

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3936712号
(P3936712)

(45) 発行日 平成19年6月27日(2007.6.27)

(24) 登録日 平成19年3月30日(2007.3.30)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 N 21/23	(2006.01)	GO 1 N 21/23	
GO 1 B 11/02	(2006.01)	GO 1 B 11/02	Z
GO 1 M 11/00	(2006.01)	GO 1 M 11/00	T
GO 2 F 1/13	(2006.01)	GO 2 F 1/13	I O I

請求項の数 6 (全 48 頁)

(21) 出願番号	特願2004-276203 (P2004-276203)	(73) 特許権者	596028756 名菱テクニカ株式会社 愛知県名古屋市中区東区矢田南5丁目1番14号
(22) 出願日	平成16年9月22日(2004.9.22)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(65) 公開番号	特開2006-90820 (P2006-90820A)	(74) 代理人	100106725 弁理士 池田 敏行
(43) 公開日	平成18年4月6日(2006.4.6)	(74) 代理人	100105120 弁理士 岩田 哲幸
審査請求日	平成16年9月22日(2004.9.22)	(72) 発明者	蔵田 哲之 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検出対象のパラメータ検出方法及び検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

液晶分子の長軸方向が基板面に対して垂直方向に配向しており、複屈折特性を有する検出対象の前記基板面の法線に対して傾いた角度で直線偏光を入射し、前記検出対象及び検出光子を透過した光の透過光強度に基づいて前記検出対象のパラメータを検出することができる検出対象のパラメータ検出方法であって、

前記基板面に入射する直線偏光の進行方向と前記基板面の法線を含む面を入射面とし、偏光方向が入射面に対して任意の角度 θ_1 傾いている直線偏光が前記検出対象に入射し、前記検出光子の透過軸方向が入射面に対して任意の角度 θ_2 傾いている時の透過光強度 $I(\theta_1, \theta_2)$ と、

前記検出光子の透過軸方向が入射面に対して角度 $\theta_3 (= \theta_1 + 90^\circ)$ 傾いている時の透過光強度 $I(\theta_2, \theta_3)$ と、

前記検出光子の透過軸方向が入射面に対して角度 $\theta_4 (= \theta_1 + 45^\circ)$ 傾いている時の透過光強度 $I(\theta_3, \theta_4)$ を検出し、

前記検出した透過光強度 $I(\theta_1, \theta_2)$ 、 $I(\theta_2, \theta_3)$ 、 $I(\theta_3, \theta_4)$ を用いて、以下の式により前記検出対象のリタデーション R を求める、

【数1】

$$\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}R\right) = \frac{N_1}{\sqrt{N_2 - \left(\frac{N_3}{2\cos 2\omega_1}\right)^2}}$$

$$N_1 = [2I(\omega_3, \alpha) - (1 - \tan 2\omega_1) \cdot I(\omega_1, \alpha) - (1 + \tan 2\omega_1) \cdot I(\omega_2, \alpha)] \cos 2\omega_1$$

10

$$N_2 = [I(\omega_1, \alpha) + I(\omega_2, \alpha)]^2$$

$$N_3 = (2 + \sin 4\omega_1 - 2\sin^2 2\omega_1) \cdot I(\omega_1, \alpha) - (2 - \sin 4\omega_1 - 2\sin^2 2\omega_1) \cdot I(\omega_2, \alpha) - 2I(\omega_3, \alpha) \cdot \sin 4\omega_1$$

20

ことを特徴とする検出対象のパラメータ検出方法。

【請求項2】

液晶分子の長軸方向が基板面に対して垂直方向に配向しており、複屈折特性を有する検出対象の前記基板面の法線に対して傾いた角度で直線偏光を入射し、前記検出対象及び検光子を透過した光の透過光強度に基づいて前記検出対象のパラメータを検出することができる検出対象のパラメータ検出方法であって、

前記基板面に入射する直線偏光の進行方向と前記基板面の法線を含む面を入射面とし、偏光方向が入射面に対して任意の角度 θ_1 傾いている直線偏光が前記検出対象に入射し、前記検光子の透過軸方向が入射面に対して任意の角度 ϕ_1 傾いている時の透過光強度 $I(\theta_1, \phi_1)$ と、

30

前記検光子の透過軸方向が入射面に対して角度 θ_2 ($= \theta_1 + 90^\circ$) 傾いている時の透過光強度 $I(\theta_2, \phi_1)$ と、

前記検光子の透過軸方向が入射面に対して角度 θ_4 ($= \theta_1 + 135^\circ$) 傾いている時の透過光強度 $I(\theta_4, \phi_1)$ を検出し、

前記検出した透過光強度 $I(\theta_1, \phi_1)$ 、 $I(\theta_2, \phi_1)$ 、 $I(\theta_4, \phi_1)$ を用いて、以下の式により前記検出対象のリタデーション R を求める、

【数2】

$$\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}R\right) = \frac{N_4}{\sqrt{N_2 - \left(\frac{N_5}{2 \cdot \cos 2\omega_1}\right)^2}}$$

$$N_4 = -\left[2I(\omega_4, \alpha) - (1 + \tan 2\omega_1) \cdot I(\omega_1, \alpha) \right. \\ \left. - (1 - \tan 2\omega_1) \cdot I(\omega_2, \alpha) \right] \cos 2\omega_1$$

10

$$N_2 = \left[I(\omega_1, \alpha) + I(\omega_2, \alpha) \right]^2$$

$$N_5 = (2 - \sin 4\omega_1 - 2 \sin^2 2\omega_1) \cdot I(\omega_1, \alpha)$$

$$- (2 + \sin 4\omega_1 - 2 \sin^2 2\omega_1) \cdot I(\omega_2, \alpha)$$

$$+ 2I(\omega_4, \alpha) \cdot \sin 4\omega_1$$

20

ことを特徴とする検出対象のパラメータ検出方法。

【請求項3】

液晶分子の長軸方向が基板面に対して垂直方向に配向しており、複屈折特性を有する検出対象の前記基板面の法線に対して傾いた角度で直線偏光を入射し、前記検出対象及び検光子を透過した光の透過光強度に基づいて前記検出対象のパラメータを検出することができる検出対象のパラメータ検出方法であって、

前記基板面に入射する直線偏光の進行方向と前記基板面の法線を含む面を入射面とし、

前記検光子の透過軸方向が入射面に対して任意の角度 θ_1 傾き、

30

偏光方向が入射面に対して任意の角度 θ_1 傾いている直線偏光が前記検出対象に入射している時の透過光強度 $I(\theta_1, \theta_1)$ と、

偏光方向が入射面に対して角度 $\theta_2 (= \theta_1 + 90^\circ)$ 傾いている直線偏光が前記検出対象に入射している時の透過光強度 $I(\theta_1, \theta_2)$ と、

偏光方向が入射面に対して角度 $\theta_3 (= \theta_1 + 45^\circ)$ 傾いている直線偏光が前記検出対象に入射している時の透過光強度 $I(\theta_1, \theta_3)$ を検出し、

前記検出した透過光強度 $I(\theta_1, \theta_1)$ 、 $I(\theta_1, \theta_2)$ 、 $I(\theta_1, \theta_3)$ を用いて、以下の式により前記検出対象のリタデーション R を求める、

【数3】

$$\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}R\right) = \frac{M_1}{\sqrt{M_2 - \left(\frac{M_3}{2\cos 2\alpha_1}\right)^2}}$$

$$M_1 = [2I(\omega, \alpha_3) - (1 - \tan 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_1) - (1 + \tan 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_2)] \cos 2\alpha_1$$

$$M_2 = [I(\omega, \alpha_1) + I(\omega, \alpha_2)]^2$$

$$M_3 = (2 + \sin 4\alpha_1 - 2\sin^2 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_1) - (2 - \sin 4\alpha_1 - 2\sin^2 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_2) - 2I(\omega, \alpha_3) \cdot \sin 4\alpha_1$$

10

20

ことを特徴とする検出対象のパラメータ検出方法。

【請求項4】

液晶分子の長軸方向が基板面に対して垂直方向に配向しており、複屈折特性を有する検出対象の前記基板面の法線に対して傾いた角度で直線偏光を入射し、前記検出対象及び検光子を透過した光の透過光強度に基づいて前記検出対象のパラメータを検出することができる検出対象のパラメータ検出方法であって、

30

前記基板面に入射する直線偏光の進行方向と前記基板面の法線を含む面を入射面とし、前記検光子の透過軸方向が入射面に対して任意の角度 θ_1 傾き、

偏光方向が入射面に対して任意の角度 θ_1 傾いている直線偏光が前記検出対象に入射している時の透過光強度 $I(\omega, \theta_1)$ と、

偏光方向が入射面に対して角度 $\theta_2 (= \theta_1 + 90^\circ)$ 傾いている直線偏光が前記検出対象に入射している時の透過光強度 $I(\omega, \theta_2)$ と、

偏光方向が入射面に対して角度 $\theta_4 (= \theta_1 + 135^\circ)$ 傾いている直線偏光が前記検出対象に入射している時の透過光強度 $I(\omega, \theta_4)$ を検出し、

前記検出した透過光強度 $I(\omega, \theta_1)$ 、 $I(\omega, \theta_2)$ 、 $I(\omega, \theta_4)$ を用いて、以下の式により前記検出対象のリタレーション R を求める、

40

【数4】

$$\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}R\right) = \frac{M_4}{\sqrt{M_2 - \left(\frac{M_5}{2 \cdot \cos 2\alpha_1}\right)^2}}$$

$$M_4 = -\left[2I(\omega, \alpha_4) - (1 + \tan 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_1) - (1 - \tan 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_2)\right] \cos 2\alpha_1$$

10

$$M_2 = [I(\omega, \alpha_1) + I(\omega, \alpha_2)]^2$$

$$M_5 = (2 - \sin 4\alpha_1 - 2 \sin^2 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_1) - (2 + \sin 4\alpha_1 - 2 \sin^2 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_2) + 2I(\omega, \alpha_4) \cdot \sin 4\alpha_1$$

20

ことを特徴とする検出対象のパラメータ検出方法。

【請求項5】

請求項1～4のいずれかに記載の検出対象のパラメータ検出方法であって、
検出した前記検出対象のリタレーションRに基づいて前記検出対象の厚さdを求める、
ことを特徴とする検出対象のパラメータ検出方法。

【請求項6】

30

液晶分子の長軸方向が基板面に対して垂直方向に配向しており、複屈折特性を有する検出対象のパラメータを検出することができる検出対象のパラメータ検出装置であって、
光源と、

前記光源から照射された光の中から透過軸方向の直線偏光を透過し、当該透過軸方向が前記光源から発光された光の進行方向に平行な軸を回転軸として回転可能な偏光子と、

前記偏光子を透過した光が、基板面の法線に対して傾いた角度で入射するように配置された検出対象と、

前記検出対象を透過した光の中から、透過軸方向の直線偏光を透過し、当該透過軸方向が前記検出対象を透過した光の進行方向に平行な軸を回転軸として回転可能な検光子と、

前記検光子を透過した光の強度を透過光強度として検出する検出装置と、

40

前記検出装置で検出した透過光強度を入力する処理装置を備え、

前記処理装置は、請求項1～5のいずれかに記載の方法を用いて前記検出対象のリタレーションRと厚さdの少なくとも一方を求める、

ことを特徴とする検出対象のパラメータ検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複屈折特性を有する検出対象のパラメータ（検出対象の液晶層のリタレーションや厚さ）を検出する、検出対象のパラメータ検出方法及び検出装置に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

液晶表示装置を構成する液晶表示素子（以下、「液晶セル」という）として、液晶分子の長軸方向が基板面に対してほぼ平行な方向に配向している液晶セル、例えばツイステッドネマティック（Twisted Nematic: TN）型、スーパーツイステッドネマティック（Super Twisted Nematic: STN）型、IPS（In-Plane Switching）型の液晶セルや、液晶分子の長軸方向が基板面の法線にほぼ平行な方向、すなわち、基板面に対してほぼ垂直な方向に配向している（Vertical Alignment; VA）液晶セル（以下、「VAセル」という）が知られている。

VAセルは、高いコントラスト比と広い視野角を有するため、液晶テレビや液晶モニター等に広く採用されている。

液晶セルの表示性能は、液晶セルの液晶層の厚さに大きく依存する。このため、液晶セルの液晶層の厚さの管理が重要である。

液晶セルの液晶層の厚さは、液晶セルの液晶層の厚さと複屈折率の積で表される液晶層のリタデーションを検出し、検出した液晶層のリタデーションを複屈折率で除算することによって求めることができる。

液晶分子の長軸方向が基板面に対してほぼ平行な方向に配向している液晶セルの液晶層のリタデーションは、液晶セルの基板面に垂直に光を入射し、液晶セルを透過した光の偏光状態を解析することにより検出することができる。

しかしながら、VAセルは、液晶分子の長軸方向が基板面に対して垂直な方向に配向されている。したがって、VAセルの基板面に垂直に光を入射しても、液晶分子は光学的には等方的に振る舞うため、VAセルを透過した光の偏光状態は変化しない。つまり、VAセルの基板面に垂直に光を入射する方法を用いることができない。

そこで、VAセルの基板面に斜めに光を入射し、VAセルを透過した光の偏光状態を解析することによって、VAセルの液晶層の厚さを検出する方法が提案されている。（非特許文献1、非特許文献2、特許文献1参照）

【非特許文献1】Hiap Liew Ong, ジャーナルオブアプライドフィジクス, 第71巻1号, 1992年, 140頁~144頁

【非特許文献2】Hiap Liew Ong, ジャーナルオブアプライドフィジクス, 第70巻4号, 1991年, 2023頁~2030頁

【特許文献1】国際公開第WO01/022029号公報

【 0 0 0 3 】

例えば、特許文献1に記載の方法では、発光装置、偏光子、検光子、検出装置の順に各要素を配置した測定系を用いる。検出対象のリタデーションを検出する時には、まず、検出対象を、偏光子と検光子の間に配置する。次に、検出対象の遅相軸を偏光子の透過軸方向に対して45°の方向に向けた状態で、偏光子の透過軸方向と検光子の透過軸方向を平行にした時の透過光強度（検出装置の検出信号） I_{para} と、偏光子の透過軸方向と検光子の透過軸方向を直交させた時の透過光強度 I_{cross} を測定する。そして、測定した透過光強度 I_{para} と I_{cross} を用いて、[式1]により、検出対象のリタデーションRを求める。

【数13】

$$\tan\left(\frac{\pi R}{\lambda}\right) = \sqrt{\frac{I_{cross}}{I_{para}}}$$

[式1]

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

液晶セルの基板面の法線に平行に、すなわち、液晶セルの基板面に垂直に光を入射する場合には、界面（例えば、空気 - ガラス界面）での光の透過率は、入射光の偏光方向によ

10

20

30

40

50

って変化しない。すなわち、透過率の偏光方向依存性は発生しない。

しかしながら、液晶セルの基板面に斜めに光を入射する場合には、界面での光の透過率は、入射する光の偏光方向によって変化する。すなわち、透過率の偏光方向依存性が発生する。

このため、VAセルの基板面に斜めに光を入射させる方法を用いてVAセルの液晶層のリタデーションを検出する場合には、VAセルの液晶層のリタデーションの検出精度を高めるために透過率の偏光方向依存性を考慮する必要がある。

前記した特許文献1に記載の方法では、このような透過率の偏光方向依存性を考慮していないため、液晶層のリタデーションを正確に検出することができない。従って、液晶層の厚さも正確に検出することができない。

10

また、前記した特許文献1に記載の方法では、常光屈折率と異常光屈折率の平均値を複屈折率として用いている。液晶層の厚さは、検出した液晶層のリタデーションを複屈折率で除算することで得られるが、平均値は近似値であるため、特許文献1に記載の方法では、液晶層の厚さを正確に検出することができない。

前記した非特許文献2には、透過率の偏光方向依存性を考慮する方法が記載されているが、空気-ガラス界面での透過率しか考慮していない。ここで、実際の液晶セルには、ガラス基板、カラーフィルタ、透明電極等が設けられている。液晶セルの透過率を知るためには、液晶セルの全ての部材の透過率を事前に把握する必要があり、現実的ではない。さらに、薄膜材料は、膜を形成する条件によって屈折率等の光学特性が変化するため、透過率を事前に把握することが困難である。このため、非特許文献2に記載の方法を応用

20

しても、液晶層のリタデーションを正確に検出することができない。

前記した非特許文献1には、このような透過率の偏光方向依存性を考慮しなくても、液晶層のリタデーションを正確に検出することが可能な方法が記載されている。しかし、光の透過率が極小になるという条件を使用するため、測定領域内でリタデーションが分布している場合には、液晶層のリタデーションを正確に検出することができない。

そこで、本発明が解決しようとする課題は、簡単で、正確に検出対象のリタデーションや厚さというパラメータを検出することができる、検出対象のパラメータ検出方法及び検出装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

30

本発明は、検出対象の基板面に斜めに光を入射し、検出対象を通過した光の強度を用いて検出対象のパラメータ（検出対象の液晶層のリタデーションや厚さ）を検出する場合に好適に用いることができる。

