

(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2005-291845

(P2005-291845A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.⁷

G01N 21/88

F I

G01N 21/88

Z

テーマコード (参考)

2 G051

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2004-105463 (P2004-105463)

(22) 出願日 平成16年3月31日 (2004.3.31)

(71) 出願人 000002967

ダイハツ工業株式会社

大阪府池田市ダイハツ町1番1号

(71) 出願人 390033916

中央電子計測株式会社

広島県広島市東区牛田東2丁目10-25

(74) 代理人 100107308

弁理士 北村 修一郎

(72) 発明者 坂上 護

大阪府池田市桃園2丁目1番1号 ダイハツ工業株式会社内

(72) 発明者 石川 千恵

大阪府池田市桃園2丁目1番1号 ダイハツ工業株式会社内

最終頁に続く

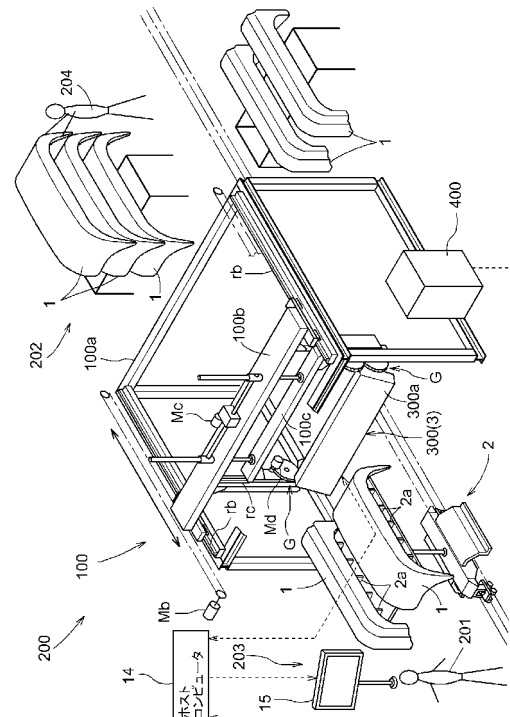
(54) 【発明の名称】 表面欠陥検査装置

(57) 【要約】

【課題】 所定のレイアウトパターンで配置された複数の発光素子からなる照射系と、その照射系から照明される照射光を受けた被検査面を撮像する撮像カメラとを備える表面欠陥検査装置において、照射系と撮像系との構成が最も合理的かつシンプルであり、信頼性の高い検査を行うことが可能なものを得る。

【解決手段】 レイアウトパターンを発光素子を内側に所定形状の暗面を残すように連続的に配置させたものとし、少なくとも一つの暗面に撮像カメラを被検査面から反射される各発光素子の照射光を受光するように配置し、さらに、複数の発光素子と撮像カメラとを一体として被検査面に沿って移動させる搬い装置100a, 100b, 100c, Mb, Mc, Mdを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定のレイアウトパターンで配置された複数の発光素子と、前記発光素子の照射光によって照明された被検査面を撮像する撮像カメラと、前記撮像カメラの撮像情報を出力する出力部とを備え、前記出力部からの出力信号を評価して前記被検査面における欠陥を検知する欠陥評価部を備えた表面欠陥検査装置であって、

前記レイアウトパターンが前記発光素子を内側に所定形状の暗面を残すように連続的に配置させたものであり、少なくとも一つの前記暗面に前記撮像カメラが前記被検査面から反射される前記各発光素子の照射光を受光するように配置されるとともに、

前記複数の発光素子と前記少なくとも一つの撮像カメラとを一体として前記被検査面に沿って移動させる俵い装置を備えた表面欠陥検査装置。 10

【請求項 2】

前記複数の発光素子の発光面と、前記少なくとも一つの撮像カメラの撮像面が同一平面内に設けられ、前記同一平面である発光照射面が前記俵い装置により前記被検査面に平行に維持される 1 項記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 3】

前記レイアウトパターンが、所定方向において繰り返される繰り返しレイアウトパターンである請求項 1 又は 2 記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 4】

前記被検査面を前記複数の発光素子及び前記少なくとも一つの撮像カメラに対して相対搬送移動する搬送機構を備え、 20

前記レイアウトパターンの繰り返し方向が前記相対搬送方向である請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の表面欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、所定のレイアウトパターンで配置された複数の発光素子と、前記発光素子の照射光によって照明された被検査面を撮像する撮像カメラと、前記撮像カメラの撮像情報を出力する出力部とを備え、前記出力部からの出力信号を評価して前記被検査面における欠陥を検知する欠陥評価部を備えた表面欠陥検査装置に関する。 30

【背景技術】

【0002】

この種の表面欠陥検査装置の代表例として、自動車ボディ（具体的にはバンパー）の塗装面の検査に使用される技術を挙げることができる。このような表面欠陥検査では、被検査面としての塗装面上に存する凹凸や傷等が、その検査対象となる。

発光面でパターンを成す検査光を使用する検査技術として、所謂、ストライプ状、即ち、横縞模様の明暗を作り出している照射光を塗装面に照明して、照明状態にある塗装面を撮像カメラにより撮像し、得られる撮像画像を用いて表面検査を行う技術がある。

【0003】

この種の検査システムの具体的構成を図 10 に示した。 40

図 10 に示す欠陥検査システムにあっては、検査対象となる複数のバンパーがストックされたストックステーション 202 から、投入員 204 が随時、バンパー 1 を取り出し、バンパー 1 を保持して姿勢変更するロボット 22 に取り付ける。

【0004】

ロボット 22 はバンパー 1 を保持したまま、図 10 に示す回転軸 22d 周りに回転させ、バンパー 1 を姿勢変更する。この姿勢変更に対応して、システムには所定の横縞パターンで光を照明する照明装置 220 が備えられている。図示する例にあっては、バンパー 1 が姿勢変更を行う移動空間を囲むように、この装置 220 が設けられている。照射光の照明パターンは、バンパー 1 の回転軸 22d に平行なストライプ状の明暗パターンである。

【0005】

照明装置 220 の所定箇所には、複数の撮像カメラ 4 が設けられており、これらカメラ 4 によりバンパー 1 に写り込んだ照射光の明暗パターンが撮像される。撮像結果は、解析側へ送られ、欠陥の有無等の評価が行われる。

