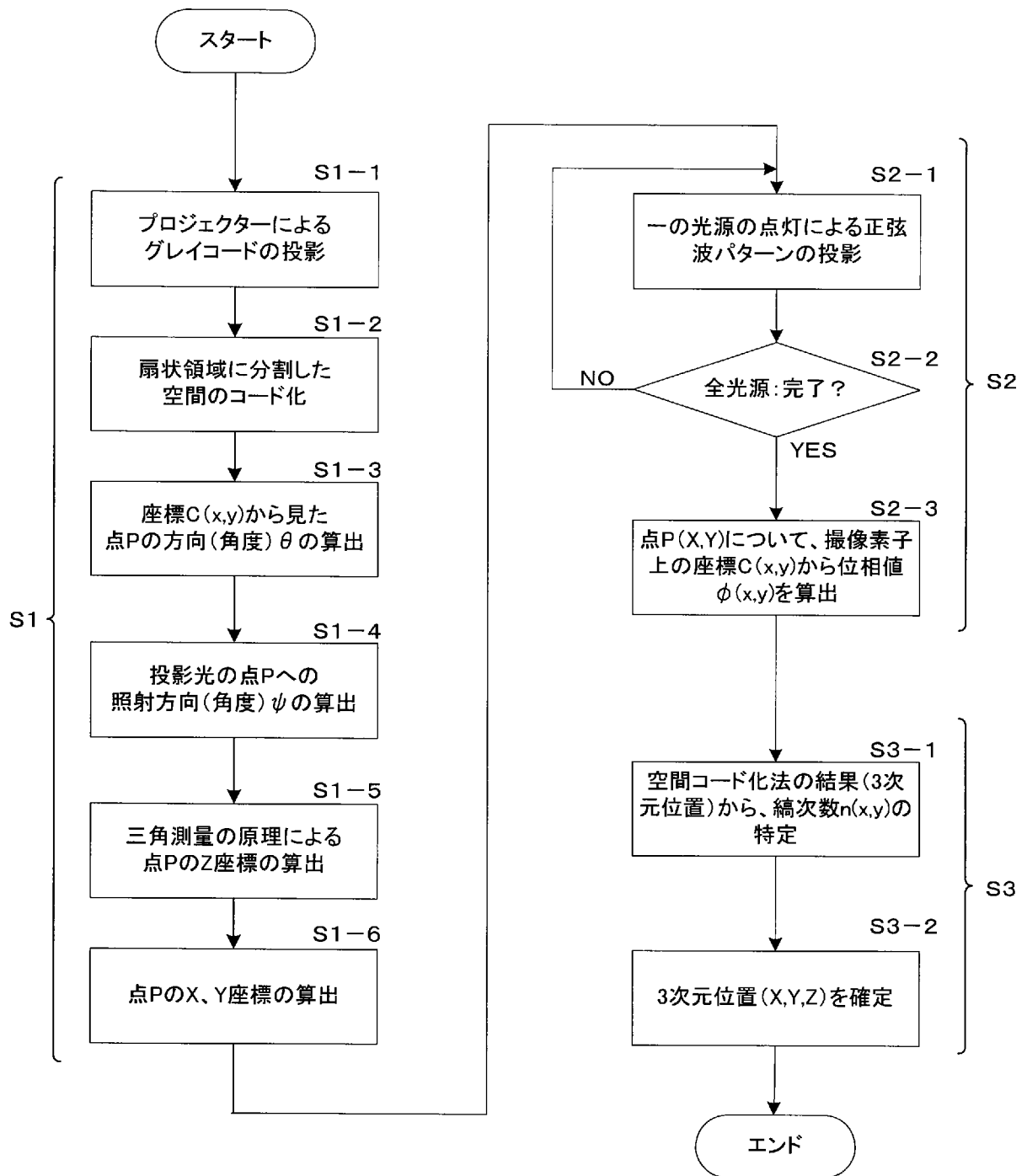
[図1]



