

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6939640号
(P6939640)

(45) 発行日 令和3年9月22日(2021.9.22)

(24) 登録日 令和3年9月6日(2021.9.6)

(51) Int.Cl.

G O 1 N 21/89 (2006.01)

F I

G O 1 N 21/89

Z

請求項の数 14 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2018-30930 (P2018-30930)
 (22) 出願日 平成30年2月23日(2018.2.23)
 (65) 公開番号 特開2019-144202 (P2019-144202A)
 (43) 公開日 令和1年8月29日(2019.8.29)
 審査請求日 令和2年3月5日(2020.3.5)

(73) 特許権者 000002945
 オムロン株式会社
 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
 動堂町801番地
 (74) 代理人 110001195
 特許業務法人深見特許事務所
 (72) 発明者 加藤 豊
 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
 動堂町801番地 オムロン株式会社内
 (72) 発明者 稲積 伸悟
 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
 動堂町801番地 オムロン株式会社内

審査官 嶋田 行志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像検査装置および画像検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象物を撮影する撮像部と、

前記対象物と前記撮像部との間に配置されて、前記対象物に向けて光を照射する発光面を有し、前記発光面における発光位置および前記光の照射方向を制御可能に構成された、透光性の照明部と、

前記撮像部および前記照明部を制御するように構成された制御部とを備え、

前記制御部は、

前記照明部の第1の走査において、前記照明部に第1の方向から前記対象物に光を照射させるとともに、前記発光面における前記発光位置を変化させることにより前記光を走査させて、前記第1の走査の間に、前記撮像部に前記対象物を撮像させ、

前記照明部の第2の走査において、前記照明部に、前記第1の方向とは反対の第2の方向から前記対象物に前記光を照射させるとともに前記発光面における前記発光位置を変化させることにより前記光を走査させ、前記第2の走査の間に前記撮像部に前記対象物を撮像させ、

前記制御部は、前記第1の走査および前記第2の走査の際に撮像された前記対象物の画像から、前記対象物の表面の測定点が照明されるときの前記照明部の前記発光位置を特定し、特定された発光位置、および、前記第1の方向および前記第2の方向に基づいて、前記測定点までの距離を算出する、画像検査装置。

【請求項2】

10

20

前記撮像部は、前記第 1 の走査の際に、前記対象物を複数回撮像して、複数の第 1 の撮影画像を作成し、前記第 2 の走査の際に、前記対象物を複数回撮像して、複数の第 2 の撮影画像を作成し、

前記制御部は、

前記複数の第 1 の撮影画像から、前記対象物の前記測定点を照明するための前記発光位置である第 1 の発光位置に関する情報を有する第 1 の処理画像を作成し、

前記複数の第 2 の撮影画像から、前記対象物の前記測定点を照明するための前記発光位置である第 2 の発光位置に関する情報を有する第 2 の処理画像を作成し、

前記第 1 の処理画像に含まれる前記第 1 の発光位置の情報、前記第 2 の処理画像に含まれる前記第 2 の発光位置の情報、前記第 1 の方向および前記第 2 の方向から、前記距離を算出する、請求項 1 に記載の画像検査装置。

10

【請求項 3】

前記第 1 の走査および前記第 2 の走査において、前記照明部は、ライン状の前記光を前記対象物に照射し、

前記制御部は、前記複数の第 1 の撮影画像から、前記測定点に対応する画素の輝度が最大となる時の前記照明部の前記発光位置を前記第 1 の発光位置に決定して、前記第 1 の発光位置を画素の情報に含めることによって前記第 1 の処理画像を作成し、

前記制御部は、前記複数の第 2 の撮影画像から、前記測定点に対応する画素の輝度が最大となる時の前記照明部の前記発光位置を前記第 2 の発光位置に決定して、前記第 2 の発光位置を画素の情報に含めることによって前記第 2 の処理画像を作成する、請求項 2 に記載の画像検査装置。

20

【請求項 4】

前記第 1 の走査および前記第 2 の走査において、前記照明部は、縞パターンの前記光を前記対象物に照射し、かつ、前記縞パターンの位相を変化させることによって前記光の走査と等価な状態を発生させ、

前記制御部は、前記複数の第 1 の撮影画像から、前記第 1 の発光位置に関する情報として、前記縞パターンの第 1 の位相の情報を画素の情報に含めることによって前記第 1 の処理画像を作成し、

前記制御部は、前記複数の第 2 の撮影画像から、前記第 2 の発光位置に関する情報として、前記縞パターンの第 2 の位相の情報を画素の情報に含めることによって前記第 2 の処理画像を作成する、請求項 2 に記載の画像検査装置。

30

【請求項 5】

前記照明部は、

マトリクス状に配列され、選択的に発光可能に構成された複数の発光部と、

前記複数の発光部の各々から発せられる前記光の前記照射方向を、各前記複数の発光部の位置に対応した方向に制御するように構成された光学系とを含む、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の画像検査装置。

【請求項 6】

前記光学系は、

前記複数の発光部にそれぞれ対向して設けられた複数のマイクロレンズを含む、請求項 5 に記載の画像検査装置。

40

【請求項 7】

前記複数のマイクロレンズのうちの少なくとも一部のマイクロレンズの光軸が、前記少なくとも一部のマイクロレンズに対向する発光部の光軸とずれるように、前記複数のマイクロレンズが配置されている、請求項 6 に記載の画像検査装置。

【請求項 8】

前記照明部は、複数の照明要素に区画され、

前記複数の照明要素のうちの少なくとも 1 つの照明要素において、前記少なくとも一部のマイクロレンズが、前記発光部のピッチよりも小さいピッチで配置されている、請求項 7 に記載の画像検査装置。

50

【請求項 9】

前記複数のマイクロレンズのうちの少なくとも一部のマイクロレンズの光軸が、前記少なくとも一部のマイクロレンズに対向する発光部の光軸に対して傾けられるように、前記複数のマイクロレンズが配置されている、請求項 6 に記載の画像検査装置。

【請求項 10】

前記照明部は、

前記複数の発光部から出射される光のうち前記複数のマイクロレンズのそれぞれの周囲から漏れる光を遮るように構成された遮光部をさらに含む、請求項 6 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の画像検査装置。

【請求項 11】

10

対象物を撮影する撮像部と、前記対象物と前記撮像部との間に配置されて、前記対象物に向けて光を照射する発光面を有し、前記発光面における発光位置および前記光の照射方向を制御可能に構成された、透光性の照明部と、前記撮像部および前記照明部を制御するように構成された制御部とを備えた画像検査装置による画像検査方法であって、

第 1 の走査において、前記照明部が第 1 の方向から前記対象物に光を照射するとともに、前記発光面における前記発光位置を変化させることにより前記光を走査して、前記第 1 の走査の間に、前記撮像部が前記対象物を撮像するステップと、

第 2 の走査において、前記照明部が、前記第 1 の方向とは反対の第 2 の方向から前記対象物に前記光を照射するとともに前記発光面における前記発光位置を変化させることにより前記光を走査して、前記第 2 の走査の間に前記撮像部が前記対象物を撮像するステップと、

20

前記制御部が、前記第 1 の走査および前記第 2 の走査の際に撮像された前記対象物の画像から、前記対象物の表面の測定点が照明されるときの前記照明部の前記発光位置を特定し、特定された発光位置、および、前記第 1 の方向および前記第 2 の方向に基づいて、前記測定点までの距離を算出するステップとを備える、画像検査方法。

【請求項 12】

前記第 1 の走査の間に前記撮像部が前記対象物を撮像するステップは、前記撮像部が前記対象物を複数回撮像して、複数の第 1 の撮影画像を作成するステップを含み、

前記第 2 の走査の間に前記撮像部が前記対象物を撮像するステップは、前記撮像部が前記対象物を複数回撮像して、複数の第 2 の撮影画像を作成するステップを含み、

30

前記距離を算出するステップは、

前記制御部が、前記複数の第 1 の撮影画像から、前記対象物の前記測定点を照明するための前記発光位置である第 1 の発光位置に関する情報を有する第 1 の処理画像を作成するステップと、

前記制御部が、前記複数の第 2 の撮影画像から、前記対象物の前記測定点を照明するための前記発光位置である第 2 の発光位置に関する情報を有する第 2 の処理画像を作成するステップと、

前記第 1 の処理画像に含まれる前記第 1 の発光位置の情報、前記第 2 の処理画像に含まれる前記第 2 の発光位置の情報、前記第 1 の方向および前記第 2 の方向から、前記距離を算出するステップとを含む、請求項 11 に記載の画像検査方法。

40

【請求項 13】

前記照明部が前記対象物に前記光を照射するステップは、前記照明部が、ライン状のパターンの前記光を前記対象物に照射するステップを含み、

前記第 1 の処理画像を作成するステップは、前記制御部が、前記複数の第 1 の撮影画像から、前記測定点に対応する画素の輝度が最大となるときの前記照明部の前記発光位置を前記第 1 の発光位置に決定して、前記第 1 の発光位置を画素の情報に含めることによって前記第 1 の処理画像を作成するステップを含み、

前記第 2 の処理画像を作成するステップは、前記制御部が、前記複数の第 2 の撮影画像から、前記測定点に対応する画素の輝度が最大となるときの前記照明部の前記発光位置を前記第 2 の発光位置に決定して、前記第 2 の発光位置を画素の情報に含めることによって

50

前記第 2 の処理画像を作成するステップを含む、請求項 1 2 に記載の画像検査方法。

【請求項 1 4】

前記照明部が前記対象物に前記光を照射するステップは、前記照明部が、縞パターン
の前記光を前記対象物に照射し、かつ、前記縞パターンの位相を変化させることによって前
記光の走査と等価な状態を発生させるステップを含み、

前記第 1 の処理画像を作成するステップは、前記制御部が、前記複数の第 1 の撮影画像
から、前記第 1 の発光位置に関する情報として、前記縞パターンの第 1 の位相の情報を画
素の情報に含めることによって前記第 1 の処理画像を作成するステップを含み、

前記第 2 の処理画像を作成するステップは、前記制御部が、前記複数の第 2 の撮影画像
から、前記第 2 の発光位置に関する情報として、前記縞パターンの第 2 の位相の情報を画
素の情報に含めることによって前記第 2 の処理画像を作成するステップを含む、請求項 1
2 に記載の画像検査方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、撮影画像を用いて対象物を検査する画像検査装置および画像検査方法に関す
る。

【背景技術】

【0002】

F A (Factory Automation) 分野などにおいては、対象物を照明しながら撮影し、得ら
れた撮影画像を用いて対象物の外観を検査することが知られている。

20

【0003】

たとえば、特開 2 0 1 7 - 6 2 1 2 0 号公報 (特許文献 1) は、面光源と、面光源と検
査対象との間に配置された、レンズ、遮光マスクおよびフィルタとを備えた照明装置を用
いる検査システムを開示している。このシステムでは、レンズ、遮光マスクおよびフィル
タにより、検査対象の各点に照射される検査光の照射立体角が略均一に形成される。これ
により、視野全体を均一に照射することができ、対象物の検査精度が向上する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

30

【特許文献 1】特開 2 0 1 7 - 6 2 1 2 0 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来の方法によれば、対象物を検査する場合には、撮像部 (カメラ) に対する照明装置
の相対的な位置を予め把握することが必要である。このために、対象物を検査する前に、
撮像部と照明装置との間の相対的な位置を決定するための調整 (キャリブレーション) を
行う必要がある。しかしながら、ユーザの使い勝手の観点からは、キャリブレーションは
できるだけ不要であることが望ましい。

【0006】

40

本発明は、撮像部と照明装置との間のキャリブレーションを不要としながら対象物の検
査を行うことが可能な画像検査装置および画像検査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】

【0007】

本開示の一例によれば、画像検査装置は、対象物を撮影する撮像部と、対象物と撮像部
との間に配置されて、対象物に向けて光を照射する発光面を有し、発光面における発光位
置および光の照射方向を制御可能に構成された、透光性の照明部と、撮像部および照明部
を制御するように構成された制御部とを備える。制御部は、照明部の第 1 の走査において
、照明部に第 1 の方向から対象物に光を照射させるとともに、発光面における発光位置を
変化させることにより光を走査させて、第 1 の走査の間に、撮像部に対象物を撮像させる