【0006】

ロボット 22 より下手側に位置する検査員 201 は、ロボット 22 による保持・姿勢変更を終了した後、バンパー 1 を取り外し、目視検査等の後工程におくる。

【0007】

この時、検査員 201 は欠陥評価手段からの評価情報を得ており、検査において注目すべき箇所の情報をえており、迅速確実に作業を進める。

【0008】

この構成の表面欠陥検査の基本原理を示したのが、図 11 である。

同図に示すように、塗装面を所定方向（例えば R 方向）に移動させていった場合に、塗装面上にある凹凸面といった欠陥の画像部分が、前記移動方向 R に直交する方向（例えば図 11 における紙面表裏方向）の座標を変えることなく、その方向座標（R 座標）を変えながら撮像されることを利用して、欠陥の検出を行うことができる。即ち、欠陥領域は撮像画像において、明のストライプ部位では暗く、暗のストライプ部位では明るく撮像されることを利用して欠陥を識別することから、欠陥は、ストライプの明部分及び暗部分の間段階調画像として捕らえることができる。同様の検査原理を使用する技術が、特許文献 1 に示されている。

【0009】

さらに、表面の周期的な凹凸である「ゆず肌」と呼ばれる欠陥を検出しようとするために、照射光である明暗ストライプの境界線の撮像画像上でのゆらぎにより塗装厚みの班を見出そうとするものがある（特許文献 2 参照）。

【0010】

この検査手法では、被検査面を移動させる必要はないが、概して、塗装面の比較的広い範囲に渡ってストライプの境界線画像に位置ずれを起こさせるような乱れが発生している塗装面が検出対象となる。

【0011】

【特許文献 1】特開平 8 - 145906 号公報（図 5、図 9 及び図 15）

【特許文献 2】特開平 9 - 126744 号公報（図 13）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

特許文献 1 及び 2 のような従来の表面欠陥検査手法では、被検査面を照明する照明部がストライプ状の明暗パターンを塗装面に照明するので、表面検査に用いる照射光の回り込みは、ストライプ状の明暗パターンと直交（横断）する方向でしか発生しない。結果、被検査面に、このストライプパターンのストライプ方向（ストライプの延長方向と同方向）に欠陥が存在した場合において、この種の欠陥が捕らえにくい。

【0013】

さらにこの技術では、実質上、凸状欠陥しか抽出できず、写り込み箇所について明暗差を得難く二値値処理で誤検出が出やすい。また、意匠ライン及びその近傍の欠陥が捉えにくい。

【0014】

さらに、図 10、11 に示すように、検査に使用する照射光の照明光軸と、撮像カメラの撮像光軸との方向が交差するために、撮像カメラに取り込める光量の点で充分でなく改善の余地がある。また、このような検査系においては光学的な複雑さから、欠陥評価側の処理も複雑にならざるを得ない。同時に、照射系、撮像系の位置関係を厳密なものとする必要が生じる。

【0015】

本発明の目的は、所定のレイアウトパターンで配置された複数の発光素子からなる照射

10

20

30

40

50

系と、その照射系から照明される照射光を受けた被検査面を撮像する撮像カメラとを備える表面欠陥検査装置において、照射系と撮像系との構成が最も合理的かつシンプルであり、信頼性の高い検査を行うことが可能な表面欠陥検査装置を得ることにある。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記目的を達成するための課題を解決するための、所定のレイアウトパターンで配置された複数の発光素子と、前記発光素子の照射光によって照明された被検査面を撮像する撮像カメラと、前記撮像カメラの撮像情報を出力する出力部とを備え、前記出力部からの出力信号を評価して前記被検査面における欠陥を検知する欠陥評価部を備えた表面欠陥検査装置の特徴構成は、

前記レイアウトパターンが前記発光素子を内側に所定形状の暗面を残すように連続的に配置させたものであり、少なくとも一つの前記暗面に前記撮像カメラが前記被検査面から反射される前記各発光素子の照射光を受光するように配置されるとともに、

前記複数の発光素子と前記少なくとも一つの撮像カメラとを一体として前記被検査面に沿って移動させる俵い装置を備えたことにある。

【0017】

この欠陥検査装置においても、その検査原理として、照射光の回り込みを利用するが、この検査原理を利用する場合、照明部を、内側に所定形状の暗面を残すように配置された発光素子を連続的に配置したレイアウトパターンを使用する。

【0018】

このようにすると、例えば、塗装面が平面で、照明部における発光素子のレイアウトパターンが六角形で、塗装面の法線方向に照射光の光軸および撮像カメラの光軸が向けられている場合、塗装面に欠陥がなければ撮像は六角形の明暗パターンとなる。しかしながら、欠陥がある場合、この欠陥により六角の内部に形成された暗面に中間輝度領域が、図7に示すような孤立点として形成される。

従って、この欠陥起因の像を撮像カメラで確実に撮像することができる。

【0019】

しかも、暗面に撮像カメラを配置することで、照射光の光軸方向と撮像側の光軸方向を一致させることが可能となり、所謂、落射状態での撮像検査が可能となる。

【0020】

そして、前記出力部からの出力信号を評価して前記被検査面における欠陥を検知する欠陥評価部を備える構成としておくと、画像処理技術として確立された技術を利用して、自動的に欠陥箇所を評価、割り出しできる。

【0021】

また、複数の発光素子と少なくとも一つの撮像カメラとを一体として被検査面に沿って移動させる俵い装置を備えることで、これら光学機器を備えて構成される撮像ユニットを被検査面に対する位置関係（発光素子及び撮像カメラの光軸、さらに、照射面、撮像面と被検査面との距離等）を一定の状態として俵わせて、自動で信頼性の高い欠陥検査を実行できる。

【0022】

さらに、前記複数の発光素子の発光面と、前記撮像カメラの撮像面が同一平面内にあるものとし、前記俵い装置により、その同一平面を被検査面に対して平行に維持することが好ましい。

この種の検査にあっては、撮像画像における画像の明るさ、さらには、その画像部位の位置等は、発光面と撮像面とに対する被検査面の位置関係に大きく影響される。その点、発光面と撮像面とを同一平面上に位置させることで、これらが一体化した撮像ユニットを容易に構築でき、この同一平面から被検査面までの距離の調節だけで、検査における光学構成を実質上特定することが可能となり、検査の信頼性をこの点からも確立できる。

