

(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2016-57075

(P2016-57075A)

(43) 公開日 平成28年4月21日(2016.4.21)

(51) Int.Cl.

GO1N 21/88

(2006.01)

F 1

GO1N 21/88

テーマコード(参考)

J

2GO51

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願2014-181054 (P2014-181054)

(22) 出願日

平成26年9月5日 (2014.9.5)

(71) 出願人 000207551

株式会社 S C R E E N ホールディングス
京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁
目天神北町1番地の1

(74) 代理人 100110847

弁理士 松阪 正弘

(74) 代理人 100136526

弁理士 田中 勉

(74) 代理人 100136755

弁理士 井田 正道

(72) 発明者 永田 泰史

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 大日本スクリーン
製造株式会社内

最終頁に続く

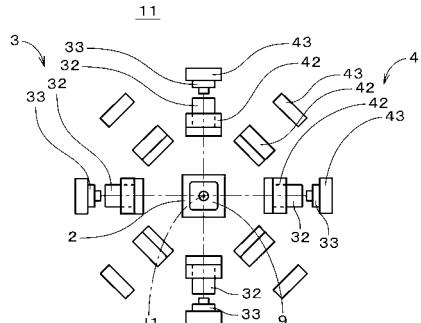
(54) 【発明の名称】 検査装置および検査方法

(57) 【要約】

【課題】対象物の梨地状の表面における欠陥を精度よく検出する。

【解決手段】検査装置では、対象物9の表面における対象領域に対して複数の方向からそれぞれ光を照射する複数の光源部42, 43が設けられ、複数の光源部のうちの一の光源部からの光の照射により一の撮像部32, 33にて対象領域を示す第1撮像画像が取得され、複数の光源部からの光の照射により当該撮像部にて第2撮像画像が取得される。また、第1撮像画像と当該第1撮像画像に対応する第1参照画像とを比較することにより第1欠陥候補領域が検出され、第2撮像画像と当該第2撮像画像に対応する第2参照画像とを比較することにより第2欠陥候補領域が検出される。そして、第1欠陥候補領域および第2欠陥候補領域において重複する領域が、対象領域における欠陥領域として特定される。これにより、対象物の梨地状の表面における欠陥を精度よく検出することができる。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表面に梨地状の領域を有する対象物の外観を検査する検査装置であって、
対象物の表面における所定の対象領域に対して一の方向のみから光を照射する第1照明部と、

前記対象領域に対して複数の方向から光を照射する第2照明部と、

前記対象領域を撮像する撮像部と、

前記第1照明部からの光の照射により前記撮像部にて取得される第1撮像画像と前記第1撮像画像に対応する第1参照画像とを比較することにより、前記対象領域における欠陥候補の領域を第1欠陥候補領域として検出し、前記第2照明部からの光の照射により前記撮像部にて取得される第2撮像画像と前記第2撮像画像に対応する第2参照画像とを比較することにより、前記対象領域における欠陥候補の領域を第2欠陥候補領域として検出する欠陥候補検出部と、

前記第1欠陥候補領域および前記第2欠陥候補領域において重複する領域を、前記対象領域における欠陥領域として特定する欠陥特定部と、
を備えることを特徴とする検査装置。

【請求項 2】

請求項1に記載の検査装置であって、
前記第2照明部が、前記対象領域に対して複数の方向からそれぞれ光を照射する複数の光源部を有し、

前記複数の光源部のうちの一の光源部が、前記第1照明部であることを特徴とする検査装置。

【請求項 3】

請求項2に記載の検査装置であって、
前記複数の光源部のそれぞれを前記第1照明部として順次用いることにより、前記撮像部に複数の第1撮像画像を取得させる制御部をさらに備え、

前記欠陥候補検出部が、前記複数の第1撮像画像と、前記複数の第1撮像画像に対応する複数の第1参照画像とをそれぞれ比較することにより、それぞれが第1欠陥候補領域を示す複数の第1欠陥候補画像を生成し、

前記欠陥特定部が、各第1欠陥候補画像が示す前記第1欠陥候補領域、および、前記第2欠陥候補領域において重複する領域を、前記対象領域における欠陥領域として特定することを特徴とする検査装置。

【請求項 4】

請求項2または3に記載の検査装置であって、
前記複数の光源部の個数が3以上であることを特徴とする検査装置。

【請求項 5】

表面に梨地状の領域を有する対象物の外観を検査する検査方法であって、
a) 対象物の表面における所定の対象領域に対して、第1照明部により一の方向のみから光を照射しつつ、前記対象領域を撮像する撮像部にて第1撮像画像を取得する工程と、

b) 前記対象領域に対して第2照明部により複数の方向から光を照射しつつ、前記撮像部にて第2撮像画像を取得する工程と、

c) 前記第1撮像画像と前記第1撮像画像に対応する第1参照画像とを比較することにより、前記対象領域における欠陥候補の領域を第1欠陥候補領域として検出する工程と、

d) 前記第2撮像画像と前記第2撮像画像に対応する第2参照画像とを比較することにより、前記対象領域における欠陥候補の領域を第2欠陥候補領域として検出する工程と、

e) 前記第1欠陥候補領域および前記第2欠陥候補領域において重複する領域を、前記対象領域における欠陥領域として特定する工程と、
を備えることを特徴とする検査方法。

【請求項 6】

請求項5に記載の検査方法であって、

10

20

30

40

50

前記第2照明部が、前記対象領域に対して複数の方向からそれぞれ光を照射する複数の光源部を有し、

前記複数の光源部のうちの一の光源部が、前記第1照明部であることを特徴とする検査方法。

【請求項7】

請求項6に記載の検査方法であって、

前記a)工程において、前記複数の光源部のそれぞれを前記第1照明部として順次用いることにより、前記撮像部にて複数の第1撮像画像が取得され、

前記c)工程において、前記複数の第1撮像画像と、前記複数の第1撮像画像に対応する複数の第1参照画像とをそれぞれ比較することにより、それぞれが第1欠陥候補領域を示す複数の第1欠陥候補画像が生成され、

前記e)工程において、各第1欠陥候補画像が示す前記第1欠陥候補領域、および、前記第2欠陥候補領域において重複する領域が、前記対象領域における欠陥領域として特定されることを特徴とする検査方法。

【請求項8】

請求項6または7に記載の検査方法であって、

前記複数の光源部の個数が3以上であることを特徴とする検査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表面に梨地状の領域を有する対象物の外観を検査する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、立体的な対象物に光を照射して撮像し、撮像画像に基づいて対象物の外観を検査する装置が利用されている。例えば、特許文献1の外観検査装置では、電子回路基板上のドーム状半田の外観を検査する際に、ドーム状半田の左右両側から平行光が照射された状態で第1の画像が取得され、ドーム状半田の前後両側から平行光が照射された状態で第2の画像が取得される。そして、第1の画像データと第2の画像データとの差の絶対値である合成画像が求められ、合成画像上に帯状の陰が放射状に存在する場合、ドーム状半田へのチップ部品の搭載不良が検出される。