検出対象には、VAセル等の複屈折特性を有する素子が含まれる。

「入射面」は、検出対象の基板面に入射する直線偏光の進行方向と検出対象の基板面の法線を含む面である。

本発明の第1発明は、請求項1に記載されたとおりの検出対象のパラメータ検出方法である。

請求項1に記載の検出対象のパラメータ検出方法では、偏光方向が入射面に対して任意の角度 θ_1 傾いている直線偏光が検出対象に入射し、検光子の透過軸方向が入射面に対して任意の角度 θ_2 傾いている時の透過光強度 $I(\theta_1, \theta_2)$ と、検光子の透過軸方向が入射面に対して角度 $\theta_3 (= \theta_1 + 90^\circ)$ 傾いている時の透過光強度 $I(\theta_1, \theta_3)$ と、検光子の透過軸方向が入射面に対して角度 $\theta_4 (= \theta_1 + 45^\circ)$ 傾いている時の透過光強度 $I(\theta_1, \theta_4)$ を検出する。

40

そして、検出した透過光強度 $I(\theta_1, \theta_2)$ 、 $I(\theta_1, \theta_3)$ 、 $I(\theta_1, \theta_4)$ を用いて、以下の式により検出対象のリタデーションRを求める。

【数 1 4】

$$\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}R\right) = \frac{N_1}{\sqrt{N_2 - \left(\frac{N_3}{2\cos 2\omega_1}\right)^2}}$$

$$N_1 = [2I(\omega_3, \alpha) - (1 - \tan 2\omega_1) \cdot I(\omega_1, \alpha) \\ - (1 + \tan 2\omega_1) \cdot I(\omega_2, \alpha)] \cos 2\omega_1$$

10

$$N_2 = [I(\omega_1, \alpha) + I(\omega_2, \alpha)]^2$$

$$N_3 = (2 + \sin 4\omega_1 - 2\sin^2 2\omega_1) \cdot I(\omega_1, \alpha) \\ - (2 - \sin 4\omega_1 - 2\sin^2 2\omega_1) \cdot I(\omega_2, \alpha) \\ - 2I(\omega_3, \alpha) \cdot \sin 4\omega_1$$

20

また、本発明の第2発明は、請求項2に記載されたとおりの検出対象のパラメータ検出方法である。

請求項2に記載の検出対象のパラメータ検出方法では、偏光方向が入射面に対して任意の角度 θ_1 傾いている直線偏光が検出対象に入射し、検光子の透過軸方向が入射面に対して任意の角度 θ_2 傾いている時の透過光強度 $I(\theta_1, \theta_2)$ と、検光子の透過軸方向が入射面に対して角度 $\theta_3 (= \theta_1 + 90^\circ)$ 傾いている時の透過光強度 $I(\theta_3, \theta_2)$ と、検光子の透過軸方向が入射面に対して角度 $\theta_4 (= \theta_1 + 135^\circ)$ 傾いている時の透過光強度 $I(\theta_4, \theta_2)$ を検出する。

30

そして、検出した透過光強度 $I(\theta_1, \theta_2)$ 、 $I(\theta_3, \theta_2)$ 、 $I(\theta_4, \theta_2)$ を用いて、以下の式により前記検出対象のリタデーション R を求める。

【数 15】

$$\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}R\right) = \frac{N_4}{\sqrt{N_2 - \left(\frac{N_5}{2 \cdot \cos 2\omega_1}\right)^2}}$$

$$N_4 = -\left[2I(\omega_4, \alpha) - (1 + \tan 2\omega_1) \cdot I(\omega_1, \alpha) - (1 - \tan 2\omega_1) \cdot I(\omega_2, \alpha)\right] \cos 2\omega_1$$

10

$$N_2 = [I(\omega_1, \alpha) + I(\omega_2, \alpha)]^2$$

$$N_5 = (2 - \sin 4\omega_1 - 2 \sin^2 2\omega_1) \cdot I(\omega_1, \alpha) - (2 + \sin 4\omega_1 - 2 \sin^2 2\omega_1) \cdot I(\omega_2, \alpha) + 2I(\omega_4, \alpha) \cdot \sin 4\omega_1$$

20

また、本発明の第3発明は、請求項3に記載されたとおりの検出対象のパラメータ検出方法である。

請求項3に記載の検出対象のパラメータ検出方法では、検光子の透過軸方向が入射面に対して任意の角度 θ_1 傾けられ、偏光方向が入射面に対して任意の角度 θ_1 傾いている直線偏光が検出対象に入射している時の透過光強度 $I(\theta_1, \theta_1)$ と、偏光方向が入射面に対して角度 $\theta_2 (= \theta_1 + 90^\circ)$ 傾いている直線偏光が検出対象に入射している時の透過光強度 $I(\theta_1, \theta_2)$ と、偏光方向が入射面に対して角度 $\theta_3 (= \theta_1 + 45^\circ)$ 傾いている直線偏光が検出対象に入射している時の透過光強度 $I(\theta_1, \theta_3)$ を検出する。

30

そして、検出した透過光強度 $I(\theta_1, \theta_1)$ 、 $I(\theta_1, \theta_2)$ 、 $I(\theta_1, \theta_3)$ を用いて、以下の式により検出対象のリタデーション R を求める。

【数 16】

$$\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}R\right) = \frac{M_1}{\sqrt{M_2 - \left(\frac{M_3}{2\cos 2\alpha_1}\right)^2}}$$

$$M_1 = [2I(\omega, \alpha_3) - (1 - \tan 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_1) - (1 + \tan 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_2)] \cos 2\alpha_1$$

10

$$M_2 = [I(\omega, \alpha_1) + I(\omega, \alpha_2)]^2$$

$$M_3 = (2 + \sin 4\alpha_1 - 2\sin^2 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_1) - (2 - \sin 4\alpha_1 - 2\sin^2 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_2) - 2I(\omega, \alpha_3) \cdot \sin 4\alpha_1$$

20

また、本発明の第4発明は、請求項4に記載されたとおりの検出対象のパラメータ検出方法である。

請求項4に記載の検出対象のパラメータ検出方法では、検光子の透過軸方向が入射面に対して任意の角度 θ_1 傾けられ、偏光方向が入射面に対して角度 θ_1 傾いている直線偏光が検出対象に入射している時の透過光強度 $I(\omega, \theta_1)$ と、偏光方向が入射面に対して角度 $\theta_2 (= \theta_1 + 90^\circ)$ 傾いている直線偏光が検出対象に入射している時の透過光強度 $I(\omega, \theta_2)$ と、偏光方向が入射面に対して角度 $\theta_4 (= \theta_1 + 135^\circ)$ 傾いている直線偏光が検出対象に入射している時の透過光強度 $I(\omega, \theta_4)$ を検出する。

30

そして、検出した透過光強度 $I(\omega, \theta_1)$ 、 $I(\omega, \theta_2)$ 、 $I(\omega, \theta_4)$ を用いて、以下の式により前記検出対象のリタデーション R を求める。

【数 17】

$$\cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right) = \frac{M_4}{\sqrt{M_2 - \left(\frac{M_5}{2 \cdot \cos 2\alpha_1}\right)^2}}$$

$$M_4 = -\left[2I(\omega, \alpha_4) - (1 + \tan 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_1) - (1 - \tan 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_2)\right] \cos 2\alpha_1$$

10

$$M_2 = [I(\omega, \alpha_1) + I(\omega, \alpha_2)]^2$$

$$M_5 = (2 - \sin 4\alpha_1 - 2 \sin^2 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_1) - (2 + \sin 4\alpha_1 - 2 \sin^2 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_2) + 2I(\omega, \alpha_4) \cdot \sin 4\alpha_1$$

20

また、本発明の第5発明は、請求項5に記載されたとおりの検出対象のパラメータ検出方法である。

請求項5に記載の検出対象のパラメータ検出方法では、検出対象のリタレーションRに基づいて検出対象の厚さdを求める。

検出対象のリタレーションRに基づいて検出対象の厚さdを求める方法としては、検出対象のリタレーションRを検出対象の複屈折率で除算する方法を用いることができる。

また、本発明の第6発明は、請求項6に記載されたとおりの検出対象のパラメータ検出装置である。

30

請求項6に記載の検出対象のパラメータ検出装置は、発光装置、偏光子、検出対象、検光子、検出装置、処理装置を備えている。

発光装置としては、単色光を照射する発光装置が用いられる。

偏光子及び検光子は、透過軸方向が、光の進行方向に平行な軸を回転軸として回転可能である。偏光子及び検光子を回転させる駆動機構としては、偏光子や検光子を手動で回転させる手動式の駆動機構を用いることもできるし、偏光子や検光子を電動機等の駆動源により回転させる駆動機構を用いることもできる。さらに、各透過光強度を検出する際に、偏光子や検光子の駆動機構に設けられている駆動源を処理装置によって制御することもできる。

40

検出対象は、検光子を透過した光が基板面の法線に対して傾いた角度で入射するように配置される。例えば、検光子を支持する支持部を光の入射方向に対して傾けて配置する方法や、駆動機構により支持部を回転させる方法を用いることができる。

検出装置は、検光子を透過した光の強度を透過光強度として検出する。

処理装置は、検出装置で検出された透過光強度を入力し、請求項1～6のいずれかに記載の方法を用いて検出対象のリタレーションRや厚さdを求める。

【発明の効果】

【0006】

請求項1～請求項4に記載の検出対象のパラメータ検出方法を用いれば、検出対象に対し斜めに光を入射することによる透過率の偏光方向依存性を考慮しているため、検出対象

50

に斜めに光を入射する場合でも、検出対象のパラメータを正確に検出することができる。
また、各部材の屈折率や透過率を把握する必要がないため、処理が簡単である。

請求項 5 に記載の検出対象のパラメータ検出方法を用いれば、検出対象の液晶層の厚さを簡単に、正確に検出することができる。

請求項 6 に記載の検出対象のパラメータ検出装置を用いれば、検出対象のパラメータを簡単な構成で、容易に、正確に検出することができる。

また、請求項 1 ～ 5 に記載の検出対象のパラメータ検出方法及び請求項 6 に記載の検出対象のパラメータ検出装置を用いれば、透過光強度から計算により検出対象のパラメータを求めることができるため、検出対象のパラメータが測定領域内で分布している場合でも、その分布を容易に求めることができる。

10

【 0 0 0 7 】

以下に、本発明の実施の形態を説明する。

以下では、液晶分子の長軸方向が基板面の法線に平行な方向に配向されている、すなわち、基板面に垂直な方向に配向されている V A セルを検出対象とし、V A セルのパラメータである液晶層のリタレーションや厚さを検出する場合について説明する。

なお、V A セルの液晶層以外は等方的であり、リタレーションを持たないと仮定する。また、液晶セル以外を検出対象とする場合でも、リタレーションを持つ層は 1 層のみとする。ただし、遅相軸が入射面内に有り、全体のリタレーションが各層のリタレーションの和になる場合には、それらの層を全て合わせて 1 層とみなす。

【 0 0 0 8 】

20

まず、以下の実施の形態で用いる、検出対象のパラメータ検出装置（以下、単に「パラメータ検出装置」という）を図 1 に示す。なお、図 1 に示すパラメータ検出装置の座標系を図 2 に示す。

図 1 において、紙面の左右方向を x 軸（右方向を正）、紙面の上下方向を z 軸（上方向を正）、紙面に垂直な方向を y 軸（紙面の裏側方向が正）とする。そして、光の進行方向を z 軸の正の方向とし、x 軸が入射面内に存在する右手系の座標系を用いている。

なお、本明細書では、「入射面」は、入射光の進行方向と V A セル 1 2 の基板面の法線を含む面を意味し、図 1 では、紙面に相当する。

偏光子、検光子の透過軸方向及び入射光の直線偏光の方向は x y 面内での回転角度で指定し、x 軸正の方向を 0 °、x 軸正の方向が y 軸の正の方向へ向かう回転方向を正とする

30

【 0 0 0 9 】

図 1 に示すパラメータ検出装置は、発光装置 1 0、偏光子 1 1、V A セル 1 2、検光子 1 3、検出装置 1 4、処理装置 1 5 を有している。各装置は、発光装置 1 0 から照射される光の進行方向（図 1 では、z 軸方向）に沿って配置されている。

発光装置 1 0 は、パラメータ検出用の単色光を照射する。発光装置 1 0 は、単色光を照射する光源（例えば、レーザ）により構成することができる。また、発光装置 1 0 は、一定の波長範囲の多色光を照射する多色光源（例えば、ハロゲンランプ）と、多色光を単色化する単色化手段（例えば、分光器や干渉フィルタ）により構成することもできる。

偏光子 1 1 は、発光装置 1 1 から照射された光の中から、透過軸方向の直線偏光のみを透過する。検光子 1 3 は、V A セル 1 2 を透過した光の中から、透過軸方向の直線偏光のみを透過する。偏光子 1 1 及び検光子 1 3 としては、グラントムソンプリズム等の偏光プリズムや、ポラロイド（登録商標）フィルム等の偏光フィルムを用いることができる。

40

偏光子 1 1 や検光子 1 3 は、透過軸方向が、光の進行方向（z 軸）に平行な軸を回転軸として x y 面内で回転可能に配置される。例えば、偏光子 1 1 や検光子 1 3 を、駆動機構 1 1 a や 1 3 a により回転する支持部により支持する。駆動機構 1 1 a や 1 3 a としては、支持部を手動で回転させる手動式の駆動機構や、ステッピングモータ等の駆動源により支持部を回転させる駆動機構を用いることができる。さらに、駆動源は、手動スイッチにより制御してもよいし、処理回路 1 5 によって制御してもよい。処理装置 1 5 によって制御可能に構成すると、作業を自動化することができ、作業時間を短縮することができる。

50

【 0 0 1 0 】

検出対象 1 2 は、光が斜めに入射するように配置される。例えば、検出対象 1 2 を支持する支持部を、入射光の進行方向に対して傾けた状態で配置する。あるいは、y 軸（図 1 では、紙面の表裏方向）に平行な軸を回転軸として回転可能な支持部を設ける、支持部は、駆動機構 1 2 a により、手動あるいは駆動源によって駆動される。駆動源を処理装置 1 5 によって制御可能に構成すると、作業を自動化することができ、作業時間を短縮することができる。

液晶分子が V A セルの基板面の法線に平行に配向していれば、図 1 に示すように V A セル 1 2 を配置すると、液晶層の遅相軸（液晶分子の長軸方向）は、必ず入射面に含まれる。液晶分子が V A セルの基板面の法線に対して傾いていたり、あるいは、検出対象が液晶セルでなくても、その遅相軸がその表面の法線に対して平行でない場合には、その遅相軸方向が入射面に含まれるように検出対象を配置するものとする。

なお、駆動機構 1 1 a、1 2 a、1 3 a には、偏光子 1 1、検出対象 1 2、検光子 1 3 の回転位置を検出あるいは判別可能な回転位置検出器を設けるのが好ましい。

検出装置 1 4 としては、フォトダイオードや光電子増倍管等の、入射した光の強度に比例する信号を検出信号として出力するものが用いられる。なお、検出信号が入射光の強度に比例しない場合には、検出信号と入射光の強度との関係を予め求めておき、検出信号が入射光の強度に比例するように補正を行う。

【 0 0 1 1 】

発光装置 1 0 から放射された光は、透過軸方向が入射面に対して角度 α の方向に傾けられている偏光子 1 1 により、角度 α の方向の直線偏光となる。

偏光子 1 1 を透過した直線偏光は、V A セル 1 2 の基板面に入射すると、s 偏光と p 偏光に別れて伝播する。s 偏光は、入射面に対して垂直な方向の直線偏光であり、p 偏光は、入射面に平行な方向の直線偏光である。

V A セル 1 2 に入射する前の直線偏光の電場ベクトル $\langle E_0 \rangle$ は、[式 2] で表される。なお、本明細書では、[$\langle \rangle$] はベクトルを表す記号として用いている。

【 数 2 6 】

$$\langle E_0 \rangle = \begin{pmatrix} E_0^p \\ E_0^s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_0 \cdot \cos \alpha \\ E_0 \cdot \sin \alpha \end{pmatrix}$$

$$= E_0 \cdot \cos \alpha \langle e_0^p \rangle + E_0 \cdot \sin \alpha \langle e_0^s \rangle$$

[式 2]

ここで、 E_0^p 、 E_0^s は、p 偏光及び s 偏光の電場の大きさである。 E_0 は、入射光の電場ベクトルの大きさ（振幅）である。p 偏光とは入射面で振動する直線偏光であり、s 偏光とは入射面とは直交する方向（つまり p 偏光と直交する方向）に振動する直線偏光である。 $\langle e_0^p \rangle$ 、 $\langle e_0^s \rangle$ は、p 偏光及び s 偏光の偏光方向の単位ベクトルである。V A セル 1 2 に入射する前であるため、 $\langle e_0^p \rangle$ 及び $\langle e_0^s \rangle$ は、それぞれ x 軸及び y 軸に平行である。