【0023】

さて、前記レイアウトパターンが、所定方向において繰り返される繰り返しレイアウトパ

10

20

30

40

50

ターンであることが好ましい。

【0024】

このような繰り返しパターンとすることで、例えば、発光素子のレイアウトパターン部位とその内部に設けられる暗面とを単位として、撮像に対する画像処理を、同一の基準で繰り返し行うことができる。また、被検査面が移動している場合、同一の被検査面部位を繰り返し検査でき、当該被検査面部位について複数の撮像情報を得て、信頼性の高い検査を行うことができる。

【0025】

さらに、前記被検査面を前記複数の発光素子及び前記撮像カメラに対して相対搬送移動する搬送機構を備え、

前記レイアウトパターンの繰り返し方向が前記相対搬送方向であることが好ましい。
この種の表面欠陥検査にあつては、被検査面が自動的に移動する状態で検査される場合もあり、所定のレイアウトパターンの繰り返しで、順次、特定の被検査面を繰り返して撮像し、撮像情報を得ることで、信頼性の高い検査を行える。

【0026】

本発明によるその他の特徴及び利点は、以下図面を用いた実施形態の説明により明らかになるだろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本願の表面欠陥検査装置100に関して説明する。

本願の表面欠陥検査装置100は、図10に対応した図1に示す検査システム200に採用されるものであり、図1は、検査システム200の全体構成を、図2、3は表面欠陥検査装置100の全体構成を、図4は表面欠陥検査装置100の撮像ユニット300の構成を、図5は撮像情報の評価系の構成を示したものである。

【0028】

この検査システム200もまた、先に従来技術の項で説明したように、例えば、バンパー1の表面欠陥検査を目的とするものである。表面欠陥検査装置100は、このシステム200において、ストックステーション202の下手側、目視検査ステーション203の上手側に配設されており、この表面欠陥検査装置100には、本願独特の構成を有する撮像ユニット300が備えられている。

【0029】

この撮像ユニット300はバンパー1の外形形状に倣って倣い動作することで、検査を従来より格段に高い精度かつ信頼性で行うことを可能としている。

以下、検査システム200の構成、表面欠陥検査装置100における撮像ユニット300の倣い構成、撮像画像の処理の順に詳細に説明する。

【0030】

〔検査システム〕

図1に示すように、本願に係る検査システム200では、検査対象であるバンパー1の搬送ロボット2による移動経路が直線移動経路とされている。

図1において、検査対象のバンパー1は、図上、右上側から左下側へ搬送される。図示するように、検査は一对のバンパー1を一単位として行われる。従って、この搬送方向に沿って、ストックステーション202、表面欠陥検査装置100、目視検査ステーション203が設けられている。

ストックステーション202から搬送ロボット2へのバンパー1の移動が投入員204により行われ、検査員201によって目視検査が行われる点に関しては、従来通りである。

【0031】

作業の流れに沿って説明すると、ストックステーション202から投入員204が随時一对のバンパー1を取り出し、搬送ロボット2のバンパー支持部2aに取り付ける。

【0032】

10

20

30

40

50

搬送ロボット 2 は、バンパー 1 を保持したまま、搬送経路を下手側に移動する。このときバンパー 1 の姿勢変更は起こらず、搬送経路に沿って並進移動するのみである。バンパー 1 が表面欠陥検査装置 100 内に入ると、バンパー 1 の表面形状に倣うように、前述の撮像ユニット 300 が姿勢変更を伴って移動する。その移動形態は後述するように、撮像ユニット 300 の照明部 3 を検査面に平行に、且つ撮像カメラ 4 の光軸を検査面の法線方向に維持するもので、被検査面と撮像ユニット 300 との間の距離を一定とするものがある。

【0033】

そして、撮像ユニット 300 に備えられる複数の撮像カメラ 4 によりバンパー 1 に写り込んだ照射光の明暗パターンが撮像される。撮像結果は、解析側である欠陥評価手段 6 へ送られ、欠陥の有無等の評価が行われる。 10

【0034】

搬送下手側に位置する検査員 201 は、送られてくるバンパー 1 を目視検査するのであるが、図 1 に示されるように、この時、検査員 201 は欠陥評価手段 6 からの評価情報を検査結果プロジェクタ 15 より、検査において注目すべき箇所情報としており、特にその箇所等を中心に目視検査を進めることができる。

【0035】

〔表面欠陥検査装置における撮像ユニットの倣い構成〕

a 撮像ユニット 300

図 4 に、撮像ユニット 300 の平面図（イ）、正面図（ロ）、平面視の詳細を（ハ）に示した。同図に示すように、撮像ユニット 300 は基本的には概略直方体形状を有したユニットフレーム 300 a と、このユニットフレーム 300 a の長手方向（図 4（イ）における L1 方向）の両端にユニットフレーム 300 a から上下方向に延びる揺動支持フレーム部 300 b を備えて構成されている。 20

【0036】

同図にも示されるように、前記ユニットフレーム 300 a の上側端面は、本願にいう照明部 3 として構成されており、この照明部 3 には多数の発光素子 30 が六角形状を単位として繰り返しレイアウトで配設されている。

【0037】

さらに、この照明部 3 の幅方向中央には、所定均等間隔で撮像カメラ 4 のレンズ面 4 a（即ち撮像部）が備えられている。図示する例にはあつては、10 個の撮像カメラ 4 を備えた例を示している。図 4（ロ）に示すように、ユニットフレーム 300 a の内部には、撮像カメラ 4 および発光素子 30 用の DC 電源 300 c が設けられている。 30

【0038】

b 倣い装置による倣い構造

上述の撮像ユニット 300 は、前記揺動支持フレーム部 300 b の先端に設けられている左右一对の支持軸 300 d でユニット 300 が支持されるように構成されている。この支持軸 300 d は、その軸心周りの回転が可能とされるとともに、表面欠陥検査装置 100 の装置フレーム 100 a に対して、その上下方向およびその前後方向で移動可能に構成されている。 40

