

(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2017-166903

(P2017-166903A)

(43) 公開日 平成29年9月21日(2017.9.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/84 (2006.01)	GO 1 N 21/84 E	2 F 0 6 5
GO 1 N 21/88 (2006.01)	GO 1 N 21/88 Z	2 G 0 5 1
GO 1 N 21/958 (2006.01)	GO 1 N 21/958	2 G 0 8 6
GO 1 M 11/00 (2006.01)	GO 1 M 11/00 T	
GO 1 B 11/30 (2006.01)	GO 1 M 11/00 L	
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 19 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2016-50880 (P2016-50880)
 (22) 出願日 平成28年3月15日 (2016. 3. 15)

(71) 出願人 000149734
 株式会社大真空
 兵庫県加古川市平岡町新在家字鴻野 1 3 8
 9 番地
 (74) 代理人 100086737
 弁理士 岡田 和秀
 (72) 発明者 神原 章宏
 兵庫県加古川市平岡町新在家字鴻野 1 3 8
 9 番地 株式会社大真空内

最終頁に続く

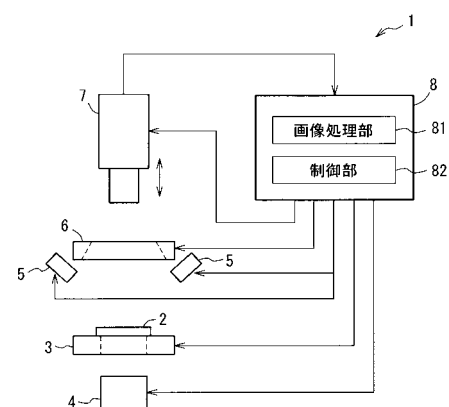
(54) 【発明の名称】 欠陥検査装置及び欠陥検査方法

(57) 【要約】

【課題】 透明な検査対象物の欠陥である脈理を、目視によらず検査できるようにする。

【解決手段】 検査対象物である光学フィルタ 2 に平行光照明装置 4 から平行光を照射して、その透過光を撮像カメラ 7 で受光して画像データを取得し、光学フィルタ 2 にリング照明装置 6 から拡散光を照射して、その反射光を撮像カメラ 7 で受光して画像データを取得し、透過光に対応する画像データを処理して検出される欠陥と、反射光に対応する画像データを処理して検出される欠陥とを比較して、脈理を判別するようにしている。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透明な検査対象物の脈理を含む欠陥を検査する欠陥検査装置であって、
前記検査対象物の一方の面側から平行光を、前記検査対象物に照射して照明する平行光照明手段と、
前記検査対象物の他方の面側から拡散光を、前記検査対象物に照射して照明する拡散光照明手段と、
前記平行光の照射によって前記検査対象物を透過する透過光及び前記拡散光の照射によって前記検査対象物で反射する反射光を受光して画像データを取得する撮像手段と、
前記平行光照明手段による照明と前記拡散光照明手段による照明とを切換え制御する照明制御手段と、
前記撮像手段によって取得される前記透過光に対応する画像データ及び前記反射光に対応する画像データに基づいて、前記脈理を判別する判別手段と、
を備えることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 2】

前記検査対象物は、光学部品であり、
前記照明制御手段は、前記平行光照明手段による照明または前記拡散光照明手段による照明のいずれかに切換えて、前記検査対象物を照明するものであり、
前記判別手段は、前記透過光に対応する画像データに基づいて検出される欠陥と、前記反射光に対応する画像データに基づいて検出される欠陥とを比較して前記脈理を判別する、
請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 3】

前記拡散光照明手段は、前記拡散光を前記検査対象物に照射するリング状の拡散光照射部を備えるリング照明装置を備え、
前記撮像手段は、前記透過光及び前記反射光を受光するカメラを備え、前記カメラは、前記リング照明装置の中央開口部を通して前記透過光及び前記反射光を受光する、
請求項 1 または 2 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 4】

前記カメラは、前記平行光照明手段の前記平行光の照射によって前記検査対象物を透過する透過光及び前記リング照明装置の前記拡散光の照射によって前記検査対象物で反射する反射光を受光して画像データを取得するものであり、
前記判別手段は、前記透過光に対応する画像データに基づいて検出される欠陥の位置を示す位置データと、前記反射光に対応する画像データに基づいて検出される欠陥の位置を示す位置データとを比較照合して前記脈理を判別する、
請求項 3 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 5】

前記撮像手段は、前記カメラの焦点を、前記検査対象物からずらした状態で、前記透過光を受光する、
請求項 3 または 4 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 6】

前記拡散光照明手段は、ライン状の前記拡散光を前記検査対象物に照射するライン照明装置を備える、
請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の欠陥検査装置。

【請求項 7】

前記ライン照明装置によって、前記検査対象物に前記拡散光を照射するときに、前記検査対象物の前記一方の面側に配置される反射板を備える、
請求項 6 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 8】

透明な検査対象物の脈理を含む欠陥を検査する欠陥検査方法であって、

前記検査対象物の一方の面側から平行光を、前記検査対象物に照射して照明するステップと、

前記平行光の照射によって前記検査対象物を透過する透過光を受光して画像データを取得するステップと、

前記検査対象物の他方の面側から拡散光を、前記検査対象物に照射して照明するステップと、

前記拡散光の照射によって前記検査対象物で反射する反射光を受光して画像データを取得するステップと、

前記透過光を受光して取得した前記画像データ及び前記反射光を受光して取得した前記画像データに基づいて、前記脈理を判別するステップと、

を備えることを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 9】

前記検査対象物は、光学部品であり、

前記脈理を判別するステップでは、前記透過光を受光して取得した前記画像データに基づいて検出される欠陥と、前記反射光を受光して取得した前記画像データに基づいて検出される欠陥とを比較して前記脈理を判別する、

請求項 8 に記載の欠陥検査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、透明な検査対象物、例えば、レンズや光学フィルタ等の光学部品の欠陥を検査するのに好適な欠陥検査装置及び欠陥検査方法に関する。

【背景技術】

【0002】

光学部品（光学物品）の欠陥を観察する装置として、例えば、特許文献 1 には、光源からの平行光束を光学部品に照射し、光学部品を透過した透過光を、CCDカメラに受光してモニタテレビに映し出すようにした装置が記載されている。

