

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6940552号
(P6940552)

(45) 発行日 令和3年9月29日 (2021.9.29)

(24) 登録日 令和3年9月6日 (2021.9.6)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 N 21/23 (2006.01)	GO 1 N 21/23
GO 1 J 4/04 (2006.01)	GO 1 J 4/04 A
GO 1 N 21/88 (2006.01)	GO 1 N 21/88 H
GO 1 N 21/892 (2006.01)	GO 1 N 21/892 A

請求項の数 4 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2019-96646 (P2019-96646)	(73) 特許権者	000000572
(22) 出願日	令和1年5月23日 (2019.5.23)		アンリツ株式会社
(65) 公開番号	特開2020-190514 (P2020-190514A)		神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号
(43) 公開日	令和2年11月26日 (2020.11.26)	(74) 代理人	100072604
審査請求日	令和2年1月9日 (2020.1.9)		弁理士 有我 軍一郎
		(74) 代理人	100140501
			弁理士 有我 栄一郎
		(72) 発明者	谷本 隆生
			神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号 アンリツ株式会社内
		(72) 発明者	塩入 健
			神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号 アンリツ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物品検査装置及び物品検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検査物を検査領域に搬送する搬送部 (30) と、
直線偏光の光束を出力する光照射部 (10) と、
前記直線偏光の光束に 1 / 4 波長分の位相差を付与して円偏光の光束に変換する第 1 の 1 / 4 波長板 (11) と、
前記検査領域に搬送された前記被検査物に前記円偏光の光束を照射する照射光学系 (12) と、
前記被検査物を透過した光束に 1 / 4 波長分の位相差を付与する第 2 の 1 / 4 波長板 (14) と、
前記第 2 の 1 / 4 波長板を通過した光束の所定の偏光成分を通過させる検光子 (15) と、
前記検光子を通過した光束の光量に応じた強度信号を出力する複数の受光素子を含む第 1 イメージセンサ (16) と、
前記検査領域に搬送された前記被検査物と前記第 2 の 1 / 4 波長板との間に配置され、前記被検査物を透過した光束を前記第 2 の 1 / 4 波長板及び前記検光子を介して前記第 1 イメージセンサに結像させる結像光学系 (13) と、
前記第 1 イメージセンサの各前記受光素子から出力される強度信号から、前記被検査物の複屈折位相差の分布を算出する複屈折位相差分布算出部 (43) と、
前記複屈折位相差分布算出部により算出された複屈折位相差の分布と、あらかじめ定め

10

20

られた所望の複屈折位相差の分布との比較に基づいて、前記被検査物の良否を判定する判定部（４４）と、を備えることを特徴とする物品検査装置。

【請求項２】

前記結像光学系と前記第２の１／４波長板との間に配置され、前記結像光学系からの光束を分岐する光分岐器（１８）と、

入力された光束の光量に応じた強度信号を出力する複数の受光素子を含む第２イメージセンサ（１９）と、

前記第２イメージセンサの各前記受光素子から出力される強度信号から、前記被検査物の外観の画像を生成する画像生成部（４５）と、を更に備え、

前記結像光学系は、前記光分岐器で分岐された一方の光束を前記第２の１／４波長板及び前記検光子を介して前記第１イメージセンサに結像させるとともに、前記光分岐器で分岐されたもう一方の光束を前記第２イメージセンサに結像させ、

前記判定部は、前記画像生成部により生成された画像と、あらかじめ生成された前記被検査物の良品サンプルの画像との比較に基づいて、前記被検査物の良否を判定することを特徴とする請求項１に記載の物品検査装置。

【請求項３】

前記光照射部は、直線偏光の光束を出力するレーザダイオード（１０ａ）を有することを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の物品検査装置。

【請求項４】

被検査物を検査領域に搬送するステップ（Ｓ１）と、

直線偏光の光束を出力するステップ（Ｓ２）と、

前記直線偏光の光束に第１の１／４波長板（１１）により１／４波長分の位相差を付与して円偏光の光束に変換するステップ（Ｓ３）と、

前記検査領域に搬送された前記被検査物に前記円偏光の光束を照射するステップ（Ｓ４）と、

前記被検査物を透過した光束に第２の１／４波長板（１４）により１／４波長分の位相差を付与するステップ（Ｓ５）と、

前記第２の１／４波長板を通過した光束の所定の偏光成分を検光子（１５）により通過させるステップ（Ｓ６）と、

前記検査領域に搬送された前記被検査物と前記第２の１／４波長板との間に配置された結像光学系（１３）により、前記被検査物を透過した光束を前記第２の１／４波長板及び前記検光子を介して第１イメージセンサ（１６）に結像させるステップ（Ｓ７）と、

複数の受光素子を含む前記第１イメージセンサから、前記検光子を通過した光束の光量に応じた強度信号を出力するステップ（Ｓ８）と、

前記第１イメージセンサの各前記受光素子から出力される強度信号から、前記被検査物の複屈折位相差の分布を算出する複屈折位相差分布算出ステップ（Ｓ９）と、

前記複屈折位相差分布算出ステップにより算出された複屈折位相差の分布と、あらかじめ定められた所望の複屈折位相差の分布との比較に基づいて、前記被検査物の良否を判定するステップ（Ｓ１０）と、を含むことを特徴とする物品検査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、物品検査装置及び物品検査方法に関し、特に、透明なフィルムやフィルムパッケージ等の複屈折性を有する被検査物を検査する物品検査装置及び物品検査方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

複屈折性を有する測定対象物の複屈折位相差の分布の測定を目的として種々の技術が検討されている（例えば、特許文献１～３参照）。

【０００３】

特許文献 1 には、測定対象物を透過又は反射した光束の偏光状態を、3 種類以上の検光子角度で測定し、各検光子出力から測定対象物の複屈折位相差を計算する装置が開示されている。

【0004】

特許文献 2 には、光軸が異なる複数の偏光子をアレイ状に形成し、それらを透過する光の強度を受光素子アレイで一括して計測し、偏光子の光軸方位角と受光強度の情報から偏光解析を行ない、入射光の偏光状態からの変化から位相差及び主軸方位を求める装置が開示されている。

【0005】

特許文献 3 には、あらかじめ定められた偏光状態の光束を測定対象物に照射する光束照射手段と、測定対象物を透過した光束を撮像手段に結像させる結像光学系と、結像光学系の途中に配置されて複数の回折光のうちの少なくとも一つの回折光を撮像手段に入射させる偏光回折格子と、撮像手段により生成された像の明暗に関する明暗信号に基づいて、測定対象物を透過した光束における位相差に関する情報を出力する出力手段と、を備えた装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2006 - 71458 号公報