【 0 0 1 2 】

界面通過直後の電場ベクトル $\langle E_1 \rangle$ は、[式 3] で表される。

10

20

30

40

【数 27】

$$\begin{aligned} \langle \mathbf{E}_1 \rangle &= \begin{pmatrix} \mathbf{E}_1^p \\ \mathbf{E}_1^s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_{10}^p \cdot \mathbf{E}_0^p \\ t_{10}^s \cdot \mathbf{E}_0^s \end{pmatrix} \\ &= t_{10}^p \cdot \mathbf{E}_0^p \langle \mathbf{e}_1^p \rangle + t_{10}^s \cdot \mathbf{E}_0^s \langle \mathbf{e}_1^s \rangle \\ &= t_{10}^p \cdot \mathbf{E}_0^p \langle \mathbf{e}_1^p \rangle + t_{10}^s \cdot \mathbf{E}_0^s \langle \mathbf{e}_0^s \rangle \end{aligned}$$

10

[式 3]

ここで、 t_{10}^p 、 t_{10}^s は、p 偏光及び s 偏光に対する振幅透過率である。

【0013】

界面で屈折が生じるため、 $\langle \mathbf{e}_1^p \rangle = \langle \mathbf{e}_0^p \rangle$ であり、 $\langle \mathbf{e}_1^p \rangle$ は、x 軸と平行でなくなるが、xz 面内には含まれる。一方、 $\langle \mathbf{e}_1^s \rangle = \langle \mathbf{e}_0^s \rangle$ であり、y 軸に平行のままである。

各偏光成分の大きさだけに注目すれば、この最初の界面を透過した後の光の電場の振幅は、[式 4] で表される。

【数 28】

20

$$\begin{pmatrix} \mathbf{E}_1^p \\ \mathbf{E}_1^s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_{10}^p & 0 \\ 0 & t_{10}^s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{E}_0^p \\ \mathbf{E}_0^s \end{pmatrix}$$

[式 4]

【0014】

その他の界面、例えばガラス - カラーフィルタ界面や透明電極 - 配向膜界面などでの光の電場の変化も、同様な方法で記述できる。

30

いま、入射側の空気 - セル最表面の界面を 1 番目の界面として、i 番目の界面を考える。ここで、i 番目の界面は、[i - 1] 番目の媒質 (0 番目が入射側の空気) と i 番目の媒質の界面とする。

$\langle \mathbf{e}_i^p \rangle$ 、 $\langle \mathbf{e}_i^s \rangle$ を i 番目の媒質中での p 偏光及び s 偏光の偏光方向の単位ベクトルとすると、i 番目の媒質での電場ベクトル $\langle \mathbf{E}_i \rangle$ は、[式 5] で表される。

【数 29】

$$\langle \mathbf{E}_i \rangle = \begin{pmatrix} \mathbf{E}_i^p \\ \mathbf{E}_i^s \end{pmatrix} = \mathbf{E}_i^p \langle \mathbf{e}_i^p \rangle + \mathbf{E}_i^s \langle \mathbf{e}_i^s \rangle$$

40

[式 5]

【0015】

i 番目の界面を通過直後の電場ベクトル $\langle \mathbf{E}_{i+1} \rangle$ は、[式 6] となる。

【数30】

$$\begin{aligned}
 \langle \mathbf{E}_{i+1} \rangle &= \begin{pmatrix} t_{i+1, i^p} \cdot \mathbf{E}_{i^p} \\ t_{i+1, i^s} \cdot \mathbf{E}_{i^s} \end{pmatrix} \\
 &= t_{i+1, i^p} \cdot \mathbf{E}_{i^p} \langle e_{i+1}^p \rangle + t_{i+1, i^s} \cdot \mathbf{E}_{i^s} \langle e_{i+1}^s \rangle \\
 &= t_{i+1, i^p} \cdot \mathbf{E}_{i^p} \langle e_{i+1}^p \rangle + t_{i+1, i^s} \cdot \mathbf{E}_{i^s} \langle e_0^s \rangle
 \end{aligned}$$

10

[式6]

ここで、 t_{i+1, i^p} 、 t_{i+1, i^s} は、 i 番目の界面での p 偏光及び s 偏光に対する振幅透過率である。

【0016】

界面で屈折が生じるため、 $\langle e_{i+1}^p \rangle = \langle e_i^p \rangle$ であり、 $\langle e_{i+1}^p \rangle$ は、 x 軸と平行ではないが、 xz 面内には含まれる。一方、 $\langle e_{i+1}^s \rangle = \langle e_i^s \rangle = \langle e_0^s \rangle$ であり、 y 軸に平行のままである。

20

各偏光成分の大きさだけに注目すれば、この界面を透過した後の光の電場の振幅は、[式7]で表される。

【数31】

$$\begin{aligned}
 \begin{pmatrix} \mathbf{E}_{i+1}^p \\ \mathbf{E}_{i+1}^s \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} t_{i+1, i^p} \cdot \mathbf{E}_{i^p} \\ t_{i+1, i^s} \cdot \mathbf{E}_{i^s} \end{pmatrix} \\
 &= \begin{pmatrix} t_{i+1, i^p} & 0 \\ 0 & t_{i+1, i^s} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{E}_{i^p} \\ \mathbf{E}_{i^s} \end{pmatrix} \\
 &= \prod_{j=0}^i \begin{pmatrix} t_{j+1, j^p} & 0 \\ 0 & t_{j+1, j^s} \end{pmatrix} \mathbf{E}_0 \\
 &= \begin{pmatrix} \prod_{j=0}^i t_{j+1, j^p} & 0 \\ 0 & \prod_{j=0}^i t_{j+1, j^s} \end{pmatrix} \mathbf{E}_0
 \end{aligned}$$

30

40

[式7]

[式7] は大きさだけに注目しているが、偏光状態を記述するには、 s 偏光と p 偏光の

50

間の相対的な位相差も考慮する必要がある。

ここでは、液晶層以外は光学的に等方と想定しているため、s 偏光と p 偏光の間に位相差は発生しない。つまり、位相差まで考慮しても、[式 7] により光の透過を記述することができる。

【0017】

液晶内では、光は常光と異常光に別れて伝播する。しかしながら、図 1 に示したように、遅相軸が入射面に存在する場合には、常光は、s 偏光、すなわち、入射面に垂直な方向の直線偏光であり、異常光は、p 偏光、すなわち、入射面内で s 偏光と直交する方向の直線偏光である。

したがって、VA セル 12 を構成するガラス等の各媒質中を伝播してきた s 偏光はそのまま常光として、p 偏光は異常光として液晶内を伝播する。このため、液晶層の界面での透過率も、[式 7] と同様の形式で表すことができる。

【0018】

ただし、液晶層は異方性を示し、リタレーションを持つ。すなわち、偏光方向で屈折率が異なり、常光と異常光 (s 偏光と p 偏光) の間に位相差が発生する。

液晶層を 1 番目の媒質とし、常光の屈折率を n_o^{eff} 、異常光の屈折率を n_e^{eff} とすると、液晶層を通過し、[l + 1] 番目の媒質に入射する直前の光の電場ベクトル $\langle E_1 \rangle$ の成分 E_1^p 、 E_1^s は、[式 8] となる。

【数 32】

$$\begin{pmatrix} E_1^p \\ E_1^s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e^{i \frac{2\pi}{\lambda} n_e^{eff} \cdot d} & 0 \\ 0 & e^{i \frac{2\pi}{\lambda} n_o^{eff} \cdot d} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_{l, l-1}^p \cdot E_{l-1}^p \\ t_{l, l-1}^s \cdot E_{l-1}^s \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} e^{i \frac{2\pi}{\lambda} \cdot n_e^{eff} \cdot d} \cdot \prod_{j=0}^{l-1} t_{j+1, j}^p & 0 \\ 0 & e^{i \frac{2\pi}{\lambda} \cdot n_o^{eff} \cdot d} \cdot \prod_{j=0}^{l-1} t_{j+1, j}^s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_0^p \\ E_0^s \end{pmatrix}$$

[式 8]

ここで、d は液晶層の厚さであり、 λ は入射光の波長である。

【0019】

n_o^{eff} 、 n_e^{eff} は、[式 9] で表される。

10

20

30

【数 3 3】

$$n_e^{eff} = -\frac{\varepsilon_{xz}}{\varepsilon_{zz}} X + \sqrt{\frac{n_e^2 \cdot n_o^2}{\varepsilon_{zz}} - \frac{\varepsilon_{xx} \cdot \varepsilon_{zz} - \varepsilon_{xz}^2}{\varepsilon_{zz}^2} X^2}$$

$$n_o^{eff} = \sqrt{n_o^2 - X^2}$$

$$X = \sin \Theta$$

10

$$\varepsilon_{zz} = n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \cos^2 \theta$$

$$\varepsilon_{xx} = n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \sin^2 \theta$$

$$\varepsilon_{xz} = (n_e^2 - n_o^2) \sin \theta \cdot \cos \theta$$

[式 9]

ここで、 Θ は、入射光とVAセル表面の法線との間の角度である（図1、図2参照）。
 θ は、VAセル表面の法線と液晶層の遅相軸の間の角度である。 n_e 、 n_o は、液晶材料の屈折率であり、電場が液晶分子の長軸方向に平行な方向及び直交する方向の直線偏光に対するものである。

VAセルの場合、液晶分子の長軸方向はVAセル表面の法線に平行（基板面に垂直）に配向されているため、 $\theta = 0$ である。

従って、[式9]は[式10]となる。

【数 3 4】

$$n_e^{eff} = \frac{n_o}{n_e} \sqrt{n_e^2 - X^2}$$

30

$$n_o^{eff} = \sqrt{n_o^2 - X^2}$$

[式 1 0]

【0 0 2 0】

液晶層を通過した光は、その後何回か等方性媒質間の界面を通過し、最後にVAセルの外部、つまり空気へ出射する。

以上の過程による入射光の偏光状態の変化は、出射光の電場ベクトルを $\langle E_m \rangle$ とすると（液晶層及びVAセルの両側の空気も含めて $[m+1]$ 層の媒質層があったとする）、
 $\langle E_m \rangle$ は、[式11]で表される。

40

【数 3 5】

$$\begin{aligned}
 \langle \mathbf{E}_m \rangle &= \begin{pmatrix} \mathbf{E}_m^p \\ \mathbf{E}_m^s \end{pmatrix} = \prod_{k=1}^{m-1} \begin{pmatrix} t_{k+1, k}^p & 0 \\ 0 & t_{k+1, k}^s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{E}_1^p \\ \mathbf{E}_1^s \end{pmatrix} \\
 &= \begin{pmatrix} e^{i \frac{2\pi}{\lambda} n_{\text{eff}} \cdot d} \cdot \prod_{j=0}^{m-1} t_{j+1, j}^p & 0 \\ 0 & e^{i \frac{2\pi}{\lambda} n_o \text{eff} \cdot d} \cdot \prod_{j=0}^{m-1} t_{j+1, j}^s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{E}_0^p \\ \mathbf{E}_0^s \end{pmatrix} \\
 &= \begin{pmatrix} e^{i \frac{2\pi}{\lambda} n_{\text{eff}} \cdot d} \cdot t_p & 0 \\ 0 & e^{i \frac{2\pi}{\lambda} n_o \text{eff} \cdot d} \cdot t_s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{E}_0 \cdot \cos \alpha \\ \mathbf{E}_0 \cdot \sin \alpha \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

10

20

【式 1 1】

ここで、 t_p 、 t_s は、 p 偏光及び s 偏光に対する VA セル全体の振幅透過率であり、
 【式 1 2】で表される各界面での振幅透過率の積である。

【数 3 6】

$$t_p = \prod_{j=0}^{m-1} t_{j+1, j}^p$$

$$t_s = \prod_{j=0}^{m-1} t_{j+1, j}^s$$

30

【式 1 2】

【0 0 2 1】

透過軸が角度 θ の方向を向いた（透過軸方向が入射面に対して角度 θ 傾けられている）
 検光子 1 3 を介して、この出射光の強度 $I(\theta, \phi)$ を検出装置 1 4 で検出する場合、 $I(\theta, \phi)$ は【式 1 3】で表される。

なお、本明細書では、 $I(\theta, \phi)$ は、入射光の偏光方向（偏光子 1 1 の透過軸方向）を
 入射面から角度 θ の方向に向け、検光子 1 3 の透過軸方向を入射面から角度 ϕ の方向に向
 けた時の、透過光強度（検出装置 1 4 の検出信号）を示す。

40

【数 37】

$$\begin{aligned}
I(\omega, \alpha) &= \left| \begin{pmatrix} \cos^2 \omega & \sin \omega \cdot \cos \omega \\ \sin \omega \cdot \cos \omega & \sin^2 \omega \end{pmatrix} \langle E_m \rangle \right|^2 \\
&= |E_m^p \cdot \cos \omega + E_m^s \cdot \sin \omega|^2 \\
&= I_0 [t_p^2 \cdot \cos^2 \omega \cdot \cos^2 \alpha + t_s^2 \cdot \sin^2 \omega \cdot \sin^2 \alpha \\
&\quad + \frac{1}{2} t_p \cdot t_s \cdot \sin 2\omega \cdot \sin 2\alpha \cdot \cos \frac{2\pi}{\lambda} (n_e^{\text{eff}} - n_o^{\text{eff}}) d] \\
&= I_0 [T_p \cdot \cos^2 \omega \cdot \cos^2 \alpha + T_s \cdot \sin^2 \omega \cdot \sin^2 \alpha \\
&\quad + \frac{1}{2} \sqrt{T_p \cdot T_s} \cdot \sin 2\omega \cdot \sin 2\alpha \cdot \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} \Delta n^{\text{eff}} \cdot d \right)] \\
&= I_0 [T_p \cdot \cos^2 \omega \cdot \cos^2 \alpha + T_s \cdot \sin^2 \omega \cdot \sin^2 \alpha \\
&\quad + \frac{1}{2} \sqrt{T_p \cdot T_s} \cdot \sin 2\omega \cdot \sin 2\alpha \cdot \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} R \right)]
\end{aligned}$$

10

20

[式 13]

ここで、 I_0 は、検光子 13 の透過率で規格化した出射光の強度である。 $T_p = t_p^2$ 、 $T_s = t_s^2$ は、p 偏光、s 偏光に対する VA セル 12 の透過率である。 $n_e^{\text{eff}} - n_o^{\text{eff}}$ は、VA セル 12 の液晶層の複屈折率である。また、 $[R = n_e^{\text{eff}} \cdot d]$ は、VA セル 12 の液晶層のリタレーションである。

30

【0022】

液晶層のリタレーション R は、検出装置 14 で検出される透過光強度を用い、[式 13] により、液晶層のリタレーション R を変数として解析することにより求めることができる。

ここで、[式 13] は、p 偏光、s 偏光に対する VA セル 12 の透過率 T_p 、 T_s を含んでいる。このため、透過光強度を用いて、[式 13] から液晶層のリタレーションを求めるには、この VA セル 12 の透過率 T_p 、 T_s の具体的な値が必要である。

しかしながら、VA セル 12 の透過率 T_p 、 T_s の具体的な値を事前に得るためには、VA セル 12 の全ての部材の透過率を事前に把握しておく必要がある。実際の VA セル 12 には、ITO 製の透明電極やカラーフィルタ等の部材を有しており、全ての部材の透過率を事前に把握することは現実的でない。また、薄膜部材は、膜の製造条件によって屈折率などの光学特性が変化するため、事前に把握することが自体が現実的でない。

40

本発明では、VA セル 12 の透過率 T_p 、 T_s の値を必要とすることなく、液晶層のリタレーション R、したがって、液晶層の厚さ d を正確に検出することができる解析方法を提案する。

【0023】

以下に、図 1 及び図 2 に示すパラメータ検出装置を用いて、検出対象のパラメータ（本実施の形態では、VA セル 12 の液晶層のリタレーション R や厚さ d）を検出する方法の実施の形態を説明する。

50

[第 1 の実施の形態]

第 1 の実施の形態では、入射面に対する検光子 1 3 の透過軸方向の傾き角度（以下、「検光子 1 3 の透過軸方向」という）を任意の角度に設定し、入射面に対する偏光子 1 1 の透過軸方向の傾き角度（以下、「偏光子 1 1 の透過軸方向」という）を、入射面に平行（ $= 0^\circ$ ）及び直交（ $= 90^\circ$ ）とした時の透過光強度の比 r を利用して、V A セル 1 2（検出対象）のパラメータを検出する。

【 0 0 2 4 】

検光子 1 3 の透過軸方向を任意の角度 ω_0 に設定する（検光子 1 3 の透過軸方向を角度 ω_0 の方向に向ける）とともに、偏光子 1 1 の透過軸方向を 0° に設定した（偏光子 1 1 の透過軸方向を 0° に向けた）時の透過光強度（検出装置 1 4 の検出信号）を $I(\omega_0, 0^\circ)$ とする。 10

また、検光子 1 3 の透過軸方向を前記の任意の角度 ω_0 に設定するとともに、偏光子 1 1 の透過軸方向を 90° に設定した時の透過光強度を $I(\omega_0, 90^\circ)$ とする。