【0003】

この装置では、光学部品の内部に光学的欠陥が全くない場合には、モニタテレビの画面には均一な明るさが映し出される。これに対し、光学部品の内部に光学的欠陥がある場合には、光学部品を透過する平行光束が欠陥の種類によって遮断されたり、屈折されるため、CCDカメラに受光される平行光束にムラが生じ、モニタテレビの画面には、欠陥に応じた映像が映し出される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 7-146244 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記特許文献 1 の装置では、モニタテレビに映し出される欠陥に応じた映像を肉眼によって観察して欠陥を目視検査するものであり、このため、検査基準が安定せず、欠陥、例えば、密度や成分の違いによって屈折率が部分的に変化してスジ状に現れる脈理等の見逃しが生じる場合がある。

【0006】

本発明は、上記のような点に鑑みて為されたものであって、透明な検査対象物の欠陥、特に脈理の判別を目視によらず検査できるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明では、上記目的を達成するために、次のように構成している。

10

20

30

40

50

【0008】

(1) すなわち、本発明の欠陥検査装置は、透明な検査対象物の脈理を含む欠陥を検査する欠陥検査装置であって、前記検査対象物の一方の面側から平行光を、前記検査対象物に照射して照明する平行光照明手段と、前記検査対象物の他方の面側から拡散光を、前記検査対象物に照射して照明する拡散光照明手段と、前記平行光の照射によって前記検査対象物を透過する透過光及び前記拡散光の照射によって前記検査対象物で反射する反射光を受光して画像データを取得する撮像手段と、前記平行光照明手段による照明と前記拡散光照明手段による照明とを切換え制御する照明制御手段と、前記撮像手段によって取得される前記透過光に対応する画像データ及び前記反射光に対応する画像データに基づいて、前記脈理を判別する判別手段とを備える。

10

【0009】

本発明の欠陥検査装置によると、照明制御手段によって、平行光照明手段による照明と拡散光照明手段による照明とを切換え制御できるので、平行光照明手段によって検査対象物に平行光を照射し、検査対象物を透過した透過光を、撮像手段で受光して画像データを取得することができ、また、拡散光照明手段によって検査対象物に拡散光を照射し、検査対象物で反射した反射光を、撮像手段で受光して画像データを取得することができる。

【0010】

ガラスや水晶等の透明な検査対象物の欠陥である脈理は、密度や成分等の違いによって屈折率が部分的に変化する内部構造の欠陥である。この脈理は、平行光を検査対象物に照射し、その透過光を受光して取得した画像データを処理することによって検出することができるが、拡散光を検査対象物に照射し、その反射光を受光して取得した画像データを処理しても検出することができない。

20

【0011】

このため、平行光を検査対象物に照射し、その透過光を受光して取得した画像データを処理することによって、脈理を含む欠陥を検出することができるのに対して、拡散光を検査対象物に照射し、その反射光を受光して取得した画像データを処理しても、脈理を含まない欠陥しか検出することができない。

【0012】

判別手段では、平行光を検査対象物に照射して取得した画像データと拡散光を検査対象物に照射して取得した画像データとに基づいて、両画像データをそれぞれ処理して検出される欠陥を比較することによって、脈理を判別することができる。

30

【0013】

(2) 本発明の好ましい実施態様では、前記検査対象物は、光学部品であり、前記照明制御手段は、前記平行光照明手段による照明または前記拡散光照明手段による照明のいずれかに切換えて、前記検査対象物を照明するものであり、前記判別手段は、前記透過光に対応する画像データに基づいて検出される欠陥と、前記反射光に対応する画像データに基づいて検出される欠陥とを比較して前記脈理を判別する。

【0014】

前記透過光に対応する画像データとは、平行光照明手段による平行光を検査対象物に照射し、その透過光を受光して取得した画像データであり、前記反射光に対応する画像データとは、拡散光照明手段による拡散光を検査対象物に照射し、その反射光を受光して取得した画像データである。

40

【0015】

この実施態様によると、透過光に対応する画像データを処理して脈理を含む欠陥を検出し、反射光に対応する画像データを処理して脈理を含まない欠陥を検出し、両画像データを処理して検出した欠陥を比較することによって、脈理を判別することができる。

【0016】

(3) 本発明の他の実施態様では、前記拡散光照明手段は、前記拡散光を前記検査対象物に照射するリング状の拡散光照射部を備えるリング照明装置を備え、前記撮像手段は、前記透過光及び前記反射光を受光するカメラを備え、前記カメラは、前記リング照明装置

50

の中央開口部を通して前記透過光及び前記反射光を受光する。

【0017】

この実施態様によると、リング状のリング照明装置によって、検査対象物に拡散光を照射することができ、撮像手段のカメラは、リング照明装置の中央開口部を通して検査対象物を透過する透過光及び検査対象物で反射する反射光を受光することができる。

【0018】

(4) 本発明の好ましい実施態様では、前記カメラは、前記平行光照明手段の前記平行光の照射によって前記検査対象物を透過する透過光及び前記リング照明装置の前記拡散光の照射によって前記検査対象物で反射する反射光を受光して画像データを取得するものであり、前記判別手段は、前記透過光に対応する画像データに基づいて検出される欠陥の位置を示す位置データと、前記反射光に対応する画像データに基づいて検出される欠陥の位置を示す位置データとを比較照合して前記脈理を判別する。

10

【0019】

この実施態様によると、判別手段では、平行光照明手段による平行光を検査対象物に照射して取得した画像データと、リング照明装置による拡散光を検査対象物に照射して取得した画像データとに基づいて、脈理を判別する。

【0020】

平行光を検査対象物に照射して取得した画像データを処理して検出される欠陥は、脈理を含むのに対して、拡散光を検査対象物に照射して取得した画像データを処理して検出される欠陥は、脈理を含まないことから、平行光に対応する画像データで検出される欠陥の位置データと、拡散光に対応する画像データで検出される欠陥の位置データとを比較照合することによって、平行光に対応する画像データで検出される欠陥にのみ存在し、かつ、拡散光に対応する画像データで検出される欠陥に存在しない位置データの欠陥を、脈理と判別することができ、欠陥の形状やサイズを求める必要がない。