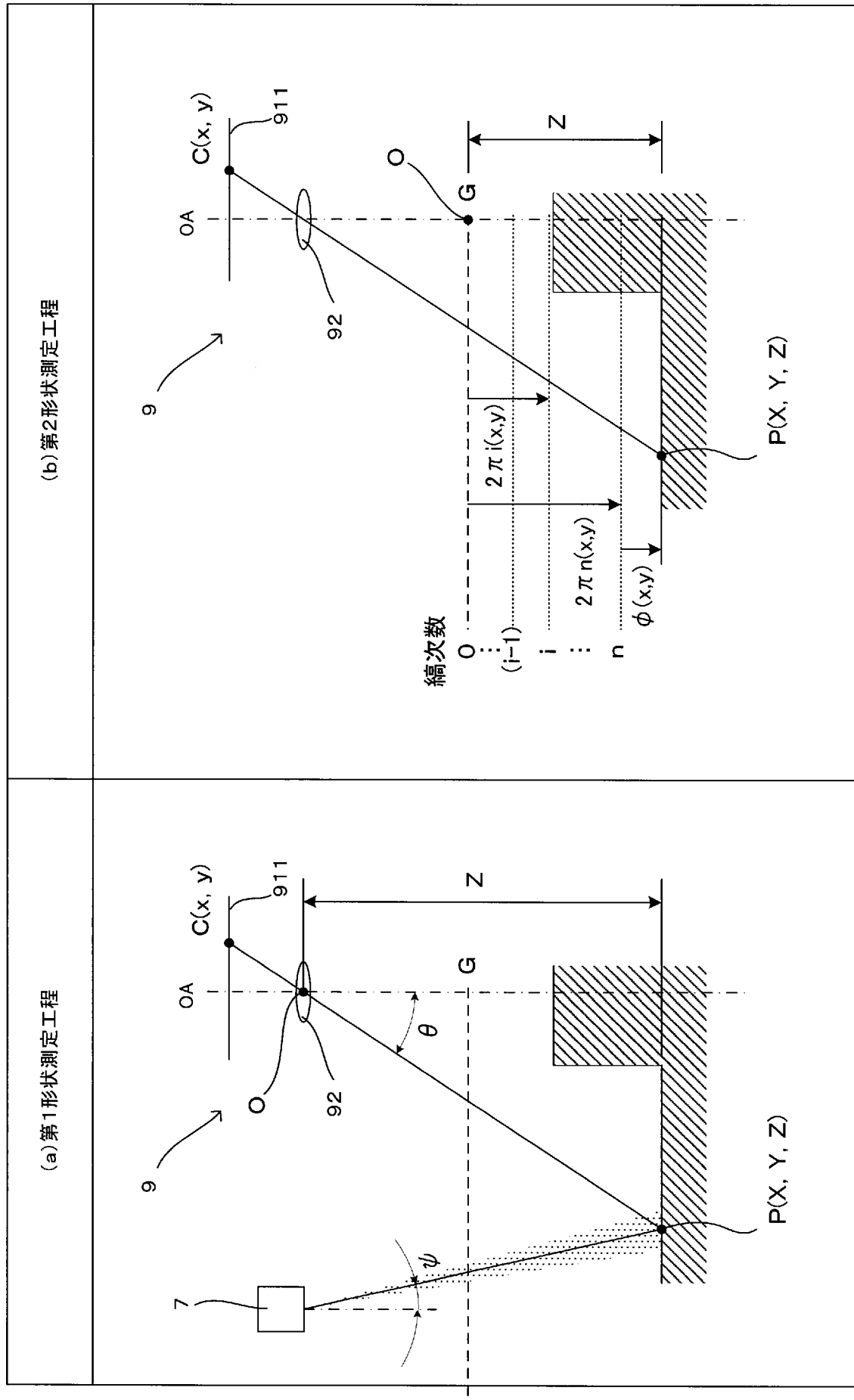
[図3]