そして、透過光強度 $I(\omega_0, 0^\circ)$ と $I(\omega_0, 90^\circ)$ を用いて、[式 1 4] により、比 r を求める。

【 数 3 8 】

$$r = \frac{I(\omega_0, 90^\circ)}{I(\omega_0, 0^\circ)}$$

20

[式 1 4]

【 0 0 2 5 】

偏光子 1 1 の透過軸方向を任意の角度 α に、検光子 1 3 の透過軸方向を任意の角度 ω に設定した時の透過光強度 $I(\omega, \alpha)$ は、[式 1 4] の比 r を用いて、[式 1 5] で表される。

【 数 3 9 】

$$I(\omega, \alpha) = I_0 \cdot T_p \left[\cos^2 \omega \cdot \cos^2 \alpha \right. \\ \left. + r \cdot \cot^2 \omega_0 \cdot \sin^2 \omega \cdot \sin^2 \alpha \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \sqrt{r} \cdot \cot \omega_0 \cdot \sin 2\omega \cdot \sin 2\alpha \cdot \cos \left(\frac{2\pi R}{\lambda} \right) \right]$$

30

[式 1 5]

ここで、偏光子 1 1 の透過軸方向 α_1 と検光子 1 3 の透過軸方向 ω_1 のすくなくとも一方が異なる、少なくとも 2 つ以上の組み合わせ（相異なる少なくとも 2 つ以上の組み合わせ）に対する透過光強度、例えば、任意の角度 ω_1 と任意の角度 α_1 の組み合わせ（ ω_1, α_1 ）に対する透過光強度 $I(\omega_1, \alpha_1)$ と、任意の角度 ω_2 と任意の角度 α_2 の組み合わせ（ ω_2, α_2 ）に対する透過光強度 $I(\omega_2, \alpha_2)$ との比は、[式 1 6] で表される。 40

【数40】

$$\frac{I(\omega_1, \alpha_1)}{I(\omega_2, \alpha_2)} = \frac{P_1}{P_2}$$

$$P_1 = \cos^2 \omega_1 \cdot \cos^2 \alpha_1 + r \cdot \cot^2 \omega_0 \cdot \sin^2 \omega_1 \cdot \sin^2 \alpha_1$$

$$+ \frac{1}{2} \sqrt{r} \cdot \cot \omega_0 \cdot \sin 2\omega_1 \cdot \sin 2\alpha_1 \cdot \cos \left(\frac{2\pi R}{\lambda} \right)$$

10

$$P_2 = \cos^2 \omega_2 \cdot \cos^2 \alpha_2 + r \cdot \cot^2 \omega_0 \cdot \sin^2 \omega_2 \cdot \sin^2 \alpha_2$$

$$+ \frac{1}{2} \sqrt{r} \cdot \cot \omega_0 \cdot \sin 2\omega_2 \cdot \sin 2\alpha_2 \cdot \cos \left(\frac{2\pi R}{\lambda} \right)$$

[式16]

なお、(,)の相異なる組み合わせの選択方法としては、 のみが異なる組み合わせ 20
、例えば、(₁ , ₁)の組み合わせと(₁ , ₂)の組み合わせを選択する方法や、
のみが異なる組み合わせ、例えば、(₁ , ₁)の組み合わせと(₂ , ₁)の組み合わ
せを選択する方法を用いることができる。 ₁ ₂、 ₁ ₂でも構わない。

【0026】

[式16]は、VAセル12の液晶層の透過率 T_p 、 T_s を含んでいない。また、 ₁
、 ₂、 ₀、 ₁、 ₂ は既知であり、入射光の波長 λ も既知である。すなわち、[式
16]では、変数はVAセル12の液晶層のリタレーションRのみである。

したがって、 $I(\omega_1, \alpha_1)$ と $I(\omega_2, \alpha_2)$ を検出装置14により検出(測定)し、
検出(測定)した $I(\omega_1, \alpha_1)$ と $I(\omega_2, \alpha_2)$ を用いて、[式16]により、VAセ
ル12の液晶層のリタレーションRを求めることができる。 30

なお、[液晶層のリタレーション $R = n^{e f f} \cdot d$]であり、液晶層の複屈折率 $n^{e f f}$
 $n^{e f f}$ は、[式9]、[式10]に示されているように、液晶層の常光に対する常光屈折
率 n_o と異常光に対する異常光屈折率 n_e で表される。

したがって、[式16]により求めたVAセル12の液晶層のリタレーションRを、V
Aセル12の液晶層の複屈折率 $n^{e f f}$ で除算することによって、VAセル12の液晶
層の厚さdを求めることができる。

以上では、[式14]で比rの具体的に値を求めた。しかしながら、[式15]あるい
は[式16]中のrに[式14]を代入した数式を使用することにより、rの具体的な値
を求める必要がなくなる。

また、[式15]中の未知な変数は、リタレーションRと係数 $I_0 \cdot T_p$ の2つである 40
。このため、検光子13の透過軸方向が入射面に対して任意の角度 θ 傾き、偏光方向が入
射面に対して任意の角度 ϕ 傾いている時の透過光強度 $I(\theta, \phi)$ を、 I_0 あるいは T_p の少な
くとも一方が異なる、少なくとも2つ以上の θ と ϕ の組み合わせ(θ_1, ϕ_1)に対して検出
し、検出した透過光強度 $I(\theta_1, \phi_1)$ を[式15]による計算値と比較することにより、液
晶層のリタレーションRを求めることができる。比較には、例えば、最小二乗法を用いる
ことができる。

【0027】

本実施の形態の手順を以下に説明する。

(ステップ1)

VAセル12を、図1に示すパラメータ検出装置に、入射光の進行方向に対して角度 50

傾けて設置する。

例えば、VAセル12を図1に示すパラメータ検出装置の支持部(図示省略)に配設する。そして、駆動装置12aにより、y軸に平行な軸を回転軸として支持部を回転させ、入射光の進行方向(z軸方向)とVAセル12の基板面の法線方向との間の角度を θ_0 に設定する。

あるいは、入射光の進行方向に対して角度 θ_0 傾けられている支持部にVAセル12を支持させる(配設)。この場合には、駆動装置12aは省略することができる。

【0028】

(ステップ2)

検光子13の透過軸方向を任意の角度 ω_0 の方向に向けた状態で、偏光子11の透過軸方向を 0° の方向に向けた時の透過光強度 $I^m(\omega_0, 0^\circ)$ と、偏光子11の透過軸方向を 90° の方向に向けた時の透過光強度 $I^m(\omega_0, 90^\circ)$ を検出する。

例えば、駆動装置13aにより、z軸(光の進行方向)に平行な軸を回転軸としてxy平面内で検光子13を回転させ、検光子13の透過軸方向 ω_0 を任意の角度 ω_0 に設定する。

この状態で、駆動装置11aにより、z軸(光の進行方向)に平行な軸をを回転軸としてxy平面内で偏光子11を回転させ、偏光子11の透過軸方向 θ_0 を 0° に設定する。そして、この時の検出装置14の検出信号を透過光強度 $I^m(\theta_0, 0^\circ)$ とする。

さらに、駆動装置11aにより偏光子11を回転させ、偏光子11の透過軸方向 θ_0 を 90° に設定する。そして、この時の検出装置14の検出信号を透過光強度 $I^m(\theta_0, 90^\circ)$ とする。

(ステップ3)

ステップ2で検出した透過光強度 $I^m(\omega_0, 0^\circ)$ と $I^m(\omega_0, 90^\circ)$ を用いて、[式17]により比rを求める。

【数41】

$$r = \frac{I^m(\omega_0, 90^\circ)}{I^m(\omega_0, 0^\circ)}$$

[式17]

【0029】

(ステップ4)

偏光子11の透過軸方向を任意の角度 θ_1 の方向に、検光子13の透過軸方向を任意の角度 ω_1 の方向に向けた時の透過光強度 $I^m(\theta_1, \omega_1)$ と、偏光子11の透過軸方向を任意の角度 θ_2 の方向に、検光子13の透過軸方向を任意の角度 ω_2 の方向に向けた時の透過光強度 $I^m(\theta_2, \omega_2)$ を検出する。なお、 θ_1 と θ_2 及び ω_1 と ω_2 は、少なくとも一方が異なっていればよい。

例えば、駆動装置11aにより、z軸(光の進行方向)に平行な軸を回転軸として偏光子11を回転させ、偏光子11の透過軸方向 θ_1 を任意の角度 θ_1 に設定する。

この状態で、駆動装置13aにより、z軸(光の進行方向)に平行な軸を回転軸として検光子13を回転させ、検光子13の透過軸方向 ω_1 を任意の角度 ω_1 に設定する。そして、この時の検出装置14の検出信号を透過光強度 $I^m(\theta_1, \omega_1)$ とする。

さらに、駆動装置11aにより偏光子11を回転させ、偏光子11の透過軸方向 θ_2 を任意の角度 θ_2 に設定する。

この状態で、駆動装置13aにより回転させ、検光子13の透過軸方向 ω_2 を任意の角度 ω_2 に設定する。そして、この時の検出装置14の検出信号を透過光強度 $I^m(\theta_2, \omega_2)$ とする。

【0030】

(ステップ5)

10

20

30

40

50

ステップ4で検出した透過光強度 $I^m(\theta_1, \alpha_1)$ と $I^m(\theta_2, \alpha_2)$ を用い、[式18]によりVAセル12の液晶層のリタレーションRを求める。

【数42】

$$\frac{I^m(\omega_1, \alpha_1)}{I^m(\omega_2, \alpha_2)} = \frac{P_1}{P_2}$$

$$P_1 = \cos^2 \omega_1 \cdot \cos^2 \alpha_1 + r \cdot \cot^2 \omega_0 \cdot \sin^2 \omega_1 \cdot \sin^2 \alpha_1$$

$$+ \frac{1}{2} \sqrt{r} \cdot \cot \omega_0 \cdot \sin 2\omega_1 \cdot \sin 2\alpha_1 \cdot \cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right)$$

10

$$P_2 = \cos^2 \omega_2 \cdot \cos^2 \alpha_2 + r \cdot \cot^2 \omega_0 \cdot \sin^2 \omega_2 \cdot \sin^2 \alpha_2$$

$$+ \frac{1}{2} \sqrt{r} \cdot \cot \omega_0 \cdot \sin 2\omega_2 \cdot \sin 2\alpha_2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right)$$

[式18]

20

(ステップ6)

VAセル12の液晶層の厚さdを求める場合には、ステップ5で求めたVAセル12の液晶層のリタレーションRを、VAセル12の液晶層の複屈折率 ($n_e^{\text{eff}} = n_o^{\text{eff}} - n_e^{\text{eff}}$) ([式9]、[式10]参照)で除算する。

【0031】

以上では、 θ_1 、 α_1 の少なくとも一方が異なる、少なくとも2つ以上の θ_2 、 α_2 の組み合わせ (θ_1, α_1) に対する透過光強度を用い、[式15]や[式16]により、VAセルの液晶層のリタレーションを求めたが、[式15]や[式16]より簡単な式は用いて液晶層のリタレーションを求めることもできる。

以下に、簡単な式を用いて液晶層のリタレーションを検出することができる検出方法を説明する。

30

まず、[式14]で求めた比rから、[式19]を用いて角度 γ を求める。

【数43】

$$\gamma = \tan^{-1} \sqrt{\frac{\tan^2 \omega_0}{r}}$$

[式19]

【0032】

ここで、偏光子11の透過光方向を[式19]で求めた角度 γ の方向に向け、検光子13の透過軸方向を角度 θ_3 の方向に向けた時の透過光強度 $I(\theta_3, \alpha_3)$ は、[式20]で表される。

40

【数44】

$$I(\omega, \gamma) = I_0 \frac{T_p \cdot T_s}{T_p + T_s} \left[1 + \sin 2\omega \cdot \cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right) \right]$$

[式20]

これにより、偏光子11の透過軸方向 θ_1 を角度 θ_1 に、検光子13の透過軸方向 θ_3 を任意の角度 θ_3 に設定した時の透過光強度 $I(\theta_1, \alpha_1)$ と、偏光子11の透過軸方向 θ_1 を角度 θ_1

50

に、検光子 1 3 の透過軸方向 を任意の角度 α_2 (α_1) に設定した時の透過光強度 $I(\alpha_2, \gamma)$ との比は、[式 2 1] で表される。

【数 4 5】

$$\frac{I(\alpha_1, \gamma)}{I(\alpha_2, \gamma)} = \frac{1 + \sin 2\omega_1 \cdot \cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right)}{1 + \sin 2\omega_2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right)}$$

[式 2 1]

10

【0033】

また、検光子 1 3 の透過軸方向を [式 1 9] で求めた角度 α の方向に向け、偏光子 1 1 の透過軸方向を角度 α の方向に向けた時の透過光強度 $I(\alpha, \gamma)$ は、[式 2 2] で表される。

【数 4 6】

$$I(\gamma, \alpha) = I_0 \frac{T_p \cdot T_s}{T_p + T_s} \left[1 + \sin 2\alpha \cdot \cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right) \right]$$

[式 2 2]

20

これにより、検光子 1 3 の透過軸方向 を角度 α_1 に、偏光子 1 1 の透過軸方向 を任意の角度 α_2 に設定した時の透過光強度 $I(\alpha_1, \gamma)$ と、検光子 1 3 の透過軸方向 を角度 α_2 に、偏光子 1 1 の透過軸方向 を任意の角度 α_1 に設定した時の透過光強度 $I(\alpha_2, \gamma)$ との比は、[式 2 3] で表される。

【数 4 7】

$$\frac{I(\gamma, \alpha_1)}{I(\gamma, \alpha_2)} = \frac{1 + \sin 2\alpha_1 \cdot \cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right)}{1 + \sin 2\alpha_2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right)}$$

[式 2 3]

30

【0034】

このように、偏光子 1 1 の透過軸方向あるいは検光子 1 3 の透過軸方向を、[式 1 9] で求められる角度 α の方向に向けた状態で、検光子 1 3 の透過軸方向を相異なる少なくとも 2 つ以上の任意の角度に設定した時の透過光強度、あるいは、偏光子 1 1 の透過軸方向を相異なる少なくとも 2 つ以上の任意の角度に設定した時の透過光強度を用いることにより、[式 1 5] や [式 1 6] より簡略な [式 2 0] ~ [式 2 3] を用いて液晶層のリタデーション R を求めることができる。

【0035】

第 1 の実施の形態は、VAセル 1 2 に斜めに光を入射させる場合の VAセル 1 2 の透過率 T_p 、 T_s を考慮しているため、VAセル 1 2 の透過率に偏光依存性がある場合でも ($T_p \neq T_s$)、VAセルの液晶層のリタデーション R や厚さ d を正確に検出することができる。一方、[式 1 6] や [式 2 1]、[式 2 3] から明らかなように、第 1 の実施の形態では、これらの透過率 T_p 、 T_s の値を必要とせずに、VAセル 1 2 の液晶層のリタデーション R や厚さ d を求める (検出する) ことができる。

したがって、VAセル 1 2 のパラメータである、VAセル 1 2 の液晶層のリタデーション R や厚さ d を簡単に、正確に検出することができる。

40

【 0 0 3 6 】

[第 2 の実施の形態]

偏光子の透過軸方向を、検光子の透過軸方向をとした時の透過光強度を表す [式 1 3] は、とを入れ替えても全く変化しない。すなわち、第 1 の実施の形態で説明した偏光子を検光子に、検光子を偏光子に置き換えることができる。

第 2 の実施の形態では、偏光子 1 1 の透過軸方向を任意の角度に設定し、検光子 1 3 の透過軸方向を、入射面に平行 (= 0 °) 及び直交 (= 9 0 °) に設定した時の透過光強度の比 r を利用して、VA セル 1 2 (検出対象) のパラメータを検出する。

【 0 0 3 7 】

偏光子 1 1 の透過軸方向を任意の角度 α_0 に設定する (偏光子 1 1 の透過軸方向を角度 α_0 の方向に向ける) とともに、検光子 1 3 の透過軸方向を 0° に設定した (検光子 1 3 の透過軸方向を 0° の方向に向けた) 時の透過光強度 (検出装置 1 4 の検出信号) を $I(0^\circ, \alpha_0)$ とする。

また、偏光子 1 1 の透過軸方向を前記の任意の角度 α_0 に設定するとともに、検光子 1 3 の透過軸方向を 90° に設定した時の透過光強度を $I(90^\circ, \alpha_0)$ とする。

そして、透過光強度 $I(0^\circ, \alpha_0)$ と $I(90^\circ, \alpha_0)$ を用いて、[式 2 4] により、比 r を求める。

【 数 4 8 】

$$r = \frac{I(90^\circ, \alpha_0)}{I(0^\circ, \alpha_0)} \quad 20$$

[式 2 4]

【 0 0 3 8 】

偏光子 1 1 の透過軸方向を任意の角度 α_0 に、検光子 1 3 の透過軸方向を任意の角度 α に設定した時の透過光強度 $I(\alpha, \alpha_0)$ は、[式 2 4] で求められる r を用いて、[式 2 5] で表される。