50

。制御部は、照明部の第2の走査において、照明部に、第1の方向とは異なる第2の方向から対象物に光を照射させるとともに発光面における発光位置を変化させることにより光を走査させ、第2の走査の間に撮像部に対象物を撮像させる。制御部は、第1の走査および第2の走査の際に撮像された対象物の画像から、対象物の表面の測定点が照明されときの照明部の発光位置を特定し、特定された発光位置、および、第1の方向および第2の方向に基づいて、測定点までの距離を算出する。

【0008】

この開示によれば、制御部は照明部の発光位置を制御するので、制御部はその発光位置に関する情報を取得することができる。この発光位置は、撮像部と照明部との間の相対的な位置に依存しない。すなわち撮像部の光軸に対する特定の位置に照明部を配置する必要がない。したがって撮像部と照明装置との間のキャリブレーションを不要としながら対象物の検査を行うことが可能な画像検査装置を提供することができる。

10

【0009】

上述の開示において、撮像部は、第1の走査の際に、対象物を複数回撮像して、複数の第1の撮影画像を作成し、第2の走査の際に、対象物を複数回撮像して、複数の第2の撮影画像を作成する。制御部は、複数の第1の撮影画像から、対象物の測定点を照明するための発光位置である第1の発光位置に関する情報を有する第1の処理画像を作成する。制御部は、複数の第2の撮影画像から、対象物の測定点を照明するための発光位置である第2の発光位置に関する情報を有する第2の処理画像を作成する。制御部は、第1の処理画像に含まれる第1の発光位置の情報、第2の処理画像に含まれる第2の発光位置の情報、第1の方向および第2の方向から、距離を算出する。

20

【0010】

この開示によれば、制御部は、撮像部によって撮像された複数の画像から処理画像を作成する。処理画像は、対象物の表面の点（測定点）が照明されときの照明部の発光位置に関する情報を含む処理画像を作成する。処理画像は、発光位置に関する情報を含む。制御部は、その情報を用いて距離を算出することができる。

【0011】

上述の開示において、第1の走査および第2の走査において、照明部は、ライン状の光を対象物に照射する。制御部は、複数の第1の撮影画像から、測定点に対応する画素の輝度が最大となるときの照明部の発光位置を第1の発光位置に決定して、第1の発光位置を画素の情報に含めることによって第1の処理画像を作成する。制御部は、複数の第2の撮影画像から、測定点に対応する画素の輝度が最大となるときの照明部の発光位置を第2の発光位置に決定して、第2の発光位置を画素の情報に含めることによって第2の処理画像を作成する。

30

【0012】

この開示によれば、光切断法を用いて距離を算出することができる。

上述の開示において、第1の走査および第2の走査において、照明部は、縞パターンの光を対象物に照射し、かつ、縞パターンの位相を変化させることによって光の走査と等価な状態を発生させる。制御部は、複数の第1の撮影画像から、第1の発光位置に関する情報として、縞パターンの第1の位相の情報を画素の情報に含めることによって第1の処理画像を作成する。制御部は、複数の第2の撮影画像から、第2の発光位置に関する情報として、縞パターンの第2の位相の情報を画素の情報に含めることによって第2の処理画像を作成する。

40

【0013】

この開示によれば、位相シフト法を用いて距離を算出することができる。

上述の開示において、照明部は、マトリクス状に配列され、選択的に発光可能に構成された複数の発光部と、複数の発光部の各々から発せられる光の照射方向を、各複数の発光部の位置に対応した方向に制御するように構成された光学系とを含む。

【0014】

この開示によれば、複数の発光部の中から発光させるべき発光部を選択することによ

50

て、照射立体角を任意に変更することができる。発光させるべき発光部は、視野の場所に
応じて選択可能である。したがって、視野の場所ごとに照射立体角を任意に設定可能な画
像検査装置を実現できる。さらに、照射立体角を任意に変更することができるので、たと
えばスリットあるいはハーフミラーといった光学部品を不要とすることができる。した
がって照明装置を小型化することができる。この結果、視野の場所ごとに照射立体角を設定
可能であるとともに、小型化が可能な画像検査装置を実現できる。

【 0 0 1 5 】

上述の開示において、光学系は、複数の発光部にそれぞれ対向して設けられた複数のマ
イクロレンズを含む。

【 0 0 1 6 】

この開示によれば、小型化が可能な画像検査装置を実現できる。

上述の開示において、複数のマイクロレンズのうちの少なくとも一部のマイクロレンズ
の光軸が、少なくとも一部のマイクロレンズに対向する発光部の光軸とずれるように、複
数のマイクロレンズが配置されている。

【 0 0 1 7 】

この開示によれば、シンプルな構成により、光の照射方向を制御することができる。

上述の開示において、照明部は、複数の照明要素に区画される。複数の照明要素のう
ちの少なくとも1つの照明要素において、少なくとも一部のマイクロレンズが、発光部のピ
ッチよりも小さいピッチで配置されている。

【 0 0 1 8 】

この開示によれば、シンプルな構成により、光の照射方向を制御することができる。

上述の開示において、複数のマイクロレンズのうちの少なくとも一部のマイクロレンズ
の光軸が、少なくとも一部のマイクロレンズに対向する発光部の光軸に対して傾けられる
ように、複数のマイクロレンズが配置されている。

【 0 0 1 9 】

この開示によれば、シンプルな構成により、光の照射方向を制御することができる。

上述の開示において、照明部は、複数の発光部から出射される光のうち複数のマイク
ロレンズのそれぞれの周囲から漏れる光を遮るように構成された遮光部をさらに含む。

【 0 0 2 0 】

この開示によれば、発光部からの光が意図しない方向に漏れる可能性を低減することが
できる。

【 0 0 2 1 】

本開示の一例によれば、対象物を撮影する撮像部と、対象物と撮像部との間に配置され
て、対象物に向けて光を照射する発光面を有し、発光面における発光位置および光の照射
方向を制御可能に構成された、透光性の照明部と、撮像部および照明部を制御するよう
に構成された制御部とを備えた画像検査装置による画像検査方法が提供される。画像検査方
法は、第1の走査において、照明部が第1の方向から対象物に光を照射するとともに、発
光面における発光位置を変化させることにより光を走査して、第1の走査の間に、撮像部
が対象物を撮像するステップと、第2の走査において、照明部が、第1の方向とは異なる
第2の方向から対象物に光を照射するとともに発光面における発光位置を変化させること
により光を走査して、第2の走査の間に撮像部が対象物を撮像するステップと、制御部が
、第1の走査および第2の走査の際に撮像された対象物の画像から、対象物の表面の測定
点が照明されときの照明部の発光位置を特定し、特定された発光位置、および、第1の
方向および第2の方向に基づいて、測定点までの距離を算出するステップとを備える。

【 0 0 2 2 】

この開示によれば、撮像部と照明装置との間のキャリブレーションを不要としながら対
象物の検査を行うことが可能な画像検査方法を提供することができる。

【 0 0 2 3 】

上述の開示において、第1の走査の間に撮像部が対象物を撮像するステップは、撮像部
が対象物を複数回撮像して、複数の第1の撮影画像を作成するステップを含む。第2の走

10

20

30

40

50

査の間に撮像部が対象物を撮像するステップは、撮像部が対象物を複数回撮像して、複数の第2の撮影画像を作成するステップを含む。距離を算出するステップは、制御部が、複数の第1の撮影画像から、対象物の測定点を照明するための発光位置である第1の発光位置に関する情報を有する第1の処理画像を作成するステップと、制御部が、複数の第2の撮影画像から、対象物の測定点を照明するための発光位置である第2の発光位置に関する情報を有する第2の処理画像を作成するステップと、第1の処理画像に含まれる第1の発光位置の情報、第2の処理画像に含まれる第2の発光位置の情報、第1の方向および第2の方向から、距離を算出するステップとを含む。

【0024】

この開示によれば、処理画像は、発光位置に関する情報を含むので、その情報を用いて距離を算出することができる。

10

【0025】

上述の開示において、照明部が対象物に光を照射するステップは、照明部が、ライン状のパターンの光を対象物に照射するステップを含む。第1の処理画像を作成するステップは、制御部が、複数の第1の撮影画像から、測定点に対応する画素の輝度が最大となるときの照明部の発光位置を第1の発光位置に決定して、第1の発光位置を画素の情報に含めることによって第1の処理画像を作成するステップを含む。第2の処理画像を作成するステップは、制御部が、複数の第2の撮影画像から、測定点に対応する画素の輝度が最大となるときの照明部の発光位置を第2の発光位置に決定して、第2の発光位置を画素の情報に含めることによって第2の処理画像を作成するステップを含む。

20

【0026】

この開示によれば、光切断法を用いて距離を算出することができる。

上述の開示において、照明部が対象物に光を照射するステップは、照明部が、ライン状パターンを光を対象物に照射し、かつ、縞パターンの位相を変化させることによって光の走査と等価な状態を発生させるステップを含む。第1の処理画像を作成するステップは、制御部が、複数の第1の撮影画像から、第1の発光位置に関する情報として、縞パターンの第1の位相の情報を画素の情報に含めることによって第1の処理画像を作成するステップを含む。第2の処理画像を作成するステップは、制御部が、複数の第2の撮影画像から、第2の発光位置に関する情報として、縞パターンの第2の位相の情報を画素の情報に含めることによって第2の処理画像を作成するステップを含む。

30

【0027】

この開示によれば、位相シフト法を用いて距離を算出することができる。

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、撮像部と照明装置との間のキャリブレーションを不要としながら対象物の検査を行うことが可能な画像検査装置および画像検査方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本実施の形態に係る画像検査装置を模式的に示す図である。

【図2】図1に示した制御装置による処理を説明するための模式図である。

40

【図3】本実施の形態に係る画像検査装置が適用される生産ラインの一例を示す模式図である。

【図4】画像検査装置に含まれる照明装置の構成を模式的に示した図である。

【図5】本実施の形態に係る照明装置の一例の一部断面を示す模式図である。

【図6】本実施の形態に係る照明装置の一部を拡大した模式平面図である。

【図7】照明装置の構成要素である照明要素の構造の一例を模式的に示した平面図である。

。

【図8】レンズの周囲から漏れる光の対策のための構成を示す模式平面図である。

【図9】図8に示された構成の模式断面図である。

【図10】図8に示された構成の1つの変形例を示した模式平面図である。

50

【図 1 1】図 8 に示された構成の別の変形例を示した模式断面図である。

【図 1 2】光切断法を実施する際における光の 1 回目の走査を説明するための図である。

【図 1 3】図 1 2 に示す光照射のための照明装置の照明パターンを説明するための図である。

【図 1 4】光切断法を実施する際における光の 2 回目の走査を説明するための図である。

【図 1 5】図 1 4 に示す光照射のための照明装置の照明パターンを説明するための図である。

【図 1 6】実施の形態 1 に係る検査方法に含まれる距離算出方法を示したフローチャートである。

【図 1 7】実施の形態 1 に係る距離算出方法の原理を説明した図である。

10

【図 1 8】位相シフト法を実施する際における光の 1 回目の走査を説明するための図である。

【図 1 9】図 1 8 に示す光照射のための照明装置の照明パターンを説明するための図である。

【図 2 0】位相シフト法を実施する際における光の 2 回目の走査を説明するための図である。

【図 2 1】図 2 0 に示す光照射のための照明装置の照明パターンを説明するための図である。

【図 2 2】実施の形態 2 に係る検査方法に含まれる距離算出方法を示したフローチャートである。

20

【図 2 3】照明パターンの位相を求める方法を説明するための模式図である。

【図 2 4】実施の形態 2 に係る距離算出方法の原理を説明した図である。

【図 2 5】変形例 1 に係る照明装置の一部断面を示す模式図である。

【図 2 6】変形例 2 に係る照明装置の一部断面を示す模式図である。

【図 2 7】変形例 3 に係る照明装置の一部断面を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中の同一または相当部分については、同一符号を付してその説明は繰返さない。