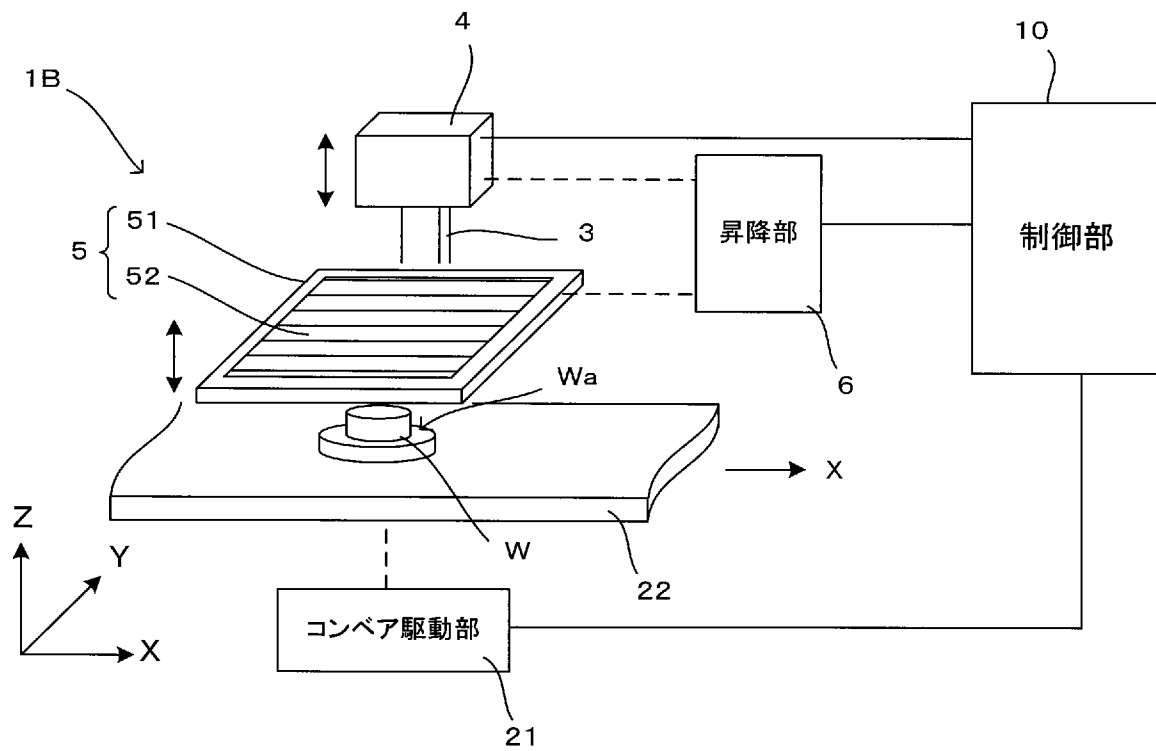
[図4]



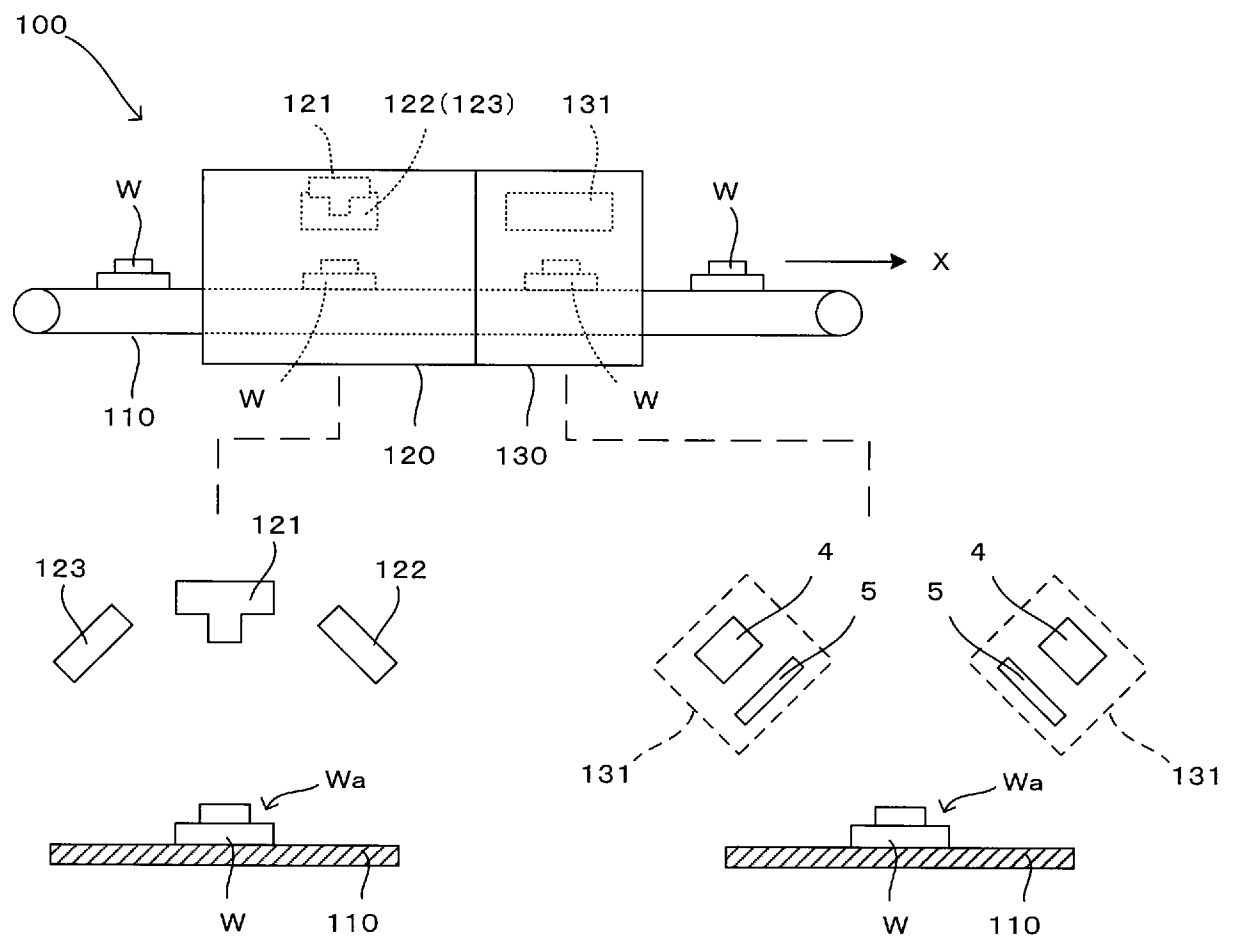
[図5]