【 数 4 9 】

$$I(\omega, \alpha) = I_0 \cdot T_p \left[\cos^2 \omega \cdot \cos^2 \alpha + r \cdot \cot^2 \alpha_0 \cdot \sin^2 \omega \cdot \sin^2 \alpha + \frac{1}{2} \sqrt{r} \cdot \cot \alpha_0 \cdot \sin 2\omega \cdot \sin 2\alpha \cdot \cos \left(\frac{2\pi R}{\lambda} \right) \right] \quad 30$$

40

[式 2 5]

ここで、偏光子 1 1 の透過軸方向と検光子 1 3 の透過軸方向のすくなくとも一方が異なる、少なくとも 2 つ以上の組み合わせ (相異なる少なくとも 2 つ以上の組み合わせ) に対する透過光強度、例えば、任意の角度 α_1 と任意の角度 α_2 の組み合わせ (α_1, α_2) に対する透過光強度 $I(\alpha_1, \alpha_2)$ と、任意の角度 α_2 と任意の角度 α_1 の組み合わせ (α_2, α_1) に対する透過光強度 $I(\alpha_2, \alpha_1)$ との比は、[式 2 6] で表される。

【数50】

$$\frac{I(\omega_1, \alpha_1)}{I(\omega_2, \alpha_2)} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

$$Q_1 = \cos^2 \omega_1 \cdot \cos^2 \alpha_1 + r \cdot \cot^2 \alpha_0 \cdot \sin^2 \omega_1 \cdot \sin^2 \alpha_1$$

$$+ \frac{1}{2} \sqrt{r} \cdot \cot \alpha_0 \cdot \sin 2\omega_1 \cdot \sin 2\alpha_1 \cdot \cos \left(\frac{2\pi R}{\lambda} \right)$$

10

$$Q_2 = \cos^2 \omega_2 \cdot \cos^2 \alpha_2 + r \cdot \cot^2 \alpha_0 \cdot \sin^2 \omega_2 \cdot \sin^2 \alpha_2$$

$$+ \frac{1}{2} \sqrt{r} \cdot \cot \alpha_0 \cdot \sin 2\omega_2 \cdot \sin 2\alpha_2 \cdot \cos \left(\frac{2\pi R}{\lambda} \right)$$

【式26】

なお、() の相異なる組み合わせの選択方法としては、 のみが異なる組み合わせ、例えば、() の組み合わせと() の組み合わせを選択する方法や、 のみが異なる組み合わせ、例えば、() の組み合わせと() の組み合わせを選択する方法を用いることができる。 、 とも構わない。

20

【0039】

【式26】は、【式16】と同様に、VAセル12の液晶層の透過率 T_p 、 T_s を含んでいない。このため、【式26】では、変数はVAセル12の液晶層のリタデーションRのみである。

したがって、 $I(\alpha_1, \alpha_1)$ と $I(\alpha_2, \alpha_2)$ を検出装置14により検出し、検出した $I(\alpha_1, \alpha_1)$ と $I(\alpha_2, \alpha_2)$ を用いて、【式26】により、VAセル12の液晶層のリタデーションRを求めることができる。

また、【式26】により求めたVAセル12の液晶層のリタデーションRを、VAセル12の液晶層の複屈折率 $n^e f f$ で除算することによって、VAセル12の液晶層の厚さdを求めることができる。

30

以上では、【式24】でrの具体的に値を求めた。しかしながら、【式25】あるいは【式26】中のrに【式24】を代入した数式を使用することにより、rの具体的な値を求める必要がなくなる。

また、【式25】中の未知な変数は、リタデーションRと係数 $I_0 \cdot T_p$ の2つである。このため、検光子13の透過軸方向が入射面に対して任意の角度 傾き、直線偏光の偏光方向が入射面に対して任意の角度 傾いている時の透過光強度 $I(\alpha, \alpha)$ を、あるいは の少なくとも一方が異なる、少なくとも2つ以上の と の組み合わせ() に対して検出し、検出した透過光強度 $I(\alpha, \alpha)$ を【式25】による計算値と比較することにより、液晶層のリタデーションRを求めることができる。比較には、例えば、最小二乗法を用いることができる。

40

【0040】

本実施の形態の手順を以下に説明する。

(ステップ1)

VAセル12を、図1に示すパラメータ検出装置に、入射光の進行方向(z軸方向)に対して角度 傾けて設置する。

(ステップ2)

偏光子11の透過軸方向 を任意の角度 θ_0 に設定した状態で、検光子13の透過軸方向 を 0° に設定した時の透過光強度 $I^m(0^\circ, \theta_0)$ と、検光子13の透過軸方向 を

50

90°に設定した時の透過光強度 $I^m(90^\circ, \alpha_0)$ を検出する。

(ステップ3)

ステップ2で検出した透過光強度 $I^m(0^\circ, \alpha_0)$ と $I^m(90^\circ, \alpha_0)$ を用いて、[式27]により比 r を求める。

【数51】

$$r = \frac{I^m(90^\circ, \alpha_0)}{I^m(0^\circ, \alpha_0)}$$

[式27]

10

【0041】

(ステップ4)

偏光子11の透過軸方向 θ_1 を任意の角度 θ_1 に、検光子13の透過軸方向 θ_2 を任意の角度 θ_2 に設定した時の透過光強度 $I^m(\theta_1, \alpha_1)$ と、偏光子11の透過軸方向 θ_1 を任意の角度 θ_2 に、検光子13の透過軸方向 θ_2 に設定した時の透過光強度 $I^m(\theta_2, \alpha_2)$ を検出する。なお、 θ_1 と θ_2 及び α_1 と α_2 は、少なくとも一方が異なっていればよい。

(ステップ5)

ステップ4で検出した透過光強度 $I^m(\theta_1, \alpha_1)$ と $I^m(\theta_2, \alpha_2)$ を用い、[式28]により、VAセル12の液晶層のリタレーション R を求める。

20

【数52】

$$\frac{I^m(\omega_1, \alpha_1)}{I^m(\omega_2, \alpha_2)} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

$$Q_1 = \cos^2 \omega_1 \cdot \cos^2 \alpha_1 + r \cdot \cot^2 \alpha_0 \cdot \sin^2 \omega_1 \cdot \sin^2 \alpha_1$$

$$+ \frac{1}{2} \sqrt{r} \cdot \cot \alpha_0 \cdot \sin 2\omega_1 \cdot \sin 2\alpha_1 \cdot \cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right)$$

30

$$Q_2 = \cos^2 \omega_2 \cdot \cos^2 \alpha_2 + r \cdot \cot^2 \alpha_0 \cdot \sin^2 \omega_2 \cdot \sin^2 \alpha_2$$

$$+ \frac{1}{2} \sqrt{r} \cdot \cot \alpha_0 \cdot \sin 2\omega_2 \cdot \sin 2\alpha_2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right)$$

[式28]

(ステップ6)

VAセル12の液晶層の厚さ d を求める場合には、ステップ5で求めたVAセル12の液晶層のリタレーション R を、VAセル12の液晶層の複屈折率 ($n_{ef} = n_e - n_o$) で除算する。

40

【0042】

以上では、 θ_1 、 θ_2 の少なくとも一方が異なる、少なくとも2つ以上 α_1 と α_2 の組み合わせ (θ_1, α_1) に対する透過光強度を用い、[式25]や[式26]により、VAセルの液晶のリタレーション R を求めたが、[式25]や[式26]より簡略な式を用いて液晶層のリタレーション R を求めることもできる。

以下に、簡単な式を用いて液晶層のリタレーションを検出する検出方法を説明する。

まず、[式24]で求めた比 r から、[式29]を用いて角度 θ を求める。

50

【数53】

$$\gamma = \tan^{-1} \sqrt{\frac{\tan^2 \alpha_0}{r}}$$

[式29]

【0043】

ここで、偏光子11の透過光方向を[式29]で求めた角度 γ の方向に向け、検光子13の透過軸方向を角度 θ_1 の方向に向けた時の透過光強度 $I(\theta_1, \gamma)$ は、[式22]で表される。

10

これにより、偏光子11の透過軸方向を角度 θ_1 に、検光子13の透過軸方向を任意の角度 θ_2 に設定した時の透過光強度 $I(\theta_1, \theta_2)$ と、偏光子11の透過軸方向を角度 θ_1 に、検光子13の透過軸方向を任意の角度 θ_2 に設定した時の透過光強度 $I(\theta_2, \theta_1)$ との比は、[式19]で表される。

【0044】

また、検光子13の透過軸方向を角度 θ_2 の方向に向け、偏光子11の透過軸方向を角度 θ_1 の方向に向けた時の透過光強度 $I(\theta_1, \theta_2)$ は、[式20]で表される。

これにより、検光子13の透過軸方向を角度 θ_2 に、偏光子11の透過軸方向を任意の角度 θ_1 に設定した時の透過光強度 $I(\theta_1, \theta_2)$ と、検光子13の透過軸方向を角度 θ_2 に、偏光子11の透過軸方向を任意の角度 θ_1 に設定した時の透過光強度 $I(\theta_2, \theta_1)$ との比は、[式23]で表される。

20

【0045】

このように、偏光子11の透過軸方向あるいは検光子13の透過軸方向を、[式29]で求められる角度 γ の方向に向けた状態で、検光子13の透過軸方向を相異なる少なくとも2つ以上の任意の角度に設定した時の透過光強度、あるいは、偏光子11の透過軸方向を相異なる少なくとも2つ以上の任意の角度に設定した時の透過光強度を用いることにより、[式25]や[式26]より簡略な[式20]～[式23]を用いて液晶層のリタレーションRを求めることができる。

【0046】

第2の実施の形態は、第1の実施の形態と同様に、VAセル12に斜めに光を入射させる場合のVAセル12の透過率 T_p 、 T_s を考慮しているため、VAセル12の透過率に偏光依存性がある場合でも($T_p \neq T_s$)、VAセルの液晶層のリタレーションRや厚さdを正確に検出することができる。その上、これらの透過率 T_p 、 T_s の値を必要とせず、VAセル12の液晶層のリタレーションRや厚さdを求めることができる。

30

したがって、VAセル12のパラメータである、VAセル12の液晶層のリタレーションRや厚さを簡単に、正確に検出することができる。

【0047】

[第3の実施の形態]

第1の実施の形態または第2の実施の形態では、透過光強度の比 r を求めるために、検光子13の透過軸方向 θ_2 あるいは偏光子11の透過軸方向 θ_1 を特定の方向に設定したが、偏光子11の透過軸方向 θ_1 や検光子13の透過軸方向 θ_2 の設定操作を容易にすることもできる。

40

第3の実施の形態では、偏光子11の透過軸方向 θ_1 を任意の角度に設定した状態で、検光子13の透過軸方向 θ_2 を、任意の相異なる3つ以上の角度に設定した時の透過光強度を用いて、VAセル12の液晶層のリタレーションRを直接検出する。

【0048】

偏光子1の透過軸方向を θ_1 、検光子13の透過軸方向を θ_2 とした時の透過光強度を表す[式13]は、[式30]のように書き換えることができる。

【数54】

$$I(\omega, \alpha) = A \cdot \cos^2 \omega + B \cdot \sin^2 \omega + C \cdot \sin 2\omega$$

$$A = I_0 \cdot T_p \cdot \cos^2 \alpha$$

$$B = I_0 \cdot T_s \cdot \sin^2 \alpha$$

$$C = \frac{I_0}{2} \sqrt{T_p \cdot T_s} \cdot \sin 2\alpha \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} R\right)$$

10

【式30】

【0049】

【式30】では、偏光子11の透過軸方向、検光子13の透過軸方向は既知であるが、 $I_0 \cdot T_p$ 、 $I_0 \cdot T_s$ 、 R 、 A 、 B 、 C が未知である。

ここで、3つの変数 A 、 B 、 C は、偏光子11の透過軸方向を任意の角度に設定した状態で、検光子13の透過軸方向を、少なくとも3つ以上の相異なる角度に設定した時の透過光強度と【式31】を比較することによって求めることができる。例えば、検光子13の透過軸方向を3つの異なる角度 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 [θ_i ($i=1, 2, 3$)]に設定した時の3つの透過光強度 $I(\theta_1, \alpha)$ 、 $I(\theta_2, \alpha)$ 、 $I(\theta_3, \alpha)$ [$I(\theta_i, \alpha)$ ($i=1, 2, 3$)]と【式31】を比較することによって変数 A 、 B 、 C を求めることができる。比較方法としては、例えば、最小二乗法を用いることができる。

20

【数55】

$$I(\omega_i, \alpha) = A \cdot \cos^2 \omega_i + B \cdot \sin^2 \omega_i + C \cdot \sin 2\omega_i$$

【式31】

30

そして、求めた変数 A 、 B 、 C を用いて、【式32】によりVAセル12の液晶層のリタデーション R を求めることができる。

【数56】

$$\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} R\right) = \frac{C}{\sqrt{AB}}$$

【式32】

【0050】

なお、検光子13の透過軸方向を3つの透過軸方向 $\theta_1 \sim \theta_3$ に設定した時の3つの透過光強度を用いて3つの変数 A 、 B 、 C を求める場合、3つの透過軸方向 $\theta_1 \sim \theta_3$ の中に 45° と 135° が同時に含まれていると、3つの透過光強度だけでは3つの変数 A 、 B 、 C を求めることができない。この場合には、検光子13の透過軸方向を4つ以上の角度に設定した時の4つ以上の透過光強度を用いる。

40

また、偏光子11の透過軸方向を 0° あるいは 90° に設定すると、変数 C が常に「0」となる。このため、偏光子11の透過軸方向は、 0° 及び 90° 以外の角度に設定する必要がある。

【0051】

本実施の形態の手順を以下に説明する。

(ステップ1)

50

V Aセル12を、図1に示すパラメータ検出装置に、入射光の進行方向に対して角度傾けて設置する。

(ステップ2)

偏光子11の透過軸方向を 0° 及び 90° 以外の任意の角度に設定した状態で、検光子13の透過軸方向を異なる3つの角度 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 (45° と 135° を同時に含まない)に設定した時の透過光強度 $I^m(\theta_1, \alpha)$ 、 $I^m(\theta_2, \alpha)$ 、 $I^m(\theta_3, \alpha)$ を検出する。

(ステップ3)

ステップ2で検出した透過光強度 $I^m(\theta_i, \alpha)$ ($i = 1, 2, 3$)と[式33]で表される透過光強度 $I^m(\theta_i, \alpha)$ ($i = 1, 2, 3$)を比較することによって、変数 A^m 、 B^m 、 C^m を求める。

【数57】

$$I^m(\omega_i, \alpha) = A^m \cdot \cos^2 \omega_i + B^m \cdot \sin^2 \omega_i + C^m \cdot \sin 2\omega_i$$

[式33]

(ステップ4)

ステップ3で求めた変数 A^m 、 B^m 、 C^m を用いて、[式34]によりV Aセル12の液晶層のリタレーションRを求める。

【数58】

$$\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}R\right) = \frac{C^m}{\sqrt{A^m \cdot B^m}}$$

[式34]

(ステップ5)

V Aセル12の液晶層の厚さdを求める場合には、ステップ4で求めたV Aセル12の液晶層のリタレーションRを、V Aセル12の液晶層の複屈折率($n_e^{\text{eff}} = n_o^{\text{eff}} + \frac{1}{2}(n_e^{\text{eff}} - n_o^{\text{eff}}) \cos 2\theta$)で除算する。

【0052】

第3の実施の形態は、第1及び第2の実施の形態と同様に、V Aセル12に斜めに光を入射させる場合のV Aセル12の透過率 T_p 、 T_s を考慮しているため、V Aセル12の透過率に偏光依存性がある場合でも($T_p \neq T_s$)、V Aセルの液晶層のリタレーションRや厚さdを正確に検出することができる。その上、これらの透過率 T_p 、 T_s の値を必要とせず、V Aセル12の液晶層のリタレーションRや厚さdを求めることができる。

したがって、V Aセル12のパラメータである、V Aセル12の液晶層のリタレーションRや厚さを簡単に、正確に検出することができる。

また、第3の実施の形態は、第1の実施の形態と比べて、偏光子11の透過軸方向や検光子13の透過軸方向を任意の角度に設定することができる。

このため、偏光子11の透過軸方向や検光子13の透過軸方向の設定が容易であり、透過光強度の検出時間を短縮することができる。

【0053】

[第4の実施の形態]

第3の実施の形態では、検光子13の透過軸方向を3以上の異なる角度 θ_i ($i = 1, 2, 3, \dots$)に設定した時の透過光強度 $I(\theta_i, \alpha)$ ($i = 1, 2, 3, \dots$)を用いて変数A、B、Cを求めたが、角度 θ_i として適切な角度を用いることにより変数A、B、Cを求める処理を省略することができる。

第4の実施の形態では、偏光子11の透過軸方向を任意の角度に設定した状態で、検光子13の透過軸方向を任意の角度 θ_1 に設定した時の透過光強度 $I(\theta_1, \alpha)$ と、検

