

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3855080号
(P3855080)

(45) 発行日 平成18年12月6日(2006.12.6)

(24) 登録日 平成18年9月22日(2006.9.22)

(51) Int. Cl.	F I	
GO2F 1/13 (2006.01)	GO2F 1/13	101
GO2F 1/1337 (2006.01)	GO2F 1/1337	
GO1B 11/06 (2006.01)	GO1B 11/06	Z
GO1M 11/00 (2006.01)	GO1M 11/00	T
GO1N 21/21 (2006.01)	GO1N 21/21	Z

請求項の数 10 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2004-55128 (P2004-55128)	(73) 特許権者	802000019
(22) 出願日	平成16年2月27日(2004.2.27)		株式会社新潟ティーエルオー
(65) 公開番号	特開2005-242234 (P2005-242234A)		新潟県新潟市五十嵐2の町8050番地
(43) 公開日	平成17年9月8日(2005.9.8)	(74) 代理人	100091373
審査請求日	平成18年2月24日(2006.2.24)		弁理士 吉井 剛
早期審査対象出願		(74) 代理人	100097065
			弁理士 吉井 雅栄
		(72) 発明者	赤羽 正志
			新潟県長岡市上富岡町1603-1 長岡
			技術科学大学内
		(72) 発明者	木村 宗弘
			新潟県長岡市上富岡町1603-1 長岡
			技術科学大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶素子の光学特性測定方法及び液晶素子の光学特性測定システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

多層膜が形成された一対の基板間に液晶を介在させてなる液晶素子の光学特性測定方法であって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、液晶素子に入射させ、この液晶素子から出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 δ を測定する位相差測定部を用いて、前記液晶素子に対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させ、位相差 δ^+ 及び δ^- を計測し、この得られた実測データ δ^+ 及び δ^- の差 $\delta^- - \delta^+$ を求めて液晶層における多重反射及び多重干渉並びに液晶層の上下に存在する上記基板と上記ガラス基板上に形成されている多層膜における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する工程と、液晶の屈折率物性定数 n に基づいて液晶分子が基板に対してなす角度 θ の変化が1次元である配向分布をなしているとして、所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる液晶部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める工程と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ が $\delta^- - \delta^+$ と恒等的に等しいことを用いて上記の液晶配向分布及び液晶層の厚さ d を

【数1】

$$R^- - R^+ = \frac{4\pi}{\lambda} \sin \beta \int_0^d \frac{\nu \cos \theta \sin \theta}{1 + \nu \sin^2 \theta} dz$$

10

式から決定することを特徴とする液晶素子の光学特性測定方法。

【請求項 2】

多層膜が形成された一对の基板間に液晶を介在させてなる液晶素子の光学特性測定方法であって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、液晶素子に入射させ、この液晶素子から出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 $\Delta\phi$ を測定する位相差測定部を用いて、前記液晶素子に対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させ、位相差 $\Delta\phi^+$ 及び $\Delta\phi^-$ を計測し、得られた実測データ $\Delta\phi^+$ 及び $\Delta\phi^-$ の差 $\Delta\phi^- - \Delta\phi^+$ を求めて液晶層における多重反射及び多重干渉並びに液晶層の上下に存在する上記基板と上記ガラス基板上に形成されている多層膜における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する工程と、液晶の屈折率物性定数 n_o に基づいて液晶分子が基板に対してなす角度 θ の変化が 1 次元である配向分布をなしているとして、所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる液晶部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める工程と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ が $\Delta\phi^- - \Delta\phi^+$ と恒等的に等しいことを用いて、上記基板近傍における上記液晶が基板となすプレチルト角 ρ 及び液晶層の厚さ d を

【数 1】

$$R^- - R^+ = \frac{4\pi}{\lambda} \sin\beta \int_0^d \frac{\nu \cos\theta \sin\theta}{1 + \nu \sin^2\theta} dz$$