【特許文献 2】特許第 5118311 号公報

【特許文献 3】国際公開第 2016 / 031567 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献 1 が開示された装置は、検光子を回転させる必要はないが、3 種類以上の検光子角度で測定した各検光子出力から測定対象物の複屈折位相差を計算で求めるため、その計算に時間を要するという課題がある。また、特許文献 2 が開示された装置は、偏光子を回転させる必要はないが、異なる複数の偏光子で測定した受光強度の情報から偏光解析を行うため、その計算に時間を要するという課題がある。また、特許文献 3 が開示された装置は、偏光子の回転機構が不要であり、計算に時間を要するものではないが、高価で特殊な偏光回折格子を必要とするという課題がある。すなわち、特許文献 1 ~ 3 が開示されたような従来の複屈折性を有する被検査物の複屈折位相差の分布を測定する装置は、測定に時間を要し、しかも安価に実現できるものではなかった。

【0008】

本発明は、このような従来の課題を解決するためになされたものであって、回転機構のない汎用の光学部品を用いたシンプルかつ安価な構成で、複屈折性を有する被検査物の複屈折位相差の分布を高速に検査することができる物品検査装置及び物品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】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明に係る物品検査装置は、被検査物を検査領域に搬送する搬送部と、直線偏光の光束を出力する光照射部と、前記直線偏光の光束に 1 / 4 波長分の位相差を付与して円偏光の光束に変換する第 1 の 1 / 4 波長板と、前記検査領域に搬送された前記被検査物に前記円偏光の光束を照射する照射光学系と、前記被検査物を透過した光束に 1 / 4 波長分の位相差を付与する第 2 の 1 / 4 波長板と、前記第 2 の 1 / 4 波長板を通過した光束の所定の偏光成分を通過させる検光子と、前記検光子を通過した光束の光量に応じた強度信号を出力する複数の受光素子を含む第 1 イメージセンサと、前記検査領域に搬送された前記被検査物と前記第 2 の 1 / 4 波長板との間に配置され、前記被検査物を透過した光束を前記第 2 の 1 / 4 波長板及び前記検光子を介して前記第 1 イメージセンサに結像させる結像光学系と、前記第 1 イメージセンサの各前記受光素子から出力さ

10

20

30

40

50

れる強度信号から、前記被検査物の複屈折位相差の分布を算出する複屈折位相差分布算出部と、前記複屈折位相差分布算出部により算出された複屈折位相差の分布と、あらかじめ定められた所望の複屈折位相差の分布との比較に基づいて、前記被検査物の良否を判定する判定部と、を備える構成である。

【0010】

この構成により、本発明に係る物品検査装置は、被検査物と検光子との間に第2の1/4波長板を設けた構成であるため、回転機構のない汎用の光学部品を用いたシンプルかつ安価な構成で、複屈折性を有する被検査物の複屈折位相差の分布を高速に検査することができる。また、本発明に係る物品検査装置は、複屈折位相差分布算出部により算出された複屈折位相差の分布と、あらかじめ定められた所望の複屈折位相差の分布との比較により、被検査物の良否を判定することができる。

10

【0011】

また、本発明に係る物品検査装置は、前記結像光学系と前記第2の1/4波長板との間に配置され、前記結像光学系からの光束を分岐する光分岐器と、入力された光束の光量に応じた強度信号を出力する複数の受光素子を含む第2イメージセンサと、前記第2イメージセンサの各前記受光素子から出力される強度信号から、前記被検査物の外観の画像を生成する画像生成部と、を更に備え、前記結像光学系は、前記光分岐器で分岐された一方の光束を前記第2の1/4波長板及び前記検光子を介して前記第1イメージセンサに結像させるとともに、前記光分岐器で分岐されたもう一方の光束を前記第2イメージセンサに結像させ、前記判定部は、前記画像生成部により生成された画像と、あらかじめ生成された前記被検査物の良品サンプルの画像との比較に基づいて、前記被検査物の良否を判定する構成であってもよい。

20

【0012】

この構成により、本発明に係る物品検査装置は、第2の1/4波長板及び検光子を介さずに結像光学系からの光束を受光する第2イメージセンサを備えているため、第1イメージセンサからの強度信号に基づく被検査物の複屈折性の検査に加えて、第2イメージセンサからの強度信号に基づく被検査物の外観の検査を行うことができる。

【0013】

また、本発明に係る物品検査装置においては、前記光照射部は、直線偏光の光束を出力するレーザダイオードを有するものであってもよい。

30

【0014】

この構成により、本発明に係る物品検査装置は、直線偏光の光束を生成するための偏光子を用いることなく、直線偏光の光束を第1の1/4波長板に出力することができる。

【0015】

また、本発明に係る物品検査方法は、被検査物を検査領域に搬送するステップと、直線偏光の光束を出力するステップと、前記直線偏光の光束に第1の1/4波長板により1/4波長分の位相差を付与して円偏光の光束に変換するステップと、前記検査領域に搬送された前記被検査物に前記円偏光の光束を照射するステップと、前記被検査物を透過した光束に第2の1/4波長板により1/4波長分の位相差を付与するステップと、前記第2の1/4波長板を通過した光束の所定の偏光成分を検光子により通過させるステップと、前記検査領域に搬送された前記被検査物と前記第2の1/4波長板との間に配置された結像光学系により、前記被検査物を透過した光束を前記第2の1/4波長板及び前記検光子を介して第1イメージセンサに結像させるステップと、複数の受光素子を含む前記第1イメージセンサから、前記検光子を通過した光束の光量に応じた強度信号を出力するステップと、前記第1イメージセンサの各前記受光素子から出力される強度信号から、前記被検査物の複屈折位相差の分布を算出する複屈折位相差分布算出ステップと、前記複屈折位相差分布算出ステップにより算出された複屈折位相差の分布と、あらかじめ定められた所望の複屈折位相差の分布との比較に基づいて、前記被検査物の良否を判定するステップと、を含む構成である。

40

【0016】

50

この構成により、本発明に係る物品検査方法は、被検査物と検光子との間に第2の1/4波長板を設けた構成であるため、回転機構のない汎用の光学部品を用いたシンプルかつ安価な構成で、複屈折性を有する被検査物の複屈折位相差の分布を高速に検査することができる。また、本発明に係る物品検査方法は、複屈折位相差分布算出部により算出された複屈折位相差の分布と、あらかじめ定められた所望の複屈折位相差の分布との比較により、被検査物の良否を判定することができる。