10

20

30

40

50

光子の透過軸方向 を角度 $\theta_2 (= \theta_1 + 90^\circ)$ に設定した時の透過光強度 $I(\theta_2, \alpha)$ と、検光子の透過軸方向 を角度 $\theta_3 (= \theta_1 + 45^\circ)$ に設定した時の透過光強度 $I(\theta_3, \alpha)$ を用いて、VAセル12の液晶層のリタデーションRを直接検出する。

【0054】

偏光子の透過光強度を任意の角度 α に設定した状態で、検光子13の透過光強度 を任意の角度 θ_1 、 $\theta_2 = \theta_1 + 90^\circ$ 、 $\theta_3 = \theta_1 + 45^\circ$ 、 $\theta_4 = \theta_1 + 135^\circ$ に設定した時の透過光強度を $I(\theta_1, \alpha)$ 、 $I(\theta_2, \alpha)$ 、 $I(\theta_3, \alpha)$ 、 $I(\theta_4, \alpha)$ とすると、[式30]は[式35]で表される。

【数59】

$$I(\omega_1, \alpha) = A \cdot \cos^2 \omega_1 + B \cdot \sin^2 \omega_1 + C \cdot \sin 2\omega_1 \quad 10$$

$$I(\omega_2, \alpha) = A \cdot \sin^2 \omega_1 + B \cdot \cos^2 \omega_1 - C \cdot \sin 2\omega_1$$

$$I(\omega_3, \alpha) = \frac{1}{2} \left[(A+B) - (A-B) \sin 2\omega_1 + 2C \cdot \cos 2\omega_1 \right]$$

$$I(\omega_4, \alpha) = \frac{1}{2} \left[(A+B) + (A-B) \sin 2\omega_1 - 2C \cdot \cos 2\omega_1 \right] \quad 20$$

$$A = I_0 \cdot T_p \cdot \cos^2 \alpha$$

$$B = I_0 \cdot T_s \cdot \sin^2 \alpha$$

$$C = \frac{I_0}{2} \sqrt{T_p \cdot T_s} \cdot \sin 2\alpha \cdot \cos \left(\frac{2\pi R}{\lambda} \right)$$

30

[式35]

【0055】

したがって、3つの透過光強度 $I(\theta_1, \alpha)$ 、 $I(\theta_2, \alpha)$ 、 $I(\theta_3, \alpha)$ を用いて、[式36]によりVAセル12の液晶層のリタデーションRを直接求めることができる。

【数60】

$$\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}R\right) = \frac{N_1}{\sqrt{N_2 - \left(\frac{N_3}{2\cos 2\omega_1}\right)^2}}$$

$$N_1 = [2I(\omega_3, \alpha) - (1 - \tan 2\omega_1) \cdot I(\omega_1, \alpha) - (1 + \tan 2\omega_1) \cdot I(\omega_2, \alpha)] \cos 2\omega_1$$

10

$$N_2 = [I(\omega_1, \alpha) + I(\omega_2, \alpha)]^2$$

$$N_3 = (2 + \sin 4\omega_1 - 2\sin^2 2\omega_1) \cdot I(\omega_1, \alpha) - (2 - \sin 4\omega_1 - 2\sin^2 2\omega_1) \cdot I(\omega_2, \alpha) - 2I(\omega_3, \alpha) \cdot \sin 4\omega_1$$

20

[式36]

また、[式36]により求めたVAセル12の液晶層のリタレーションRを、VAセル12の液晶層の複屈折率 n^{eff} で除算することによって、VAセル12の液晶層の厚さdを求めることができる。

【0056】

本実施の形態の手順を以下に説明する。

(ステップ1)

VAセル12を、図1に示すパラメータ検出装置に、入射光の進行方向に対して角度傾けて設置する。

30

(ステップ2)

偏光子11の透過軸方向を 0° 及び 90° 以外の任意の角度に設定した状態で、検光子13の透過軸方向を任意の角度 θ_1 に設定した時の透過光強度 $I^m(\theta_1, \alpha)$ と、検光子の透過軸方向を角度 $\theta_2 (= \theta_1 + 90^\circ)$ に設定した時の透過光強度 $I^m(\theta_2, \alpha)$ と、検光子の透過軸方向を角度 $\theta_3 (= \theta_1 + 45^\circ)$ に設定した時の透過光強度 $I^m(\theta_3, \alpha)$ を検出する。

(ステップ3)

ステップ2で検出した透過光強度 $I^m(\theta_1, \alpha)$ 、 $I^m(\theta_2, \alpha)$ 、 $I^m(\theta_3, \alpha)$ を用いて、[式37]によりVAセル12の液晶層のリタレーションRを求める。

40

【数61】

$$\cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right) = \frac{n_1}{\sqrt{n_2 - \left(\frac{n_3}{2 \cos 2\omega_1}\right)^2}}$$

$$n_1 = [2 I^m(\omega_3, \alpha) - (1 - \tan 2\omega_1) \cdot I^m(\omega_1, \alpha) - (1 + \tan 2\omega_1) \cdot I^m(\omega_2, \alpha)] \cos 2\omega_1$$

10

$$n_2 = [I^m(\omega_1, \alpha) + I^m(\omega_2, \alpha)]^2$$

$$n_3 = (2 + \sin 4\omega_1 - 2 \sin^2 2\omega_1) \cdot I^m(\omega_1, \alpha) - (2 - \sin 4\omega_1 - 2 \sin^2 2\omega_1) \cdot I^m(\omega_2, \alpha) - 2 I^m(\omega_3, \alpha) \cdot \sin 4\omega_1$$

20

[式37]

(ステップ4)

VAセル12の液晶層の厚さdを求める場合には、ステップ3で求めたVAセル12の液晶層のリタレーションRを、VAセル12の液晶層の複屈折率 ($n_{eff} = n_e \cdot e^f - n_o \cdot e^f$) で除算する。

【0057】

[第5の実施の形態]

第4の実施の形態では、検光子13の透過軸方向を任意の角度 θ_1 、 $\theta_2 = \theta_1 + 90^\circ$ 、 $\theta_3 = \theta_1 + 45^\circ$ に設定することにより変数A、B、Cを求める処理を省略したが、検光子13の透過軸方向をこれ以外の角度に設定することによっても変数A、B、Cを求める処理を省略することができる。

第5の実施の形態では、偏光子11の透過軸方向を任意の角度 θ に設定した状態で、検光子13の透過軸方向を任意の角度 θ_1 、 $\theta_2 = \theta_1 + 90^\circ$ 、 $\theta_4 = \theta_1 + 135^\circ$ に設定した時の透過光強度を用いて、VAセル12の液晶層のリタレーションRを直接検出する。

【0058】

偏光子の透過光強度を任意の角度 θ に設定した状態で、検光子13の透過光強度を任意の角度 θ_1 、 $\theta_2 = \theta_1 + 90^\circ$ 、 $\theta_3 = \theta_1 + 45^\circ$ 、 $\theta_4 = \theta_1 + 135^\circ$ に設定した時の透過光強度を $I(\theta_1, \theta)$ 、 $I(\theta_2, \theta)$ 、 $I(\theta_3, \theta)$ 、 $I(\theta_4, \theta)$ とすると、[式30]は[式35]で表される。

したがって、3つの透過光強度 $I(\theta_1, \theta)$ 、 $I(\theta_2, \theta)$ 、 $I(\theta_4, \theta)$ を用いて、[式38]によりVAセル12の液晶層のリタレーションRを直接求めることができる。

【数 6 2】

$$\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}R\right) = \frac{N_4}{\sqrt{N_2 - \left(\frac{N_5}{2 \cdot \cos 2\omega_1}\right)^2}}$$

$$N_4 = -\left[2I(\omega_4, \alpha) - (1 + \tan 2\omega_1) \cdot I(\omega_1, \alpha) - (1 - \tan 2\omega_1) \cdot I(\omega_2, \alpha)\right] \cos 2\omega_1$$

10

$$N_2 = [I(\omega_1, \alpha) + I(\omega_2, \alpha)]^2$$

$$N_5 = (2 - \sin 4\omega_1 - 2 \sin^2 2\omega_1) \cdot I(\omega_1, \alpha) - (2 + \sin 4\omega_1 - 2 \sin^2 2\omega_1) \cdot I(\omega_2, \alpha) + 2I(\omega_4, \alpha) \cdot \sin 4\omega_1$$

20

【式 3 8】

また、【式 3 8】により求めたVAセル12の液晶層のリタレーションRを、VAセル12の液晶層の複屈折率 n^{eff} で除算することによって、VAセル12の液晶層の厚さdを求めることができる。

【0059】

本実施の形態の手順を以下に説明する。

(ステップ1)

VAセル12を、図1に示すパラメータ検出装置に、入射光の進行方向に対して角度

30

(ステップ2)

偏光子11の透過軸方向を 0° 及び 90° 以外の任意の角度に設定した状態で、検光子13の透過軸方向を任意の角度 θ_1 に設定した時の透過光強度 $I^m(\theta_1, \alpha)$ と、検光子の透過軸方向を $\theta_2 (= \theta_1 + 90^\circ)$ に設定した時の透過光強度 $I^m(\theta_2, \alpha)$ と、検光子の透過軸方向を $\theta_4 (= \theta_1 + 135^\circ)$ に設定した時の透過光強度 $I^m(\theta_4, \alpha)$ を検出する。

(ステップ3)

ステップ2で検出した透過光強度 $I^m(\theta_1, \alpha)$ 、 $I^m(\theta_2, \alpha)$ 、 $I^m(\theta_4, \alpha)$ を用いて、【式 3 9】によりVAセル12の液晶層のリタレーションRを求める。

40

【数63】

$$\cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right) = \frac{n_4}{\sqrt{n_2 - \left(\frac{n_5}{2 \cdot \cos 2\omega_1}\right)^2}}$$

$$n_4 = -\left[2 I^m(\omega_4, \alpha) - (1 + \tan 2\omega_1) \cdot I^m(\omega_1, \alpha) \right. \\ \left. - (1 - \tan 2\omega_1) \cdot I^m(\omega_2, \alpha) \right] \cos 2\omega_1$$

10

$$n_2 = \left[I^m(\omega_1, \alpha) + I(\omega_2, \alpha) \right]^2$$

$$n_5 = (2 - \sin 4\omega_1 - 2 \sin^2 2\omega_1) \cdot I^m(\omega_1, \alpha) \\ - (2 + \sin 4\omega_1 - 2 \sin^2 2\omega_1) \cdot I^m(\omega_2, \alpha) \\ + 2 I^m(\omega_4, \alpha) \cdot \sin 4\omega_1$$

20

[式39]

(ステップ4)

VAセル12の液晶層の厚さdを求める場合には、ステップ3で求めたVAセル12の液晶層のリタレーションRを、VAセル12の液晶層の複屈折率($n_{eff} = n_e \cdot e^{if} - n_o \cdot e^{-if}$)で除算する。

【0060】

第4及び第5の実施の形態は、第1～第3の実施の形態と同様に、VAセル12に斜めに光を入射させる場合のVAセル12の透過率 T_p 、 T_s を考慮しているので、VAセル12の透過率に偏光依存性がある場合でも(T_p 、 T_s)、VAセルの液晶層のリタレーションRや厚さdを正確に検出することができる。その上、これらの透過率 T_p 、 T_s の値を必要とせずに、VAセル12の液晶層のリタレーションRや厚さdを求めることができる。

30

したがって、VAセル12のパラメータである、VAセル12の液晶層のリタレーションRや厚さを簡単に、正確に検出することができる。

また、第4及び第5の実施の形態は、第3の実施の形態と比べて、変数A、B、Cを求める必要がないため、処理装置15の処理が簡単になる。

【0061】

[第6の実施の形態]

偏光子の透過軸方向を、検光子の透過軸方向をとした時の透過光強度を表す[式13]は、とを入れ替えても全く変化しない。すなわち、第3の実施の形態で説明した偏光子を検光子に、検光子を偏光子に置き換えることができる。

40

第6の実施の形態では、検光子13の透過軸方向を任意の角度に設定した状態で、偏光子11の透過軸方向を、任意の異なる3以上の角度に設定した時の透過光強度を用いて、VAセル12の液晶層のリタレーションRを直接検出する。

【0062】

偏光子11の透過軸方向を、検光子13の透過軸方向をとする。第3の実施の形態では検光子13の透過軸方向を変化させたが、偏光子11の透過軸方向を変化させると、透過光強度を表す[式19]は、[式40]のように書き換えることができる。

50

【数64】

$$I(\omega, \alpha) = A \cdot \cos^2 \alpha + B \cdot \sin^2 \alpha + C \cdot \sin 2\alpha$$

$$A = I_0 \cdot T_p \cdot \cos^2 \omega$$

$$B = I_0 \cdot T_s \cdot \sin^2 \omega$$

$$C = \frac{I_0}{2} \sqrt{T_p \cdot T_s} \cdot \sin 2\omega \cdot \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} R \right)$$

10

[式40]

[式40]では、偏光子11の透過軸方向、検光子13の透過軸方向は既知であるが、 $I_0 \cdot T_p$ 、 $I_0 \cdot T_s$ 、 R 、 A 、 B 、 C が未知である。

ここで、3つの変数 A 、 B 、 C は、検光子13の透過軸方向を任意の角度に設定した状態で、偏光子11の透過軸方向を、少なくとも3つ以上の異なる角度に設定した時の透過光強度と[式41]を比較することによって求めることができる。例えば、偏光子11の透過軸方向を3つの異なる角度 α_1 、 α_2 、 α_3 [α_i ($i = 1, 2, 3$)]に設定した時の3つの透過光強度 $I(\omega, \alpha_1)$ 、 $I(\omega, \alpha_2)$ 、 $I(\omega, \alpha_3)$ [$I(\omega, \alpha_i)$ ($i = 1, 2, 3$)]と[式41]を比較することによって変数 A 、 B 、 C を求めることができる。比較方法としては、例えば、最小二乗法を用いることができる。

20

【数65】

$$I(\omega, \alpha_i) = A \cdot \cos^2 \alpha_i + B \cdot \sin^2 \alpha_i + C \cdot \sin 2\alpha_i$$

[式41]

そして、求めた変数 A 、 B 、 C を用いて、[式32]によりVAセル12の液晶層のリタデーション R を求めることができる。

30

【0063】

なお、偏光子11の透過軸方向を3つの透過軸方向 $\alpha_1 \sim \alpha_3$ に設定した時の3つの透過光強度を用いて3つの変数 A 、 B 、 C を求める場合、3つの透過軸方向 $\alpha_1 \sim \alpha_3$ の中に 45° と 135° が同時に含まれていると、3つの透過光強度だけでは3つの変数 A 、 B 、 C を求めることができない。この場合には、偏光子11の透過軸方向を4つ以上の角度に設定した時の4つ以上の透過光強度を用いる。

また、検光子13の透過軸方向を 0° あるいは 90° に設定すると、変数 C が常に「0」となる。このため、検光子13の透過軸方向は、 0° 及び 90° 以外の角度に設定する必要がある。

40

【0064】

本実施の形態の手順を以下に説明する。

(ステップ1)

VAセル12を、図1に示すパラメータ検出装置に、入射光の進行方向に対して角度傾けて設置する。

(ステップ2)

検光子13の透過軸方向を 0° 及び 90° 以外の任意の角度に設定した状態で、偏光子11の透過軸方向を異なる3つの角度 α_1 、 α_2 、 α_3 (45° と 135° を同時に含まない)に設定した時の透過光強度 $I^m(\omega, \alpha_1)$ 、 $I^m(\omega, \alpha_2)$ 、 $I^m(\omega, \alpha_3)$ を検出する。

50

(ステップ3)

ステップ2で検出した透過光強度 $I^m(\omega, \alpha_i)$ ($i = 1, 2, 3$) と [式42] で表される透過光強度 $I^m(\omega, \alpha_i)$ ($i = 1, 2, 3$) を比較することによって、変数 A^m 、 B^m 、 C^m を求める。

【数66】

$$I^m(\omega, \alpha_i) = A^m \cdot \cos^2 \alpha_i + B^m \cdot \sin^2 \alpha_i + C^m \cdot \sin 2 \alpha_i$$

[式42]

(ステップ4)

ステップ3で求めた変数 A^m 、 B^m 、 C^m を用いて、[式34]によりVAセル12の液晶層のリタレーションRを求める。

(ステップ5)

VAセル12の液晶層の厚さdを求める場合には、ステップ4で求めたVAセル12の液晶層のリタレーションRを、VAセル12の液晶層の複屈折率 ($n_e^{\text{eff}} = n_o^{\text{eff}} + \Delta n$) で除算する。

【0065】

第6の実施の形態は、第3の実施の形態と同様に、VAセル12に斜めに光を入射させる場合のVAセル12の透過率 T_p 、 T_s を考慮しているため、VAセル12の透過率に偏光依存性がある場合でも ($T_p \neq T_s$)、VAセルの液晶層のリタレーションRや厚さdを正確に検出することができる。その上、これらの透過率 T_p 、 T_s の値を必要とせずに、VAセル12の液晶層のリタレーションRや厚さdを求めることができる。