【0003】

また、特許文献2の形状認識装置では、被検査物を撮像するカメラと、カメラを中心として回転する照明部とが設けられ、照明部の照明角度を変更しつつ被検査物の撮像が順次行われる。当該形状認識装置では、照明角度の変化に従って、被検査物上の突起（不良形状）の影が変化するため、突起の形状を推定することが可能となる。

【0004】

一方、鍛造や鋳造により形成された金属部品（例えば自動車部品）では、ショットブロスト等による表面加工が行われており、その表面は、微小な凹凸が分布した梨地状の立体構造となっている。このような金属部品を対象物とする外観検査では、作業者の目視により、対象物表面の打痕や傷等の欠陥が検出される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2005-17234号公報

【特許文献2】特開2009-162573号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、作業者による上記対象物の検査では、検査基準が定められていても、検査の精度は作業者間でばらついてしまう。また、人為的ミスにより、対象物における欠陥を見

10

20

30

40

50

逃してしまう可能性がある。対象物の撮像画像に基づいて欠陥を検出する場合、梨地状の表面に入射する光が拡散反射（乱反射）するため、撮像画像における階調値のばらつき（濃淡の局所的な変化）が大きくなり、多くの偽欠陥が検出されてしまう。

【0007】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、対象物の梨地状の表面における欠陥を精度よく検出することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

請求項1に記載の発明は、表面に梨地状の領域を有する対象物の外観を検査する検査装置であって、対象物の表面における所定の対象領域に対して一の方向のみから光を照射する第1照明部と、前記対象領域に対して複数の方向から光を照射する第2照明部と、前記対象領域を撮像する撮像部と、前記第1照明部からの光の照射により前記撮像部にて取得される第1撮像画像と前記第1撮像画像に対応する第1参照画像とを比較することにより、前記対象領域における欠陥候補の領域を第1欠陥候補領域として検出し、前記第2照明部からの光の照射により前記撮像部にて取得される第2撮像画像と前記第2撮像画像に対応する第2参照画像とを比較することにより、前記対象領域における欠陥候補の領域を第2欠陥候補領域として検出する欠陥候補検出部と、前記第1欠陥候補領域および前記第2欠陥候補領域において重複する領域を、前記対象領域における欠陥領域として特定する欠陥特定部とを備える。

10

【0009】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の検査装置であって、前記第2照明部が、前記対象領域に対して複数の方向からそれぞれ光を照射する複数の光源部を有し、前記複数の光源部のうちの一の光源部が、前記第1照明部である。

20

【0010】

請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の検査装置であって、前記複数の光源部のそれぞれを前記第1照明部として順次用いることにより、前記撮像部に複数の第1撮像画像を取得させる制御部をさらに備え、前記欠陥候補検出部が、前記複数の第1撮像画像と、前記複数の第1撮像画像に対応する複数の第1参照画像とをそれぞれ比較することにより、それぞれが第1欠陥候補領域を示す複数の第1欠陥候補画像を生成し、前記欠陥特定部が、各第1欠陥候補画像が示す前記第1欠陥候補領域、および、前記第2欠陥候補領域において重複する領域を、前記対象領域における欠陥領域として特定する。

30

【0011】

請求項4に記載の発明は、請求項2または3に記載の検査装置であって、前記複数の光源部の個数が3以上である。

【0012】

請求項5に記載の発明は、表面に梨地状の領域を有する対象物の外観を検査する検査方法であって、a) 対象物の表面における所定の対象領域に対して、第1照明部により一の方向のみから光を照射しつつ、前記対象領域を撮像する撮像部にて第1撮像画像を取得する工程と、b) 前記対象領域に対して第2照明部により複数の方向から光を照射しつつ、前記撮像部にて第2撮像画像を取得する工程と、c) 前記第1撮像画像と前記第1撮像画像に対応する第1参照画像とを比較することにより、前記対象領域における欠陥候補の領域を第1欠陥候補領域として検出する工程と、d) 前記第2撮像画像と前記第2撮像画像に対応する第2参照画像とを比較することにより、前記対象領域における欠陥候補の領域を第2欠陥候補領域として検出する工程と、e) 前記第1欠陥候補領域および前記第2欠陥候補領域において重複する領域を、前記対象領域における欠陥領域として特定する工程とを備える。

40

【0013】

請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の検査方法であって、前記第2照明部が、前記対象領域に対して複数の方向からそれぞれ光を照射する複数の光源部を有し、前記複数の光源部のうちの一の光源部が、前記第1照明部である。

50

【0014】

請求項 7 に記載の発明は、請求項 6 に記載の検査方法であって、前記 a) 工程において、前記複数の光源部のそれぞれを前記第 1 照明部として順次用いることにより、前記撮像部にて複数の第 1 撮像画像が取得され、前記 c) 工程において、前記複数の第 1 撮像画像と、前記複数の第 1 撮像画像に対応する複数の第 1 参照画像とをそれぞれ比較することにより、それぞれが第 1 欠陥候補領域を示す複数の第 1 欠陥候補画像が生成され、前記 e) 工程において、各第 1 欠陥候補画像が示す前記第 1 欠陥候補領域、および、前記第 2 欠陥候補領域において重複する領域が、前記対象領域における欠陥領域として特定される。

【0015】

請求項 8 に記載の発明は、請求項 6 または 7 に記載の検査方法であって、前記複数の光源部の個数が 3 以上である。 10

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、対象物の梨地状の表面における欠陥を精度よく検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図 1】検査装置の構成を示す図である。

【図 2】検査装置の本体を示す平面図である。

【図 3】コンピュータが実現する機能構成を示すブロック図である。 20

【図 4】対象物の検査の処理の流れを示す図である。

【図 5】第 1 撮像画像を示す図である。

【図 6】第 1 撮像画像を示す図である。

【図 7】第 1 撮像画像を示す図である。

【図 8】第 2 撮像画像を示す図である。

【図 9】欠陥候補検出部の構成を示す図である。

【図 10】第 1 欠陥候補画像を示す図である。

【図 11】第 2 欠陥候補画像を示す図である。

【図 12】欠陥特定部の構成を示す図である。

【図 13】欠陥領域画像を示す図である。 30

【図 14】検査装置の他の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

図 1 は、本発明の一の実施の形態に係る検査装置 1 の構成を示す図である。図 2 は、検査装置 1 の本体 11 を示す平面図である。検査装置 1 は、表面に光沢を有する立体的な対象物 9 の外観を検査する装置である。対象物 9 は、例えば、鍛造や鋳造により形成された金属部品であり、その表面は微小な凹凸を有する梨地状である。対象物 9 は、例えば、自在に組み合える各種部品（円筒形のハブの軸や外輪、ヨーク等）である。

【0019】

図 1 に示すように、検査装置 1 は、本体 11 と、コンピュータ 12 とを備える。本体 11 は、ステージ 2 と、ステージ回動部 21 と、撮像ユニット 3 と、光源ユニット 4 とを備える。対象物 9 はステージ 2 上に載置される。ステージ回動部 21 は、上下方向を向く中心軸 J1 を中心として対象物 9 をステージ 2 と共に所定の角度だけ回動する。中心軸 J1 は、ステージ 2 の中央を通過する。本体 11 には、外部の光がステージ 2 上に到達することを防止する図示省略の遮光カバーが設けられ、ステージ 2 、撮像ユニット 3 および光源ユニット 4 は、遮光カバー内に設けられる。 40