【発明の効果】

【0017】

本発明は、回転機構のない汎用の光学部品を用いたシンプルかつ安価な構成で、複屈折性を有する被検査物の複屈折位相差の分布を高速に検査することができる物品検査装置及び物品検査方法を提供するものである。

10

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る物品検査装置の構成図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る物品検査装置における光照射部の構成例を示す構成図である。

【図3】光波の偏光状態について説明するための図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る物品検査装置における、第1の1/4波長板の遅軸及び速軸と、被検査物の遅軸及び速軸と、第2の1/4波長板の遅軸及び速軸と、検光子の透過軸の方向を示す図である。

20

【図5】被検査物に入射した円偏光の光束の偏光状態の変化を説明するための図である。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る物品検査装置において伝搬される光束の偏光状態を説明するためのポアンカレ球を示す図である。

【図7】本発明の第1の実施形態に係る物品検査装置における第1イメージセンサから出力される強度信号が示す光強度を説明するためのグラフである。

【図8】本発明の第1の実施形態に係る物品検査装置における処理部の構成を示すブロック図である。

【図9】本発明の第1の実施形態に係る物品検査装置を用いる物品検査方法の処理を説明するためのフローチャートである。

【図10】本発明の第2の実施形態に係る物品検査装置の構成図である。

30

【図11】本発明の第2の実施形態に係る物品検査装置における処理部の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明に係る物品検査装置及び物品検査方法の実施形態について図面を用いて説明する。本発明に係る物品検査装置及び物品検査方法は、透明なフィルムやフィルムパッケージ等の複屈折性を有する被検査物の複屈折位相差の分布を検査するためのものである。

【0020】

(第1の実施形態)

40

図1に示すように、本発明の第1の実施形態に係る物品検査装置1は、光照射部10と、第1の1/4波長板11と、照射光学系12と、結像光学系13と、第2の1/4波長板14と、検光子15と、第1イメージセンサ16と、第1光強度検出部17と、搬送部30と、制御部40と、表示部50と、操作部60と、を備える。第1の1/4波長板11、照射光学系12、結像光学系13、第2の1/4波長板14、及び検光子15は、光照射部10から第1イメージセンサ16に向かう光路中にこの順に配置される。

【0021】

光照射部10は、直線偏光の光束を出力するものであり、光源10aと、光源10aからの光束をコリメートするコリメートレンズ10bと、を有する。光源10aは、例えば直線偏光のレーザ光束を出力するレーザダイオード(Laser Diode: LD)である。

50

【 0 0 2 2 】

あるいは、図 2 (a) , (b) に示すように、光照射部 1 0 の光源として L D 1 0 a の代わりにスーパーluminescentダイオード (Super Luminescent Diode : S L D) 1 0 c 又は発光ダイオード (Light Emitting Diode : L E D) 1 0 d を用いてもよい。この場合、光照射部 1 0 において、S L D 1 0 c 又は L E D 1 0 d からの光束を直線偏光の光束に変換する偏光子 1 0 e をコリメートレンズ 1 0 b の後段に更に設けることになる。

【 0 0 2 3 】

第 1 の 1 / 4 波長板 1 1 は、光照射部 1 0 から出力された直線偏光の光束に 1 / 4 波長分の位相差を付与して円偏光の光束に変換するものである。第 1 の 1 / 4 波長板 1 1 は、その遅軸が、光照射部 1 0 から出力された直線偏光の光束の振動方向に対して 45° (又は -45°) の角度を成すように配置される。

10

【 0 0 2 4 】

照射光学系 1 2 は、検査領域 R に搬送された被検査物 W に、第 1 の 1 / 4 波長板 1 1 から出力された円偏光の光束を照射するものである。照射光学系 1 2 は、被検査物 W のサイズに合わせて円偏光の光束を拡大するために、例えば 2 つ以上のレンズを有している。

【 0 0 2 5 】

結像光学系 1 3 は、検査領域 R に搬送された被検査物 W と第 2 の 1 / 4 波長板 1 4 との間に配置され、被検査物 W を透過した光束を第 2 の 1 / 4 波長板 1 4 及び検光子 1 5 を介して第 1 イメージセンサ 1 6 に結像させるようになっている。

【 0 0 2 6 】

20

第 2 の 1 / 4 波長板 1 4 は、被検査物 W 及び結像光学系 1 3 を透過した光束に 1 / 4 波長分の位相差を付与するようになっている。

【 0 0 2 7 】

検光子 1 5 は、第 2 の 1 / 4 波長板 1 4 を通過した光束の所定の偏光成分を通過させるものである。検光子 1 5 は、その透過軸が、第 2 の 1 / 4 波長板 1 4 の遅軸に対して 45° (又は -45°) の角度を成すように配置される。なお、検光子 1 5 及び偏光子 1 0 e としては、例えば、ウォラストンプリズム (Wollaston Prism) 、ローションプリズム (Rochon Prism) 、グランテーラープリズム (Glan-Taylor Prism) 、グランレーザプリズム (Glan-Laser Prism) 、グラントムソンプリズム (Glan-Thompson Prism) などの結晶偏光子を好適に用いることができる。

30

【 0 0 2 8 】

第 1 イメージセンサ 1 6 は、検光子 1 5 を通過した光束の光量に応じた強度信号を出力する複数の受光素子を含む。つまり、この強度信号は、結像光学系 1 3 によって結像された像の明暗に応じた信号である。

【 0 0 2 9 】

第 1 光強度検出部 1 7 は、第 1 イメージセンサ 1 6 の各受光素子から出力される強度信号から光強度を検出するようになっている。

【 0 0 3 0 】

搬送部 3 0 は、例えば、被検査物 W を所定の搬送方向 (x 方向) に沿って所定間隔おきに検査領域 R に搬送するベルトコンベアである。搬送部 3 0 は、例えば無端状の搬送ベルト 3 1 が搬送ローラ 3 2 a , 3 2 b に巻回されてなり、その搬送ベルト 3 1 により形成される搬送路 3 0 a 内で、複数の被検査物 W を検査領域 R に順次搬送させるようになっている。また、搬送部 3 0 は、搬送ベルト 3 1 を回転させるためのモータ 3 4 を、搬送ローラ 3 2 b の軸線方向一端部に備えている。モータ 3 4 は、制御部 4 0 によって駆動制御されるようになっている。搬送ベルト 3 1 は、例えば光透過性ベルトからなる。