したがって、VAセル12のパラメータである、VAセル12の液晶層のリタレーションRや厚さdを簡単に、正確に検出することができる。

また、第6の実施の形態は、第2の実施の形態と比べて、偏光子11の透過軸方向や検光子13の透過軸方向を任意の角度に設定することができる。

このため、偏光子11の透過軸方向や検光子13の透過軸方向の設定が容易であり、透過光強度の検出時間を短縮することができる。

【0066】

[第7の実施の形態]

第6の実施の形態では、偏光子11の透過軸方向を3以上の異なる角度 α_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) に設定した時の透過光強度 $I(\omega, \alpha_i)$ ($i = 1, 2, 3, \dots$) を用いて変数A、B、Cを求めたが、角度 α_i として適切な角度を用いることにより変数A、B、Cを求める処理を省略することができる。

第7の実施の形態では、検光子13の透過軸方向を任意の角度に設定した状態で、偏光子11の透過軸方向を角度 α_1 、角度 $\alpha_2 = \alpha_1 + 90^\circ$ 、 $\alpha_3 = \alpha_1 + 45^\circ$ に設定した時の透過光強度を用いて、VAセル12の液晶層のリタレーションRを直接検出する。

【0067】

検光子13の透過光強度を任意の角度に設定した状態で、偏光子11の透過軸方向を任意の角度 α_1 、 $\alpha_2 = \alpha_1 + 90^\circ$ 、 $\alpha_3 = \alpha_1 + 45^\circ$ 、 $\alpha_4 = \alpha_1 + 135^\circ$ に設定した時の透過光強度を $I(\omega, \alpha_1)$ 、 $I(\omega, \alpha_2)$ 、 $I(\omega, \alpha_3)$ 、 $I(\omega, \alpha_4)$ とすると、[式30]は[式43]で表される。

10

20

30

40

【数67】

$$I(\omega, \alpha_1) = A \cdot \cos^2 \alpha_1 + B \cdot \sin^2 \alpha_1 + C \cdot \sin 2\alpha_1$$

$$I(\omega, \alpha_2) = A \cdot \sin^2 \alpha_1 + B \cdot \cos^2 \alpha_1 - C \cdot \sin 2\alpha_1$$

$$I(\omega, \alpha_3) = \frac{1}{2} [(A+B) - (A-B) \sin 2\alpha_1 + 2C \cos 2\alpha_1]$$

10

$$I(\omega, \alpha_4) = \frac{1}{2} [(A+B) + (A-B) \sin 2\alpha_1 - 2C \cos 2\alpha_1]$$

$$A = I_0 \cdot T_p \cdot \cos^2 \omega$$

$$B = I_0 \cdot T_s \cdot \sin^2 \omega$$

$$C = \frac{I_0}{2} \sqrt{T_p \cdot T_s} \cdot \sin 2\omega \cdot \cos \left(\frac{2\pi R}{\lambda} \right)$$

20

[式43]

【0068】

したがって、3つの透過光強度 $I(\omega, \alpha_1)$ 、 $I(\omega, \alpha_2)$ 、 $I(\omega, \alpha_3)$ を用いて、[式44]によりVAセル12の液晶層のリタレーションRを直接求めることができる。

【数68】

$$\cos \left(\frac{2\pi R}{\lambda} \right) = \frac{M_1}{\sqrt{M_2 - \left(\frac{M_3}{2 \cos 2\alpha_1} \right)^2}}$$

30

$$M_1 = [2I(\omega, \alpha_3) - (1 - \tan^2 \alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_1)$$

$$- (1 + \tan^2 \alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_2)] \cos 2\alpha_1$$

$$M_2 = [I(\omega, \alpha_1) + I(\omega, \alpha_2)]^2$$

40

$$M_3 = (2 + \sin 4\alpha_1 - 2 \sin^2 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_1)$$

$$- (2 - \sin 4\alpha_1 - 2 \sin^2 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_2)$$

$$- 2I(\omega, \alpha_3) \cdot \sin 4\alpha_1$$

[式44]

また、[式44]により求めたVAセル12の液晶層のリタレーションRを、VAセル12の液晶層の複屈折率 $n^e f f$ で除算することによって、VAセル12の液晶層の厚

50

さdを求めることができる。

【0069】

本実施の形態の手順を以下に説明する。

(ステップ1)

VAセル12を、図1に示すパラメータ検出装置に、入射光の進行方向に対して角度傾けて設置する。

(ステップ2)

検光子13の透過軸方向を 0° 及び 90° 以外の任意の角度に設定した状態で、偏光子11の透過軸方向を任意の角度 α_1 に設定した時の透過光強度 $I^m(\omega, \alpha_1)$ と、偏光子11の透過軸方向を角度 $\alpha_2 (= \alpha_1 + 90^\circ)$ に設定した時の透過光強度 $I^m(\omega, \alpha_2)$ と、偏光子11の透過軸方向を角度 $\alpha_3 (= \alpha_1 + 45^\circ)$ に設定した時の透過光強度 $I^m(\omega, \alpha_3)$ を検出する。

10

(ステップ3)

ステップ2で検出した透過光強度 $I^m(\omega, \alpha_1)$ 、 $I^m(\omega, \alpha_2)$ 、 $I^m(\omega, \alpha_3)$ を用いて、[式45]によりVAセル12の液晶層のリタレーションRを求める。

【数69】

$$\cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right) = \frac{m_1}{\sqrt{m_2 - \left(\frac{m_3}{2\cos 2\alpha_1}\right)^2}}$$

20

$$m_1 = [2I^m(\omega, \alpha_3) - (1 - \tan 2\alpha_1) \cdot I^m(\omega, \alpha_1)$$

$$- (1 + \tan 2\alpha_1) \cdot I^m(\omega, \alpha_2)] \cos 2\alpha_1$$

$$m_2 = [I^m(\omega, \alpha_1) + I^m(\omega, \alpha_2)]^2$$

$$m_3 = (2 + \sin 4\alpha_1 - 2\sin^2 2\alpha_1) \cdot I^m(\omega, \alpha_1)$$

30

$$- (2 - \sin 4\alpha_1 - 2\sin^2 2\alpha_1) \cdot I^m(\omega, \alpha_2)$$

$$- 2I^m(\omega, \alpha_3) \cdot \sin 4\alpha_1$$

[式45]

(ステップ4)

VAセル12の液晶層の厚さdを求める場合には、ステップ3で求めたVAセル12の液晶層のリタレーションRを、VAセル12の液晶層の複屈折率($n_e^{\text{eff}} = n_o^{\text{eff}} + \frac{R}{d}$)で除算する。

40

【0070】

[第8の実施の形態]

第7の実施の形態では、偏光子11の透過軸方向を任意の角度 α_1 、 $\alpha_2 = \alpha_1 + 90^\circ$ 、 $\alpha_3 = \alpha_1 + 45^\circ$ に設定することにより変数A、B、Cを求める処理を省略したが、偏光子11の透過軸方向をこれ以外の角度に設定することによっても変数A、B、Cを求める処理を省略することができる。

第8の実施の形態では、検光子13の透過軸方向を任意の角度に設定した状態で、偏光子11の透過軸方向を任意の角度 α_1 、 $\alpha_2 = \alpha_1 + 90^\circ$ 、 $\alpha_3 = \alpha_1 + 135^\circ$ に設定した時の透過光強度を用いて、VAセル12の液晶層のリタレーションRを直接検出

50

する。

【 0 0 7 1 】

検光子 1 3 の透過光強度 を任意の角度に設定した状態で、偏光子 1 1 の透過光強度を任意の角度 α_1 、 $\alpha_2 = \alpha_1 + 90^\circ$ 、 $\alpha_3 = \alpha_1 + 45^\circ$ 、 $\alpha_4 = \alpha_1 + 135^\circ$ に設定した時の透過光強度を $I(\omega, \alpha_1)$ 、 $I(\omega, \alpha_2)$ 、 $I(\omega, \alpha_3)$ 、 $I(\omega, \alpha_4)$ とすると、[式 3 0] は [式 4 3] で表される。

したがって、3 つの透過光強度 $I(\omega, \alpha_1)$ 、 $I(\omega, \alpha_2)$ 、 $I(\omega, \alpha_4)$ を用いて、[式 4 6] により V A セル 1 2 の液晶層のリタレーション R を直接求めることができる。
【数 7 0】

$$\cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right) = \frac{M_4}{\sqrt{M_2 - \left(\frac{M_5}{2 \cdot \cos 2\alpha_1}\right)^2}} \quad 10$$

$$M_4 = -\left[2 I(\omega, \alpha_4) - (1 + \tan 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_1) - (1 - \tan 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_2)\right] \cos 2\alpha_1$$

$$M_2 = [I(\omega, \alpha_1) + I(\omega, \alpha_2)]^2 \quad 20$$

$$M_5 = (2 - \sin 4\alpha_1 - 2 \sin^2 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_1) - (2 + \sin 4\alpha_1 - 2 \sin^2 2\alpha_1) \cdot I(\omega, \alpha_2) + 2 I(\omega, \alpha_4) \cdot \sin 4\alpha_1$$

[式 4 6]

また、[式 4 6] により求めた V A セル 1 2 の液晶層のリタレーション R を、V A セル 1 2 の液晶層の複屈折率 $n^e f f$ で除算することによって、V A セル 1 2 の液晶層の厚さ d を求めることができる。

【 0 0 7 2 】

本実施の形態の手順を以下に説明する。

(ステップ 1)

V A セル 1 2 を、図 1 に示すパラメータ検出装置に、入射光の進行方向に対して角度傾けて設置する。

(ステップ 2)

検光子 1 3 の透過軸方向 を 0° 及び 90° 以外の任意の角度に設定した状態で、偏光子 1 1 の透過軸方向 を任意の角度 α_1 に設定した時の透過光強度 $I^m(\omega, \alpha_1)$ と、偏光子 1 1 の透過軸方向 を角度 $\alpha_2 (= \alpha_1 + 90^\circ)$ に設定した時の透過光強度 $I^m(\omega, \alpha_2)$ と、偏光子 1 1 の透過軸方向 を角度 $\alpha_4 (= \alpha_1 + 135^\circ)$ に設定した時の透過光強度 $I^m(\omega, \alpha_4)$ を検出する。 40

(ステップ 3)

ステップ 2 で検出した透過光強度 $I^m(\omega, \alpha_1)$ 、 $I^m(\omega, \alpha_2)$ 、 $I^m(\omega, \alpha_4)$ を用いて、[式 4 7] により V A セル 1 2 の液晶層のリタレーション R を求める。

【数 7 1】

$$\cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right) = \frac{m_4}{\sqrt{m_2 - \left(\frac{m_5}{2 \cdot \cos 2\alpha_1}\right)^2}}$$

$$m_4 = -\left[2 I^m(\omega, \alpha_4) - (1 + \tan 2\alpha_1) \cdot I^m(\omega, \alpha_1) \right. \\ \left. - (1 - \tan 2\alpha_1) \cdot I^m(\omega, \alpha_2) \right] \cos 2\alpha_1$$

10

$$m_2 = \left[I^m(\omega, \alpha_1) + I^m(\omega, \alpha_2) \right]^2$$

$$m_5 = (2 - \sin 4\alpha_1 - 2 \sin^2 2\alpha_1) \cdot I^m(\omega, \alpha_1)$$

$$- (2 + \sin 4\alpha_1 - 2 \sin^2 2\alpha_1) \cdot I^m(\omega, \alpha_2)$$

$$+ 2 I^m(\omega, \alpha_4) \cdot \sin 4\alpha_1$$

20

[式 4 7]

(ステップ 4)

V A セル 1 2 の液晶層の厚さ d を求める場合には、ステップ 3 で求めた V A セル 1 2 の液晶層のリタレーション R を、V A セル 1 2 の液晶層の複屈折率 ($n_{e f f} = n_e \cdot e f f - n_o \cdot e f f$) で除算する。

【0073】

第 7 及び第 8 の実施の形態は、第 1 ~ 第 6 の実施の形態と同様に、V A セル 1 2 に斜めに光を入射させる場合の V A セル 1 2 の透過率 T_p 、 T_s を考慮しているため、V A セル 1 2 の透過率に偏光依存性がある場合でも (T_p 、 T_s)、V A セルの液晶層のリタレーション R や厚さ d を正確に検出することができる。その上、これらの透過率 T_p 、 T_s の値を必要とせず、V A セル 1 2 の液晶層のリタレーション R や厚さ d を求めることができる。

30

したがって、V A セル 1 2 のパラメータである、V A セル 1 2 の液晶層のリタレーション R や厚さを簡単に、正確に検出することができる。

また、第 7 及び第 8 の実施の形態は、第 6 の実施の形態と比べて、変数 A 、 B 、 C を求める必要がないため、処理装置 1 5 の処理が簡単になる。

【0074】

本発明を用いて検出対象の各透過光強度を検出し、検出した各透過光強度を用いて検出対象のリタレーション及び厚さを検出した実験例を説明する。

40

[実験例 1]

検出対象として、以下のようにして作製した V A セルを用いた。

透明電極として、片面に、直径約 1 cm の円形の透明電極を有する、約 3 cm 角のガラス基板を用いた。ガラス基板の透明電極側には、液晶分子を、ガラス基板の法線に平行に配向させるためのポリイミド膜が設けられている。そして、2 枚のガラス基板を、透明電極側が対向するように接着した。ここで、直径 4.5 μ m の樹脂製のビーズを混入した紫外線硬化性接着剤をガラス基板の周囲の内側 5 mm 程度の部分に塗布し、紫外線を照射して硬化させることにより 2 枚のガラス基板を接着したので、ガラス基板間には、ビーズの径に対応する間隙が形成されている。このガラス基板の間隙に、液晶材料を毛細管現象を利用して注入することによって V A セルを作製した。

50

発光装置 10 は、ハロゲンランプと、波長 が 546 nm の単色光を透過する干渉フィルタにより構成した。

偏光子 11 及び検光子 13 は、偏光フィルムを使用した。

検出装置 14 は、CCDカメラを使用した。

前記した方法で作製したVAセルを、偏光子 11 と検光子 13 の間に、入射光の入射角 (VAセル 12 の基板面の法線と入射光の入射方向との間の角度) が 30° になるように設置した。

【0075】

この状態で、偏光子 11 の透過軸方向 を 45° に設定し (偏光子 11 の透過軸方向を 45° の方向に向け)、検光子 13 の透過軸方向 を 0° に設定した (検光子 13 の透過軸方向を 0° の方向に向けた) 時の透過光強度 (検出装置 14 の検出信号) $I^m(0^\circ, 45^\circ)$ を検出した。また、偏光子 11 の透過軸方向 を 45° に設定し、検光子 13 の透過軸方向 を 90° に設定した時の透過光強度 $I^m(90^\circ, 45^\circ)$ を検出した。

そして、検出した $I^m(0^\circ, 45^\circ)$ と $I^m(90^\circ, 45^\circ)$ を用い、[式 27] により比 r を求めたところ、 $r = 0.665$ が得られた。

次に、偏光子 11 の透過軸方向 を、 r を用いて [式 29] により求められる角度 $[= 50.8^\circ]$ に設定し、検光子 13 の透過軸方向 を 45° に設定した時の透過光強度 $I^m(45^\circ,)$ を検出した。また、偏光子 11 の透過軸方向 を、前記角度 $[= 50.8^\circ]$ に設定し、検光子 13 の透過軸方向 を 135° に設定した時の透過光強度 $I^m(135^\circ,)$ を検出した。

そして、検出した $I^m(45^\circ,)$ と $I^m(135^\circ,)$ を用い、[式 48] により、VAセルの液晶層のリタレーション R を求めたところ、 $R = 40.4 \text{ nm}$ が得られた。

【数 7 2】

$$\frac{I^m(45^\circ, \alpha)}{I^m(135^\circ, \alpha)} = \frac{1 + \cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right)}{1 - \cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right)} = \cot^2\left(\frac{\pi R}{\lambda}\right)$$

[式 48]

また、VAセルの液晶材料の異常光屈折率 $n_e = 1.5633$ 、常光屈折率 $n_o = 1.4776$ 及び入射角 $= 30^\circ$ を用いて、[式 10] によりVAセルの液晶層の複屈折率 n^{ef} を求めた。そして、[式 48] で求めたVAセルの液晶層のリタレーション $R = 40.4 \text{ nm}$ を、VAセルの液晶層の複屈折率 n^{ef} で除算することによって、VAセルの液晶層の厚さ $d = 4.23 \mu\text{m}$ が得られた。

【0076】

[実験例 2]

実験例 1 の測定を行った後、VAセルを動かさずに、続けて実験例 2 の測定を行った。

角度 を求めるところまでは実験例 1 と同じ手順で行ったところ、 $r = 0.670$ が得られた。

検光子 13 の透過軸方向 を、 r を用いて [式 29] により求められる角度 $[= 50.7^\circ]$ に設定し、偏光子 11 の透過軸方向 を 45° に設定した時の透過光強度 $I^m(, 45^\circ)$ を測定した。また、検光子 13 の透過軸方向 を、前記角度 $[= 50.7^\circ]$ に設定し、偏光子 11 の透過軸方向 を 135° に設定した時の透過光強度 $I^m(, 135^\circ)$ を測定した。