【0031】

30

< A . 適用例 >

まず、図 1 を参照して、本発明が適用される場面の一例について説明する。図 1 は、本実施の形態に係る画像検査装置 1 を模式的に示す図である。

【0032】

本実施の形態に係る画像検査装置 1 は、工業製品の生産ラインなどにおいて、対象物（以下、「ワーク W」とも称す。）を照明しながら撮影し、得られた撮影画像を用いてワーク W の外観検査（傷、汚れ、異物などの検査）を行う装置に適用される。画像検査装置 1 は、ワーク W によって反射された光を検出することで検査するものである。そのため、ワーク W には、光を反射する表面を有するものが適用可能である。

【0033】

40

一例としてワーク W は、光を拡散反射させる表面を有する。光を拡散反射させる材質としては、たとえば樹脂あるいは金属である。なお、ワーク W の表面全体が光を拡散反射するものであると限定する必要はない。光が照射される部分のみがその光を拡散反射させるのでもよい。また、本実施形態が適用可能であれば、ワーク W の材質を樹脂あるいは金属に限定する必要はない。

【0034】

画像検査装置 1 は、撮像部の一例であるカメラ 10 と、照明部の一例である照明装置 20 と、カメラ 10 と照明装置 20 とを制御するように構成された制御部の一例である制御装置 100 とを備える。

【0035】

50

カメラ１０は、対象物であるワークＷを撮影して、ワークＷの撮影画像を作成するものである。

【００３６】

照明装置２０は、カメラ１０とワークＷとの間に配置されており、ワークＷに向けて光を照射する発光面を有する。照明装置２０は、その発光面における発光位置および光の照射方向を制御可能に構成される。

【００３７】

さらに照明装置２０は透光性を有している。カメラ１０は、ワークＷを照明装置２０越しに撮影する。照明装置２０は、カメラ１０が照明装置２０を通してワークＷを撮像することが出来る程度の透光性を有していればよい。

10

【００３８】

照明装置２０は、制御装置１００からの指示に従って、光の照射方向および照明パターンを変更することができる。さらに、照明装置２０は、制御装置１００からの指示に従って、ワークＷの表面上で光が走査されるように光を照射する。この際に、カメラ１０はワークＷを撮像して複数の撮影画像を取得する。

【００３９】

制御装置１００は、照明装置２０の１回目の走査において、照明装置２０に第１の方向からワークＷに光を照射させる。さらに、制御装置１００は、照明装置２０の発光面における発光位置を変化させることによって光を走査させる。たとえば１回目の走査では、照明装置２０は、カメラ１０の光軸１１（光学中心）に対して所定の角度をなす方向から光をワークＷに照射するとともに、その光を＋Ｘ方向に走査する。光が走査される間に、制御装置１００は、カメラ１０にワークＷを複数回撮像させる。これによりカメラ１０は、複数の撮影画像３を作成する。

20

【００４０】

制御装置１００は、照明装置２０の２回目の走査において、照明装置２０は、１回目の走査のときの照射方向とは異なる方向からワークＷに光を照射させる。さらに、制御装置１００は、照明装置２０の発光面における発光位置を変化させることによって光を走査させる。たとえば２回目の走査では、照明装置２０は、１回目の走査のときの照射方向と反対の方向から光をワークＷに照射するとともに、その光を－Ｘ方向に走査する。１回目の走査と同様に、光が走査される間に、制御装置１００は、カメラ１０にワークＷを複数回撮像させる。これによりカメラ１０は、複数の撮影画像５を作成する。

30

【００４１】

制御装置１００は、１回目の走査および２回目の走査の際に撮像されたワークＷの画像（複数の撮影画像３および複数の撮影画像５）から、ワークＷの表面の測定点が照明されときの照明装置２０の発光位置を特定する。「測定点」とは、発光面からの距離を測定すべきワークＷの表面上の位置である。制御装置１００は、特定された発光位置、および、１回目の走査時の光の照射方向（第１の方向）および２回目の走査時の光の照射方向（第２の方向）に基づいて、照明装置２０の発光面から測定点までの距離を算出する。

【００４２】

図２は、図１に示した制御装置による処理を説明するための模式図である。図２に示すように、制御装置１００は、複数の撮影画像から処理画像を作成する。複数の撮影画像の各々は、二次元に配置された複数の画素を有する。したがって、画素位置ごとに、撮影画像の数と同数の画素が得られる。制御装置１００は、それら複数の画素から、１つの画素を選択して処理画像を作成する。

40

【００４３】

１回目の走査では、複数の撮影画像３から、ワークＷの測定点を照明するための発光位置である第１の発光位置に関する情報を有する処理画像４が作成される。画素位置（ x ， y ）に位置する画素 $P \times 1$ は、複数の撮影画像３の各々の同一の画素位置（ x ， y ）にある画素から選択された画素である。画素 $P \times 1$ は、第１の発光位置に関する情報を画素値として有する。

50

【 0 0 4 4 】

2 回目の走査では、複数の撮影画像 5 から、ワーク W の測定点を照明するための発光位置である第 2 の発光位置に関する情報を有する処理画像 6 が作成される。画素位置 (x , y) に位置する画素 P X 2 は、複数の撮影画像 5 の各々の同一の画素位置 (x , y) にある画素から選択された画素である。画素 P X 2 は、第 2 の発光位置に関する情報を画素値として有する。処理画像 6 内の画素 P X 2 の位置 (x , y) は、処理画像 4 内の画素 P X 1 の中の画素位置 (x , y) と同じである。

【 0 0 4 5 】

制御装置 1 0 0 は、処理画像 4 および処理画像 6 に基づいて、照明装置 2 0 からワーク W までの距離を画素ごとに算出する。具体的には、制御装置 1 0 0 は、処理画像 4 の画素 P X 1 に含まれる第 1 の発光位置の情報、処理画像 6 の画素 P X 2 に含まれる第 2 の発光位置の情報、1 回目の走査および第 2 の走査の際の光の照射方向 (第 1 の方向および第 2 の方向) に基づいて、照明装置 2 0 の発光面から、ワーク W の表面の位置 (測定点) までの距離を算出する。制御装置 1 0 0 は、その算出した距離を画素値として有する画素 P X を含む距離画像 7 を作成する。

10

【 0 0 4 6 】

このように、照明装置 2 0 からワーク W の表面までの距離を算出するために、処理画像 4 の画素 P X 1 が有する情報と、処理画像 6 において画素 P X 1 と同一の位置にある画素 P X 2 に含まれる情報とを用いる。照明装置 2 0 から発せられる光の照射方向、および照明装置 2 0 における発光の位置は制御可能である。したがって制御装置 1 0 0 は、発光位置および照射方向に関する情報を有することができる。

20

【 0 0 4 7 】

照明装置 2 0 の中心点から発光位置までの距離は予め分かっているので、照明装置 2 0 に対するカメラ 1 0 の位置は特に限定されない。すなわち撮像部の光軸に対する特定の位置に照明装置を配置する必要がない。したがって撮像部と照明装置との間のキャリブレーションを不要としながら対象物の検査を行うことが可能な画像検査装置および画像検査方法を提供することができる。

【 0 0 4 8 】

< B . 画像検査装置が適用される生産ラインの一例 >

次に、図 3 を参照しながら、画像検査装置 1 が適用される生産ラインの一例を説明する。図 3 は、本実施の形態に係る画像検査装置 1 が適用される生産ラインの一例を示す模式図である。画像検査装置 1 は、工業製品の生産ラインなどにおいて、制御装置 1 0 0 の制御によって照明装置 2 0 でワーク W を照明しながらカメラ 1 0 で撮影し、得られた撮影画像を用いてワーク W の外観検査を行う。具体的には、検査対象となるワーク W は、移動可能なステージ 3 0 0 によって、カメラ 1 0 および照明装置 2 0 が固定された検査位置まで移動する。ワーク W は、検査位置まで移動すると、画像検査装置 1 による外観検査が終了するまでその場で停止する。このとき、制御装置 1 0 0 は、照明装置 2 0 によってワーク W を照明しながらカメラ 1 0 でワーク W を撮影し、撮影画像をモニタに表示する。これにより、作業者は、モニタ画面に表示された撮影画像の色を見ながらワーク W の外観を検査する。もしくは、制御装置 1 0 0 は、撮影画像に対して所定の画像処理を行ない、画像処理結果に基づいてワーク W の異常判定を行なってもよい。

30

40

【 0 0 4 9 】

制御装置 1 0 0 は、たとえば、C P U (Central Processing Unit) や M P U (Micro-Processing Unit) などのプロセッサと、R A M (Random Access Memory) と、表示コントローラと、システムコントローラと、I / O (Input Output) コントローラと、ハードディスクと、カメラインターフェイスと、入力インターフェイスと、発光インターフェイスと、通信インターフェイスと、メモリカードインターフェイスとを含む。これらの各部は、システムコントローラを中心として、互いにデータ通信可能に接続される。

【 0 0 5 0 】

< C . 照明装置の構成の一例 >

50

図４は、画像検査装置１に含まれる照明装置の構成を模式的に示した図である。照明装置２０は、ワークＷとカメラ１０との間に配置され、ワークＷに向けて光を照射するとともに、透光性を有している。そのため、照明装置２０から放射された光は、ワークＷで反射し、照明装置２０を透過して、カメラ１０に到達する。

【００５１】

照明装置２０は、面光源３０と、光学系の一例であるマイクロレンズアレイ４０とを含む。面光源３０は、ワークＷ側の発光面３５からワークＷに向けて光を放射する。面光源３０の発光面３５のうち、マトリクス状に配置された複数の発光領域から光が放射される。ワークＷからの反射光は、面光源３０のうち発光領域以外の透光領域を透過する。

【００５２】

各発光領域は、発光部３１を含む。一例では、発光部３１は、有機エレクトロルミネセンス（以下、有機ＥＬと呼ぶ）により構成された部材を含む。複数の発光部３１は、選択的に発光可能に構成されている。発光すべき発光部３１は、制御装置１００（図１を参照）によって選択される。一例として面光源３０は、有機ＥＬを用いた光源である。しかし、透過性を有する照明装置であって、マトリクス状に配列され選択的に発光可能に構成された複数の発光部を有する照明装置であれば、この実施の形態に適用可能である。すなわち本実施の形態に適用可能な照明装置２０は、有機ＥＬを用いた光源に限定されるものではない。

【００５３】

マイクロレンズアレイ４０は、面光源３０の発光面３５に対向して配置される。マイクロレンズアレイ４０は、複数の発光部３１にそれぞれ対向して設けられた複数のレンズ４１を含む。一例では、レンズ４１は凸レンズである。レンズ４１は、対応する発光部３１から発せられる光を所望の方向に導くように構成される。すなわち、マイクロレンズアレイ４０は、複数の発光部３１の各々から発せられる光の照射方向を、各発光部３１の位置に対応した方向に制御するように構成されている。

【００５４】

複数の発光部３１の中から発光させるべき発光部を選択することによって、照射立体角を任意に変更することができる。発光させるべき発光部は、視野の場所に応じて選択される。したがって、視野の場所ごとに照射立体角を任意に設定可能な画像検査装置１を実現できる。さらに、照射立体角を任意に変更することができるので、たとえばスリットあるいはハーフミラーといった光学部品を不要とすることができる。したがって照明装置２０を小型化することができる。したがって、視野の場所ごとに照射立体角を設定可能であるとともに、小型化が可能な画像検査装置１を実現できる。

【００５５】

図５および図６を参照して、本実施の形態に係る照明装置の構成の一例を説明する。図５は、本実施の形態に係る照明装置の一例の一部断面を示す模式図である。図６は、本実施の形態に係る照明装置の一部を拡大した模式平面図である。

【００５６】

照明装置２０は、透過型のシート照明装置であり、面光源３０とマイクロレンズアレイ４０とを含む。面光源３０は、有機ＥＬを用いた光源である。面光源３０は、発光面３５に沿ってマトリクス状に配列された複数の発光部を含む。図５には、発光部３１Ａ～３１Ｅが代表的に示されている。