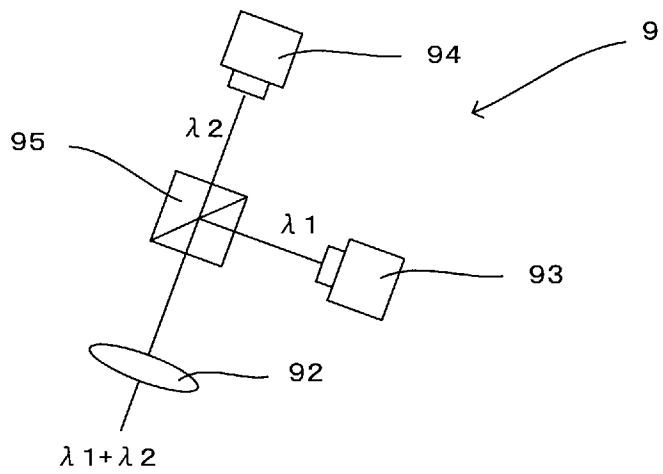
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/018683

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01B11/25 (2006.01) i, G06T7/521 (2017.01) 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)

Int.Cl. G01B11/25, G06T7/521

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 2018-44960 A (KEYENCE CORP.) 22 March 2018, paragraphs [0008], [0044]-[0055], [0214], fig. 128 (Family: none)	1-8
A	JP 2013-245980 A (MITSUBISHI ELECTRIC ENGINEERING CO., LTD.) 09 December 2013, claims 1, 4-5 & US 2015/0145987 A1, claims 1, 4-5 & WO 2013/175827 A1 & EP 2857793 A1 & CN 104364606 A	1-8

☐ 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

"I" 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
27 May 2019 (27.05.2019)

Date of mailing of the international search report
04 June 2019 (04.06.2019)

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

Authorized officer

Telephone No.

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, G06T7/521(2017.01)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, G06T7/521

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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）

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 2018-44960 A（株式会社キーエンス）2018.03.22, 段落[0008], [0044]-[0055], [0214], 図128（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2013-245980 A（三菱電機エンジニアリング株式会社） 2013.12.09, 請求項1, 4-5 & US 2015/0145987 A1, 請求項1, 4-5 & WO 2013/175827 A1 & EP 2857793 A1 & CN 104364606 A	1-8

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

27.05.2019

国際調査報告の発送日

04.06.2019

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）

川村 大輔

2S

3155

電話番号 03-3581-1101 内線 3216