【0039】

図 2 は、前記装置フレーム 100 a を搬送経路に直交する正面方向から見た図面であり、同図において、搬送ロボット 2 は右側から左方向に移動する。

図 3 は、前記装置フレーム 100 a を搬送ロボット 2 の侵入側（即ち側面）から見た図面である。

【0040】

図 2 に示すように、装置フレーム 100 a は、その側面視が門型で、その正面視で方形の構造体として構成されている。

この装置フレーム 100 a に対して、その正面視の左右方向（搬送方向に沿う方向）に移動可能な走行フレーム 100 b と、上下方向に移動可能な上下移動フレーム 100 c と 50

が備えられている。

【0041】

この昇降フレーム100cは前記走行フレーム100bに設けられるレールrcに沿って上下方向に移動可能に構成されている。この上下方向移動は走行フレーム100bに中央部位に設けられる昇降モータMcによって実行される。

【0042】

前記走行フレーム100bの搬送方向移動は、この走行フレーム100bの走行を可能とするレールrb、及び装置フレーム100aに備えられた走行モータMbからの走行フレーム100bへの走行駆動を伝達する駆動伝達機構によって実行される。

【0043】

さらに、図3に示されるように、前記揺動支持フレーム部300bの先端に設けられている左右一对の支持軸300dに対しては、回転モータMdと、この回転モータMdの回転を減速して前記支持軸に伝達するギヤ伝達機構Gとを備え、回転モータMdの回転により撮像ユニット300の揺動姿勢の調整を実行可能に構成されている。

【0044】

さて、現時点で撮像ユニット300で検査対象とするバンパー1の表面部位の位置および傾き(図2で示される傾き)を検出するためのレーザーセンサ400が備えられている(図1参照)。

このレーザーセンサ400からの情報は、倣い制御装置としても機能をも有するホストコンピュータ14に送られる。

【0045】

このコンピュータ14では、バンパー1の形状情報、搬送ロボット2の搬送位置情報に基づいて制御指令が生成されるのであるが、前記レーザーセンサ400からの検出情報により制御情報を補正して、前述の昇降モータMc、走行モータMb、回転モータMdの各モータに制御情報を送り、撮像ユニット300が、被検査面に対して適切な位置関係をとるように自動制御される。

【0046】

この適切な位置関係とは、図2に示すように、撮像カメラ4の光軸が被検査面の法線方向とされ、照明面が被検査面に対して平行で、照明面および撮像面が共に、被検査面から所定の距離にある関係をいう。図2では、異なった2つの被検査面に対する撮像ユニット300の位置および姿勢を模式的に示している。

【0047】

〔撮像画像の処理〕

本願に係る表面欠陥検査装置1にあっては、図4、5に示すように、撮像検査の主要な系統は、上述のように、照射光を被検査面であるバンパー1の塗装面に照明する照明部3と、この照明部3で照明された被検査面を撮像する撮像カメラ4と、この撮像カメラ4からの出力信号を用いた被検査面における欠陥の存在の評価やその評価欠陥の出力を行う画像処理コントローラ5から構成される。

【0048】

図4、5に示すように、このコントローラ5は、上述のホストコンピュータ14に対する下位コンピュータとして位置されるものであり、この画像処理コントローラ5自体の出力部10に接続される出力機器としてのモニタ12やプリンタ13とを備えている。

【0049】

画像処理コントローラ5には、照明部3の制御を行う照明・撮像制御部9、撮像カメラ4からの出力信号を取り込んでデジタル画像データ(以下単に入力画像と称する)としてメモリ8に展開する画像入力部7、入力画像を用いて欠陥評価を行う欠陥評価手段6を有している。

【0050】

さらに画像処理コントローラ5は、通信部11を介してホストコンピュータ14にデータ伝送可能に接続されている。

10

20

30

40

50

このホストコンピュータ 14 には必要に応じて画像処理コントローラ 5 にダウンロードされる検査対象となるバンパー 1 の情報や搬送装置である搬送ロボット 2 の動作情報が蓄積され、さらに、画像処理コントローラ 5 で生成された塗装面の欠陥情報も画像処理コントローラ 5 からホストコンピュータ 14 にアップロードされ、そこに蓄積される。

【0051】

また、ホストコンピュータ 14 にネットワーク接続された端末によって制御される検査結果プロジェクタ 15 やプリンタなどが目視検査ステーションに備えられ、画像処理コントローラ 5 からホストコンピュータ 14 を介して送られてくる欠陥情報に基づいて、検査結果プロジェクタ 15 を介して欠陥位置などを検査員に指示するように構成されている。

【0052】

上述のように撮像ユニット 300 は、照明部 3 の発光面 3a 及び撮像カメラ 4 のレンズ面（撮像面に相当）4a は、搬送ロボット 2 によって搬送されるバンパー 1 の被検査面に対向して、その照明面 3a 及び撮像面 4a の法線と被検査面の法線とが一致するように、さらに離間距離が一定となるように追従制御される。

【0053】

図 4 に示すように、照明部 3 は多数の発光素子（この実施形態では LED 素子を用いるので以後 LED 素子と称することにする）30 を、六角形のスペースを残すような網状（リング状）のレイアウトパターンで、しかもこの六角形レイアウトパターンを繰り返すように連続的に（隣接する LED 素子 30 との間をつめながら）配置した構成を有している。六角形網状に配置された LED 素子 30 によって残されたスペースは、ここでは暗面 31 と呼ばれ、黒もしくは暗色のプレート面である。

【0054】

網状に配置された LED 素子 30 によって多くの暗面 31 が現出しているが、その内の中央軸上に均等分散して位置する暗面 31 に撮像カメラ 4 のレンズ面 4a が位置されて、複数の撮像カメラ 4 が照明部 3 に組み込まれた構成とされている。

【0055】

画像処理コントローラ 5 は、CPU を中核部材として、この表面欠陥検査装置 100 の種々の動作を行うための機能部をハードウェア又はソフトウェアあるいはその両方で構築している。

【0056】

図 6 に示されているように、本発明に特に関係する機能部として、メモリ 8 に展開された入力画像を欠陥検出に適した形態に変換する前処理部 60A と、前処理された入力画像を用いて被検査面上の欠陥を見つけ出す欠陥決定部 60B に分けることができる。

【0057】

前処理部 60A は、入力画像に対する輝度調整を行う輝度調整部 61 と輝度調整された入力画像を 2 値化処理する 2 値化処理部 62 からなる。この実施形態の輝度調整部 61 は、ガンマ調整だけではなく、入力画像に含まれている発光像の輝度レベルが塗装色や塗装面毎の基準となる正常な被検査面から得られる LED 素子の発光像の輝度レベルに達するように画素領域単位の輝度調整も行うように構成されている。