40

【 0 0 3 1 】

以下、本実施形態に係る物品検査装置 1 において伝搬される光波の偏光状態について説明する。図 3 (a) に示すように、光波の進行方向を z 軸とし、z 軸に垂直な平面上で互いに直交する軸を x 軸、y 軸とすると、光波 (単色光) の電気ベクトルが描く軌跡は下記の式 (1) で表される。

50

【 0 0 3 2 】

【 数 1 】

$$\left(\frac{E_x}{A_x}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{A_y}\right)^2 - 2\left(\frac{E_x}{A_x}\right)\left(\frac{E_y}{A_y}\right)\cos\delta = \sin^2\delta \quad \dots (1)$$

ここで、光波の水平方向（x 方向）成分の初期位相を δ_x 、光波の垂直方向（y 方向）成分の初期位相を δ_y 、これらの位相差 δ を $\delta_y - \delta_x$ とすると、光波の電気ベクトルの軌跡は、位相差 δ に応じて図 3（b）に示すように変化する。

【 0 0 3 3 】

10

図 4 は、第 1 の 1 / 4 波長板 1 1 の遅軸及び速軸の方向と、被検査物 W の遅軸及び速軸の方向と、第 2 の 1 / 4 波長板 1 4 の遅軸及び速軸の方向と、検光子 1 5 の透過軸の方向を示す図である。以下、各光学部品を通過した光束の偏光状態をジョーンズ・ベクトル及びジョーンズ行列を用いて記述する。

【 0 0 3 4 】

図 4 において、光照射部 1 0 から出力される直線偏光の光束は、電場の振動方向が x 軸に平行であるとする。よって、その偏光状態 E_{L0} は下記の式（2）で表される。

【 0 0 3 5 】

【 数 2 】

$$E_{L0} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \dots (2)$$

20

【 0 0 3 6 】

図 4 に示すように、第 1 の 1 / 4 波長板 1 1 及び第 2 の 1 / 4 波長板 1 4 においては、遅軸 s が x' 軸に平行であり、速軸 f が y' 軸に平行であるとする。ここで、x' 軸は、x 軸に対して - 4 5 ° 傾いている。第 1 の 1 / 4 波長板 1 1 及び第 2 の 1 / 4 波長板 1 4 のジョーンズ行列は、x' y' 座標系において下記の式（3）で表される。

【 0 0 3 7 】

【 数 3 】

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{pmatrix} \quad \dots (3)$$

30

【 0 0 3 8 】

よって、振動方向が x 軸に平行な光照射部 1 0 からの直線偏光の光束が、遅軸 s が x' 軸に平行な第 1 の 1 / 4 波長板 1 1 を通過すると、x' y' 座標系において下記の式（4）で表される偏光状態が得られる。

【 0 0 3 9 】

【 数 4 】

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(-45) & \sin(-45) \\ -\sin(-45) & \cos(-45) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix} \quad \dots (4)$$

40

式（4）は右回り円偏光を示している。

【 0 0 4 0 】

被検査物 W のジョーンズ行列は、被検査物 W を透過する光束に付与される位相差 δ 、すなわち被検査物 W が有する複屈折位相差 δ を用いて、被検査物 W の s f 座標系において下記の式（5）で表される。

【 0 0 4 1 】

【数 5】

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{i\delta} \end{pmatrix} \cdots (5)$$

【0042】

よって、図 4 に示すように、被検査物 W の遅軸 s が x' 軸に対して角度 θ を成す場合には、被検査物 W を透過した光束の偏光状態は、被検査物 W の s f 座標系において下記の式 (6) で表される。なお、遅軸 s の x' 軸に対する角度 θ は、被検査物 W 内で 2 次元的に分布している可能性がある。

【0043】

10

【数 6】

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{i\delta} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix} = \frac{e^{i\theta}}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ ie^{i\delta} \end{pmatrix} \cdots (6)$$

【0044】

次に、被検査物 W を透過した光束が、遅軸 s が x' 軸に平行な第 2 の $1/4$ 波長板 14 を通過すると、 $x'y'$ 座標系において下記の式 (7) で表される偏光状態が得られる。

【0045】

【数 7】

20

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \frac{e^{i\theta}}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ ie^{i\delta} \end{pmatrix} = \frac{e^{i\theta}}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \cos \theta - ie^{i\delta} \sin \theta \\ i \sin \theta - e^{i\delta} \cos \theta \end{pmatrix} \cdots (7)$$

【0046】

図 4 に示すように、検光子 15 の透過軸は x 軸に平行である。よって、検光子 15 のジョーンズ行列は、 xy 座標系において下記の式 (8) で表される。

【0047】

【数 8】

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \cdots (8)$$

30

【0048】

よって、図 4 に示すように、検光子 15 の透過軸が x 軸に平行 (すなわち、 x' 軸に対して 45° の角度) を成す場合には、検光子 15 を通過した光束の偏光状態は、 xy 座標系において下記の式 (9) で表される。

【0049】

【数 9】

40

$$\begin{aligned} & \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(45) & \sin(45) \\ -\sin(45) & \cos(45) \end{pmatrix} \frac{e^{i\theta}}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \cos \theta - ie^{i\delta} \sin \theta \\ i \sin \theta - e^{i\delta} \cos \theta \end{pmatrix} \\ &= -i \sin \frac{\delta}{2} e^{i(2\theta + \frac{\delta}{2})} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \cdots (9) \end{aligned}$$

【0050】

したがって、光照射部 10 から出力された直線偏光の光束の光強度を I_0 とすると、被検査物 W を透過して検光子 15 で水平方向の直線偏光成分が抽出された光束の光強度は、下記の式 (10) で表される。この式 (10) で与えられる光強度 I は、第 1 光強度検出部 17 により検出される光強度に相当する。

【0051】

【数 1 0】

$$I = I_0 \sin^2 \frac{\delta}{2} \quad \cdots (10)$$

【0 0 5 2】

式(10)の結果から、図4に示した構成を用いれば、被検査物Wにおける遅軸sの方向の分布によらず、被検査物Wにおける複屈折位相差 δ の大きさの分布を光強度の分布として検出できることが分かる。なお、式(10)は、複屈折位相差 δ が0のときに最小値0を取り、複屈折位相差 δ が π のときに最大値 I_0 を取る。

【0 0 5 3】

10

なお、検光子15の透過軸は、x'軸に対して -45° の角度(すなわち、y軸に対して 0° の角度)を成していてもよい。この場合には、検光子15を通過した光束の偏光状態は、xy座標系において下記の式(11)で表される。