【0020】

図 1 および図 2 に示すように、撮像ユニット 3 は、1 個の上方撮像部 31 と、4 個の斜方撮像部 32 と、4 個の側方撮像部 33 とを備える。図 2 では、上方撮像部 31 の図示を省略している（後述の上方光源部 41 において同様）。上方撮像部 31 は、ステージ 2 の

10

20

30

40

50

上方にて中心軸 J 1 上に配置される。上方撮像部 3 1 によりステージ 2 上の対象物 9 を真上から撮像した画像が取得可能である。

【 0 0 2 1 】

図 2 に示すように、上側から下方を向いて本体 1 1 を見た場合に（すなわち、本体 1 1 を平面視した場合に）、4 個の斜方撮像部 3 2 はステージ 2 の周囲に配置される。4 個の斜方撮像部 3 2 は、中心軸 J 1 を中心とする周方向に 90° の角度間隔（ピッチ）にて配列される。各斜方撮像部 3 2 の撮像光軸 K 2 と中心軸 J 1 とを含む面において（図 1 参照）、撮像光軸 K 2 と中心軸 J 1 とがなす角度 θ_2 は、およそ 45° である。各斜方撮像部 3 2 によりステージ 2 上の対象物 9 を斜め上から撮像した画像が取得可能である。

【 0 0 2 2 】

本体 1 1 を平面視した場合に、4 個の側方撮像部 3 3 も、4 個の斜方撮像部 3 2 と同様にステージ 2 の周囲に配置される。4 個の側方撮像部 3 3 は、周方向に 90° の角度間隔にて配列される。各側方撮像部 3 3 の撮像光軸 K 3 と中心軸 J 1 とを含む面において、撮像光軸 K 3 と中心軸 J 1 とがなす角度 θ_3 は、およそ 90° である。各側方撮像部 3 3 によりステージ 2 上の対象物 9 を横から撮像した画像が取得可能である。上方撮像部 3 1 、斜方撮像部 3 2 および側方撮像部 3 3 は、例えば、CCD (Charge Coupled Device) や CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) 等を有し、多階調の画像が取得される。上方撮像部 3 1 、斜方撮像部 3 2 および側方撮像部 3 3 は、図示省略の支持部により支持される。

【 0 0 2 3 】

光源ユニット 4 は、1 個の上方光源部 4 1 と、8 個の斜方光源部 4 2 と、8 個の側方光源部 4 3 とを備える。上方光源部 4 1 は、中心軸 J 1 を中心とするリング状に複数の LED (発光ダイオード) が配列された光源部である。リング状の上方光源部 4 1 は上方撮像部 3 1 の周囲を囲むように、上方撮像部 3 1 に固定される。上方光源部 4 1 によりステージ 2 上の対象物 9 に対して真上から中心軸 J 1 に平行な方向に沿って光が照射可能である。

【 0 0 2 4 】

本体 1 1 を平面視した場合に、8 個の斜方光源部 4 2 はステージ 2 の周囲に配置される。8 個の斜方光源部 4 2 は、周方向に 45° の角度間隔にて配列される。各斜方光源部 4 2 は、中心軸 J 1 を中心とする円周の接線方向に伸びるバー状に複数の LED が配列された光源部である。各斜方光源部 4 2 の出射面の中央と対象物 9 (の中心) とを結ぶ線を「照明軸」と呼ぶと、当該斜方光源部 4 2 の照明軸と中心軸 J 1 とを含む面において、当該照明軸と中心軸 J 1 とがなす角度は、およそ 45° である。各斜方光源部 4 2 では、ステージ 2 上の対象物 9 に対して斜め上から当該照明軸に沿って光が照射可能である。検査装置 1 では、8 個の斜方光源部 4 2 のうち 4 個の斜方光源部 4 2 は 4 個の斜方撮像部 3 2 にそれぞれ固定され、残りの 4 個の斜方光源部 4 2 は、図示省略の支持部により支持される。

【 0 0 2 5 】

本体 1 1 を平面視した場合に、8 個の側方光源部 4 3 はステージ 2 の周囲に配置される。8 個の側方光源部 4 3 は、周方向に 45° の角度間隔にて配列される。各側方光源部 4 3 は、中心軸 J 1 を中心とする円周の接線方向に伸びるバー状に複数の LED が配列された光源部である。斜方光源部 4 2 と同様に、各側方光源部 4 3 の出射面の中央と対象物 9 とを結ぶ線を「照明軸」と呼ぶと、当該側方光源部 4 3 の照明軸と中心軸 J 1 とを含む面において、当該照明軸と中心軸 J 1 とがなす角度は、およそ 90° である。各側方光源部 4 3 では、ステージ 2 上の対象物 9 に対して横から当該照明軸に沿って光が照射可能である。検査装置 1 では、8 個の側方光源部 4 3 のうち 4 個の側方光源部 4 3 は 4 個の側方撮像部 3 3 にそれぞれ固定され、残りの 4 個の側方光源部 4 3 は、図示省略の支持部により支持される。

【 0 0 2 6 】

例えば、上方撮像部 3 1 および上方光源部 4 1 と対象物 9 との間の距離は、約 55 cm

10

20

30

40

50

(センチメートル)である。また、斜方撮像部32および斜方光源部42と対象物9との間の距離は約50cmであり、側方撮像部33および側方光源部43と対象物9との間の距離は約40cmである。上方光源部41、斜方光源部42および側方光源部43では、LED以外の種類の光源が用いられてよい。

【0027】

図3は、コンピュータ12が実現する機能構成を示すブロック図である。図3では、本体11の構成(ステージ回動部21、撮像ユニット3および光源ユニット4)もブロックにて示している。コンピュータ12は、制御部60と、欠陥検出部61とを備える。制御部60は、検査装置1の全体制御を担う。欠陥検出部61は、欠陥候補検出部62と、欠陥特定部63とを備える。欠陥候補検出部62は、撮像ユニット3にて取得される撮像画像に基づいて欠陥候補領域を検出する。欠陥特定部63は、欠陥候補領域から真欠陥を示す欠陥領域を特定する。欠陥候補検出部62および欠陥特定部63の詳細については、後述する。

10

【0028】

図4は、検査装置1による対象物9の検査の流れを示す図である。まず、ステージ2上に検査対象の対象物9が載置される(ステップS11)。ステージ2上には、例えば位置合わせ用の複数のピンが設けられており、対象物9の予め定められた部位を当該複数のピンに当接させることにより、ステージ2上の所定位置に対象物9が所定の向きにて配置される。続いて、制御部60では、操作者による入力等に基づいて、ステージ2上の対象物9に対する撮像設定情報が取得される(ステップS12)。ここで、撮像設定情報は、撮像ユニット3において使用する撮像部(以下、「選択撮像部」という。)と、当該選択撮像部による撮像画像の取得の際に光源ユニット4において点灯する光源部とを示す。