20

【0021】

(5) 本発明の他の実施態様では、前記撮像手段は、前記カメラの焦点を、前記検査対象物からずらした状態で、前記透過光を受光する。

【0022】

平行光照明手段による平行光を、検査対象物に照射し、検査対象物を透過した透過光をカメラで受光して画像データを取得し、取得した画像データを処理して検出される脈理は、理由は明確ではないが、カメラの焦点を、検査対象物に合わせるよりも、検査対象物からずらした方が、より精度よく検出することができる。

30

【0023】

したがって、この実施態様によると、脈理の検出精度を高めることができる。

【0024】

(6) 本発明の他の実施態様では、前記拡散光照明手段は、ライン状の前記拡散光を前記検査対象物に照射するライン照明装置を備える。

【0025】

ライン照明装置は、コントラスト比が小さく薄い欠陥であるシミの検出に好適であり、この実施態様によると、シミを検出することができる。

40

【0026】

(7) 本発明の好ましい実施態様では、前記ライン照明装置によって、前記検査対象物に前記拡散光を照射するときに、前記検査対象物の前記一方の面側に配置される反射板を備える。

【0027】

この実施態様によると、ライン照明装置によって、検査対象物の他方の面側から前記検査対象物へ拡散光を照射すると、検査対象物の一方の面側に配置された反射板によって拡散光が反射されるので、検査対象物の周囲をより明るく照明することができ、薄いシミであっても検出することが可能となる。

【0028】

50

(8) 本発明の欠陥検査方法は、透明な検査対象物の脈理を含む欠陥を検査する欠陥検査方法であって、前記検査対象物の一方の面側から平行光を、前記検査対象物に照射して照明するステップと、前記平行光の照射によって前記検査対象物を透過する透過光を受光して画像データを取得するステップと、前記検査対象物の他方の面側から拡散光を、前記検査対象物に照射して照明するステップと、前記拡散光の照射によって前記検査対象物で反射する反射光を受光して画像データを取得するステップと、前記透過光を受光して取得した前記画像データ及び前記反射光を受光して取得した前記画像データに基づいて、前記脈理を判別するステップとを備えている。

【0029】

本発明の欠陥検査方法によると、平行光照明手段によって検査対象物に平行光を照射し、検査対象物を透過した透過光を、撮像手段で受光して画像データを取得し、拡散光照明手段によって検査対象物に拡散光を照射し、検査対象物で反射した反射光を、撮像手段で受光して画像データを取得する。

【0030】

平行光を検査対象物に照射し、その透過光を受光して取得した画像データを処理することによって、脈理を含む欠陥を検出することができるのに対して、拡散光を検査対象物に照射し、その反射光を受光して取得した画像データを処理しても、脈理を含まない欠陥しか検出することができない。

【0031】

脈理を判別するステップでは、平行光を検査対象物に照射して取得した画像データと拡散光を検査対象物に照射して取得した画像データとに基づいて、両画像データをそれぞれ処理して検出される欠陥を比較することによって、脈理を判別することができる。

【0032】

(9) 本発明の好ましい実施態様では、前記検査対象物は、光学部品であり、前記脈理を判別するステップでは、前記透過光を受光して取得した前記画像データに基づいて検出される欠陥と、前記反射光を受光して取得した前記画像データに基づいて検出される欠陥とを比較して前記脈理を判別する。

【0033】

この実施態様によると、透過光に対応する画像データを処理して検出される脈理を含む欠陥と、反射光に対応する画像データを処理して検出される脈理を含まない欠陥とを比較して脈理を判別することができる。

【発明の効果】

【0034】

本発明によれば、平行光照明手段によって検査対象物に平行光を照射し、検査対象物を透過した透過光を、撮像手段で受光して、脈理を含む欠陥を検出できる画像データを取得し、拡散光照明手段によって検査対象物に拡散光を照射し、検査対象物で反射した反射光を、撮像手段で受光して、脈理を含まない欠陥を検出できる画像データを取得するので、両画像データに基づいて、脈理を判別することができる。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】図1は本発明の一実施形態に係る欠陥検査装置の概略構成図である。

【図2】図2は図1の欠陥検査装置による欠陥検査の処理を示すフローチャートである。

【図3】図3は欠陥検査装置によって検出される脈理の画像である。

【図4】図4は光学フィルタと撮像カメラの焦点位置を示す概略図である。

【図5】図5は図4の表面位置aに対応する脈理の画像である。

【図6】図6は図4の位置bに対応する脈理の画像である。

【図7】図7は図4の位置cに対応する脈理の画像である。

【図8】図8は図4の位置dに対応する脈理の画像である。

【図9】図9は図4の位置eに対応する脈理の画像である。

【図10】図10は図4の裏面位置fに対応する脈理の画像である。

10

20

30

40

50

【図 1 1】図 1 1 は図 4 の位置 g に対応する脈理の画像である。

【図 1 2】図 1 2 は図 4 の位置 h に対応する脈理の画像である。

【図 1 3】図 1 3 は図 4 の位置 i に対応する脈理の画像である。

【図 1 4】図 1 4 は本発明の他の実施形態の図 1 に対応する概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0037】

図 1 は、本発明の一実施形態に係る欠陥検査装置 1 の概略構成を示す図である。

【0038】

10

この欠陥検査装置 1 は、ガラスや水晶等の透明体の欠陥を検出するものであり、この実施形態では、検査対象物として、透明基板に光学薄膜が成膜された光学ローパスフィルタの欠陥の検査に適用して説明する。

【0039】

この実施形態の欠陥検査装置 1 は、検査対象物である光学フィルタ 2 が載置固定される検査ステージ 3 と、検査ステージ 3 の下方から光学フィルタ 2 に平行光を照射する平行光照明装置 4 と、光学フィルタ 2 の斜め上方から光学フィルタ 2 に対して、拡散光をライン状に照射する一対のライン照明装置 5 と、光学フィルタ 2 の上方から光学フィルタ 2 に対して拡散光を照射するリング状のリング照明装置 6 と、光学フィルタ 2 を上方から撮像する撮像カメラ 7 と、欠陥検査装置 1 の全体を制御すると共に、撮像カメラ 7 からの画像データを処理する制御装置 8 とを備える。

20

【0040】

検査ステージ 3 は、水平な X 方向およびこれに直交する Y 方向へ移動可能であり、制御装置 8 によって移動が制御される。この検査ステージ 3 は、矩形枠状であって、中央開口部の周縁に形成された段部に、矩形の光学フィルタ 2 の外周縁が嵌め込まれて固定される。