【0 0 5 4】

【数 1 1】

$$\begin{pmatrix} \cos(90) & \sin(90) \\ -\sin(90) & \cos(90) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(-45) & \sin(-45) \\ -\sin(-45) & \cos(-45) \end{pmatrix} \frac{e^{i\theta}}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \cos \theta - ie^{i\delta} \sin \theta \\ i \sin \theta - e^{i\delta} \cos \theta \end{pmatrix} \\ = -\cos \frac{\delta}{2} e^{i\frac{\delta}{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \cdots (11)$$

20

【0 0 5 5】

したがって、光照射部10から出力された直線偏光の光束の光強度を I_0 とすると、被検査物Wを透過して検光子15で垂直方向の直線偏光成分が抽出された光束の光強度は、下記の式(12)で表される。この式(12)で与えられる光強度Iは、第1光強度検出部17により検出される光強度に相当する。

【0 0 5 6】

【数 1 2】

$$I = I_0 \cos^2 \frac{\delta}{2} \quad \cdots (12)$$

30

【0 0 5 7】

式(12)の結果から、検光子15の透過軸をy軸に平行にした構成であっても、被検査物Wにおける遅軸sの方向の分布によらず、被検査物Wにおける複屈折位相差 δ の大きさの分布を光強度の分布として検出できることが分かる。なお、式(12)は、複屈折位相差 δ が0のときに最大値 I_0 を取り、複屈折位相差 δ が π のときに最小値0を取る。

【0 0 5 8】

なお、複屈折位相差 δ は、光照射部10から出力される直線偏光の光束の波長 λ と、複屈折 $\Delta n (= n_e - n_o)$ と、被検査物Wの厚みdを用いて、式(13)のように表される。ここで、 n_o は常光屈折率であり、 n_e は異常光屈折率である。

40

【0 0 5 9】

【数 1 3】

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n d \quad \cdots (13)$$

【0 0 6 0】

したがって、被検査物Wの厚みdが一定の場合には、複屈折位相差 δ の分布は、被検査物Wにおける複屈折 Δn の分布を示す。一方、被検査物Wの複屈折 Δn が一定の場合には、複屈折位相差 δ の分布は、被検査物Wにおける厚みdの分布を示す。

【0 0 6 1】

50

ここで、図 4 の構成から第 2 の 1 / 4 波長板 1 4 を省略した構成について、各光学部品を通過した光束の偏光状態をジョーンズ・ベクトル及びジョーンズ行列を用いて記述する。すなわち、式 (6) で与えられる偏光状態の光束が、透過軸が x 軸に平行 (すなわち、x' 軸に対して 4 5 ° の角度) を成す検光子 1 5 に直接入射した場合の光束の偏光状態は、x y 座標系において下記の式 (1 4) で表される。

【 0 0 6 2 】

【 数 1 4 】

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(45) & \sin(45) \\ -\sin(45) & \cos(45) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \frac{e^{i\theta}}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ ie^{i\delta} \end{pmatrix} \\ = \frac{e^{i\theta}}{2} \left((1 + ie^{i\delta}) \cos \theta - (1 - ie^{i\delta}) \sin \theta \right) \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \cdots (14)$$

10

【 0 0 6 3 】

式 (1 4) から、 θ が 1 3 5 ° 又は 3 1 5 ° の場合には、複屈折位相差 δ の情報が得られなくなることが分かる。また、式 (6) で与えられる偏光状態の光束が、透過軸が x 軸に垂直 (すなわち、x' 軸に対して - 4 5 ° の角度) を成す検光子 1 5 に直接入射した場合の光束の偏光状態は、x y 座標系において下記の式 (1 5) で表される。

【 0 0 6 4 】

【 数 1 5 】

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(-45) & \sin(-45) \\ -\sin(-45) & \cos(-45) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \frac{e^{i\theta}}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ ie^{i\delta} \end{pmatrix} \\ = \frac{e^{i\theta}}{2} \left((1 - ie^{i\delta}) \cos \theta + (1 + ie^{i\delta}) \sin \theta \right) \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \cdots (15)$$

20

【 0 0 6 5 】

式 (1 5) から、 θ が 4 5 ° 又は 2 2 5 ° の場合には、複屈折位相差 δ の情報が得られなくなることが分かる。したがって、被検査物 W における遅軸 s の方向の分布によらずに、被検査物 W における複屈折位相差 δ の大きさの分布を得るためには、第 2 の 1 / 4 波長板 1 4 を被検査物 W と検光子 1 5 との間に設ける図 1 及び図 4 の構成が望ましい。

30

【 0 0 6 6 】

以下、本実施形態に係る物品検査装置 1 における各光学部品を通過した光束の偏光状態を、ポアンカレ球を用いて説明する。

【 0 0 6 7 】

複屈折性を有する被検査物 W に、第 1 の 1 / 4 波長板 1 1 から円偏光の光束が入射すると、例えば図 5 (a) ~ (e) に示すように、被検査物 W の遅軸 (又は速軸) 方位と複屈折位相差 δ の量に応じて偏光状態が変化する。これらの偏光状態は、図 6 に示すポアンカレ球上に表わされる。ポアンカレ球においては、楕円偏光の主軸方位が経度によって表され、楕円偏光の楕円率が緯度によって表される。なお、直線偏光はポアンカレ球の赤道上に配置される。

40

【 0 0 6 8 】

例えば、被検査物 W において水平方向に対する遅軸方位が 0 ° , - 9 0 ° , - 1 8 0 ° となる領域では、図 5 (a) , (c) , (e) に示すように、複屈折位相差 δ の量に応じてポアンカレ球の S₁ 軸周りの回転によって、被検査物 W に入射した右回り円偏光の偏光状態が変化する。また、被検査物 W において水平方向に対する遅軸の角度が - 4 5 ° , - 1 3 5 ° となる領域では、図 5 (b) , (d) に示すように、複屈折位相差 δ の量に応じてポアンカレ球の S₂ 軸周りの回転によって、被検査物 W に入射した右回り円偏光の偏光状態が変化する。

【 0 0 6 9 】

50

次に、被検査物Wを透過した光束の偏光状態が楕円偏光又は円偏光である場合には、第2の1/4波長板14による S_2 軸周りの偏光状態の変換によって、偏光状態の楕円率に加えて主軸方位が変化する。例えば、円偏光を第2の1/4波長板14で水平直線偏光に変換するには、 S_2 軸周りに、位相差1/4波長分、すなわち90°回転させることになる。

【0070】

このように、第2の1/4波長板14による変換前の光束の偏光状態は、第2の1/4波長板14による光束の偏光状態の変換後には、主軸方位が変化した状態となる。主軸方位が変化した光束が検光子15を通過することにより、複屈折位相差 δ が光強度の変化に変換され、第1イメージセンサ16の強度信号から複屈折位相差分布を観測することが可能になる。