20

【0029】

本処理例における撮像設定情報は、撮像ユニット3における4個の斜方撮像部32を選択撮像部として使用することを示す。また、当該撮像設定情報は、選択撮像部である各斜方撮像部32に対して、当該斜方撮像部32と同じ位置の斜方光源部42、当該斜方光源部42に対して時計回りに隣接する2個の斜方光源部42、および、反時計回りに隣接する2個の斜方光源部42(以下、これらの斜方光源部42を「特定光源部群」という。)のそれぞれを点灯する画像取得、並びに、特定光源部群の全てを点灯する画像取得を指示する。上側から下方を向いて本体11を見た場合に、各斜方撮像部32に対する特定光源部群に含まれる5個の斜方光源部42の照明軸は、当該斜方撮像部32の撮像光軸K2に対してそれぞれ-90°、-45°、0°、+45°、+90°だけ傾斜する。すなわち、当該5個の斜方光源部42は、中心軸J1を中心とする周方向において当該斜方撮像部32に対してそれぞれ-90°、-45°、0°、+45°、+90°の角度位置に位置する。

30

【0030】

対象物9に対する撮像設定情報が取得されると、それぞれが選択撮像部である複数の斜方撮像部32のうち、一の斜方撮像部32が注目撮像部として指定される(ステップS13)。続いて、注目撮像部32に対する特定光源部群のうち一の斜方光源部42のみを点灯しつつ、注目撮像部32にて撮像画像が取得される。このとき、対象物9の表面において注目撮像部32によよそ対向する領域を「対象領域」として、対象領域に対して当該斜方光源部42からその照明軸に沿って光が照射される。このように、対象領域に対して、特定光源部群に含まれる一の斜方光源部42により一の方向のみから光を照射しつつ、注目撮像部32により対象領域が撮像される。以下の説明では、一の光源部のみからの光の照射により注目撮像部にて取得される撮像画像を「第1撮像画像」と呼び、第1撮像画像の取得の際に対象領域に光を照射する光源部を「第1照明部」と呼ぶ。一の方向のみからの光の照射により取得される第1撮像画像では、対象領域の微小な凹凸による影が生じやすい。

40

【0031】

50

検査装置 1 では、制御部 60 の制御により、特定光源部群に含まれる複数の斜方光源部 42 のそれぞれを第 1 照明部として順次用いることにより、注目撮像部 32 において複数の第 1 撮像画像が取得される（ステップ S14）。既述のように、特定光源部群は、注目撮像部 32 に対して -90°、-45°、0°、+45°、+90° の角度位置の斜方光源部 42 を含む。注目撮像部に対して N° の角度位置の光源部を第 1 照明部として取得される第 1 撮像画像を「N° の照明による第 1 撮像画像」と呼ぶと、上記ステップ S14 では、-90° の照明による第 1 撮像画像、-45° の照明による第 1 撮像画像、0° の照明による第 1 撮像画像、+45° の照明による第 1 撮像画像、および、+90° の照明による第 1 撮像画像が取得される。特定光源部群に含まれる複数の斜方光源部 42 は、複数の第 1 撮像画像の取得に用いられる複数の第 1 照明部と捉えることが可能である。なお、特定光源部群に含まれる各斜方光源部 42 は必ずしも対象領域の全体に光を照射する訳ではなく、例えば、-90° の角度位置の斜方光源部 42 は、対象領域のおよそ半分に光を照射する。第 1 照明部として用いられる光源部は、対象領域において光の照射が可能な領域の各位置に対して一の方向のみから光を照射すればよい。

10

【0032】

続いて、注目撮像部 32 に対する特定光源部群に含まれる全ての斜方光源部 42 を点灯しつつ、注目撮像部 32 にて撮像画像が取得される（ステップ S15）。このとき、注目撮像部 32 に対して -90°、-45°、0°、+45°、+90° の角度位置の複数の斜方光源部 42 から、照明軸に沿って対象領域に対して光が照射される。このように、対象領域に対して、複数の斜方光源部 42 により互いに異なる複数の方向から光を照射しつつ、注目撮像部 32 により対象領域が撮像される。以下の説明では、特定光源部群に含まれる全ての光源部からの光の照射により注目撮像部にて取得される撮像画像を「第 2 撮像画像」と呼び、第 2 撮像画像の取得の際に対象物 9 に光を照射する全ての光源部の集合を「第 2 照明部」と呼ぶ。

20

【0033】

既述のように、特定光源部群に含まれる各斜方光源部 42 が必ずしも対象領域の全体に光を照射する訳ではないが、第 2 照明部により対象領域の各位置には、少なくとも 2 個の斜方光源部 42 から、すなわち、少なくとも 2 方向から光が照射される。本処理例では、対象領域の各位置には、少なくとも 3 個の斜方光源部から光が照射される。複数の方向からの光の照射により取得される第 2 撮像画像では、対象領域の微小な凹凸による影が生じにくい。検査装置 1 では、特定光源部群に含まれる複数の斜方光源部 42 から出射される光の強度はほぼ同じである。また、第 2 撮像画像の取得の際ににおける各斜方光源部 42 からの光の強度は、第 1 撮像画像の取得の際ににおける当該斜方光源部 42 からの光の強度よりも小さい。

30

【0034】

図 5 ないし図 7 は、第 1 撮像画像の一例を示す図である。図 5 は -90° の照明による第 1 撮像画像を示し、図 6 は -45° の照明による第 1 撮像画像を示し、図 7 は 0° の照明による第 1 撮像画像を示す。図 8 は、第 2 撮像画像の一例を示す図である。既述のように、第 2 照明部からの光の照射、すなわち、-90°、-45°、0°、+45°、+90° の全ての照明により、第 2 撮像画像は取得される。図 5 ないし図 8 では、対象物 9 の背景を示す領域に平行斜線を付している。

40

【0035】

ここで、撮像画像において対象領域における凹状または凸状の欠陥（例えば、梨地状の表面における微小な凹凸よりも十分に大きい凹状または凸状の欠陥）を示す欠陥領域では、通常、ある方向から照射される光により、周囲の領域に対する明るさの相違が大きくなる。また、欠陥の形状（凹みの角度等）によっては、他の方向から照射される光では、周囲の領域に対する欠陥領域の明るさの相違が僅かとなる。図 5 ないし図 8 の例では、-45° の照明により欠陥領域が、周囲の領域に対して区別可能な明るさとなり、他の方向の照明では、欠陥領域が区別困難である。したがって、-45° の照明による図 6 の第 1 撮像画像、および、-90°、-45°、0°、+45°、+90° の全ての照明による図

50

8 の第 2 撮像画像において、欠陥領域（後述の偽欠陥領域と区別するため、以下、「真欠陥領域」という。）が周囲の領域に対して区別可能な明るさとなる。また、複数の第 1 撮像画像および第 2 撮像画像では、対象領域の梨地状の表面に起因して、周囲の領域に対して明るさが相違する領域、すなわち、偽欠陥領域が存在する。第 2 撮像画像では、第 1 撮像画像と照明の状態が異なるため、偽欠陥領域が生じる位置が第 1 撮像画像と異なる。