【００５７】

各々の発光部３１Ａ～３１Ｅは、対向する一対の電極（図示せず）を有する。一対の電極間に電圧が印加されることにより、これらの発光部は発光する。複数の電極対の中から電圧が印加されるべき電極対を選択することによって、発光すべき発光部を選択することができる。発光部３１Ａ～３１Ｅの各々が発する光の色は限定されない。たとえば複数の発光部３１は同色の光を発するのでもよい。あるいは、赤色光を発する発光部と、緑色光を発する発光部と、青色光を発する発光部とを組み合わせることにより、光の色を異ならせることができる発光部を実現することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

マイクロレンズアレイ 4 0 は、複数の発光部 3 1 にそれぞれ対向して配置された複数のマイクロレンズである、複数のレンズ 4 1 を含む。複数のレンズ 4 1 は、発光面 3 5 に沿ってマトリクス状に配置される。図 5 には、発光部 3 1 A ~ 3 1 E にそれぞれ対向するレンズ 4 1 A ~ 4 1 E が代表的に示されている。一例ではレンズ 4 1 A ~ 4 1 E の各々は、平凸レンズである。平凸レンズの平面は発光面 3 5 に向けられている。たとえば平凸レンズは半球レンズであってもよい。

【 0 0 5 9 】

各々のレンズは、対応する発光部から発せられる光の照射方向を制御するためのものである。一実施形態では、レンズ 4 1 A ~ 4 1 E の間では、発光部の光軸に対するレンズの光軸の相対的な位置が異なっている。発光部の光軸に対するレンズの光軸のずれの方向およびずれ量に従って、レンズから出射される光の方向が決定される。なお、この実施の形態において、発光部の光軸とは、発光領域の中心点を通り発光領域に対して垂直な軸を意味し、レンズの光軸とは、レンズの中心を通り、レンズの主面に対して垂直な軸を意味する。「ずれ量」とは、発光部の光軸に対するレンズの光軸のずれの大きさを意味する。

10

【 0 0 6 0 】

発光部 3 1 C の光軸 3 2 C と、レンズ 4 1 C の光軸 4 2 C とは実質的に一致している。発光部 3 1 A の光軸 3 2 A に対して、レンズ 4 1 A の光軸 4 2 A は、紙面右方向（+ X 方向）にずれている。同様に、発光部 3 1 B の光軸 3 2 B に対して、レンズ 4 1 B の光軸 4 2 B も + X 方向にずれている。発光部 3 1 A およびレンズ 4 1 A の対のほうが、発光部 3 1 B およびレンズ 4 1 B の対よりも、ずれ量大きい。

20

【 0 0 6 1 】

一方、発光部 3 1 D の光軸 3 2 D に対して、レンズ 4 1 D の光軸 4 2 D は、紙面左方向（- X 方向）にずれている。同様に、発光部 3 1 E の光軸 3 2 E に対して、レンズ 4 1 E の光軸 4 2 E も - X 方向にずれている。発光部 3 1 E およびレンズ 4 1 E の対のほうが、発光部 3 1 D およびレンズ 4 1 D の対よりも、ずれ量大きい。

【 0 0 6 2 】

図 5 から理解されるように、図 5 に示す発光部 3 1 A ~ 発光部 3 1 E のいずれかを選択的に発光させることにより、照射立体角を異ならせることができる。照射立体角を異ならせることが可能であるので、照明装置 2 0 の照明のパターンの制約が小さくなる。言い換えると、任意のパターンに従う照明を照明装置 2 0 によって実現することができる。

30

【 0 0 6 3 】

図 6 に示すように、照明装置 2 0 は、マトリクス状に配置された複数の照明要素 2 1 を含む。すなわち照明装置 2 0 は、複数の照明要素 2 1 に区画される。各々の照明要素 2 1 は、複数の発光部 3 1 および複数のレンズ 4 1 を含む。たとえば各々の照明要素 2 1 は、図 5 に示す発光部 3 1 A ~ 発光部 3 1 E およびレンズ 4 1 A ~ 4 1 E を含むことができる。図示の都合上、図 6 では、各々の照明要素 2 1 に含まれる 1 つの発光部 3 1 および、対応する 1 つのレンズ 4 1 が示される。

【 0 0 6 4 】

各々の照明要素 2 1 は、発光領域と透明領域とを含む。発光領域を発光させることによって照明要素 2 1 全体を発光させることができる。一方、各照明要素 2 1 は、透明領域を備えることによって、透光性を有する。

40

【 0 0 6 5 】

照明装置 2 0 は、複数の照明要素 2 1 を互いに独立に点灯させることができる。複数の照明要素 2 1 のうち、発光されるべき発光部 3 1 を含む照明要素 2 1（すなわち、点灯させるべき照明要素 2 1）によって、照明装置 2 0 による照明パターンが決定される。各照明要素 2 1 から照射される光の波長を変えることができる照明装置 2 0 においては、照明パターンは、複数の照明要素 2 1 のうちの点灯させる照明要素 2 1 と、点灯させる各照明要素 2 1 から照射させる光の波長とによって決定されてもよい。

【 0 0 6 6 】

50

図7は、照明装置20の構成要素である照明要素の構造の一例を模式的に示した平面図である。図7では、撮像部側（照明装置20の上方）からの照明要素の平面視図が示されている。

【0067】

照明要素21は、マトリクス状に配置された複数のセル22を含む。以下の説明では「行」はX方向を意味し、「列」はY方向を意味する。図5では、5行5列（ $= 5 \times 5$ ）に配置された25個のセル22からなる照明要素21が示されている。しかし、照明要素21を構成するセル22の個数は特に限定されない。たとえば照明要素21は、11行11列（ $= 11 \times 11$ ）に配置された121個のセル22によって構成されてもよい。セル22の個数が多いほど、照明要素21の照射方向の分解能を向上させることができる一方で発光位置の分解能が低下する。照明要素21を構成するセル22の個数は、照射方向の分解能と発光位置の分解能とから決定することができる。

10

【0068】

各々のセル22は、発光部31と、レンズ41と、透明領域24とを含む。発光部31の発光面は、セル22において発光領域を構成する。

【0069】

複数の発光部31は、第1のピッチP1でX方向およびY方向に配置される。複数のレンズ41は、第2のピッチP2でX方向およびY方向に配置される。第2のピッチP2が第1のピッチP1よりも小さい（ $P2 < P1$ ）ので、X方向（行方向）に沿って並べられた複数のセル22について、発光部31の光軸32とレンズ41の光軸42との間のX方向のずれ量が、公差（ $P1 - P2$ ）の等差数列に従う。同様に、Y方向（列方向）に沿って並べられた複数のセル22について、発光部31の光軸32とレンズ41の光軸42との間のY方向のずれ量が公差（ $P1 - P2$ ）の等差数列に従う。

20

【0070】

複数の発光部31および複数のレンズ41は、X軸およびY軸の両方に対して対称に配置される。このことを説明するために、図7に対称軸25、26が示される。対称軸25は、複数の発光部31および複数のレンズ41が、X軸に対して対称に配置されることを示すための軸であり、Y方向に平行である。対称軸26は、複数の発光部31および複数のレンズ41が、Y軸に対して対称に配置されることを示すための軸であり、X方向に平行である。

30

【0071】

図7において、セル22Cは、照明要素21の中心に位置するセルである。セル22Cは、発光部31Cとレンズ41Cとを含む。発光部31Cの光軸32Cとレンズ41Cの光軸42Cとは平面視において重なる。すなわち、光軸32Cと光軸42Cとの間では、X方向のずれ量およびY方向のずれ量は、ともに0である。なお、光軸32C、42Cは、対称軸25、26の交点に位置する。

【0072】

照明要素21内の各セルにおいて、発光部31の光軸32とレンズ41の光軸42との間のX方向のずれ量およびY方向のずれ量は、そのセルと、中央のセル22Cとの間のX方向の距離およびY方向の距離に従って決定される。これにより、セル22ごとに光の照射方向を異ならせることができる。照明要素21は、複数の方向からワークに光を照射することができる。さらに、複数のセルのうち、点灯させるセルを選択することによって、照明要素21からの光の照射方向を制御することができる。

40

【0073】

図7に示した構造では、X方向とY方向とで発光部31のピッチおよびレンズ41のピッチが同じである。しかしながら、X方向とY方向とで発光部31のピッチを異ならせてもよい。同様にX方向とY方向とでレンズ41のピッチを異ならせてもよい。

【0074】

発光部31の光軸32に対するレンズ41の光軸42のずれ量（変位量）が大きい場合、発光部31から出射された光の一部がレンズ41の周囲から漏れる可能性がある。図8

50

は、レンズ 4 1 の周囲から漏れる光の対策のための構成を示す模式平面図である。図 9 は、図 8 に示された構成の模式断面図である。図 8 および図 9 に示されるように、レンズ 4 1 の周辺を囲むように遮光部 4 4 が設けられてもよい。遮光部 4 4 は光を通さない部材、あるいは光を減衰させる部材からなる。遮光部 4 4 によって、発光部 3 1 からの光が意図しない方向に漏れる可能性を低減することができる。

【 0 0 7 5 】

図 1 0 は、図 8 に示された構成の 1 つの変形例を示した模式平面図である。図 1 0 に示された例では、図 8 に示された構成に比べて、遮光部 4 4 の面積が大きい。これにより、発光部 3 1 からの光が意図しない方向に漏れる可能性をさらに低減することができる。

【 0 0 7 6 】

図 1 1 は、図 8 に示された構成の別の変形例を示した模式断面図である。図 1 1 に示された例では、遮光部 4 4 は、図 1 0 に示した構成に加えて、レンズ 4 1 の高さ（厚み）方向に沿った十分な高さでレンズ 4 1 の周囲を囲む構成を有する。図 1 0 に示された構成によれば、レンズ 4 1 の周囲から漏れる光を低減する効果をさらに高めることができる。

【 0 0 7 7 】

< D . 実施の形態 1 >

実施の形態 1 では、光切断法を用いてワークの表面が検査される。照明装置 2 0 は、ある方向からワーク W に対してライン状の光を照射するとともに、その光を走査する。カメラ 1 0 は、光が走査される間にワーク W を複数回撮像することにより、複数の撮影画像を作成する。上述の通り、光の走査は 2 回実行される。

【 0 0 7 8 】

図 1 2 は、光切断法を実施する際における光の 1 回目の走査を説明するための図である。図 1 3 は、図 1 2 に示す光照射のための照明装置の照明パターンを説明するための図である。図 1 3 および、以下に説明される図に示した照明要素 2 1 の構成は、基本的に図 5 に示された構成と同じであるので、詳細な説明は繰り返さない。なお、以下に説明する図では、照明装置 2 0 において発光している領域および、照明要素において発光している発光部をハッチングによって示す。

【 0 0 7 9 】

図 1 2 に示されるように、照明装置 2 0 は、カメラ 1 0 の光軸 1 1 に対して角度 θ をなす方向から、ライン状の光 L T をワーク W に照射し、かつ、その光 L T を + X 方向に走査する。光 L T が走査される間に、カメラ 1 0 は、ワーク W の表面を複数回撮像する。これにより複数の撮影画像が取得される。

【 0 0 8 0 】

図 1 3 には、光の走査中における照明装置 2 0 の 1 つの状態が示されている。図 1 3 に示した直線 L 1 は、カメラ 1 0 の光軸の X 座標を示すための仮想的な直線であり、Y 軸に平行な直線である。照明装置 2 0 は、Y 方向に沿って並ぶ複数の照明要素 2 1 を点灯させる。一例として、図 1 3 は、直線 L 1 から距離 d 1 だけ - X 方向に離れた位置する複数の照明要素 2 1 が点灯する状態を示す。所定方向からワーク W に光を照射するために、複数の照明要素 2 1 の各々では、特定の列（たとえば列 C 2）に配置された 3 つの発光部 3 1 が発光する。これにより、照明装置 2 0 は、カメラ 1 0 の光軸 1 1 に対して角度 θ の方向から、Y 方向に沿ったライン状の光を、ワーク W の表面の所望の場所に照射することができる。