10

【0071】

図7は、第1イメージセンサ16から出力される強度信号が示す光強度を説明するためのグラフである。実線は、被検査物Wから円偏光の光束が出力されたときに、第2の1/4波長板14から出力される直線偏光の光束の偏光方向と、検光子15の透過軸とが直交する構成(図4参照)における強度信号の光強度を示している。この構成では、式(10)に示されているように、被検査物Wで複屈折位相差 δ を生じなかった領域の光強度が最も低く、被検査物Wでの複屈折位相差 δ が180°となる領域の光強度が最も高くなる。また、被検査物Wにおける光強度は、複屈折位相差 δ が増加するにつれて単調に増加する。

20

【0072】

また、図7において破線は、被検査物Wから円偏光の光束が出力されたときに、第2の1/4波長板14から出力される直線偏光の光束の偏光方向と、検光子15の透過軸とが平行になる構成における強度信号の光強度を示している。この構成では、式(12)に示されているように、被検査物Wで複屈折位相差 δ を生じなかった領域の光強度が最も高く、被検査物Wでの複屈折位相差 δ が180°となる領域の光強度が最も低くなる。また、被検査物Wにおける光強度は、複屈折位相差 δ が増加するにつれて単調に減少する。

【0073】

制御部40は、例えばCPU、ROM、RAM、HDDなどを含むマイクロコンピュータ又はパーソナルコンピュータ等で構成され、物品検査装置1を構成する上記各部の動作を制御する。また、制御部40は、ROM等に記憶された所定のプログラムをRAMに移して実行することにより、処理部41をソフトウェア的に構成することが可能である。なお、処理部41は、FPGA(Field Programmable Gate Array)やASIC(Application Specific Integrated Circuit)などのデジタル回路で構成することも可能である。あるいは、処理部41は、デジタル回路によるハードウェア処理と所定のプログラムによるソフトウェア処理とを適宜組み合わせて構成することも可能である。

30

【0074】

図8に示すように、処理部41は、第1画像生成部42と、複屈折位相差分布算出部43と、判定部44と、を含む。

【0075】

第1画像生成部42は、第1光強度検出部17により受光素子ごとに検出された光強度に応じた画素値の画素からなる画像を生成するようになっている。図7の下段に示すように、第1画像生成部42が生成する画像は、被検査物Wにおける複屈折位相差 δ の大きさの明暗イメージである。

40

【0076】

複屈折位相差分布算出部43は、式(10)又は式(12)に従って、第1光強度検出部17により受光素子ごとに検出された光強度から、被検査物Wの複屈折位相差 δ の分布を算出するようになっている。

【0077】

判定部44は、複屈折位相差分布算出部43により算出された複屈折位相差 δ の分布と

50

、あらかじめ定められた所望の複屈折位相差の分布との比較に基づいて、被検査物Wの良否を判定するようになっている。ここで、あらかじめ定められた所望の複屈折位相差の分布とは、例えば、被検査物Wの良品サンプルから得られる複屈折位相差の分布である。

【0078】

例えば、判定部44は、複屈折位相差分布算出部43により受光素子ごとに算出された複屈折位相差 δ と、あらかじめ定められた所望の複屈折位相差との差の絶対値が所定値を超えた場合に、被検査物Wに異常があると判定する。あるいは、判定部44は、第1画像生成部42により生成された画像の各画素値と、あらかじめ定められた所望の複屈折位相差の分布に相当する明暗イメージの各画素値との差の絶対値が所定値を超えた場合に、被検査物Wに異常があると判定する。

10

【0079】

表示部50は、例えばLCDやCRTなどの表示機器で構成され、制御部40から出力される制御信号に応じて、判定部44による被検査物Wの良否の判定結果や、第1画像生成部42により生成された画像などの各種表示内容を表示するようになっている。さらに、表示部50は、各種条件を設定するためのボタン、ソフトキー、プルダウンメニュー、テキストボックスなどの操作対象の表示を行うようになっている。

【0080】

操作部60は、ユーザによる操作入力を受け付けるためのものであり、例えば表示部50に設けられたタッチパネルで構成される。あるいは、操作部60は、キーボード又はマウスのような入力デバイスを含んで構成されてもよい。また、操作部60は、リモートコ

20

マンドなどによる遠隔制御を行う外部制御装置で構成されてもよい。操作部60への操作入力は、制御部40により検知されるようになっている。例えば、操作部60により、搬送部30による被検査物Wの搬送の開始や停止などをユーザが任意に指定することなどが可能である。

【0081】

以下、本実施形態に係る物品検査装置1を用いる物品検査方法について、図9のフロー

チャートを参照しながらその処理の一例を説明する。

【0082】

まず、搬送部30は、被検査物Wを検査領域Rに搬送する(ステップS1)。

30

【0083】

次に、光照射部10は、直線偏光の光束を出力する(ステップS2)。

【0084】

次に、第1の1/4波長板11は、光照射部10から出力された直線偏光の光束に1/4波長分の位相差を付与して円偏光の光束に変換する(ステップS3)。

【0085】

次に、照射光学系12は、検査領域Rに搬送された被検査物Wに、第1の1/4波長板11から出力された円偏光の光束を照射する(ステップS4)。

【0086】

次に、第2の1/4波長板14は、被検査物Wを透過した光束に1/4波長分の位相差を付与する(ステップS5)。

40

【0087】

次に、検光子15は、第2の1/4波長板14を通過した光束の所定の偏光成分を通過させる(ステップS6)。

【0088】

次に、結像光学系13は、被検査物Wを透過した光束を第2の1/4波長板14及び検光子15を介して第1イメージセンサ16に結像させる(ステップS7)。

【0089】

次に、第1イメージセンサ16は、検光子15を通過した光束の光量に応じた強度信号を出力する(ステップS8)。

50

【0090】

次に、複屈折位相差分布算出部 4 3 は、第 1 イメージセンサ 1 6 の各受光素子から出力される強度信号から、被検査物 W の複屈折位相差 δ の分布を算出する（複屈折位相差分布算出ステップ S 9）。

【0091】

次に、判定部 4 4 は、複屈折位相差分布算出ステップ S 9 により算出された複屈折位相差 δ の分布と、あらかじめ定められた所望の複屈折位相差の分布との比較に基づいて、被検査物 W の良否を判定する（ステップ S 10）。