【0041】

検査ステージ 3 の下方に配置される平行光照明手段としての平行光照明装置 4 は、光学フィルタ 2 の一方の面である裏面側から光学フィルタ 2 に平行光を照射して照明する。この平行光照明装置 4 は、光源からの光を平行光にするレンズ等を内蔵し、平行光を上方へ面状に照射する。

30

【0042】

光学フィルタ 2 の斜め上方に配置される拡散光照明手段としての一対の各ライン照明装置 5 は、矩形枠状の検査ステージ 3 の一対の対向辺に沿うように、紙面に垂直方向に延びるライン状の照明装置である。ライン照明装置 5 は、光学フィルタ 2 の他方の面である表面側から光学フィルタ 2 に拡散光を照射して照明する。ライン照明装置 5 は、例えば、ライン状に開口したスリットを持つライトガイドや複数の LED をライン状に配設した LED アレイなどで構成される。ライン照明装置 5 から出射したライン状の照明光は、光学フィルタ 2 の表面に照射される。この照明光は、長手方向に対して一様な光強度の分布を持つことが好ましい。

40

【0043】

ライン照明装置 5 は、検査ステージ 3 の表面、すなわち、水平面に対して、傾斜角度が $20^{\circ} \sim 45^{\circ}$ の範囲となるように拡散光を照射するのが好ましい。

【0044】

光学フィルタ 2 の上方に配置された拡散光照明手段としてのリング状のリング照明装置 6 は、光学フィルタ 2 の上方の周囲から光学フィルタ 2 の他方の面である表面へ拡散光を照射して照明する。このリング照明装置 6 は、リング状に配置した光照射部を備える。この光照射部は、例えば、LED をリング状に配置したり、光源に連結した光ファイバー束をリング状に分配して構成することができる。

【0045】

50

撮像手段としての撮像カメラ7は、リング照明装置6の中心線上に配置され、リング照明装置6の中央開口部を通して光学フィルタ2を撮像する。この撮像カメラ7は、垂直方向に移動可能であって、制御装置8によって制御される。撮像カメラ7は、対物レンズを含む鏡筒部の上部に、光学フィルタ2を透過した透過光及び光学フィルタ2で反射した反射光を受光するCCD等の撮像素子を内蔵している。この撮像カメラ7は、高解像度のカメラである。

【0046】

制御装置8は、撮像カメラ7からの画像データを後述のように処理する画像処理部81と、各照明装置4～6による照明を切換制御すると共に、検査ステージ3及び撮像カメラ7を制御する制御部82とを備えている。画像処理部81では、処理した画像を解析して、後述のように光学フィルタ2の欠陥の種類を判別し、良否を判定する。この制御装置8には、図示しない入力装置やディスプレイ等の表示装置が接続されている。

10

【0047】

この実施形態では、上記のように光学フィルタ2の欠陥を検査するものであり、ここで、光学フィルタ2の欠陥について説明する。

【0048】

光学フィルタ2は、水晶等の透明基板の片面あるいは両面に、光学薄膜が形成されたものであり、この光学フィルタの欠陥には、異物、光学薄膜の膜剥離、キズ、シミ、脈理、白ポツ、等がある。

【0049】

膜剥離は、多層の光学薄膜の一部が抜け落ちる欠陥であり、例えば、異物の上に形成された薄膜が、異物と共に抜け落ちることによって生じる。

20

【0050】

この実施形態では、異物と膜剥離とを判別することはできず、以下の説明では、異物と膜剥離とを区別することなく、異物等と称する。

【0051】

キズは、引っかいたような比較的長い欠陥であり、キズと前記異物等とは、後述のようにその形状によって判別する。

【0052】

シミは、コントラスト比の小さい薄く比較的大きく広がった欠陥である。

30

【0053】

脈理は、密度や成分等の違いによって屈折率が部分的に変化してスジ状に現れる内部構造の欠陥である。

【0054】

白ポツは、比較的小さな白色の欠陥である。

【0055】

異物等及びキズは、撮像カメラ7で取得される画像データを、画像処理部81で処理した画像信号の信号強度が背景よりも小さい黒欠陥（表示装置のディスプレイ上で黒く現れる欠陥）であり、脈理及び白ポツは、前記画増信号の信号強度が、背景よりも大きい白欠陥（表示装置のディスプレイ上で白く現れる欠陥）である。

40

【0056】

したがって、異物等及びキズの欠陥と、脈理及び白ポツの欠陥とは、黒欠陥であるか、白欠陥であるかによって判別することができる。

【0057】

この実施形態では、上記のような各種の欠陥を、肉眼によらず判別できるようにするために、制御装置8は、検出する欠陥の種類に応じて、光学フィルタ2を照明する照明装置4～6を切換え制御する照明制御手段としての機能を有する。また、この制御装置8は、後述のように撮像カメラ7で取得した画像データを処理して欠陥の種類を判別する判別手段として機能する。

【0058】

50

図 2 は、この実施形態の欠陥検査装置 1 の欠陥検査の処理の一例を示すフローチャートである。

【0059】

この実施形態では、まず、制御装置 8 は、平行光照明装置 4 のみを駆動し、検査ステージ 3 に載置固定された光学フィルタ 2 に対して、その下方の平行光照明装置 4 から平行光を照射して照明する。撮像カメラ 7 は、光学フィルタ 2 の表面に焦点を合わせて光学フィルタ 2 を透過する透過光を受光して画像データを取得する（ステップ S 1）。

【0060】

次に、撮像カメラ 7 の焦点を、光学フィルタ 2 の裏面に合わせて光学フィルタ 2 を透過する透過光を受光して画像データを取得する（ステップ S 2）。

10

【0061】

この実施形態では、平行光照明を光学フィルタ 2 に照射し、光学フィルタ 2 を透過した透過光を受光して取得して画像データに基づいて、制御装置 8 の画像処理部 8 1 では、上記の各種の欠陥を検出する。

【0062】

画像処理部 8 1 では、取得した画像データを A/D 変換して画像信号とし、この画像信号をフィルタ処理して欠陥部分を強調し、その後、予め設定されている黒側及び白側に対応する各閾値を用いて 2 値化処理を行って、黒及び白の各欠陥部分を検出する。

【0063】

上記のように異物等及びキズは、背景よりも画像信号の信号強度が小さい黒欠陥として検出し、脈理及び白ポツは、背景よりも画像信号の信号強度が小さい白欠陥として検出することができる。