【0058】

また、2 値化処理部 62 は、入力画像の濃淡ヒストグラムから統計的手法で 2 値化閾値を決定する 2 値化閾値決定部 62a やノイズ消しのために入力画像に対して平滑化フィルタをかけるとともに発光像や欠陥像の輪郭を強調するために Sobel フィルタなどのエッジ強調フィルタをかける画像特徴抽出部 62b を備え、2 値化閾値決定部 62a によって決定された 2 値化閾値を用いて画像特徴抽出部 62b で強調された入力画像を 2 値化画像にする。

【0059】

2 値化処理部 62 によって 2 値化された入力画像の一例が図 7 に示されている。この 2 値化明暗画像においては、輝度の高い領域は白く表示されているが、六角形レイアウトパターンで連続配置された発光像である LED 素子群は敷き詰められた六角形状の連続して

10

20

30

40

50

繋がった白い輪郭線として表示され、暗面 3 1 に対向する塗装面領域は暗領域として表示され、場合によっては存在する塗装欠陥はその周囲からの照射光による乱反射により暗領域に浮かぶ白い独立した領域として表示される。

【 0 0 6 0 】

このことから、欠陥検出は、2 値化画像において、輝度が突出している領域（この実施形態では白い領域）であって所定のパターンで連続していない領域、つまり孤立点を探し出せばよいことになる。所定レベルの輝度値（濃度値）を有しながら連続する画素を探したり、孤立した領域を探したりする画像処理アルゴリズム自体は良く知られたものを用いることができる。

【 0 0 6 1 】

しかしながら、被検査面ここでは塗装面の形状による照射光に対する反射特性の変動等によって、図 8 に拡大して示すように、本来は連続して繋がった線として現れる L E D 素子 3 0 の発光像に途切れが生じ、その途切れた部分が欠陥として誤検出される可能性がある。このような誤検出を適切に回避するように欠陥決定部 6 0 B は実質的にはプログラムで構成されている。

【 0 0 6 2 】

つまり、この欠陥決定部 6 0 B は、所定数以内の画素数から構成される非連続の独立した画素領域を孤立点として検出して欠陥候補とする欠陥候補抽出部 6 3 と、連続配置された L E D 素子 3 0 の発光像を示す領域に含まれる欠陥候補を欠陥候補から除外する欠陥候補選別部 6 4 と、この欠陥候補選別部 6 4 で欠陥候補から除外された孤立点領域及び背景などの不要画像領域を統合して欠陥判定対象外領域としてマスク処理する画像マスク生成部 6 5 と、画像マスク外に位置する複数の欠陥候補領域を識別するために異なる欠陥候補領域には異なるラベル（番号）を割り当てるラベリング処理を行うラベル設定部 6 6 と、各ラベリングされた欠陥候補領域の面積を演算する面積演算部 6 7 と、この面積演算部 6 7 からの面積情報に基づいて欠陥候補を真の欠陥と判定して欠陥マップに書き込む欠陥判定部 6 8 を備えている。

【 0 0 6 3 】

欠陥候補選別部 6 4 は、欠陥候補抽出部 6 3 で抽出された欠陥候補を選別するために、撮像カメラ 4 から順次送られてくる画像から所定回数欠陥候補として抽出されているかどうかをチェックすることで突発的に生じる明領域を欠陥候補として認識することを防止する欠陥候補時系列判定部 6 4 a と、図 8 からよく理解できるように抽出された欠陥候補（孤立点）が連続している発光像の延長線上に位置しているからどうかをチェックすることで発光像の途切れ部を欠陥候補として認識することを防止する発光像非連続部探索部 6 4 b を備えている。

【 0 0 6 4 】

この発光像非連続部の探索は、連続する発光像画素を辿っていきながらその途切れ端の延長線領域に位置する暗領域を抽出する形状特徴抽出アルゴリズム等を用いて行うことが可能であり、この途切れ領域に存在する孤立点は欠陥候補から除外される。

【 0 0 6 5 】

このように構成された欠陥評価手段 6 による塗装面の欠陥評価の手順を図 9 のフローチャートを用いて以下に説明する。

【 0 0 6 6 】

まず、撮像カメラ 4 から画像入力部 7 を介して順次送られてくるフレーム画像をメモリ 8 に取り込む（＃ 0 1）。取り込まれた入力画像は、輝度調整部 6 1 によって輝度（濃度値）調整される（＃ 0 2）。その際入力画像の特徴量が必要となるが、その特徴量は入力画像を所定の区画数で区画し、各区画毎に演算された濃度平均値の最大値を特徴量とすることが好ましい。

【 0 0 6 7 】

この特徴量は次の 2 値化閾値の決定は撮像カメラ 4 のレンズ開口度の調整にも利用できる。2 値化閾値決定部 6 2 a で 2 値化閾値が決定されるとともに（＃ 0 3）、画像特徴抽

10

20

30

40

50

出部 6 2 b で画像の平滑化及びエッジ強調を行った後 (# 0 4)、この入力画像は 2 値化処理されて 2 値化画像となる (# 0 5)。

【 0 0 6 8 】

2 値化された入力画像から、陥候補抽出部 6 3 によって、所定数以内 (画像解像度等から予め決定される) の画素数からなる孤立した明画素領域が欠陥候補として抽出される (# 0 6)。

【 0 0 6 9 】

抽出された欠陥候補のうち外乱光等により瞬時的かつ局地的に生じる孤立点に属する欠陥候補は欠陥候補時系列判定部 6 4 a によって欠陥候補から除外され (# 0 7)、さらに抽出された欠陥候補のうち発光像の途切れ領域に位置する孤立点に属する欠陥候補は発光像非連続部探索部 6 4 b によって欠陥候補から除外される (# 0 8)。

10

【 0 0 7 0 】

発光像非連続部探索部 6 4 b によって見つけ出された発光像の途切れ領域を含むその周辺領域は、ホストコンピュータ 1 4 から伝送される被検査物としてのバンパー 1 の形状情報や搬送ロボット 2 による搬送位置情報に基づいて決定される被検査面としての塗装面以外の背景領域とともに不要画素領域として画像マスク生成部 6 5 によってマスク処理される (# 0 9)。