【0092】

次に、制御部 4 0 は、全ての被検査物 W が検査領域 R に搬送されたか否かを判断する（ステップ S 11）。全ての被検査物 W が検査領域 R に搬送された場合には、制御部 4 0 は処理を終了する。一方、全ての被検査物 W が検査領域 R に搬送されていない場合には、制御部 4 0 は再びステップ S 1 以降の処理を実行する。

【0093】

以上説明したように、本実施形態に係る物品検査装置 1 は、光照射部 1 0 から第 1 イメージセンサ 1 6 に向かう光路において、被検査物 W と検光子 1 5 との間に第 2 の 1 / 4 波長板 1 4 を設けた構成であるため、回転機構のない汎用の光学部品を用いたシンプルかつ安価な構成で、複屈折性を有する被検査物の複屈折位相差 δ の分布を高速に検査することができる。また、本実施形態に係る物品検査装置 1 は、複屈折位相差分布算出部 4 3 により算出された複屈折位相差 δ の分布と、あらかじめ定められた所望の複屈折位相差の分布との比較により、被検査物 W の良否を判定することができる。

【0094】

また、本実施形態に係る物品検査装置 1 は、光照射部 1 0 が直線偏光の光束を出力する LD 1 0 a を有する場合には、直線偏光の光束を生成するための偏光子を用いることなく、直線偏光の光束を第 1 の 1 / 4 波長板 1 1 に出力することができる。

【0095】

（第 2 の実施形態）

続いて、本発明の第 2 の実施形態に係る物品検査装置について図面を参照しながら説明する。なお、第 1 の実施形態と同様の構成については同一の符号を付して適宜説明を省略する。また、第 1 の実施形態と同様の動作についても適宜説明を省略する。

【0096】

図 1 0 に示すように、本実施形態の物品検査装置 2 は、第 1 の実施形態の物品検査装置 1 の構成に加えて、光分岐器 1 8 と、第 2 イメージセンサ 1 9 と、第 2 光強度検出部 2 0 と、を備える。

【0097】

光分岐器 1 8 は、光照射部 1 0 から第 1 イメージセンサ 1 6 に向かう光路において、結像光学系 1 3 と第 2 の 1 / 4 波長板 1 4 との間に配置され、結像光学系 1 3 からの光束を分岐するようになっている。

【0098】

結像光学系 1 3 は、光分岐器 1 8 で分岐された一方の光束を第 2 の 1 / 4 波長板 1 4 及び検光子 1 5 を介して第 1 イメージセンサ 1 6 に結像させるとともに、光分岐器 1 8 で分岐されたもう一方の光束を第 2 イメージセンサ 1 9 に結像させるようになっている。

【0099】

第 2 イメージセンサ 1 9 は、結像光学系 1 3 から光分岐器 1 8 を介して入力された光束の光量に応じた強度信号を出力する複数の受光素子を含む。

【0100】

第 2 光強度検出部 2 0 は、第 2 イメージセンサ 1 9 の各受光素子から出力される強度信号から光強度を検出するようになっている。

【0101】

また、図 1 1 に示すように、本実施形態の物品検査装置 2 における処理部 4 1' は、第 1 の実施形態の物品検査装置 1 の処理部 4 1 の構成に加えて、第 2 画像生成部 4 5 を含む

。

【 0 1 0 2 】

第 2 画像生成部 4 5 は、第 2 光強度検出部 2 0 により受光素子ごとに検出された光強度に応じた画素値の画素からなる、被検査物 W の外観の画像を生成するようになっている。

【 0 1 0 3 】

本実施形態において、判定部 4 4 は、第 2 画像生成部 4 5 により生成された画像と、あらかじめ生成された被検査物 W の良品サンプルの画像との比較に基づいて、被検査物 W の良否を判定するようになっている。例えば、第 2 画像生成部 4 5 により生成された画像の各画素値と、被検査物 W の良品サンプルの画像の各画素値との差の絶対値が所定値を超えた場合に、被検査物 W に異常があると判定する。

10

【 0 1 0 4 】

さらに、判定部 4 4 は、第 1 の実施形態と同様に、複屈折位相差分布算出部 4 3 により算出された複屈折位相差 δ の分布や、第 1 画像生成部 4 2 により生成された画像に基づいて、被検査物 W の良否を判定するようになっている。

【 0 1 0 5 】

本実施形態において、表示部 5 0 は、判定部 4 4 による被検査物 W の良否の判定結果や、第 1 画像生成部 4 2 により生成された画像に加えて、第 2 画像生成部 4 5 により生成された画像も表示するようになっている。

【 0 1 0 6 】

以上説明したように、本実施形態に係る物品検査装置 2 は、第 2 の 1 / 4 波長板 1 4 及び検光子 1 5 を介さずに結像光学系 1 3 からの光束を受光する第 2 イメージセンサ 1 9 を備えているため、第 1 イメージセンサ 1 6 からの強度信号に基づく被検査物 W の複屈折性の検査に加えて、第 2 イメージセンサ 1 9 からの強度信号に基づく被検査物 W の外観の検査を行うことができる。