20

【0064】

したがって、黒欠陥である異物等及びキズと、白欠陥である脈理及び白ポツとは、判別することができる。

【0065】

この実施形態では、検出した黒欠陥である異物等とキズとは、その形状によって次のようにして判別する。

【0066】

すなわち、黒欠陥の幅と長さによって、異物等であるか、キズであるかを判別している。

30

【0067】

具体的には、黒欠陥について、検出した範囲の輪郭がどの程度長方形に近いかを示す長方形度を算出する。

【0068】

長方形度が 1 であれば、長方形に近く、長方形度が小さくなるにつれて、円弧のように湾曲したり、うねった形状となり、長方形度が 0 になると、円に近い形状となる。

【0069】

一般に、クリーンルームには、長い形状の異物は存在せず、異物や異物に起因して生じる膜剥離は、円形に近くなるので、円形に近い黒欠陥は、異物等と判別し、長方形に近い長い黒欠陥は、キズと判別する。

40

【0070】

この実施形態では、長方形度が、0.5～0.6、例えば、0.55 よりも小さければ、異物等と判別し、長方形度が、0.55 よりも大きければ、キズと判別する。

【0071】

上記ステップ S 1 及び S 2 において、光学フィルタ 2 の表面の画像データと裏面の画像データとを取得し、両画像データをそれぞれ処理して異物等及びキズの欠陥を上記のようにそれぞれ判別するが、判別した欠陥の内、欠陥の形状が小さい方の値を、撮像カメラ 7 の焦点が合っているとして選択する。

【0072】

50

すなわち、ステップ S 1 において、光学フィルタ 2 の表面の画像データを取得し、その画像データを処理して、例えば、異物等の欠陥を判別し、同様に、ステップ S 2 において、光学フィルタ 2 の裏面の画像データを取得し、その画像データを処理して異物等の欠陥を判別し、表面の画像データに基づいて判別された異物等の欠陥と、裏面の画像データに基づいて判別された異物等の欠陥の内、欠陥の形状が小さい方の値を、撮像カメラ 7 の焦点が合っているとして選択する。

【0073】

小さい方の値とは、検出した欠陥の直径値が小さい方をいう。この直径値の算出は、(長径+短径)/2、または、(長径×短径)の平方根のどちらかを採用する。ここで、長径とは、検出した欠陥に外接する最小の矩形の長辺の長さをいい、短径とは、検出した欠陥に外接する最小の矩形の短辺の長さをいう。

10

【0074】

図 2 に示すように、ステップ S 1 で光学フィルタ 2 の表面に焦点を合わせて撮像して取得した画像データ、及び、ステップ S 2 で光学フィルタ 2 の裏面に焦点を合わせて撮像して取得した画像データを画像処理して検出される欠陥データから異物等を上記ように判別し、撮像カメラ 7 の焦点が合っている小さい値の方を、異物等として検出する(ステップ S 3)。

【0075】

同様に、ステップ S 1 で光学フィルタ 2 の表面に焦点を合わせて撮像して取得した画像データ、及び、ステップ S 2 で光学フィルタ 2 の裏面に焦点を合わせて撮像して取得した画像データを処理して検出される欠陥データからキズを上記ように判別し、撮像カメラ 7 の焦点が合っている小さい値の方を、キズとして検出する(ステップ S 4)。

20

【0076】

ステップ S 3, S 4 で検出された異物等及びキズの各欠陥は、そのサイズが、合否の判定基準となる各基準値とそれぞれ比較されて合否がそれぞれ判定される。

【0077】

光学フィルタ 2 に平行光照明装置 4 から平行光を照射し、光学フィルタ 2 を透過した透過光を撮像カメラ 7 で受光して取得される画像データを処理することによって、異物等及びキズの黒欠陥と共に、白欠陥である脈理及び白ポツも検出されるが、平行光の照射によって取得される画像データのみでは、白欠陥である脈理と白ポツとを判別することはできない。

30

【0078】

そこで、制御装置 8 は、平行光照明装置 4 の駆動を停止し、リング照明装置 6 のみを駆動し、検査ステージ 3 に載置固定された光学フィルタ 2 にリング照明装置 6 から拡散光を照射する。撮像カメラ 7 は、光学フィルタ 2 の表面に焦点を合わせて光学フィルタ 2 で反射する反射光を受光して画像データを取得する(ステップ S 5)。

【0079】

脈理は、内部構造の密度や成分等の違いによって屈折率が部分的に変化してスジ状に現れる欠陥である。このため、脈理は、検査対象物に平行光を照射し、その透過光を受光して取得した画像データを処理して検出することは可能であるが、検査対象物に拡散光を照射し、その反射光を受光して取得した画像データを処理しても検出することができない。

40

【0080】

したがって、リング照明装置 6 によって光学フィルタ 2 に拡散光を照射し、その反射光を受光して画像データを取得するステップ S 5 では、平行光照明装置 4 によって光学フィルタ 2 に平行光を照射し、その透過光を受光する上記ステップ S 1, S 2 のように、脈理を検出することはできない。

【0081】

一方、ステップ 5 で取得した画像データを処理することによって、上記ステップ S 1, S 2 の平行光の場合と同様に、異物等及びキズの黒欠陥と、白欠陥である白ポツを検出することができる。

50

【0082】

図3は、本実施形態の欠陥検査装置1の平行光照明装置4によって光学フィルタ2に平行光を照射し、光学フィルタ2の表面に焦点を合わせた撮像カメラ7によって、透過光を受光して取得した画像データを処理して得られた脈理を示す画像である。

【0083】

この図3において、破線で囲まれた複数の各領域A内に、左上方から右下方へ斜めに延びるスジ状の脈理が認められる。

【0084】

平行光でないリング照明装置6によって光学フィルタ2に拡散光を照射し、その反射光を受光した画像では、図3のような脈理を検出することはできなかった。

10

【0085】

リング照明装置6を用いた場合には、平行光照明装置4を用いた場合と同様に、異物等及びキズの黒欠陥と、白欠陥である白ボツとは、検出できるものの、脈理を検出することはできない。

【0086】

そこで、この実施形態の制御装置8の画像処理部81では、リング照明装置6を使用してステップS5で取得した画像データと、平行光照明装置4を使用して上記ステップS1、S2で取得した画像データとに基づいて、脈理を次のようにして判別する（ステップS6）。