式から決定することを特徴とする液晶素子の光学特性測定方法。

【請求項 3】

多層膜が形成された一对の基板間に液晶を介在させてなる液晶素子の光学特性測定方法であって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、液晶素子に入射させ、この液晶素子から出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 $\Delta\phi$ を測定する位相差測定部を用いて、前記液晶素子に対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させ、位相差 $\Delta\phi^+$ 及び $\Delta\phi^-$ を計測し、得られた実測データ $\Delta\phi^+$ 及び $\Delta\phi^-$ の差 $\Delta\phi^- - \Delta\phi^+$ を求めて液晶層における多重反射及び多重干渉並びに液晶層の上下に存在する上記基板と上記ガラス基板上に形成されている多層膜における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する工程と、液晶の基礎物性定数 K_{11} 、 K_{22} 、 K_{33} 及びプレチルト角 ρ に基づいて液晶分子が基板に対してなす角度 θ の変化が 1 次元である配向分布をなしているとして連続体理論から求めた所定の電界が印加されている下でのチルト角 θ_0 と、所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる液晶部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める工程と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ が $\Delta\phi^- - \Delta\phi^+$ と恒等的に等しいことを用いて、上記基板近傍における上記液晶の極角アンカリングエネルギーについて、界面でのチルト角の偏差 $\theta_0 = \theta_0 - \rho$ と

【数 2】

$$R^- - R^+ = \frac{16\pi}{\lambda} \frac{K_{11} \sin\beta}{W_a \sin 2(\delta\theta_0)} \sqrt{\frac{(1 + \kappa \sin^2\theta_0)(1 - \sin^2\theta_0)}{1 + \gamma \sin^2\theta_0}} \times \int_{\theta_0}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\nu \sin\theta}{1 + \nu \sin^2\theta} \sqrt{(1 + \kappa \sin^2\theta)(1 + \gamma \sin^2\theta)} d\theta$$

式より決定することを特徴とする液晶素子の光学特性測定方法。

【請求項 4】

ガラス基板に代わって保護樹脂が用いられている位相補償フィルムにおける光学特性測定方法であって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、位相補償フィルムに入射させ、この位相補償フィルムから出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相

差 ΔR を測定する位相差測定部を用いて、前記位相補償フィルムに対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させ、位相差 ΔR^+ 及び ΔR^- を計測し、得られた実測データ ΔR^+ 及び ΔR^- の差 $\Delta R^+ - \Delta R^-$ を求めてフィルムを構成する分子層における多重反射及び多重干渉並びに上下に存在する保護樹脂における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する工程と、フィルムを構成する分子層の屈折率物性定数 n に基づいて分子が保護樹脂に対してなす角度 θ の変化が 1 次元である配向分布をなしているとして、所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる分子層部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める工程と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ が $\Delta R^+ - \Delta R^-$ と恒等的に等しいことを用いて上記の位相補償フィルムの光軸及びフィルムの厚さ d を

【数 1】

$$R^- - R^+ = \frac{4\pi}{\lambda} \sin \beta \int_0^d \frac{\nu \cos \theta \sin \theta}{1 + \nu \sin^2 \theta} dz$$

10

式から決定することを特徴とする液晶素子の光学特性測定方法。

【請求項 5】

前記位相差測定部の前記素子を回転制御させることによって、前記液晶素子に対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の液晶素子の光学特性測定方法。

【請求項 6】

多層膜が形成された一对の基板間に液晶を介在させてなる液晶素子の光学特性測定システムであって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、液晶素子に入射させ、この液晶素子から出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 ΔR を測定する位相差測定部を用いて、前記液晶素子に対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させ計測し得られた実測データ ΔR^+ 及び ΔR^- の差 $\Delta R^+ - \Delta R^-$ を求めて液晶層における多重反射及び多重干渉並びに液晶層の上下に存在する上記基板と上記ガラス基板上に形成されている多層膜における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する演算手段と、液晶の屈折率物性定数 n に基づいて液晶分子が基板に対してなす角度 θ の変化が 1 次元である配向分布をなしているとして、所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる液晶部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める演算手段と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ が $\Delta R^+ - \Delta R^-$ と恒等的に等しいことを用いて上記の液晶配向分布及び液晶層の厚さ d を

【数 1】

$$R^- - R^+ = \frac{4\pi}{\lambda} \sin \beta \int_0^d \frac{\nu \cos \theta \sin \theta}{1 + \nu \sin^2 \theta} dz$$