【 0 0 8 1 】

図 1 4 は、光切断法を実施する際における光の 2 回目の走査を説明するための図である。図 1 5 は、図 1 4 に示す光照射のための照明装置の照明パターンを説明するための図である。図 1 4 に示されるように、2 回目の走査では、照明装置 2 0 は、1 回目の走査における光の照射方向とは逆の方向からワーク W にライン状の光 L T を照射する。光の照射される方向は、カメラ 1 0 の光軸 1 1 に対して角度 θ をなす。

【 0 0 8 2 】

照明装置 2 0 は、光 L T をたとえば - X 方向に走査する。しかし 1 回目の走査と同じく

10

20

30

40

50

、照明装置 20 は光 LT を + X 方向に走査してもよい。光 LT が走査される間にカメラ 10 は、ワーク W の表面を複数回撮像する。これにより複数の撮影画像が取得される。

【0083】

一例として、図 15 は、直線 L1 から距離 d2 だけ + X 方向に離れた位置する複数の照明要素 21 が点灯する状態を示す。複数の照明要素 21 の各々では、特定の列（たとえば列 C4）に配置された 3 つの発光部 31 が発光する。図 13 および図 15 の比較から理解されるように、列 C4 と、列 C2 とを比較すると、発光部 31 およびレンズ 41 が対称軸 25 に対して対称に配置される。したがって、照明装置 20 は、1 回目の走査における光の照射方向とは逆の方向、かつカメラ 10 の光軸 11 に対して角度 θ をなす方向から、Y 方向に沿ったライン状の光を、ワーク W の表面の所望の場所に照射することができる。

10

【0084】

図 16 は、実施の形態 1 に係る検査方法に含まれる距離算出方法を示したフローチャートである。図 2 および図 16 を参照することにより実施の形態 1 に係る距離算出方法を以下に説明する。ステップ S1 において、照明装置 20 は 1 回目の光の走査を行うとともに、カメラ 10 がワーク W を n（n は 2 以上の整数）回撮像する。これにより n 枚の画像（n 枚の撮影画像 3）が取得される。

【0085】

ステップ S2 において、制御装置 100 は、ステップ S1 の処理によって得られた n 枚の画像から、処理画像 4 を作成する。具体的には、制御装置 100 は、画素位置（x, y）ごとに、n 枚の撮像画像の中から、輝度が最大となる画素を特定する。そして、制御装置 100 は、その画像が得られたときの距離 d1（図 12 および図 13 を参照）を、画素の情報に含める。距離 d1 は、ワーク W の表面上の測定点に対応する画素（画素位置（x, y）の画素）の輝度が最大となるときの照明装置 20 の第 1 の発光位置を表す。処理画像 4 内の各画素は、最も高い輝度の値を与える距離 d1 の情報を画素値として有する。なお、図 16 では、処理画像 4 を「d1 画像」と呼ぶ。

20

【0086】

ステップ S3 において、照明装置 20 は 2 回目の光の走査を行うとともに、カメラ 10 がワーク W を n 回撮像する。これにより n 枚の画像が取得される。ステップ S4 において、制御装置 100 は、ステップ S3 の処理によって得られた n 枚の画像（n 枚の撮影画像 5）から、処理画像 6 を作成する。

30

【0087】

ステップ S4 において、制御装置 100 は、ステップ S3 の処理によって得られた n 枚の画像（n 枚の撮影画像 5）から、処理画像 6 を作成する。ステップ S2 の処理と同様に、制御装置 100 は、画素位置（x, y）ごとに、n 枚の撮像画像の中から、輝度が最大となる画素を特定する。そして、制御装置 100 は、その画像が得られたときの距離 d2（図 14 および図 15 を参照）を、画素の情報に含める。距離 d2 は、ワーク W の表面上の測定点に対応する画素（画素位置（x, y）の画素）の輝度が最大となるときの照明装置 20 の第 2 の発光位置を表す。処理画像 6 内の各画素は、最も高い輝度の値を与える距離 d2 の情報を画素値として有する。なお、図 16 では、処理画像 6 を「d2 画像」と呼ぶ。

40

【0088】

ステップ S5 では、制御装置 100 は、d1 画像（処理画像 4）と d2 画像（処理画像 6）とを用いて、各座標（x, y）の画素に対応する距離 D を算出する。距離 D は、照明装置 20 の発光面 35 から、座標（x, y）の画素に対応するワーク W の表面上の測定点までの距離である。

【0089】

図 17 は、実施の形態 1 に係る距離算出方法の原理を説明した図である。図 17 において、測定点 13 は、座標（x, y）の画素に対応するワーク W の表面上の位置に対応する。処理画像 4（d1 画像）における画素 PX1、および処理画像 6（d2 画像）における画素 PX2 は、測定点 13 に対応した画素である。

50

【0090】

直線12は、測定点13を通り、照明装置20の中心線28（発光面35の中心を通り、発光面35に垂直な直線）に平行な直線である。照明装置20の中心線28と直線12との間の距離をdとすると、以下の式（1）および式（2）が成立する。

【0091】

$$(d_1 - d) = D \times \tan \quad (1)$$

$$(d_2 + d) = D \times \tan \quad (2)$$

式（1）および式（2）からdを消去すると、以下の式（3）が成立する。

【0092】

$$(d_1 + d_2) = 2D \times \tan \quad (3)$$

式（3）を変形すると、以下の式（4）が導かれる。

【0093】

$$D = (d_1 + d_2) / (2 \times \tan) \quad (4)$$

は照明装置20からの光の出射方向である。制御装置100は、照明装置20を制御することによって照明装置20から光が出射される方向を制御する。したがって制御装置100は、角度の値を知ることができる。距離d1, d2は、それぞれ、処理画像4の画素および処理画像6の画素が有する情報であり、照明装置20による光の走査の条件から決定される。

【0094】

式（4）には距離dが含まれないので、ワークWの表面上の任意の位置について、式（4）が成立する。式（4）を用いることによって、距離d1（第1の発光位置）、距離d2（第2の発光位置）、角度（光の照射方向）に基づいて、照明装置20の発光面35からワークWの表面上の任意の位置までの距離Dを算出することができる。

【0095】

距離d1, d2の各々は、発光面35の中心からの距離である。複数の照明要素21がマトリクス状に配置されているので、距離d1, d2を決定することができる。したがって、撮像部と照明装置との間のキャリブレーションを不要としながら対象物の検査を行うことが可能となる。

【0096】

照明パターンを走査する際に、発光面における発光領域の一方の端から他方の端までの範囲を走査してもよい（全走査）。しかしながら距離を求めたい箇所が限定される場合は走査範囲を限定させることも可能である。

【0097】

角度が小さい場合には、三角測距の原理上、距離の精度が低下する一方で、オクルージョン（遮蔽）のリスクが小さい。逆に、角度の値が大きい場合、距離の精度が向上するものの、オクルージョンのリスクが大きい。したがって光の照射方向を定める角度の値は、ワークの形状に応じて変化させても良い。角度の値を変化させながら複数回の試行を行い、その結果を統合してもよい。

【0098】

以上の説明では、走査の方向がX方向であるが、Y方向の走査も実行可能である。上述の説明において、X方向（X軸）をY方向（Y軸）に置き換えるとともに、対称軸25を対称軸26に置き換えればよい。X方向の走査による測定とY方向の走査による測定とを試行して、それらの結果を統合してもよい。

【0099】

また、上記の説明では、照明要素21の1列に含まれる5個の発光部31のうち3個が点灯する。しかし、1列に含まれる全ての（5個の）発光部31を発光させてもよい。あるいは1列の中央に位置する1つの発光部31のみを発光させてもよい。

【0100】

< E . 実施の形態2 >

実施の形態2では、位相シフト法を用いてワークの表面が検査される。照明装置20は

10

20

30

40

50

、ある方向からワークWに対して縞パターンを照射するとともに、その光を走査する。カメラ10は、光が走査される間にワークWを複数回撮像することにより、複数の撮影画像を作成する。実施の形態1と同様に、光の走査は2回実行される。

【0101】

図18は、位相シフト法を実施する際における光の1回目の走査を説明するための図である。図19は、図18に示す光照射のための照明装置の照明パターンを説明するための図である。図18に示すように、照明装置20は、カメラ10の光軸11に対して角度をなす方向から、ワークWに光LTを照射する。カメラ10は、ワークWの表面を撮像する。照明装置20は、縞パターン（明暗パターン）の光を、縞パターンの位相を変化させながらワークWに照射する。これにより、縞パターンの光をワークの表面上で走査すると等価な状態を発生させることができる。照明パターンは周期的なパターンであるため、照明装置20は、位相を1周期分変化させるだけでよい。図18に示す例では、照明パターンが+X方向に走査される。

10

【0102】

図19に示されるように、照明装置20は、X方向に沿って明暗が交互に生じるように、複数の列の照明要素21を点灯させる。Lは縞パターンの周期に対応する長さを表す。なお、発光の強度が正弦波に従って変化するように、照明装置20を制御してもよい。所定方向からワークWに光を照射するために、複数の照明要素21の各々では、特定の列（たとえば列C2）に配置された3つの発光部31が発光する。

【0103】

20

図20は、位相シフト法を実施する際における光の2回目の走査を説明するための図である。図21は、図20に示す光照射のための照明装置の照明パターンを説明するための図である。図20に示されるように、2回目の走査では、照明装置20は、1回目の走査における光の照射方向とは逆の方向から光LTをワークWに照射する。光の照射される方向は、カメラ10の光軸に対して角度をなす。

【0104】

照明装置20は、光LTをたとえば-X方向に走査する。しかし1回目の走査と同じく、照明装置20は光LTを+X方向に走査してもよい。光LTが走査される間にカメラ10は、ワークWの表面を複数回撮像する。

【0105】

30

一例として、複数の照明要素21の各々では、特定の列（たとえば列C4）に配置された3つの発光部31が発光する。実施の形態1における例と同様に、照明装置20は、1回目の走査における光の照射方向とは逆の方向、かつカメラ10の光軸11に対して角度をなす方向から、光を照射することができる。

【0106】

図22は、実施の形態2に係る検査方法に含まれる距離算出方法を示したフローチャートである。図2および図22を参照することにより、実施の形態2に係る距離算出方法を以下に説明する。ステップS11において、照明装置20は1回目の光の走査を行う。すなわち照明装置20は、照明パターンの位相を、たとえば1周期分、変化させる。位相の変化分は特に限定されない。カメラ10がワークWをn（nは2以上の整数）回撮像する。これによりn枚の画像が取得される。

40

【0107】

ステップS12において、制御装置100は、ステップS11の処理によって得られたn枚の画像（n枚の撮影画像3）から、照明パターン（縞パターン）の位相を画素値とする処理画像4を作成する。

【0108】

たとえば照明装置20の発光面（発光面35）において、正弦波パターンに従って発光しているとする。この場合、正弦波の極大点は照明強度の最大値を表し、正弦波の極小点は照明強度の最小値を表し、正弦波の極大点および極小点の中間点は、照明強度の中間値を表す。なお、図22では、処理画像4を「位相画像1」と呼ぶ。

50

【 0 1 0 9 】

図 2 3 は、照明パターンの位相を求める方法を説明するための模式図である。図 2 3 に示されるように、発光面 3 5 から光が照射方向に沿って照射されたとき、発光面 3 5 上のある点 A 1 と、ワーク W の表面上の点 B 1 とが対応づけられる。たとえば発光パターンの位相を 90° ずつ変化させながら、ワーク W の表面をカメラ 1 0 により撮影して、画素の輝度値（濃度値）を記録する。この場合、画素の輝度値を表す 4 点が得られる。次に、この 4 点に対して正弦波をフィッティングする。基準波が $\sin(x)$ である場合に、フィッティングされた正弦波が $\sin(x - a)$ で表されたとする。この場合、値 a が位相である。すなわち、照明パターンの位相を求める方法とは、基準波からの位相差を求める方法である。ワーク W の表面上の点 B 2 に対しても、同様の方法により、位相が求められる。