20

【 符号の説明 】

【 0 1 0 7 】

1, 2 物品検査装置

1 0 光照射部

1 0 a L D

1 0 b コリメートレンズ

1 0 c S L D

1 0 d L E D

1 0 e 偏光子

1 1 第 1 の 1 / 4 波長板

1 2 照射光学系

1 3 結像光学系

1 4 第 2 の 1 / 4 波長板

1 5 検光子

1 6 第 1 イメージセンサ

1 7 第 1 光強度検出部

1 8 光分岐器

1 9 第 2 イメージセンサ

2 0 第 2 光強度検出部

3 0 搬送部

4 1, 4 1' 処理部

4 2 第 1 画像生成部

4 3 複屈折位相差分布算出部

4 4 判定部

4 5 第 2 画像生成部

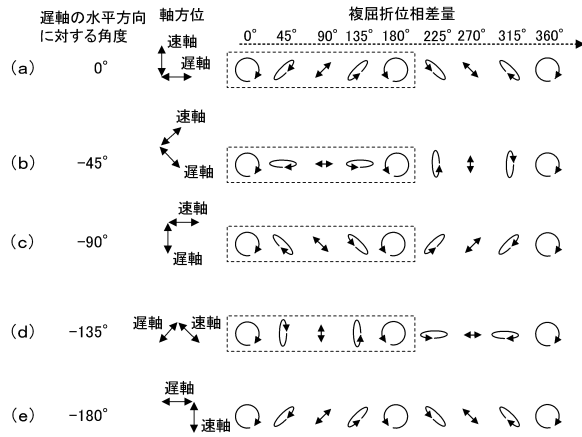
W 被検査物

30

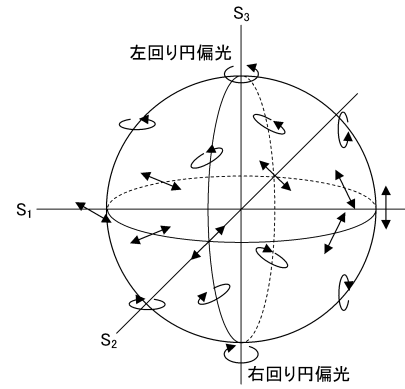
40

50

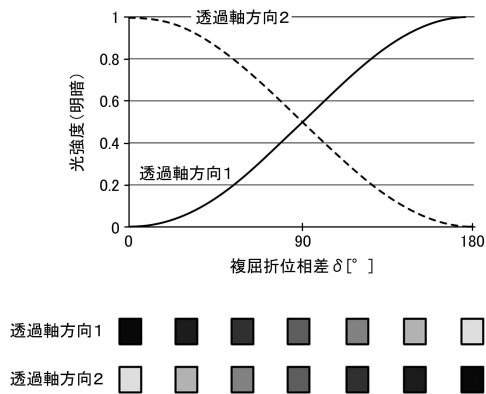
【図 5】



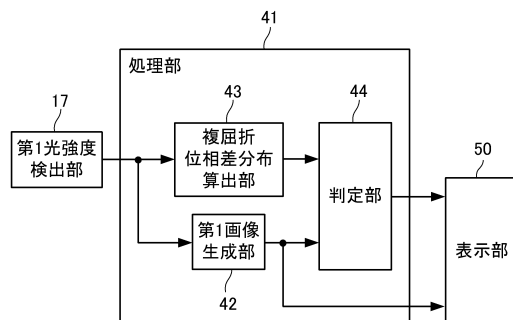
【図 6】



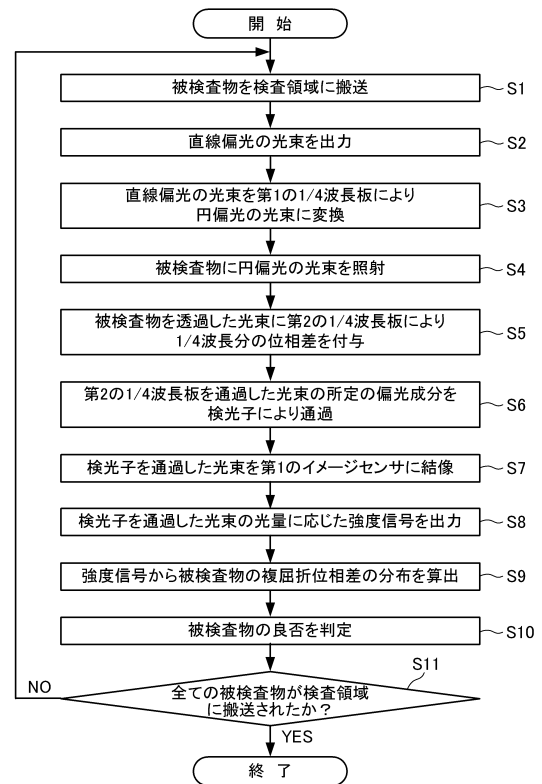
【図 7】



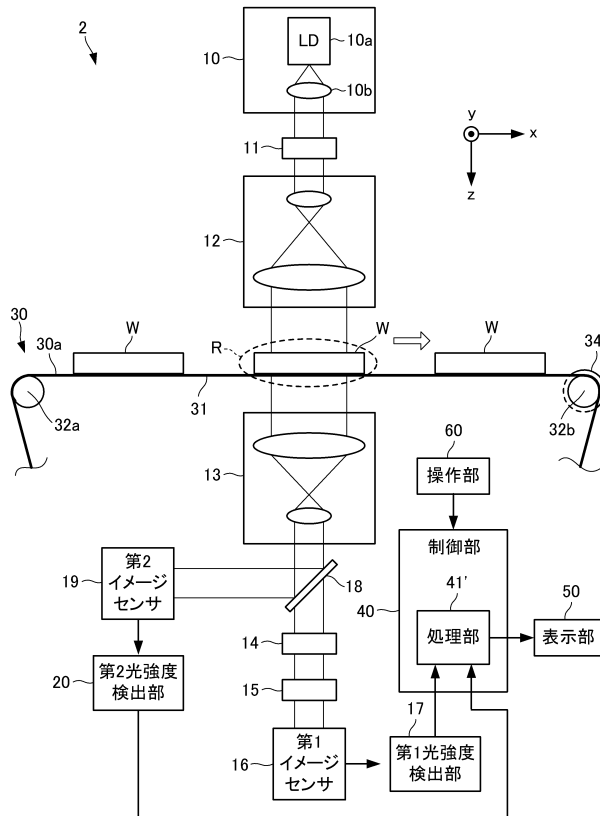
【図 8】



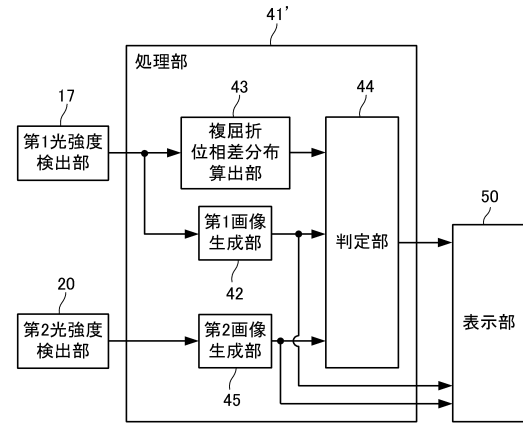
【図 9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

- (72)発明者 布施 匡章
神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号 アンリツ株式会社内
- (72)発明者 松本 聡
神奈川県厚木市恩名五丁目1番1号 アンリツ株式会社内

審査官 小野寺 麻美子

- (56)参考文献 特開2009-115646(JP,A)
特開2000-249648(JP,A)
米国特許出願公開第2005/0068531(US,A1)
米国特許第05929993(US,A)
大久保進也,円偏光照明を用いた複屈折実体顕微鏡の開発,日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集,2016年06月08日,Vol.2016, No.1A1-19a7, pp.1A1-19a7(1)-1A1-19a7(3)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N	21/00	-	G01N	21/01
G01N	21/17	-	G01N	21/61
G01N	21/84	-	G01N	21/958
G01J	3/00	-	G01J	4/04
G01J	7/00	-	G01J	9/04
G01M	11/00	-	G01M	11/08

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)