【0036】

図 6 の第 1 撮像画像および図 8 の第 2 撮像画像では、真欠陥領域 7 1 および偽欠陥領域 7 2 を黒く塗りつぶしている。実際には、現段階における真欠陥領域および偽欠陥領域の区別は不能である。もちろん、他の第 1 撮像画像においても、偽欠陥領域 7 2 は生じ得る。特定光源部群に含まれる各斜方光源部 4 2 の照明による複数の第 1 撮像画像、並びに、特定光源部群に含まれる全ての斜方光源部 4 2 の照明による第 2 撮像画像は、欠陥検出部 6 1 の欠陥候補検出部 6 2 に入力される。

10

【0037】

図 9 は、欠陥候補検出部 6 2 の構成を示す図である。欠陥候補検出部 6 2 では、各第 1 撮像画像に対応する第 1 参照画像、および、第 2 撮像画像に対応する第 2 参照画像が予め記憶される。ここで、各第 1 撮像画像に対応する第 1 参照画像は、当該第 1 撮像画像と同様の条件にて取得され、かつ、欠陥を含まない対象領域を示す画像である。第 1 参照画像は、例えば、欠陥を含まない対象物に対して上記ステップ S 1 4 と同様の処理を行うことにより取得され、欠陥候補検出部 6 2 にて記憶される。各第 1 撮像画像に対して所定の処理を行うことにより、当該第 1 撮像画像に対応する第 1 参照画像が生成されてもよい。第 2 撮像画像に対応する第 2 参照画像も同様である。欠陥候補検出部 6 2 では、複数の第 1 撮像画像および第 2 撮像画像に対して同じ処理が行われるため、以下の説明では、複数の第 1 撮像画像および第 2 撮像画像のそれぞれを単に「撮像画像」と呼び、当該撮像画像に対応する第 1 または第 2 参照画像を単に「参照画像」と呼ぶ。

20

【0038】

2 つのフィルタ処理部 6 2 1 では、撮像画像および参照画像に対してメディアンフィルタやガウスフィルタ等のノイズを除去するフィルタ処理がそれぞれ行われ、フィルタ処理済みの撮像画像および参照画像は、プリアライメント部 6 2 2 に入力される。プリアライメント部 6 2 2 では、所定のパターンを利用したパターンマッチングにより、（フィルタ処理済みの）撮像画像の参照画像に対する相対的な位置および角度のずれ量が特定される。そして、両画像の間における位置および角度のずれ量だけ、撮像画像を参照画像に対して平行移動および回転することにより、撮像画像の位置および角度が参照画像に合わせられる（すなわち、プリアライメントが行われる。）。

30

【0039】

ゆすらせ比較部 6 2 3 では、撮像画像を、参照画像に対するプリアライメント済みの位置から、2 次元配列された複数の位置のそれぞれに移動する際ににおける移動後の撮像画像と参照画像との差異を示す評価値（例えば、両画像が重なる領域における画素の値の差（絶対値）の和）が求められる。そして、評価値が最小となる位置における両画像の画素の値の差（絶対値）を示す画像が、所定の閾値にて二値化され、二値の欠陥候補画像が出力される。以上のように、欠陥候補検出部 6 2 では、各撮像画像と当該撮像画像に対応する参照画像とを比較することにより、対象領域における欠陥候補の領域（以下、「欠陥候補領域」という。）を示す欠陥候補画像が生成される。換言すると、撮像画像に基づいて対象領域における欠陥候補領域が検出される。

40

【0040】

上記処理は、複数の第 1 撮像画像および第 2 撮像画像の全てに対して行われる。以上のように、欠陥候補検出部 6 2 では、各第 1 撮像画像と当該第 1 撮像画像に対応する第 1 参照画像とを比較することにより、第 1 欠陥候補領域を示す第 1 欠陥候補画像が生成され、第 1 欠陥候補領域が検出される（ステップ S 1 6）。また、第 2 撮像画像と当該第 2 撮像画像に対応する第 2 参照画像とを比較することにより、第 2 欠陥候補領域を示す第 2 欠陥候補画像が生成され、第 2 欠陥候補領域が検出される（ステップ S 1 7）。N° の照明に

50

よる第1撮像画像から取得される第1欠陥候補画像を、「N°の照明による第1欠陥候補画像」と呼ぶと、上記ステップS16では、-90°の照明による第1欠陥候補画像、-45°の照明による第1欠陥候補画像、0°の照明による第1欠陥候補画像、+45°の照明による第1欠陥候補画像、および、+90°の照明による第1欠陥候補画像が取得される。

【0041】

図10は、図6の第1撮像画像から導かれる-45°の照明による第1欠陥候補画像を示す図であり、図11は、図8の第2撮像画像から導かれる-90°、-45°、0°、+45°、+90°の全ての照明による第2欠陥候補画像を示す図である。図10の第1欠陥候補画像は、図6の真欠陥領域71および偽欠陥領域72を第1欠陥候補領域73として示す二値画像である。図11の第2欠陥候補画像は、図8の真欠陥領域71および偽欠陥領域72を第2欠陥候補領域74として示す二値画像である。複数の第1欠陥候補画像および第2欠陥候補画像は、欠陥特定部63に出力される。

10

【0042】

図12は、欠陥特定部63の構成を示す図である。複数の論理積演算部631には、それぞれ-90°、-45°、0°、+45°、+90°の照明による複数の第1欠陥候補画像の画素の値が順次入力される。また、複数の論理積演算部631には、第2欠陥候補画像の画素の値も順次入力される。そして、各論理積演算部631では、第2欠陥候補画像の各画素の値と、第1欠陥候補画像の対応する画素の値との論理積が求められ、論理和演算部632に出力される。したがって、各論理積演算部631では、第2欠陥候補画像と第1欠陥候補画像とを正確に重ねた場合に、第2欠陥候補領域74と第1欠陥候補領域73とが重なる領域の画素に対して、欠陥領域を示す値が出力される。また、第2欠陥候補領域74と第1欠陥候補領域73とが重ならない領域の画素に対して、非欠陥領域を示す値が出力される。このようにして、第2欠陥候補領域74および第1欠陥候補領域73において重複する領域が、対象領域における欠陥領域として実質的に特定される。

20

【0043】

論理和演算部632では、第2欠陥候補画像の各画素に対して複数の論理積演算部631から入力される値の論理和が求められ、面積フィルタ部633に出力される。すなわち、第2欠陥候補画像の各画素に対して、いずれかの論理積演算部631から欠陥領域を示す値が入力される場合に、欠陥領域を示す値が面積フィルタ部633に出力され、全ての論理積演算部631から非欠陥領域を示す値が入力される場合に、非欠陥領域を示す値が面積フィルタ部633に出力される。面積フィルタ部633では、第2欠陥候補画像の各画素に対して論理和演算部632から入力される値を、当該画素の位置の値とする画像が生成される。そして、当該画像において、欠陥領域を示す値を有するとともに、互いに連続する画素の集合が欠陥領域として特定され、当該欠陥領域の面積が所定の面積閾値未満である場合に、当該欠陥領域に含まれる画素の値が非欠陥領域を示す値に変更される。面積閾値以上の面積を有する欠陥領域の画素の値はそのままである。これにより、図13に示すように、最終的な欠陥領域75を示す欠陥領域画像が、注目撮像部32の対象領域に対して取得される(ステップS18)。最終的な欠陥領域75の位置は、図6および図8の真欠陥領域71に一致する。