【0087】

20

すなわち、リング照明装置6を使用してステップS5で取得した画像データを処理して検出される欠陥の、撮像領域における位置を示す位置データである座標データと、平行光照明装置4を使用して上記ステップS1、S2で取得した画像データを処理して検出される欠陥の、撮像領域における位置を示す位置データである座標データとを比較照合する。

【0088】

比較照合した結果、リング照明装置6を使用して取得した画像データには存在せず、平行光照明装置4を使用して取得した画像データにのみ存在する欠陥の座標データを、脈理の座標データであると判別する。

【0089】

脈理の座標データであると判別するためには、単に1点の独立した画素に対応する座標データではなく、予め設定したサイズ以上を占める纏まった座標データ、すなわち、予め設定したサイズ以上の欠陥を示す座標データである必要がある。

30

【0090】

このようにリング照明装置6を使用して取得した画像データと、平行光照明装置4を使用して取得した画像データとに基づいて、脈理を自動的に判別することができる。これによって、目視検査のように検査基準が安定せず、脈理を見逃すといったことが発生するのを抑制することができる。

【0091】

また、欠陥の位置を示す座標データのみを比較照合することによって、脈理を判別できるので、ステップS6では、ステップS5で取得した画像データから欠陥の形状やサイズ等を求める必要がない。

40

【0092】

判別された脈理は、上記ステップS1で取得された画像データ及び上記ステップS2で取得された画像データをそれぞれ処理して得られた形状のうち、小さい値の方の脈理を撮像カメラ7の焦点が合っているとして選択する。

【0093】

ステップS6で判別された脈理は、そのサイズが、合否の判定基準となる基準値と比較されて合否が判定される。

【0094】

なお、白欠陥である脈理が判別される結果、白ボツも脈理以外の白欠陥として判別する

50

ことができる。

【0095】

次に、図2に示すように、制御装置8は、リング照明装置6の駆動を停止し、一对のライン照明装置5のみを駆動し、検査ステージ3に載置固定された光学フィルタ2へ斜め上方の各ライン照明装置5から拡散光を照射する。撮像カメラ7は、光学フィルタ2の表面に焦点を合わせて光学フィルタ2で反射する反射光を撮像カメラ7で受光して画像データを取得する（ステップS7）。

【0096】

シミは、コントラスト比の小さい薄い欠陥であり、平行光照明装置4を使用しても検出できず、リング照明装置6を使用しても検出するのが困難である。

10

【0097】

この実施形態では、シミを検出するために、光学フィルタ2へ拡散光を照射するライン照明装置5を設けている。

【0098】

制御装置8の画像処理部81では、ステップS7で取得した画像データを処理して白欠陥であるシミを検出する（ステップS8）。

【0099】

ステップS8で検出されたシミの欠陥は、そのサイズが、合否の判定基準となる基準値と比較されて合否が判定される。

【0100】

20

その後、各欠陥の合否の判定結果に基づいて、欠陥の重要度などに応じて総合的な最終判定がされる（ステップS9）。

【0101】

上記のように本実施形態によれば、各種の欠陥、特に脈理を、肉眼による目視検査によらず、自動的に判別することが可能となり、検査基準が安定しない目視検査に比べて、脈理等の欠陥の見逃し等が生じるのを抑制することができる。

【0102】

上記図2のステップS1、S2では、平行光照明装置4で平行光を光学フィルタ2に照射し、撮像カメラ7の焦点を、光学フィルタ2の表面または裏面に合わせて撮像して画像データを取得したが、撮像カメラ7の焦点を、光学フィルタ2からずらす、すなわち、撮像カメラ7の焦点を、光学フィルタ2の上方、あるいは、下方に合わせることによって、脈理がより鮮明に得られることを見出した。

30

【0103】

次に、この撮像カメラ7の焦点位置と脈理の画像との関係について説明する。

【0104】

図4は、検査ステージ3上の光学フィルタ2と撮像カメラ7の焦点位置との関係を示す概略図である。

【0105】

光学フィルタ2は、透明基板21上に光学多層膜22が形成されて構成される。この光学フィルタ2の透明基板の厚みは、例えば、0.6mmであり、光学多層膜の厚みは、例えば、5μmである。

40

【0106】

上記のように光学フィルタ2の下方から平行光照明装置4によって平行光を照射し、光学フィルタ2を透過する透過光を、上方の撮像カメラ7で受光して画像データを取得する。この撮像カメラ7の焦点位置を、図4に示すように、上下方向にずらして8点の焦点位置でそれぞれ撮像した。

【0107】

光学フィルタ2の表面位置aを、上方側の基準位置とし、この表面位置aの上方100μm、200μm、500μmの各位置を、位置b、c、dとする。

【0108】

50

また、光学フィルタ 2 の厚み方向の略中央位置を、位置 e とする。

【0109】

光学フィルタ 2 の裏面位置 f を、下方側の基準位置とし、この裏面位置 f の下方 100 μm 、200 μm 、500 μm の各位置を、位置 g、h、i とする。

【0110】

上記各位置 a～i にそれぞれ焦点を合わせて撮像して取得された画像データに基づく脈理の各画像を、図 5～図 13 にそれぞれ示す。

【0111】

光学フィルタ 2 の表面位置 a に焦点を合わせた図 5 の画像と、例えば、表面位置 a の上方 500 μm の位置 d に焦点を合わせた図 8 の画像を比較すると、左上方から右下方へ斜めに延びるスジ状の複数の脈理が、図 8 の方が鮮明に現れている。

10

【0112】

この図 8 の画像と、光学フィルタ 2 の裏面位置 f に焦点を合わせた図 10 の画像とを比較しても、表面位置 a の上方 500 μm の位置 d に焦点を合わせた図 8 の画像の方が、左上方から右下方へ斜めに延びるスジ状の複数の脈理が、鮮明に現れている。

【0113】

また、例えば、光学フィルタ 2 の裏面位置 f の下方 100 μm の位置 g に焦点を合わせた図 11 の画像と、表面位置 a に焦点を合わせた図 5 の画像及び裏面位置 f に焦点を合わせた図 10 の画像とを、それぞれ比較すると、裏面位置 f の下方 100 μm の位置 g に焦点を合わせた図 11 の画像の方が、左上方から右下方へ斜めに延びるスジ状の複数の脈理が、鮮明に現れている。