【 0 0 7 1 】

なおこの実施形態では、ホストコンピュータ 1 4 から得られる搬送位置情報は、実際の位置とは異なる可能性があるので、レーザーセンサなどを用いてリアルタイムでのバンパー 1 の位置ずれをチェックして、その画像マスクの位置を修正している (# 1 0)。

20

【 0 0 7 2 】

このようにして欠陥候補の選別や背景画像の除去を終えた後、残されている欠陥候補 (孤立点) をラベリングし (# 1 1)、各ラベルを割り当てられた孤立点の面積を演算し (# 1 2)、予め設定されている面積条件 (閾値以上の面積をもつかどうか) を満たしている孤立点だけが真の欠陥として判定し (# 1 3)、その座標位置及びサイズなどを欠陥マップに書き込む (# 1 4)。

【 0 0 7 3 】

〔 後処理 〕

以上で欠陥評価手段 6 による塗装面の欠陥評価の手順は終了するが、この手順を通じて塗装面の検査が終わると、目視検査ステーション 2 0 3 において、ホストコンピュータ 1 4 を介して画像処理コントローラ 5 から送られてきた欠陥マップのうち、目視検査ステーション 2 0 3 に搬入されたバンパーの I D に一致する I D を付与されている欠陥マップを用いて、欠陥照合が行われる。

30

【 0 0 7 4 】

その際、検査員による照合作業を容易にするため、該当する欠陥マップに基づいて欠陥箇所を指摘するように検査結果プロジェクト 1 5 を動作させると好都合である。もちろん、そのような欠陥マップに基づく欠陥情報を表面欠陥検査装置 1 0 0 の出力部 1 0 に接続されたプリンタ 1 3 によって紙出力し、この出力用紙をバンパー 1 に貼り付けてもよい。

【 0 0 7 5 】

40

上述した実施形態では、照明部 3 が六角形の網状に連続配置された L E D 素子群で構成されていたが、その網状形態は六角形以外を採用してもよいし、発光素子 3 0 として L E D 素子以外を採用してもよい。

【 0 0 7 6 】

〔 別実施形態 〕

上記の実施の形態にあつては、自動車ボディ (特にバンパー) の塗装面の検査を行う例を示したが、検査対象としては任意の表面欠陥を有する被検査面を対象とできる。この種の例としては、プレス形成品の表面検査等がある。

【 0 0 7 7 】

上述した実施形態では、倣いを実行するに最も好ましい倣い状態である、撮像カメラ 4

50

の光軸が被検査面の法線方向とされ（倣い条件１）、照明面が被検査面に対して平行で（倣い条件２）、照明面および撮像面が共に、被検査面から所定の距離にある（倣い条件３）関係を満たす倣い装置を示したが、倣いの条件としては、上記倣い条件１～３のいずれか一つ以上を満たす倣いを行い、他の条件に関しては、画像処理側で処理するようにしてもよい。

【００７８】

上述した実施形態では、欠陥検出のために入力画像を２値化画像に変換していたが、入力画像の２値化に限定されているわけではなく、３値化及びそれ以上の多値化画像を用いて欠陥検出を行うこともできる。

【００７９】

上記の実施形態にあつては、検査システム２００を構成するに、ストックステーション２０２、本願に係る表面欠陥検査装置１００、目視検査ステーション２０３の順に、配置する例を示したが、このシステムを所定の表面加工（塗装、プレス成形等）を伴った製造・検査システムとする場合、ストックステーション、塗装等を実行する加工処理部、表面欠陥検査装置、目視検査ステーションの順に、各工程部を配置することとなる。