10

【 0 1 1 0 】

なお、輝度値は誤差を有する。したがって、位相の変化を小さくするほど輝度値を表す点の数が多くなるため、より精度よく位相を求めることができる。

【 0 1 1 1 】

図 2 2 に戻り、ステップ S 1 3 において、照明装置 2 0 は 2 回目の光の走査を行うとともに、カメラ 1 0 がワーク W を n 回撮像する。これにより n 枚の画像が取得される。ステップ S 1 4 において、制御装置 1 0 0 は、ステップ S 1 3 の処理によって得られた n 枚の画像（ n 枚の撮影画像 5）から、照明パターンの位相を画素値とする処理画像 6 を作成する。ステップ S 1 3 の処理は、ステップ S 1 2 の処理と同様である（図 2 3 を参照）。なお、図 2 2 では、処理画像 6 を「位相画像 2」と呼ぶ。

20

【 0 1 1 2 】

ステップ S 1 5 では、制御装置 1 0 0 は、位相画像 1（処理画像 4）と位相画像 2（処理画像 6）とを用いて、各座標（ x, y ）の画素に対応する距離 D を算出する。

【 0 1 1 3 】

図 2 4 は、実施の形態 2 に係る距離算出方法の原理を説明した図である。実施の形態 2 においても同様に式（4）が成立する。距離 d_1 、 d_2 は、それぞれ以下の式（5）および式（6）に従って表される。

【 0 1 1 4 】

$$d_1 = L \times \sin \quad (5)$$

$$d_2 = L \times \sin \quad (6)$$

30

L は縞パターンの縞の周期であるので、既知の値である。位相 θ_1 、 θ_2 はそれぞれ、処理画像 4 の画素および処理画像 6 の画素が有する画素値（位相の値）である。したがって、式（4）に式（5）および式（6）を代入することによって、距離 D を算出することができる。なお、周期固定の縞パターンを用いた場合、位相シフト法において算出できるのは、絶対距離ではなく、発光面 3 5 に平行な仮想平面 5 0 からの相対距離である。実施の形態 2 において、距離 D は、この相対距離である。図 2 4 では 1 つの仮想平面（仮想平面 5 0）を示しているが、仮想平面は、発光面 3 5 に平行であり、かつ、一定間隔で複数の候補が存在する。

【 0 1 1 5 】

40

< F . 照明装置の構成の変形例 >

図 2 5 は、変形例 1 に係る照明装置 1 2 0 の一部断面を示す模式図である。図 3 に示す照明装置 2 0 と比較して、照明装置 1 2 0 は、マイクロレンズアレイ 4 0 に替えてマイクロレンズアレイ 1 4 0 を備える。マイクロレンズアレイ 1 4 0 は、複数の発光部 3 1 にそれぞれ対向して配置された複数のマイクロレンズである、複数のレンズ 1 4 1 を含む。図 2 5 には、発光部 3 1 A ~ 3 1 E にそれぞれ対向するレンズ 1 4 1 A ~ 1 4 1 E が代表的に示されている。

【 0 1 1 6 】

レンズ 1 4 1 A ~ 1 4 1 E の各々は、ロッドレンズである。レンズ 1 4 1 A ~ 1 4 1 E の間では、発光部 3 1 の光軸（光軸 3 2 A ~ 3 2 E）に対するレンズの光軸（光軸 1 4 2

50

A ~ 1 4 2 E) の角度が異なっている。ロッドレンズの入射面に対する光の入射角度を異ならせることによって、ロッドレンズの出射面から出射される光の出射角度（レンズの光軸に対する角度）を異ならせることができる。したがって、照明装置 1 2 0 では、発光部ごとに光の出射方向を異ならせることができる。ロッドレンズを利用することにより、ワーク W の形状の検査を実施可能な、ワーク W と照明装置 1 2 0 との間の距離を大きくすることができる。

【 0 1 1 7 】

図 2 6 は、変形例 2 に係る照明装置 2 2 0 の一部断面を示す模式図である。図 3 に示す照明装置 2 0 と比較して、照明装置 2 2 0 は、マイクロレンズアレイ 4 0 に替えてマイクロレンズアレイ 2 4 0 を備える。マイクロレンズアレイ 2 4 0 は、複数の発光部 3 1 にそれぞれ対向して配置された複数のマイクロレンズである、複数のレンズ 2 4 1 を含む。図 2 6 には、発光部 3 1 A ~ 3 1 E にそれぞれ対向するレンズ 2 4 1 A ~ 2 4 1 E が代表的に示されている。

【 0 1 1 8 】

レンズ 2 4 1 A ~ 2 4 1 E の各々は、凹レンズである。図 2 5 に示された変形例と同様に、レンズ 2 4 1 A ~ 2 4 1 E の間では、発光部 3 1 の光軸に対するレンズの光軸の角度が異なっている。発光部の光軸（光軸 3 2 A ~ 3 2 E）に対するレンズの光軸（光軸 2 4 2 A ~ 2 4 2 E）の角度を異ならせることによって、凹レンズから出射される光の出射角度（レンズの光軸に対する角度）を異ならせることができる。

【 0 1 1 9 】

図 2 7 は、変形例 3 に係る照明装置 3 2 0 の一部断面を示す模式図である。図 3 に示す照明装置 2 0 と比較して、照明装置 3 2 0 は、マイクロレンズアレイ 4 0 に替えてマイクロレンズアレイ 3 4 0 を備える。マイクロレンズアレイ 3 4 0 は、複数の発光部 3 1 にそれぞれ対向して配置された複数のマイクロレンズである、複数のレンズ 3 4 1 を含む。図 2 7 には、発光部 3 1 A ~ 3 1 E にそれぞれ対向するレンズ 3 4 1 A ~ 3 4 1 E が代表的に示されている。

【 0 1 2 0 】

変形例 3 では、図 3 の構成におけるレンズ 4 1 A ~ 4 1 E が、レンズ 3 4 1 A ~ 3 4 1 E に置き換えられ、光軸 4 2 A ~ 4 2 E が、光軸 3 4 2 A ~ 3 4 2 E に置き換えられている。レンズ 3 4 1 A ~ 3 4 1 E の各々は凸レンズである。ただし、レンズ 3 4 1 A ~ 3 4 1 E の各々の形状は、レンズ 4 1 A ~ 4 1 E の形状とは異なる。図 3 に示された例と同じく、発光部の光軸（光軸 3 2 A ~ 3 2 E）に対するレンズの光軸（光軸 3 4 2 A ~ 3 4 2 E）の相対的な位置を異ならせることにより、発光部から発せられる光の照射方向をレンズによって制御することができる。

【 0 1 2 1 】

なお図 2 5 および図 2 6 に示された照明装置において、照明要素はマトリクス状に配置された複数のセル 2 2 を含む。複数のセル 2 2 の間では、そのセルの位置に応じて、発光部の光軸に対するレンズの光軸の傾きの角度を異ならせることができる。さらに、X 軸に対するレンズの光軸の角度および、Y 軸に対するレンズの光軸の角度がセルごとに異なり得る。

【 0 1 2 2 】

また、図 2 5 ~ 図 2 7 に示されたマイクロレンズアレイ 1 4 0, 2 4 0, 3 4 0 において、レンズの周囲に遮光部 4 4（図 8 ~ 図 1 1 を参照）を配置してもよい。

【 0 1 2 3 】

< G . 付記 >

以上のように、本実施の形態は以下のような開示を含む。

【 0 1 2 4 】

（構成 1）

対象物（W）を撮影する撮像部（1 0）と、

前記対象物（W）と前記撮像部（1 0）との間に配置されて、前記対象物（W）に向け

10

20

30

40

50

て光を照射する発光面(35)を有し、前記発光面(35)における発光位置および前記光の照射方向を制御可能に構成された、透光性の照明部(20, 120, 220, 320)と、

前記撮像部(10)および前記照明部(20, 120, 220, 320)を制御するように構成された制御部(100)とを備え、

前記制御部(100)は、

前記照明部(20, 120, 220, 320)の第1の走査において、前記照明部(20, 120, 220, 320)に第1の方向から前記対象物(W)に光を照射させるとともに、前記発光面(35)における前記発光位置を変化させることにより前記光を走査させて、前記第1の走査の間に、前記撮像部(10)に前記対象物(W)を撮像させ、

10

前記照明部(20, 120, 220, 320)の第2の走査において、前記照明部(20, 120, 220, 320)に、前記第1の方向とは異なる第2の方向から前記対象物(W)に前記光を照射させるとともに前記発光面(35)における前記発光位置を変化させることにより前記光を走査させ、前記第2の走査の間に前記撮像部(10)に前記対象物(W)を撮像させ、

前記制御部(100)は、前記第1の走査および前記第2の走査の際に撮像された前記対象物(W)の画像から、前記対象物(W)の表面の測定点(13)が照明されるときの前記照明部(20, 120, 220, 320)の前記発光位置を特定し、特定された発光位置、および、前記第1の方向および前記第2の方向に基づいて、前記測定点(13)までの距離を算出する、画像検査装置(1)。

20

【0125】

(構成2)

前記撮像部(10)は、前記第1の走査の際に、前記対象物(W)を複数回撮像して、複数の第1の撮影画像(3)を作成し、前記第2の走査の際に、前記対象物(W)を複数回撮像して、複数の第2の撮影画像(5)を作成し、

前記制御部(100)は、

前記複数の第1の撮影画像(3)から、前記対象物(W)の前記測定点(13)を照明するための前記発光位置である第1の発光位置に関する情報を有する第1の処理画像(4)を作成し、

前記複数の第2の撮影画像(5)から、前記対象物(W)の前記測定点(13)を照明するための前記発光位置である第2の発光位置に関する情報を有する第2の処理画像(6)を作成し、

30

前記第1の処理画像(4)に含まれる前記第1の発光位置の情報、前記第2の処理画像(6)に含まれる前記第2の発光位置の情報、前記第1の方向および前記第2の方向から、前記距離を算出する、構成1に記載の画像検査装置(1)。

【0126】

(構成3)

前記第1の走査および前記第2の走査において、前記照明部(20, 120, 220, 320)は、ライン状の前記光を前記対象物(W)に照射し、

前記制御部(100)は、前記複数の第1の撮影画像(3)から、前記測定点(13)に対応する画素の輝度が最大となるときの前記照明部(20, 120, 220, 320)の前記発光位置を前記第1の発光位置に決定して、前記第1の発光位置を画素の情報に含めることによって前記第1の処理画像(4)を作成し、

40

前記制御部(100)は、前記複数の第2の撮影画像(5)から、前記測定点(13)に対応する画素の輝度が最大となるときの前記照明部(20, 120, 220, 320)の前記発光位置を前記第2の発光位置に決定して、前記第2の発光位置を画素の情報に含めることによって前記第2の処理画像(6)を作成する、構成2に記載の画像検査装置(1)。

【0127】

(構成4)

50

前記第 1 の走査および前記第 2 の走査において、前記照明部 (2 0 , 1 2 0 , 2 2 0 , 3 2 0) は、縞パターン of 前記光を前記対象物 (W) に照射し、かつ、前記縞パターンの位相を変化させることによって前記光の走査と等価な状態を発生させ、

前記制御部 (1 0 0) は、前記複数の第 1 の撮影画像 (3) から、前記第 1 の発光位置に関する情報として、縞パターンの第 1 の位相 () の情報を画素の情報に含めることによって前記第 1 の処理画像 (4) を作成し、

前記制御部 (1 0 0) は、前記複数の第 2 の撮影画像 (5) から、前記第 2 の発光位置に関する情報として、縞パターンの第 2 の位相 () の情報を画素の情報に含めることによって前記第 2 の処理画像 (6) を作成する、構成 2 に記載の画像検査装置 (1) 。

【 0 1 2 8 】

10

(構成 5)