20

【0114】

このように光学フィルタ 2 の表面や裏面に焦点を合わせて撮像するよりも、光学フィルタ 2 の前後（上下）に、焦点をずらして撮像する方が、脈理の検出精度が向上する。

【0115】

この焦点位置は、表面位置 a または裏面位置 f をそれぞれ基準位置として、表面位置 a または裏面位置 f から、例えば、200 μm 以内の範囲にあるのが好ましく、100 μm ～200 μm の範囲にあるのがより好ましい。

【0116】

このように焦点位置をずらした方が、脈理を精度よく検出できるので、上記図 2 に示される欠陥検出のフローチャートにおいて、リング照明装置 6 を使用するステップ S5 に先立って、光学フィルタ 2 へ平行光照明装置 4 から平行光を照射した状態で、撮像カメラ 7 の焦点を、光学フィルタ 2 の上方位置及び下方位置の少なくともいずれか一方の位置にずらし、この焦点位置をずらして光学フィルタ 2 を撮像して画像データを取得するステップを追加してもよい。

30

【0117】

そして、この追加したステップで取得した画像データと、リング照明装置 6 を使用してステップ S5 で取得した画像データとに基づいて、上記のように脈理を判別してもよい。

【0118】

あるいは、追加した前記ステップで取得した画像データを処理して欠陥を検出することによって、上記ステップ S1、S2 を省略してもよい。

40

【0119】

図 14 は、本発明の他の実施形態の図 1 に対応する概略構成図であり、図 1 に対応する部分には、同一の参照符号を付す。

【0120】

光学フィルタ 2 の欠陥であるシミは、上記のようにコントラスト比が小さく薄い欠陥である。

【0121】

この実施形態では、ライン照明装置 5 によって光学素子 2 に拡散光を照射してシミを検出するときには、検査ステージ 3 の下方に、ライン照明装置 5 からの拡散光を反射する反

50

射板 9 を配置するようにしている。この反射板 9 は、黒色で光沢を有するのが好ましい。

【0122】

反射板 9 を、検査ステージ 3 の下方に配置することによって、ライン照明装置 5 からの拡散光を反射し、反射光によって検査ステージ 3 の周囲がより明るくなって、薄いシミの検出精度が向上する。

【0123】

この反射板 9 は、図示しない移動機構によって、平行光照明装置 4 から光学フィルタ 2 に平行光を照射して欠陥を検出するときには、平行光の照射を妨げない退避位置まで移動される。

【0124】

（その他の実施形態）

上記図 2 は、欠陥検査装置 1 の処理の一例を示すものであって、この処理の順序に限るものではなく、例えば、平行光照明装置 4 による照明とリング照明装置 6 による照明の順序を逆にしてもよく、また、ライン照明装置 5 による照明を、他の照明装置 4, 6 より先に行ってもよく、それら照明に応じて取得される画像データを処理して欠陥を検出するようにしてもよい。

【0125】

上記実施形態では、ライン照明装置 5 は、矩形棒状の検査ステージ 3 の一対の対向辺に沿うように一対設けられたが、一対に限らず、例えば、前記対向辺に直交する対向辺に沿うように、更に一対設けてもよい。

【0126】

上記実施形態では、光学フィルタ 2 に拡散光を照射する照明装置として、ライン照明装置 5 とリング照明装置 6 との 2 つの照明装置を備えたが、一方の照明装置、例えば、ライン照明装置 5 を省略してもよい。

【0127】

上記実施形態では、平行光照明装置 4、ライン照明装置 5 及びリング照明装置 6 のいずれかの照明装置を駆動して検査対象物である光学フィルタ 2 を照明したが、更に、複数の照明装置を同時に駆動して光学フィルタ 2 を照明して欠陥を検出してもよい。

【0128】

上記実施形態では、異物等とキズとを、長方形度を用いて判別したが、長方形度に限るものではなく、例えば、真円度を用いてもよく、それらを組合せて判別してもよい。

【符号の説明】

【0129】

1	欠陥検査装置
2	光学フィルタ
3	検査ステージ
4	平行光照明装置（平行光照明手段）
5	ライン照明装置（拡散光照明手段）
6	リング照明装置（拡散光照明手段）
7	撮像カメラ（撮像手段）
8	制御装置（照明制御手段、判別手段）
9	反射板
8 1	画像処理部
8 2	制御部