30

【0044】

制御部60では、全ての選択撮像部が注目撮像部として指定されたか否かが確認される。ここでは、注目撮像部として未指定の選択撮像部が存在するため(ステップS19)、他の一の斜方撮像部32が注目撮像部として指定される(ステップS13)。既述のように、上側から下方を向いて本体11を見た場合に(図2参照)、4個の斜方撮像部32は周方向に90°の角度間隔にて配列されるため、欠陥領域画像が取得されていない対象物9の領域が、注目撮像部32に対する対象領域となる。

40

【0045】

注目撮像部32が指定されると、上記と同様にして、対象領域に対して-90°、-45°、0°、+45°、+90°の照明による5個の第1撮像画像が取得され(ステップ

50

S 1 4)、続いて、- 9 0 °、- 4 5 °、0 °、+ 4 5 °、+ 9 0 °の全ての照明による第2撮像画像が取得される(ステップS 1 5)。各第1撮像画像と当該第1撮像画像に対応する第1参照画像とを比較することにより第1欠陥候補画像が生成され(ステップS 1 6)、第2撮像画像と当該第2撮像画像に対応する第2参照画像とを比較することにより第2欠陥候補画像が生成される(ステップS 1 7)。そして、各第1欠陥候補画像および第2欠陥候補画像から、対象領域に対する欠陥領域画像が取得される(ステップS 1 8)。

【0 0 4 6】

検査装置1では、全ての選択撮像部を注目撮像部として、上記欠陥領域画像の取得に係る処理が行われる(ステップS 1 9)。これにより、対象物9において周方向に90°の角度間隔にて並ぶ4個の対象領域のそれぞれに対して、欠陥領域画像が取得される。

10

【0 0 4 7】

続いて、制御部60では、ステージ2を所定回数だけ回動したか否かが確認される。ここでは、ステージ2の回動を行っていないため(ステップS 2 0)、ステージ回動部21がステージ2を中心軸J1を中心として45°だけ回動する(ステップS 2 1)。これにより、上記4個の対象領域のうち周方向に互いに隣接する2個の対象領域の各組合せにおいて、当該2個の対象領域の間の領域が、いずれかの斜方撮像部32と対向する。そして、上記と同様に、ステップS 1 3 ~ S 1 8が繰り返される(ステップS 1 9)。その結果、対象物9において周方向に45°の角度間隔にて並ぶ8個の対象領域のそれぞれに対して、欠陥領域画像が取得される。8個の対象領域は、周方向の全周に亘って連続するため、周方向の全周に亘って対象物9の欠陥が検出される。8個の対象領域は、相互に部分的に重なっていてもよい。制御部60では、ステージ2を所定回数だけ回動したことが確認され、対象物9の検査が完了する(ステップS 2 0)。

20

【0 0 4 8】

上記処理例では、4個の斜方撮像部32を選択撮像部として指定し、選択撮像部である各斜方撮像部32に対して-90°、-45°、0°、+45°、+90°の角度位置に位置する斜方光源部42を特定光源部群として利用する場合について説明したが、選択撮像部および特定光源部群は他の組合せであってよい。例えば、4個の側方撮像部33を選択撮像部として指定し、選択撮像部である各側方撮像部33に対して-90°、-45°、0°、+45°、+90°の角度位置に位置する側方光源部43を特定光源部群として利用してもよい。また、選択撮像部である斜方撮像部32に対して複数の側方光源部43が特定光源部群として利用されてよく、選択撮像部である側方撮像部33に対して複数の斜方光源部42が特定光源部群として利用されてよい。

30

【0 0 4 9】

さらに、上方撮像部31が選択撮像部として指定されてよく、上方光源部41が特定光源部群の一つとして利用されてよい。対象物9の種類によっては、選択撮像部に対して-45°、0°、+45°の角度位置に位置する光源部のみが特定光源部群として利用されてよい。特定光源部群が、上方光源部41、斜方光源部42および側方光源部43を含んでもよい。各選択撮像部に対して特定光源部群として利用される光源部の個数は、3以上(例えば、5以下)であることが好ましい。検査装置1では、様々な撮像部を選択撮像部として指定し、各選択撮像部に対して様々な複数の光源部を特定光源部群として利用することにより、高精度な欠陥検出が可能となる。

40

【0 0 5 0】

以上に説明したように、検査装置1では、撮像部に対向する対象領域に対して複数の方向からそれぞれ光を照射する複数の光源部が設けられ、複数の光源部のうちの一の光源部からの光の照射により撮像部にて第1撮像画像が取得され、複数の光源部からの光の照射により撮像部にて第2撮像画像が取得される。また、第1撮像画像と当該第1撮像画像に対応する第1参照画像とを比較することにより第1欠陥候補領域が検出され、第2撮像画像と当該第2撮像画像に対応する第2参照画像とを比較することにより第2欠陥候補領域が検出される。そして、第1欠陥候補領域および第2欠陥候補領域において重複する領域

50

が、対象領域における欠陥領域として特定される。これにより、対象物9の梨地状の表面における微小な凹凸に起因する第1および第2欠陥候補領域における偽欠陥領域を適切に除去して、対象物9の表面における欠陥（真欠陥）を精度よく検出することができる。

【0051】

また、対象物9の検査では、複数の光源部のそれぞれを順次用いることにより、撮像部にて複数の第1撮像画像が取得される。また、当該複数の第1撮像画像と、当該複数の第1撮像画像に対応する複数の第1参照画像とをそれぞれ比較することにより、それぞれが第1欠陥候補領域を示す複数の第1欠陥候補画像が生成される。そして、各第1欠陥候補画像が示す第1欠陥候補領域、および、第2欠陥候補領域において重複する領域が、対象領域における欠陥領域として特定される。このように、一の対象領域（一の撮像部の撮像位置）に対して複数の光源部を用いて複数の第1撮像画像を取得し、当該複数の第1撮像画像に基づいて当該対象領域の欠陥領域を検出することにより、対象物9の表面における欠陥をより安定して（より確実に）検出することができる。

【0052】

検査装置1では、上方撮像部31、複数の斜方撮像部32、および、複数の側方撮像部33が設けられることにより、対象物9における死角を低減することができ、対象物9の検査の信頼性を向上することができる。

【0053】

上記検査装置1では様々な変形が可能である。

【0054】

検査装置1では、8個の斜方光源部42と同じ位置に8個の斜方撮像部32が設けられ、8個の側方光源部43と同じ位置に8個の側方撮像部33が設けられてもよい。この場合、図4のステップS21におけるステージ2の回動を省略しつつ、周方向の全周に亘って対象物9の欠陥を短時間に検出することが可能となる。また、検査装置1の製造コストを削減する場合には、図2において2個の斜方撮像部32および2個の側方撮像部33が省略される。この場合、残りの2個の斜方撮像部32が周方向に180°の角度間隔にて設けられ、残りの2個の側方撮像部33が周方向に180°の角度間隔にて設けられる。また、ステップS20におけるステージ2の回動回数は3回に設定される。