前記照明部 (2 0 , 1 2 0 , 2 2 0 , 3 2 0) は、

マトリクス状に配列され、選択的に発光可能に構成された複数の発光部 (3 1 , 3 1 A - 3 1 E) と、

前記複数の発光部 (3 1 , 3 1 A - 3 1 E) の各々から発せられる前記光の前記照射方向を、各前記複数の発光部 (3 1 , 3 1 A - 3 1 E) の位置に対応した方向に制御するように構成された光学系 (4 0 , 1 4 0 , 2 4 0 , 3 4 0) とを含む、構成 1 から構成 4 のいずれか 1 項に記載の画像検査装置 (1) 。

【 0 1 2 9 】

(構成 6)

20

前記光学系 (4 0 , 1 4 0 , 2 4 0 , 3 4 0) は、

前記複数の発光部 (3 1 , 3 1 A - 3 1 E) にそれぞれ対向して設けられた複数のマイクロレンズ (4 1 , 4 1 A - 4 1 E , 1 4 1 A - 1 4 1 E , 2 4 1 A - 2 4 1 E , 3 4 1 A - 3 4 1 E) を含む、構成 5 に記載の画像検査装置 (1) 。

【 0 1 3 0 】

(構成 7)

前記複数のマイクロレンズ (4 1 , 4 1 A - 4 1 E , 1 4 1 A - 1 4 1 E , 2 4 1 A - 2 4 1 E , 3 4 1 A - 3 4 1 E) のうちの少なくとも一部のマイクロレンズの光軸 (4 2 , 4 2 A - 4 2 E , 1 4 2 A - 1 4 2 E , 2 4 2 A - 2 4 2 E , 3 4 2 A - 3 4 2 E) が、前記少なくとも一部のマイクロレンズに対向する発光部の光軸 (3 2 , 3 2 A - 3 2 E) とずれるように、前記複数のマイクロレンズが配置されている、構成 6 に記載の画像検査装置 (1) 。

30

【 0 1 3 1 】

(構成 8)

前記照明部 (2 0 , 1 2 0 , 2 2 0 , 3 2 0) は、複数の照明要素 (2 1) に区画され、

前記複数の照明要素 (2 1) のうちの少なくとも 1 つの照明要素において、前記少なくとも一部のマイクロレンズ (4 1 , 4 1 A - 4 1 E , 3 4 1 A - 3 4 1 E) が、前記発光部 (3 1 , 3 1 A - 3 1 E) のピッチ (P 1) よりも小さいピッチ (P 2) で配置されている、構成 7 に記載の画像検査装置 (1) 。

40

【 0 1 3 2 】

(構成 9)

前記複数のマイクロレンズ (1 4 1 A - 1 4 1 E , 2 4 1 A - 2 4 1 E) のうちの少なくとも一部のマイクロレンズの光軸 (1 4 2 A - 1 4 2 E , 2 4 2 A - 2 4 2 E) が、前記少なくとも一部のマイクロレンズに対向する発光部 (3 1 , 3 1 A - 3 1 E) の光軸 (3 2 , 3 2 A - 3 2 E) に対して傾けられるように、前記複数のマイクロレンズ (1 4 1 A - 1 4 1 E , 2 4 1 A - 2 4 1 E) が配置されている、構成 6 に記載の画像検査装置 (1) 。

【 0 1 3 3 】

(構成 1 0)

50

前記照明部（２０，１２０，２２０，３２０）は、

前記複数の発光部（３１，３１Ａ－３１Ｅ）から出射される光のうち前記複数のマイクロレンズのそれぞれの周囲から漏れる光を遮るように構成された遮光部（４４）をさらに含む、構成６から構成９のいずれか１項に記載の画像検査装置（１）。

【０１３４】

（構成１１）

対象物（Ｗ）を撮影する撮像部（１０）と、前記対象物（Ｗ）と前記撮像部（１０）との間に配置されて、前記対象物（Ｗ）に向けて光を照射する発光面（３５）を有し、前記発光面（３５）における発光位置および前記光の照射方向を制御可能に構成された、透光性の照明部（２０，１２０，２２０，３２０）と、前記撮像部（１０）および前記照明部（２０，１２０，２２０，３２０）を制御するように構成された制御部（１００）とを備えた画像検査装置（１）による画像検査方法であって、

第１の走査において、前記照明部（２０，１２０，２２０，３２０）が第１の方向から前記対象物（Ｗ）に光を照射するとともに、前記発光面（３５）における前記発光位置を変化させることにより前記光を走査して、前記第１の走査の間に、前記撮像部（１０）が前記対象物（Ｗ）を撮像するステップ（Ｓ１，Ｓ１１）と、

第２の走査において、前記照明部（２０，１２０，２２０，３２０）が、前記第１の方向とは異なる第２の方向から前記対象物（Ｗ）に前記光を照射するとともに前記発光面（３５）における前記発光位置を変化させることにより前記光を走査して、前記第２の走査の間に前記撮像部（１０）が前記対象物（Ｗ）を撮像するステップ（Ｓ３，Ｓ１３）と、

前記制御部（１００）が、前記第１の走査および前記第２の走査の際に撮像された前記対象物（Ｗ）の画像から、前記対象物（Ｗ）の表面の測定点（１３）が照明されるときの前記照明部（２０，１２０，２２０，３２０）の前記発光位置を特定し、特定された発光位置、および、前記第１の方向および前記第２の方向に基づいて、前記測定点（１３）までの距離を算出するステップ（Ｓ２，Ｓ４，Ｓ５，Ｓ１２，Ｓ１４，Ｓ１５）とを備える、画像検査方法。

【０１３５】

（構成１２）

前記第１の走査の間に前記撮像部（１０）が前記対象物（Ｗ）を撮像するステップ（Ｓ１，Ｓ１１）は、前記撮像部（１０）が前記対象物（Ｗ）を複数回撮像して、複数の第１の撮影画像（３）を作成するステップを含み、

前記第２の走査の間に前記撮像部（１０）が前記対象物（Ｗ）を撮像するステップ（Ｓ３，Ｓ１３）は、前記撮像部（１０）が前記対象物（Ｗ）を複数回撮像して、複数の第２の撮影画像（５）を作成するステップを含み、

前記距離を算出するステップ（Ｓ２，Ｓ４，Ｓ５，Ｓ１２，Ｓ１４，Ｓ１５）は、

前記制御部（１００）が、前記複数の第１の撮影画像（３）から、前記対象物（Ｗ）の前記測定点（１３）を照明するための前記発光位置である第１の発光位置に関する情報を有する第１の処理画像（４）を作成するステップ（Ｓ２，Ｓ１２）と、

前記制御部（１００）が、前記複数の第２の撮影画像（５）から、前記対象物（Ｗ）の前記測定点（１３）を照明するための前記発光位置である第２の発光位置に関する情報を有する第２の処理画像（６）を作成するステップ（Ｓ４，Ｓ１４）と、

前記第１の処理画像（４）に含まれる前記第１の発光位置の情報、前記第２の処理画像（６）に含まれる前記第２の発光位置の情報、前記第１の方向および前記第２の方向から、前記距離を算出するステップ（Ｓ５，Ｓ１５）とを含む、構成１１に記載の画像検査方法。

【０１３６】

（構成１３）

前記照明部（２０，１２０，２２０，３２０）が前記対象物（Ｗ）に前記光を照射するステップ（Ｓ１，Ｓ３）は、前記照明部（２０，１２０，２２０，３２０）が、ライン状のパターンの前記光を前記対象物（Ｗ）に照射するステップを含み、

前記第 1 の処理画像 (4) を作成するステップ (S 2) は、前記制御部 (1 0 0) が、前記複数の第 1 の撮影画像 (3) から、前記測定点 (1 3) に対応する画素の輝度が最大となるときの前記照明部 (2 0 , 1 2 0 , 2 2 0 , 3 2 0) の前記発光位置を前記第 1 の発光位置に決定して、前記第 1 の発光位置を画素の情報に含めることによって前記第 1 の処理画像 (4) を作成するステップを含み、

前記第 2 の処理画像 (6) を作成するステップ (S 4) は、前記制御部 (1 0 0) が、前記複数の第 2 の撮影画像 (5) から、前記測定点 (1 3) に対応する画素の輝度が最大となるときの前記照明部 (2 0 , 1 2 0 , 2 2 0 , 3 2 0) の前記発光位置を前記第 2 の発光位置に決定して、前記第 2 の発光位置を画素の情報に含めることによって前記第 2 の処理画像 (6) を作成するステップを含む、構成 1 2 に記載の画像検査方法。

10

【 0 1 3 7 】

(構成 1 4)

前記照明部 (2 0 , 1 2 0 , 2 2 0 , 3 2 0) が前記対象物 (W) に前記光を照射するステップ (S 1 1 , S 1 3) は、前記照明部 (2 0 , 1 2 0 , 2 2 0 , 3 2 0) が、縞パターン of 前記光を前記対象物 (W) に照射し、かつ、前記縞パターンの位相を変化させることによって前記光の走査と等価な状態を発生させるステップを含み、

前記第 1 の処理画像 (4) を作成するステップ (S 1 2) は、前記制御部 (1 0 0) が、前記複数の第 1 の撮影画像 (3) から、前記第 1 の発光位置に関する情報として、縞パターンの第 1 の位相 () の情報を画素の情報に含めることによって前記第 1 の処理画像 (4) を作成するステップを含み、

20

前記第 2 の処理画像 (6) を作成するステップ (S 1 4) は、前記制御部 (1 0 0) が、前記複数の第 2 の撮影画像 (5) から、前記第 2 の発光位置に関する情報として、縞パターンの第 2 の位相 () の情報を画素の情報に含めることによって前記第 2 の処理画像 (6) を作成するステップを含む、構成 1 2 に記載の画像検査方法。

【 0 1 3 8 】

今回開示された各実施の形態は全ての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。また、実施の形態および各変形例において説明された発明は、可能な限り、単独でも、組み合わせても、実施することが意図される。

30

【 符号の説明 】

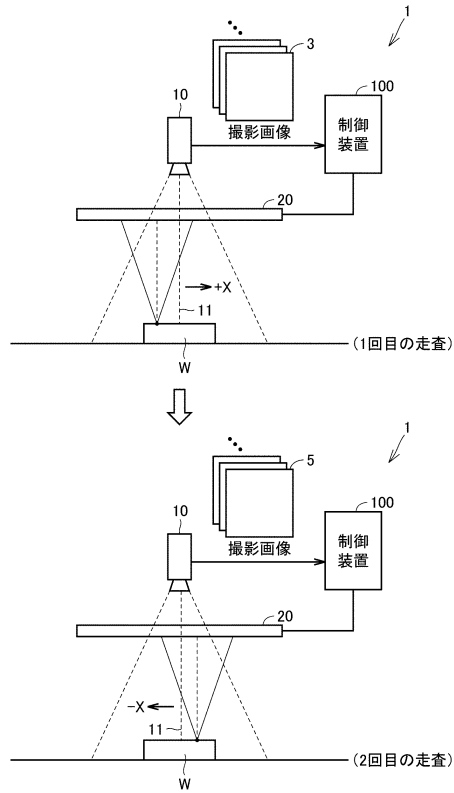
【 0 1 3 9 】

1 画像検査装置、3, 5 撮影画像、4, 6 処理画像、7 距離画像、10 カメラ、11, 32, 32A - 32E, 42, 42A - 42E, 142A - 142E, 242A - 242E, 342A - 342E 光軸、12, L1 直線、13 測定点、20, 120, 220, 320 照明装置、21 照明要素、22, 22C セル、24 透明領域、25, 26 対称軸、28 中心線、30 面光源、31, 31A - 31E 発光部、35 発光面、40, 140, 240, 340 マイクロレンズアレイ、41, 41A - 41E, 141, 141A - 141E, 241, 241A - 241E, 341, 341A - 341E レンズ、44 遮光部、50 仮想平面、100 制御装置、300 ステージ、A1, B1, B2 点、C2, C4 列、D, d, d1, d2 距離、LT 光、P1 第 1 のピッチ、P2 第 2 のピッチ、PX, PX1, PX2 画素、S1 - S5, S11 - S15 ステップ、W ワーク。