そして、検出した $I^m(, 45^\circ)$ と $I^m(, 135^\circ)$ を用い、[式 49] によりVAセルの液晶層のリタレーション R を求めたところ、 $R = 40.3 \text{ nm}$ が得られた。

また、実験例 1 と同じ手順でVAセルの液晶層の厚さ d を求めたところ、 $d = 4.22 \mu\text{m}$ が得られた。

【数 7 3】

$$\frac{I^m(\omega, 45^\circ)}{I^m(\omega, 135^\circ)} = \frac{1 + \cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right)}{1 - \cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right)} = \cot^2\left(\frac{\pi R}{\lambda}\right)$$

[式 4 9]

【0077】

[実験例 3]

10

実験例 1 と同じ V A セルを使用し、V A セルを動かさずに、実験例 1、2 の測定を行った後、続けて実験例 2 の測定を行った。

検光子 1 3 の透過軸方向を 45° に設定し、偏光子 1 1 の透過軸方向を 0° に設定した時の透過光強度 $I^m(45^\circ, 0^\circ)$ を検出した。また、検光子 1 3 の透過軸方向を 45° に設定し、偏光子 1 1 の透過軸方向を 90° に設定した時の透過光強度 $I^m(45^\circ, 90^\circ)$ を検出した。

検出した $I^m(45^\circ, 0^\circ)$ と $I^m(45^\circ, 90^\circ)$ を用い、[式 1 7] により比 r を求めたところ、 $r = 0.665$ が得られた。

次に、偏光子 1 1 の透過軸方向を、 r を用いて [式 2 9] により求められる角度 [$= 50.8^\circ$] に設定し、検光子 1 3 の透過軸方向を 45° に設定した時の透過光強度 $I^m(45^\circ,)$ を検出した。また、偏光子 1 1 の透過軸方向を、前記角度 [$= 50.8^\circ$] に設定し、検光子 1 3 の透過軸方向を 135° に設定した時の透過光強度 $I^m(135^\circ,)$ を検出した。

20

そして、検出した $I^m(45^\circ,)$ と $I^m(135^\circ,)$ を用い、[式 4 9] により、V A セルの液晶層のリタレーション R を求めたところ、 $R = 40.3 \text{ nm}$ が得られた。

また、実験例 1 と同じ手順で V A セルの液晶層の厚さ d を求めたところ、 $d = 4.22 \mu\text{m}$ が得られた。

【0078】

[実施例 4]

30

実験例 3 の測定を行った後、V A セルを動かさずに、続けて実験例 4 の測定を行った。角度を求めるところまでは実験例 4 と同じ手順で行ったところ、 $r = 0.660$ が得られた。

次に、検光子 1 3 の透過軸方向を、 r を用いて [式 2 9] から求められる角度 [50.9°] に設定し、偏光子 1 1 の透過軸方向を 45° に設定した時の透過光強度 $I^m(, 45^\circ)$ を検出した。また、検光子 1 3 の透過軸方向を、前記角度 [50.9°] に設定し、偏光子 1 1 の透過軸方向を 135° に設定した時の透過光強度 $I^m(, 135^\circ)$ を検出した。

そして、検出した $I^m(, 45^\circ)$ と $I^m(, 135^\circ)$ を用い、[式 4 9] により、V A セルの液晶層のリタレーション R を求めたところ、 $R = 40.5 \text{ nm}$ が得られた。

また、実験例 1 と同じ手順で V A セルの液晶層の厚さ d を求めたところ、 $d = 4.24 \mu\text{m}$ が得られた。

40

【0079】

実験例 1 ~ 4 は、同じ V A セルの同じ場所を連続的に測定した。

そして、各実験例 1 ~ 4 では、V A セルのリタレーション R 及び厚さ d としてほぼ等しい値が得られた。

【0080】

[比較例 1]

液晶層の透過率の異方性を考慮した本発明を用いて検出対象のリタレーションや厚さを検出した場合の検出精度を確認するために、回転検光子法を用いて検出対象のリタレーションや厚さを検出した。

50

実験例4の測定を行った後、VAセルを動かさずに、続けて比較例の測定を行った。

偏光子11の透過軸方向を45°に設定し、検光子13の透過軸方向を45°に設定した時の透過光強度 $I^m(45^\circ, 45^\circ)$ を検出した。また、偏光子11の透過軸方向を45°に設定し、検光子13の透過軸方向を135°に設定した時の透過光強度 $I^m(135^\circ, 45^\circ)$ を検出した。

そして、検出した、 $I^m(45^\circ, 45^\circ)$ と $I^m(135^\circ, 45^\circ)$ を用い、[式50]により、VAセルの液晶層のリタデーションRを求めたところ、 $R = 43.8 \text{ nm}$ が得られた。

【数74】

$$\tan\left(\frac{\pi R}{\lambda}\right) = \sqrt{\frac{I^m(135^\circ, 45^\circ)}{I^m(45^\circ, 45^\circ)}}$$

10

[式50]

また、実験例1と同じ手順でVAセルの液晶層の厚さdを求めたところ、 $d = 4.58 \mu\text{m}$ が得られた。

【0081】

比較例の検出結果と、液晶層の透過率の異方性を考慮した実験例1~4の検出結果を比較すると、同じVAセルの同じ場所を測定したにもかかわらず、比較例の検出結果は、実験例1~4の検出結果と異なっている。

20

【0082】

[実験例5]

比較例の測定を行った後、VAセルを動かさずに、続けて実験例5の測定を行った。

偏光子11の透過軸方向を45°に設定し、検光子13の透過軸方向を、10°間隔で0°から90°までの範囲内で設定した時の透過光強度 $I^m(\omega_i, 45^\circ)$ ($\omega_i = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, \dots, 80^\circ, 90^\circ$)を検出した。

そして、検出した $I^m(\omega_i, 45^\circ)$ と[式51]の $I(\omega_i, 45^\circ)$ を、最小二乗法を用いて比較することによって、変数 A^m 、 B^m 、 C^m を求めたところ、 $A^m = 24605$ 、 $B^m = 17227$ 、 $C^m = 18412$ (任意単位)が得られた。

30

【数75】

$$I(\omega_i, 45^\circ) = A^m \cdot \cos^2 \omega_i + B^m \cdot \sin^2 \omega_i + C^m \cdot \sin 2\omega_i$$

[式51]

次に、求めた変数 A^m 、 B^m 、 C^m を用いて、[式34]により、VAセルの液晶層のリタデーションRを求めたところ、 $R = 40.3 \text{ nm}$ が得られた。

また、実験例1と同じ手順でVAセルの液晶層の厚さdを求めたところ、 $d = 4.22 \mu\text{m}$ が得られた。

40

【0083】

[実験例6]

実験例5の測定を行った後、VAセルを動かさずに、続けて実験例6の測定を行った。

偏光子11の透過軸方向を45°に設定し、検光子13の透過軸方向を0°、45°、90°に設定した時の透過光強度 $I^m(0^\circ, 45^\circ)$ 、 $I^m(45^\circ, 45^\circ)$ 、 $I^m(90^\circ, 45^\circ)$ を検出した。

そして、検出した $I^m(0^\circ, 45^\circ)$ 、 $I^m(45^\circ, 45^\circ)$ 、 $I^m(90^\circ, 45^\circ)$ を用い、[式52]により、VAセルの液晶層のリタデーションRを求めたところ、 $R = 40.4 \text{ nm}$ が得られた。

【数76】

$$\cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right) = \frac{I^m(45^\circ, 45^\circ) - \frac{1}{2}[I^m(0^\circ, 45^\circ) + I^m(90^\circ, 45^\circ)]}{\sqrt{I^m(0^\circ, 45^\circ) \cdot I^m(90^\circ, 45^\circ)}}$$

[式52]

また、実験例1と同じ手順でVAセルの液晶層の厚さdを求めたところ、 $d = 4.23 \mu\text{m}$ が得られた。

【0084】

10

[実験例7]

実験例6の測定を行った後、VAセルを動かさずに、続けて実験例7の測定を行った。偏光子11の透過軸方向を 45° に設定し、検光子13の透過軸方向を 0° 、 90° 、 135° に設定した時の透過光強度 $I^m(0^\circ, 45^\circ)$ 、 $I^m(90^\circ, 45^\circ)$ 、 $I^m(135^\circ, 45^\circ)$ を検出した。

そして、検出した $I^m(0^\circ, 45^\circ)$ 、 $I^m(90^\circ, 45^\circ)$ 、 $I^m(135^\circ, 45^\circ)$ を用い、[式53]により、VAセルの液晶層のリタデーションRを求めたところ、 $R = 40.4 \text{ nm}$ が得られた。

【数77】

$$\cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right) = -\frac{I^m(135^\circ, 45^\circ) - \frac{1}{2}[I^m(0^\circ, 45^\circ) + I^m(90^\circ, 45^\circ)]}{\sqrt{I^m(0^\circ, 45^\circ) \cdot I^m(90^\circ, 45^\circ)}}$$

20

[式53]

また、実験例1と同じ手順でVAセルの液晶層の厚さdを求めたところ、 $d = 4.23 \mu\text{m}$ が得られた。

【0085】

[実験例8]

実験例7の測定を行った後、VAセルを動かさずに、続けて実験例8の測定を行った。検光子13の透過軸方向を 45° に設定し、偏光子11の透過軸方向を、 10° 間隔で 0° から 90° までの範囲内で設定した時の透過光強度 $I^m(45^\circ, \alpha_i)$ ($\alpha_i = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, \dots, 80^\circ, 90^\circ$)を検出した。

そして、検出した $I^m(45^\circ, \alpha_i)$ と[式54]の $I(45^\circ, \alpha_i)$ を、最小二乗法を用いて比較することによって、変数 A^m 、 B^m 、 C^m を求めたところ、 $A^m = 24857$ 、 $B^m = 17650$ 、 $C^m = 18711$ (任意単位)が得られた。

【数78】

$$I(45^\circ, \alpha_i) = A^m \cdot \cos^2 \alpha_i + B^m \cdot \sin^2 \alpha_i + C^m \cdot \sin 2\alpha_i$$

40

[式54]

次に、求めた変数 A^m 、 B^m 、 C^m を用いて、[式34]により、VAセルの液晶層のリタデーションRを求めたところ、 $R = 40.5 \text{ nm}$ が得られた。

また、実験例1と同じ手順でVAセルの液晶層の厚さdを求めたところ、 $d = 4.24 \mu\text{m}$ が得られた。

【0086】

[実施例9]

実験例8の測定を行った後、VAセルを動かさずに、続けて実験例9の測定を行った。

50

検光子 13 の透過軸方向 を 45° に設定し、偏光子 11 の透過軸方向 を 0°、45°、90° に設定した時の透過光強度 $I^m(45°, 0°)$ 、 $I^m(45°, 45°)$ 、 $I^m(45°, 90°)$ を検出した。

そして、検出した透過光強度 $I^m(45°, 0°)$ 、 $I^m(45°, 45°)$ 、 $I^m(45°, 90°)$ を用いて、[式 55] により、VA セルの液晶層のリタレーション R を求めたところ、 $R = 40.6 \text{ nm}$ が得られた。

【数 79】

$$\cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right) = \frac{I^m(45°, 45°) - \frac{1}{2}[I^m(45°, 0°) + I^m(45°, 90°)]}{\sqrt{I^m(45°, 0°) \cdot I^m(45°, 90°)}} \quad 10$$

[式 55]

また、実験例 1 と同じ手順で VA セルの液晶層の厚さ d を求めたところ、 $d = 4.25 \mu\text{m}$ が得られた。

【0087】

[実施例 10]

実験例 9 の測定を行った後、VA セルを動かさずに、続けて実験例 10 の測定を行った。

検光子 13 の透過軸方向 を 45° に設定し、偏光子 11 の透過軸方向 を 0°、90°、135° に設定した時の透過光強度 $I^m(45°, 0°)$ 、 $I^m(45°, 90°)$ 、 $I^m(45°, 135°)$ を検出した。 20

そして、検出した透過光強度 $I^m(45°, 0°)$ 、 $I^m(45°, 90°)$ 、 $I^m(45°, 135°)$ を用いて、[式 56] により、VA セルの液晶層のリタレーション R を求めたところ、 $R = 40.6 \text{ nm}$ が得られた。

【数 80】

$$\cos\left(\frac{2\pi R}{\lambda}\right) = -\frac{I^m(45°, 135°) - \frac{1}{2}[I^m(45°, 0°) + I^m(45°, 90°)]}{\sqrt{I^m(45°, 0°) \cdot I^m(45°, 90°)}} \quad 30$$

[式 56]

また、実験例 1 と同じ手順で VA セルの液晶層の厚さ d を求めたところ、 $d = 4.25 \mu\text{m}$ が得られた。

【0088】

[実験例 5] ~ [実験例 10] は、[実験例 1] ~ [実験例 4] と同じ VA セルの同じ場所を連続的に測定した。

そして、[実験例 5] ~ [実験例 10] で検出した VA セルの液晶層のリタレーション R 及び厚さ d は、[実施例 1] ~ [実施例 4] で検出した値とほぼ等しい値であり、比較例とは異なる値であった。 40

【0089】

本発明は、実施の形態で説明した構成に限定されず、種々の変更、追加、削除が可能である。

例えば、VA セルのパラメータであるリタレーションや厚さを検出したが、本発明は、VA セルに限定されず、光学的一軸媒質と同じ光学特性を示す検出対象のパラメータであるリタレーションや厚さを検出するパラメータ検出装置として用いることができる。

また、パラメータ検出装置は、図 1 に示した構成のものに限定されず、前記した各透過光強度を検出することができ、あるいは、各透過光強度に基づいて検出対象のパラメータであるリタレーションや厚さを検出することができればよい。

また、前記した各透過光強度の検出順序や、検出対象のリタレーションや厚さを検出す 50

る各ステップの順序は、適宜変更可能である。

【図面の簡単な説明】

【0090】

【図1】本発明の検出対象のパラメータ検出装置の一実施の形態を示す図である。

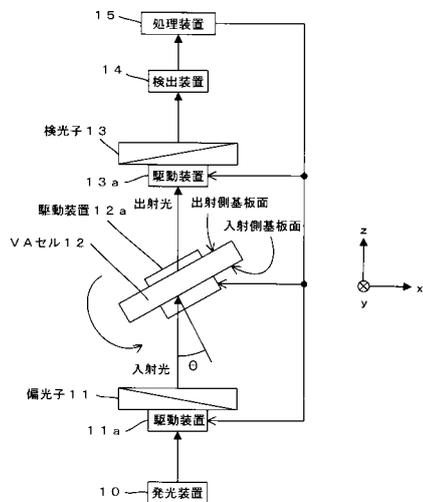
【図2】図1に示すパラメータ検出装置の座標系を説明する図である。

【符号の説明】

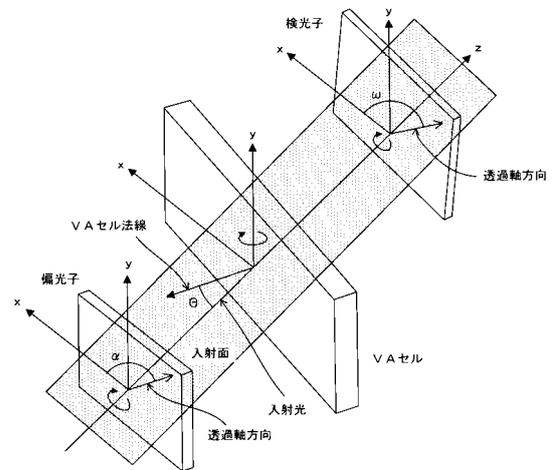
【0091】

- 10 発光装置
- 11 偏光子
- 12 VAセル(検出対象)
- 13 検光子
- 14 検出装置
- 15 処理装置

【図1】



【図2】



フロントページの続き

- (72)発明者 佐竹 徹也
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 西岡 孝博
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 前原 利昭
愛知県名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 名菱テクニカ株式会社内
- (72)発明者 金子 誠
愛知県名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 名菱テクニカ株式会社内
- (72)発明者 岡部 正樹
愛知県名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 名菱テクニカ株式会社内
- (72)発明者 前田 有紀
愛知県名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 名菱テクニカ株式会社内

審査官 高 場 正光

- (56)参考文献 特開平05-302888(JP,A)
特開2001-242040(JP,A)
特開2000-321546(JP,A)
国際公開第01/022029(WO,A1)
特開平04-080641(JP,A)
L. T. HUNG, 外3名, "Determination of polar anchoring strength at vertical alignment nematic liquid crystal-wall interface using thin hybrid alignment nematic cell", Japanese Journal of Applied Physics, 2004年 5月15日, Vol.43, Part 2, No.5B, pp.L649-L651
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N21/00-21/61
JSTPlus(JDreamII)