【００８０】

上記の実施の形態にあつては、発光素子の発光面と、撮像カメラの撮像面とを同一平面上に位置させたが、被検査面からの離間距離で、両面が異なった位置にあつてもよい。

【図面の簡単な説明】

【００８１】

【図１】本発明に係る表面欠陥検査装置を採用する検査システムの概略構成を示す図

【図２】本発明に係る表面欠陥検査装置の概略全体構成を示す図

【図３】本発明に係る表面欠陥検査装置の概略全体構成を示す図

【図４】本発明に係る表面欠陥検査装置の撮像ユニットを示す図

【図５】本発明に係る表面欠陥検査装置の撮像ユニットの制御・情報処理系を示す図

【図６】表面欠陥検査装置に実装されている欠陥評価手段の構成を示す機能ブロック図

【図７】２値化された入力画像を説明する説明図

【図８】発光像の途切れ部に存在する孤立点を説明する説明図

【図９】欠陥評価手段による被検査面の欠陥評価の手順を示すフローチャート

【図１０】従来型のバンパー検査システムの構成を示す図

【図１１】ストライプ状の照射光を示す検査原理の説明図

【符号の説明】

【００８２】

３：照明部

４：撮像カメラ

５：画像処理コントローラ

６：欠陥評価手段

３０：発光素子（ＬＥＤ素子）

３１：暗面

６０Ａ：前処理部

６０Ｂ：欠陥決定部

６１：輝度調整部

６２：２値化処理部

６３：欠陥候補（孤立点）抽出部

６４：欠陥候補選別部

６５：画像マスク生成部

６６：ラベル設定部

６７：面積演算部

６８：欠陥判定部

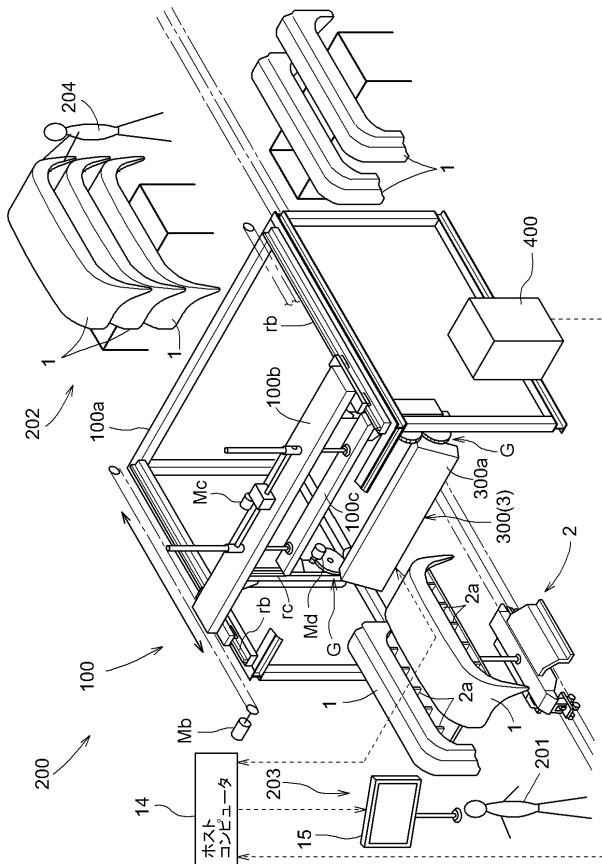
10

20

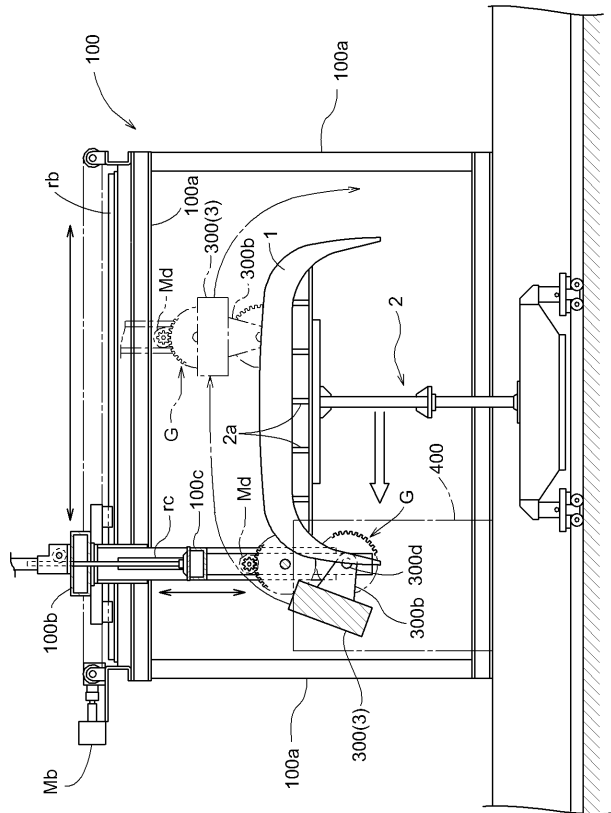
30

40

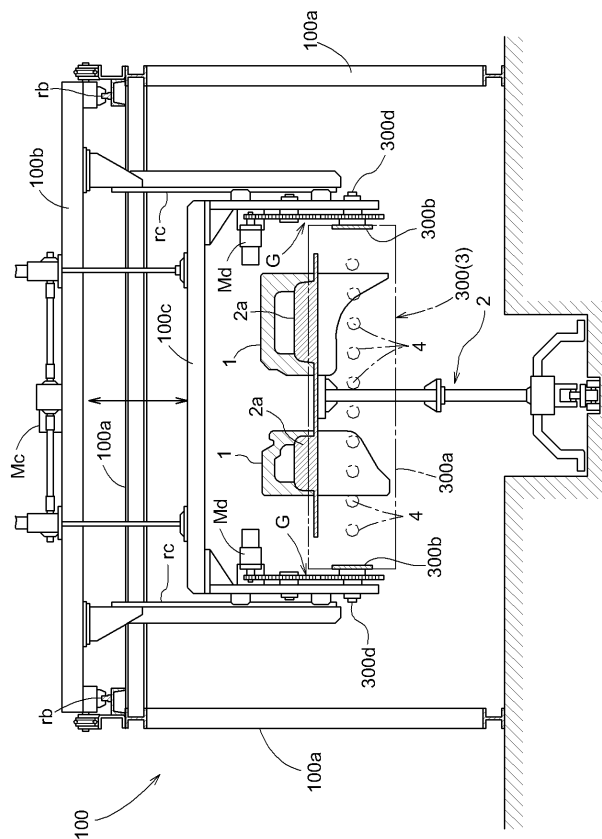
【図 1】