40

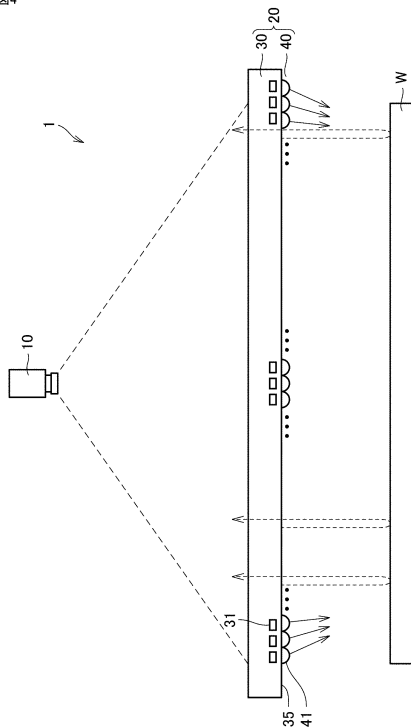
【図 1】

図1



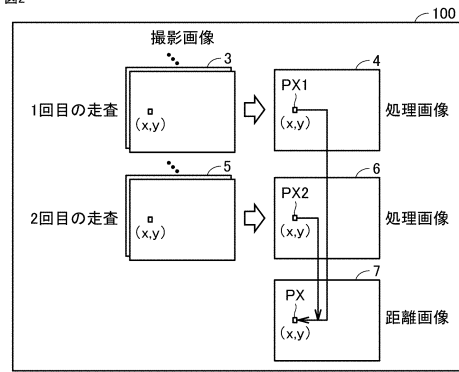
【図 4】

図4



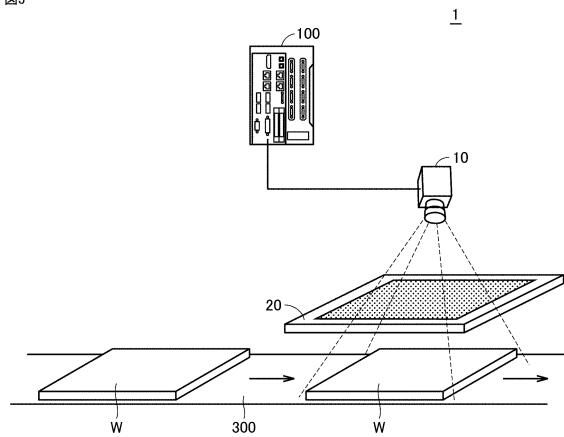
【図 2】

図2



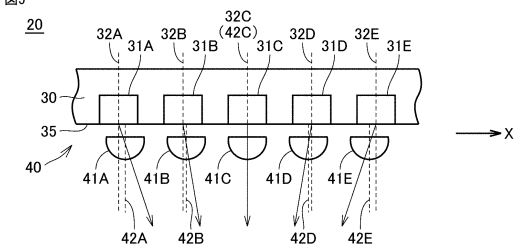
【図 3】

図3



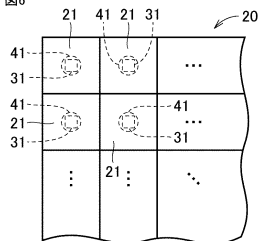
【図 5】

図5



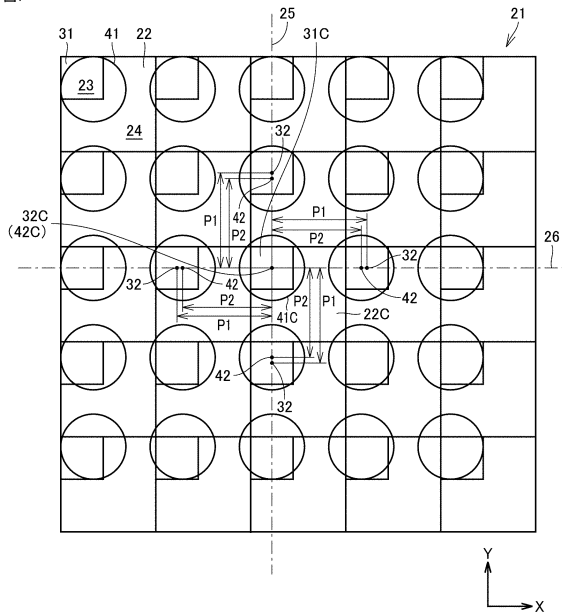
【図 6】

図6



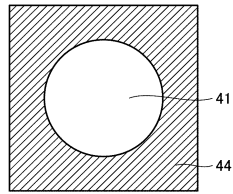
【図 7】

図7



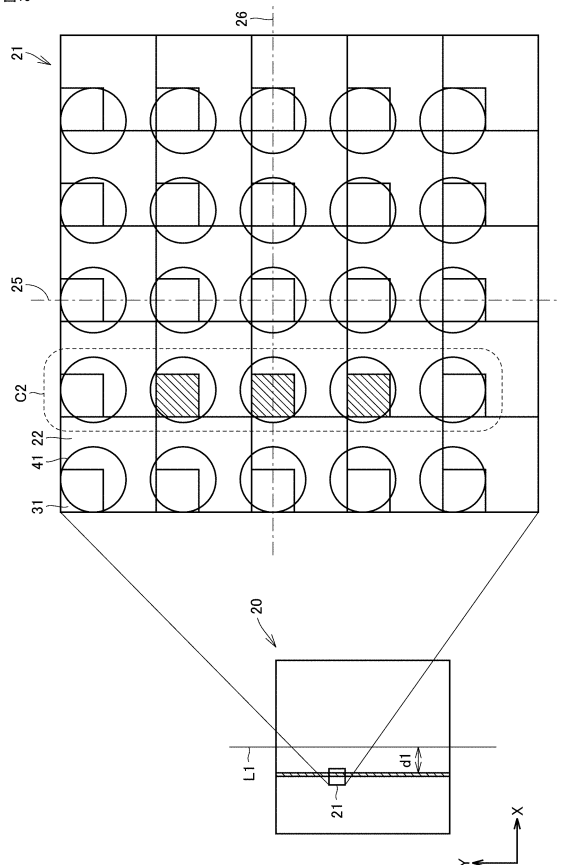
【図 8】

図8



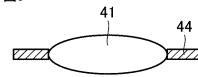
【図 13】

図13



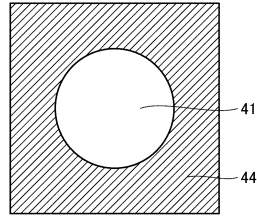
【図 9】

図9



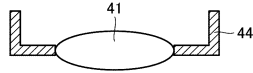
【図 10】

図10



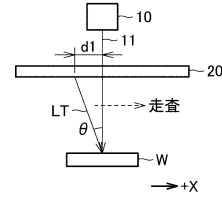
【図 11】

図11



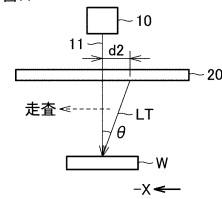
【図 12】

図12



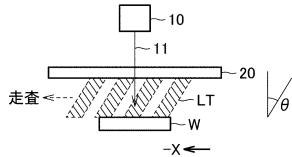
【図 14】

図14



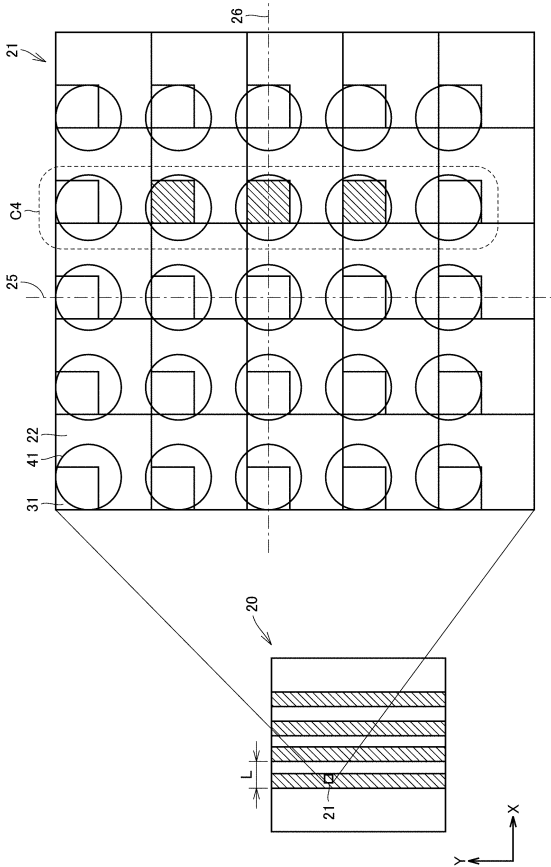
【図 20】

図20



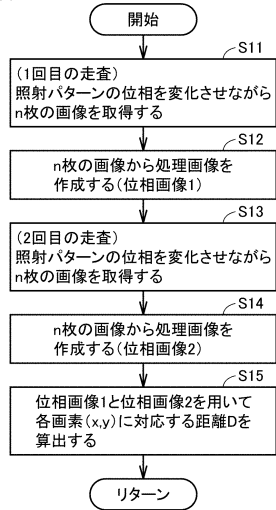
【図 21】

図21



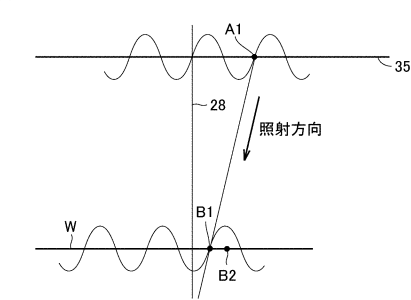
【図 22】

図22



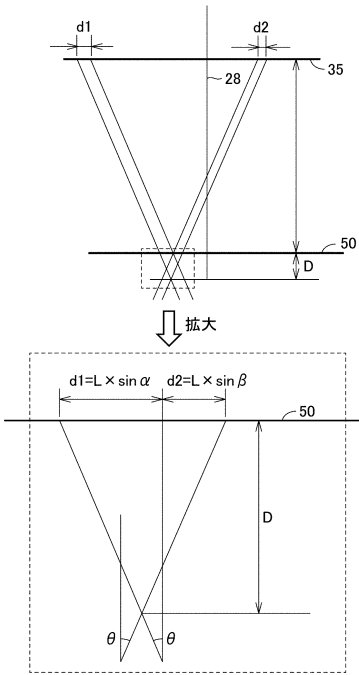
【図 23】

図23



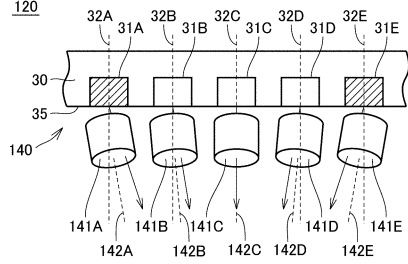
【図 2 4】

図24



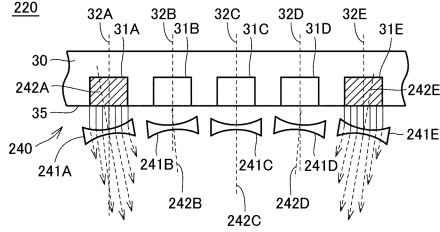
【図 2 5】

図25



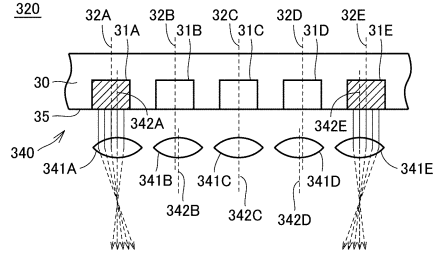
【図 2 6】

図26



【図 2 7】

図27



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-264862(JP,A)
特開2014-096253(JP,A)
国際公開第2007/026690(WO,A1)
特開2008-185380(JP,A)
特開2015-148583(JP,A)
特開2009-164033(JP,A)
米国特許出願公開第2017/0115497(US,A1)
米国特許出願公開第2007/0019186(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/00-21/958
G01B 11/00-11/30
H01L 27/32
H05B 33/00-33/28
JSTPlus/JST7580/JSTChina(JDreamIII)