【0055】

検査装置1の製造コストをさらに削減する場合には、撮像ユニット3において1個の上方撮像部31、1個の斜方撮像部32および1個の側方撮像部33のみが設けられ、光源ユニット4において、1個の上方光源部41、5個の斜方光源部42および5個の側方光源部43のみが設けられてよい。5個の斜方光源部42は、斜方撮像部32に対して-90°、-45°、0°、+45°、+90°の角度位置に配置され、5個の側方光源部43は、側方撮像部33に対して-90°、-45°、0°、+45°、+90°の角度位置に配置される。この場合、ステップS20におけるステージ2の回動回数は7回に設定される。

【0056】

検査装置1では、ステージ2が固定され、撮像ユニット3および光源ユニット4が中心軸J1を中心として回動してもよい。また、上下方向（重力方向）以外の方向を向く中心軸J1が設定されてよい。

【0057】

対象物9の種類によっては、一の選択撮像部に対して第1欠陥候補画像または第2欠陥候補画像の一方のみが生成され、当該欠陥候補画像が示す欠陥候補領域が欠陥領域として扱われてもよい。

【0058】

上記検査装置1では、対象領域に対して複数の方向からそれぞれ光を照射する複数の光源部が第2照明部として設けられ、当該複数の光源部のうちの一の光源部が第1照明部として扱われるが、図14に示すように、第1照明部51と第2照明部52とが個別に設けられてもよい。第1照明部51は、対象物9の表面における対象領域に対して一の方向の

みから光を照射可能であり、第2照明部52は、対象領域に対して複数の方向から光を照射可能である。図14の例では、第1照明部51は撮像部30の上面に固定され、第2照明部52は撮像部30の下面に固定される。第2照明部52では、周方向に沿う円弧状に複数のLEDが配列される。欠陥をより安定して検出するには、図14中に二点鎖線にて示すように、対象領域に対して互いに異なる複数の方向から光を照射する複数の第1照明部51が設けられ、複数の第1照明部51を用いて対象領域を示す複数の第1撮像画像が取得されることが好ましい。また、第1照明部51が省略され、第2照明部52において互いに連続する数個のLEDのみを第1照明部として点灯することにより、対象領域に対して一の方向のみから光を照射することも可能である。この場合、第2照明部52では、それぞれが互いに連続する数個のLEDである複数の光源部が周方向に並んでいると捉えることができる。

10

【0059】

第1照明部は、対象領域に対して実質的に一の方向のみから光を照射するものであるならば、例えば、僅かに離れた（分離した）複数の光源から対象領域に光を照射するものであってもよい。第2照明部を用いて取得される第2撮像画像と、第1照明部を用いて取得される第1撮像画像とにおいて撮像条件（偽欠陥領域が生じる位置）を相違させるという観点では、第2照明部による対象領域の各位置に対する光の照明方向は、45度以上離れた2方向を含むことが好ましく、60度以上離れた2方向を含むことがより好ましい。

20

【0060】

図4の処理の流れでは、理解を容易にするため、一の注目撮像部による第1撮像画像の取得、当該注目撮像部による第2撮像画像の取得、当該第1撮像画像からの第1欠陥候補画像の生成、当該第2撮像画像からの第2欠陥候補画像の生成が順次行われるものとして説明したが、例えば、第1撮像画像の取得後、第2撮像画像の取得、および、第1欠陥候補画像の生成が並行して行われてもよい。また、複数の選択撮像部により複数の対象領域の第1撮像画像が順次取得され、続いて、当該複数の対象領域の第2撮像画像が順次取得されてもよい。このように、図4の処理の流れは、適宜変更可能である。

20

【0061】

検査装置1では、表面に梨地状の領域を有する板状またはフィルム状の対象物の検査が行われてよい。検査装置1は、金属の表面である梨地状の領域を表面に有する対象物の検査に特に適しているが、金属以外の材料の表面である梨地状の領域を表面に有する対象物の外観が検査装置1にて検査されてよい。

30

【0062】

上記実施の形態および各変形例における構成は、相互に矛盾しない限り適宜組み合わされてよい。

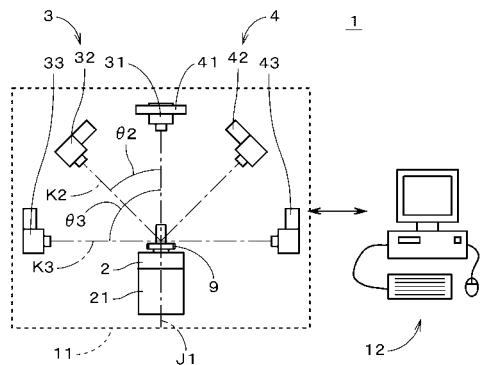
【符号の説明】

【0063】

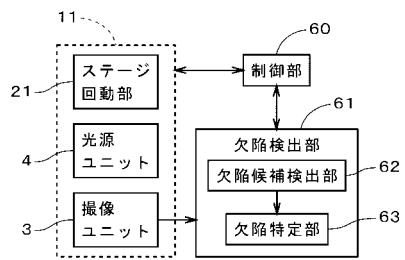
- | | |
|-----------|----------|
| 1 | 検査装置 |
| 9 | 対象物 |
| 30 ~ 33 | 撮像部 |
| 41 ~ 43 | 光源部 |
| 51 | 第1照明部 |
| 52 | 第2照明部 |
| 60 | 制御部 |
| 62 | 欠陥候補検出部 |
| 63 | 欠陥特定部 |
| 73 | 第1欠陥候補領域 |
| 74 | 第2欠陥候補領域 |
| 75 | 欠陥領域 |
| S11 ~ S21 | ステップ |