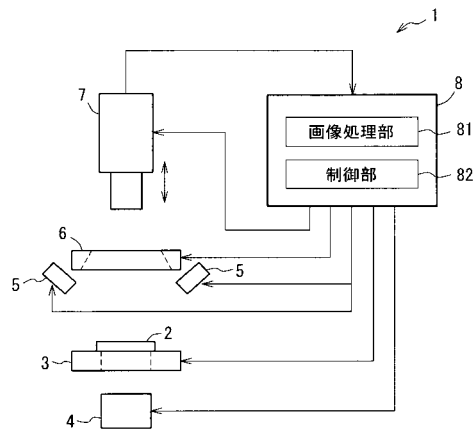
10

20

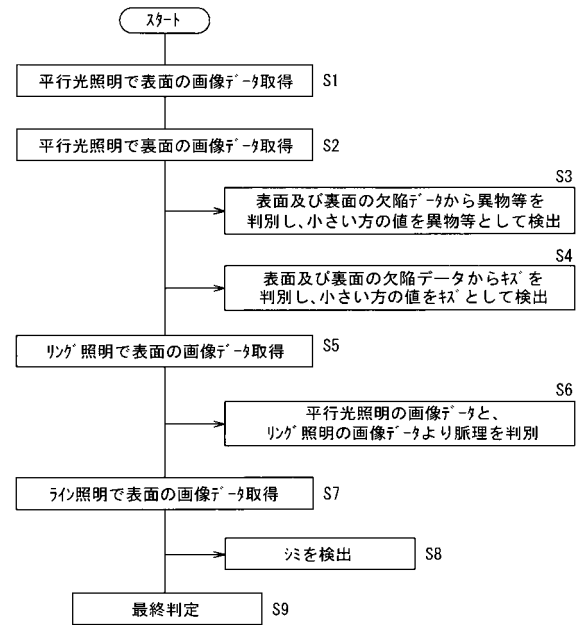
30

40

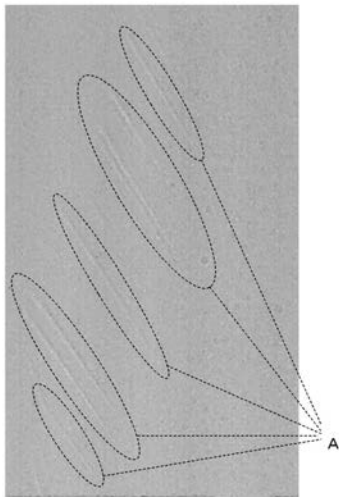
【図 1】



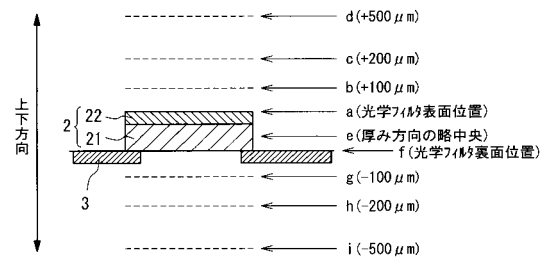
【図 2】



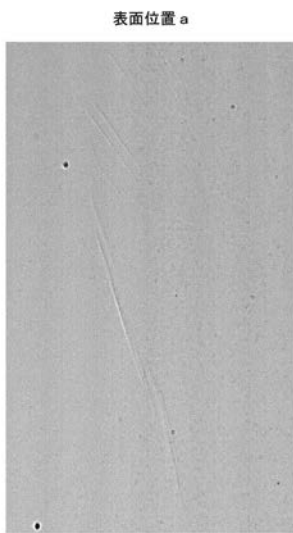
【図 3】



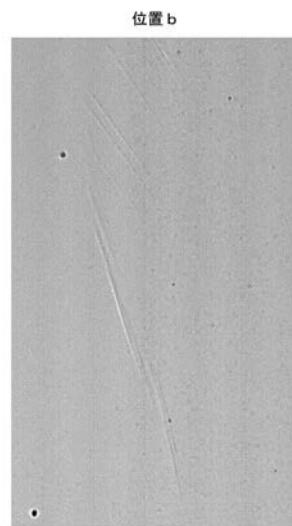
【図 4】



【図 5】



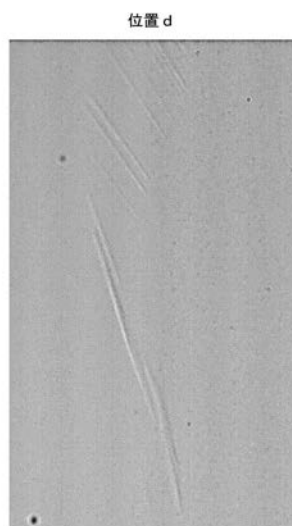
【図 6】



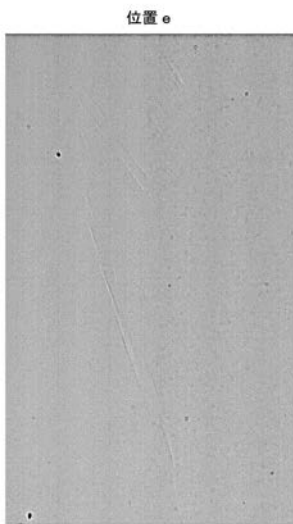
【図 7】



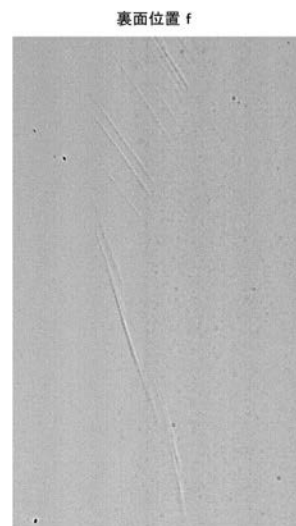
【図 8】



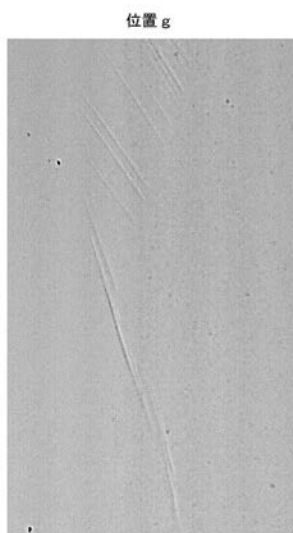
【図 9】



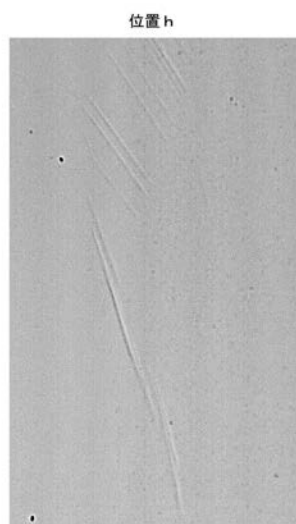
【図 10】

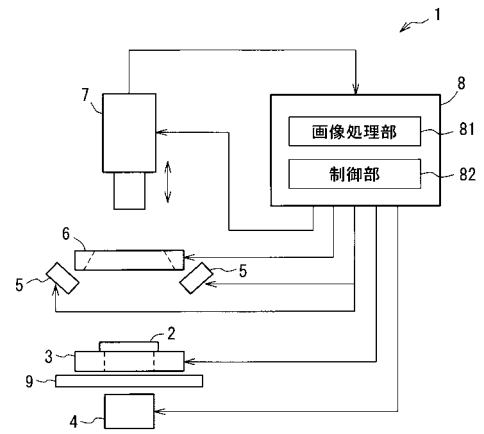


【図 11】



【図 12】





フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード (参考)
G 0 1 B 11/30 Z

Fターム(参考) 2F065 AA26 AA49 AA51 AA60 BB01 BB03 BB22 CC02 CC21 DD03
DD06 FF01 FF04 GG07 GG14 GG17 HH02 HH03 HH12 HH13
JJ03 JJ26 LL01 LL02 LL28 MM07 PP02 QQ03 QQ04 QQ29
QQ31 SS13
2G051 AA90 AB01 AB02 AB06 AC21 BA01 BA02 BA20 BB01 BB03
BC01 BC10 CA03 CA04 CB01 CB02 CB03 EC01
2G086 EE05 FF05