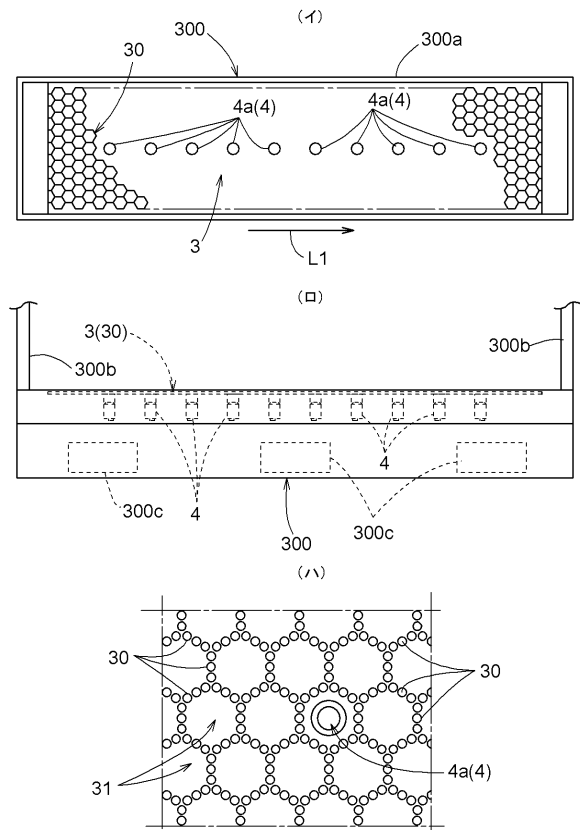
【図 2】



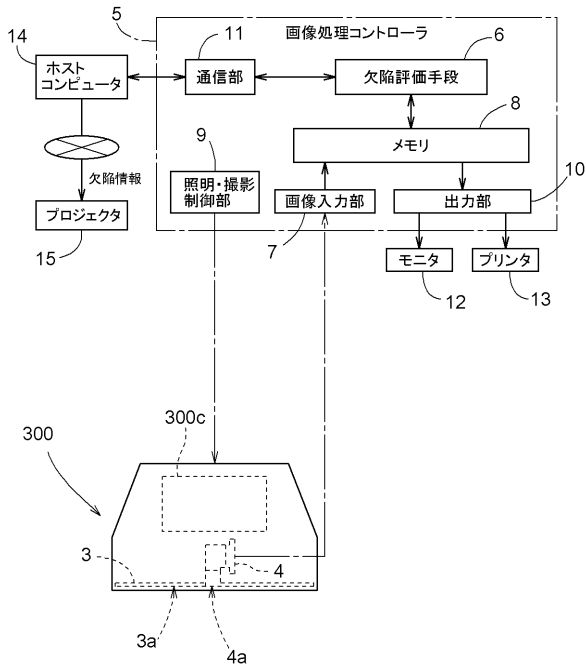
【図 3】



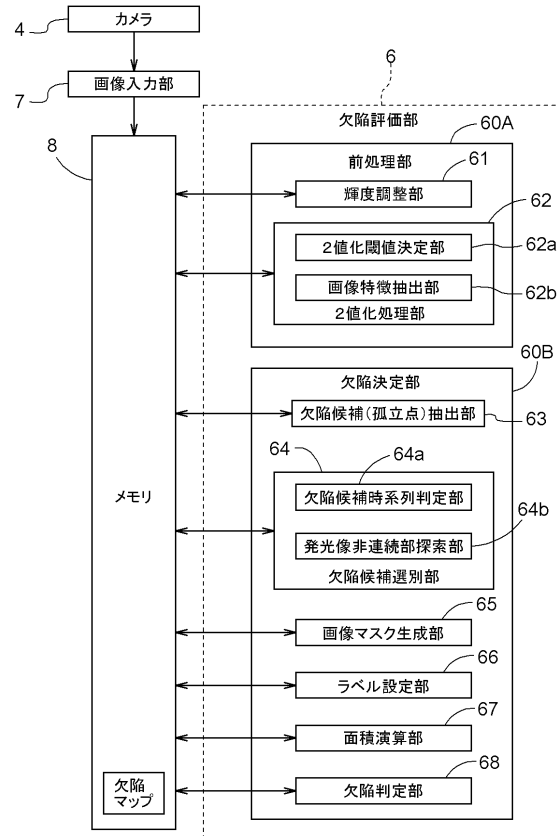
【図 4】



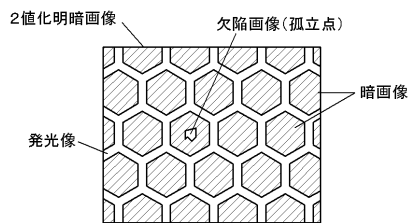
【図 5】



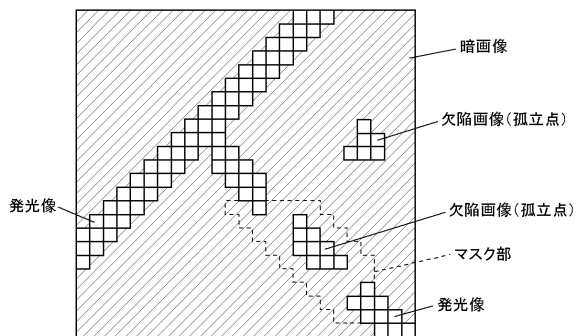
【図 6】



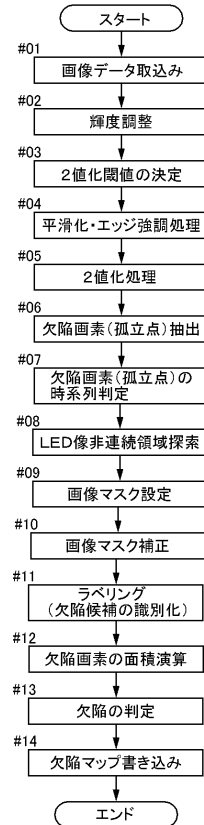
【図 7】



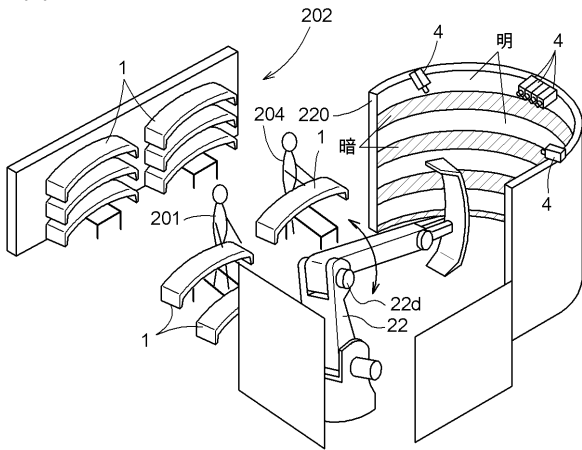
【図 8】



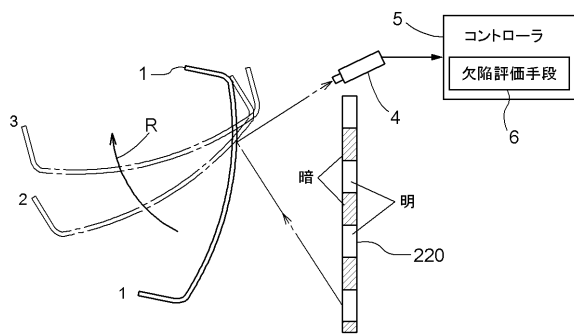
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 岩田 真理
大阪府池田市桃園 2 丁目 1 番 1 号 ダイハツ工業株式会社内
- (72)発明者 賀谷 俊幸
広島県広島市東区牛田東 2 丁目 1 0 - 2 5 中央電子計測株式会社内
- (72)発明者 高田 智基
広島県広島市東区牛田東 2 丁目 1 0 - 2 5 中央電子計測株式会社内
- (72)発明者 瀬尾 明史
広島県広島市東区牛田東 2 丁目 1 0 - 2 5 中央電子計測株式会社内
- (72)発明者 遠藤 典生
広島県広島市東区牛田東 2 丁目 1 0 - 2 5 中央電子計測株式会社内
- F ターム(参考) 2G051 AA89 AB07 AB12 BA01 BA02 CA04 CA07 CA11 CB01 DA03
DA06 EA11 EA12 EA14 EA16 EB01 EC01 EC02 ED01