40

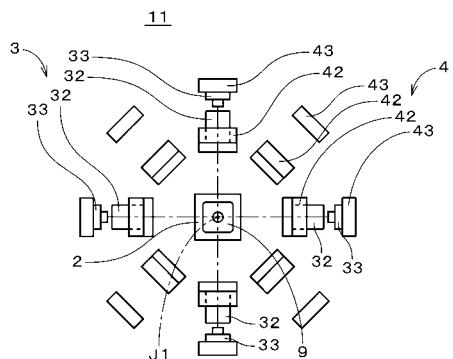
【図1】



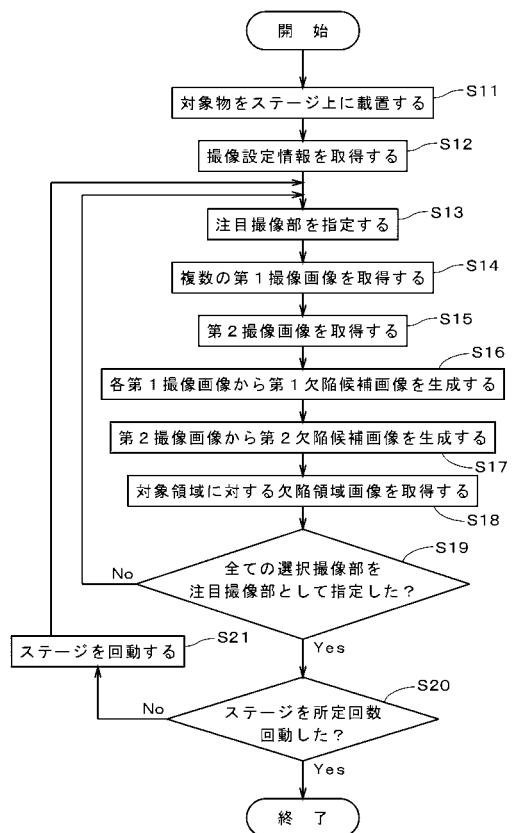
【図3】



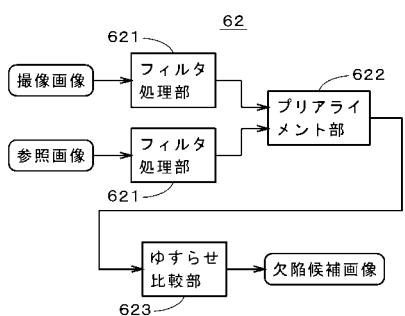
【図2】



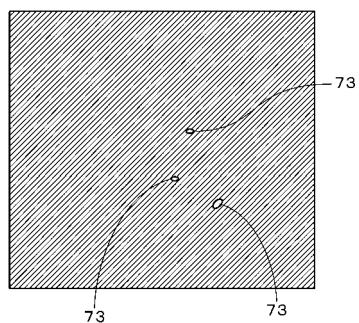
【図4】



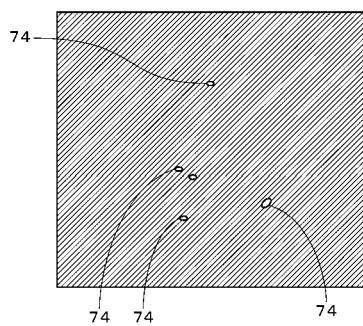
【図9】



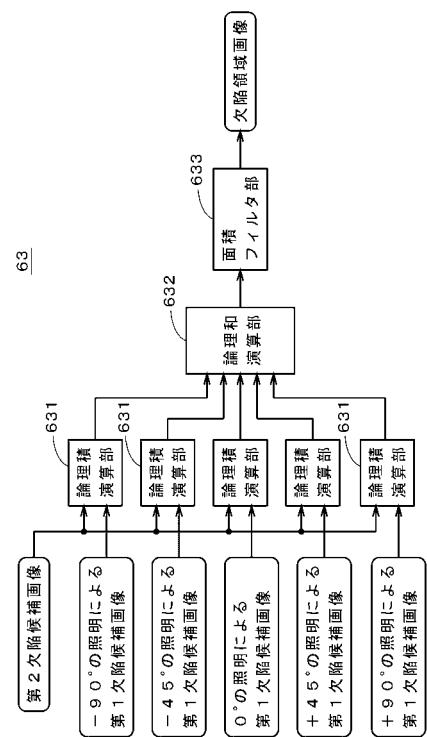
【図10】



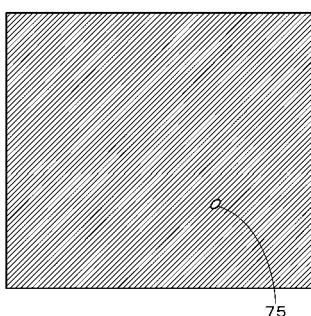
【図 1 1】



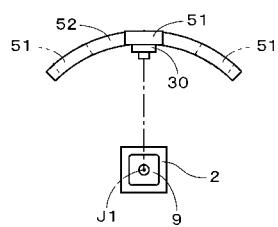
【図 1 2】



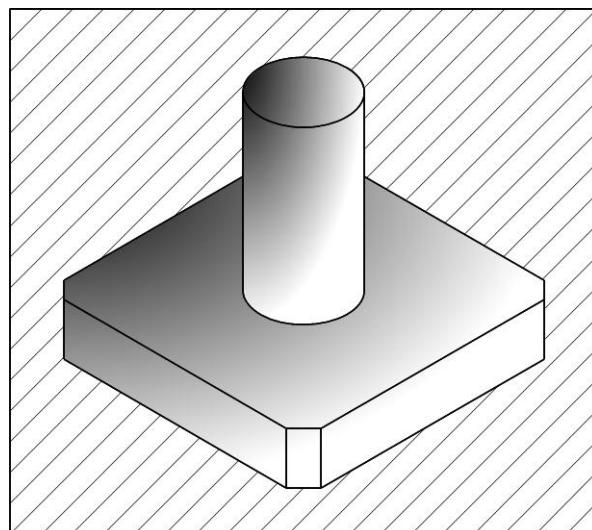
【図 1 3】



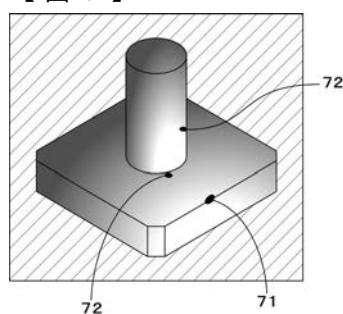
【図 1 4】



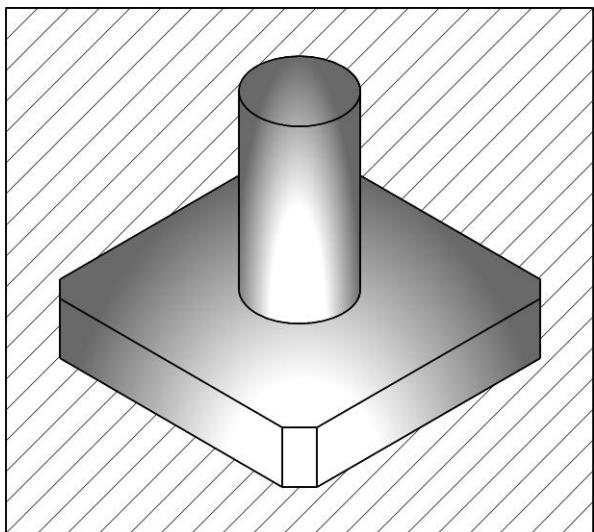
【図 5】



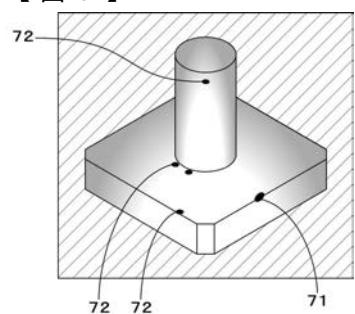
【図 6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2G051 AA07 AA32 AA41 AB07 AC02 AC21 BA01 BA02 BC07 CA04
CA07 CA08 CB01 DA08 EA08 EA11 EA16 EA25 EB01 EC05
ED05 ED08 ED09 ED12