20

式から決定する演算手段により構成したことを特徴とする液晶素子の光学特性測定システム。

【請求項 7】

多層膜が形成された一对の基板間に液晶を介在させてなる液晶素子の光学特性測定システムであって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、液晶素子に入射させ、この液晶素子から出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 ΔR を測定する位相差測定部を用いて、前記液晶素子に対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させ測定し得られた実測データ ΔR^+ 及び ΔR^- の差 $\Delta R^+ - \Delta R^-$ を求めて液晶層における多重反射及び多重干渉並びに液晶層の上下に存在する上記基板と上記ガラス基板上に形成されている多層膜における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する演算手段と、液晶の屈折率物性定数 n に基づいて液晶分子が基板に対してなす角度 θ の変化が 1 次元である配向分布

40

50

をなしているとして、所定の入射角 θ_+ 及び θ_- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる液晶部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める演算手段と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ が $R^- - R^+$ と恒等的に等しいことを用いて、上記基板近傍における上記液晶が基板となすプレチルト角 θ_p 及び液晶層の厚さ d を

【数 1】

$$R^- - R^+ = \frac{4\pi}{\lambda} \sin \beta \int_0^d \frac{\nu \cos \theta \sin \theta}{1 + \nu \sin^2 \theta} dz$$

式から算出する演算手段とから構成したことを特徴とする液晶素子の光学特性測定システム。 10

【請求項 8】

多層膜が形成された一对の基板間に液晶を介在させてなる液晶素子の光学特性測定システムであって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、液晶素子に入射させ、この液晶素子から出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 $\Delta\phi$ を測定する位相差測定部を用いて、前記液晶素子に対して所定の入射角 θ_+ 及び θ_- で光を入射させ計測し得られた実測データ R^+ 及び R^- の差 $R^- - R^+$ を求めて液晶層における多重反射及び多重干渉並びに液晶層の上下に存在する上記基板と上記ガラス基板上に形成されている多層膜における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する演算手段と、液晶の基礎物性定数 K_{11} 、 K_{22} 、 K_{33} 及びプレチルト角 θ_p に基づいて液晶分子が基板に対してなす角度 θ の変化が 1 次元である配向分布をなしているとして連続体理論から求めた所定の電界が印加されている下でのチルト角 θ_0 と、所定の入射角 θ_+ 及び θ_- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる液晶部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める演算手段と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ と恒等的に等しいことを用いて、上記基板近傍における上記液晶の極角アンカリングエネルギーについて、界面でのチルト角の偏差 $\Delta\theta_0 = \theta_0 - \theta_p$ と

20

【数 2】

$$R^- - R^+ = \frac{16\pi}{\lambda} \frac{K_{11} \sin \beta}{W_a \sin 2(\delta\theta_0)} \sqrt{\frac{(1 + \kappa \sin^2 \theta_0)(1 - \sin^2 \theta_0)}{1 + \gamma \sin^2 \theta_0}} \times \int_{\theta_0}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\nu \sin \theta}{1 + \nu \sin^2 \theta} \sqrt{(1 + \kappa \sin^2 \theta)(1 + \gamma \sin^2 \theta)} d\theta$$

30

式より算出する演算手段とから構成したことを特徴とする液晶素子の光学特性測定システム。

【請求項 9】

ガラス基板に代わって保護樹脂が用いられている位相補償フィルムにおける光学特性測定システムであって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、位相補償フィルムに入射させ、この位相補償フィルムから出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 $\Delta\phi$ を測定する位相差測定部を用いて、前記位相補償フィルムに対して所定の入射角 θ_+ 及び θ_- で光を入射させ計測し得られた実測データ R^+ 及び R^- の差 $R^- - R^+$ を求めてフィルムを構成する分子層における多重反射及び多重干渉並びに上下に存在する保護樹脂における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する演算手段と、フィルムを構成する分子層の屈折率物性定数 n_o に基づいて分子が保護樹脂に対してなす角度 θ の変化が 1 次元である配向分布をなしているとして、所定の入射角 θ_+ 及び θ_- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる分子層部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める演算手段と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ と恒等的に等しいことを用いて上記の位相補償フィルムの光軸及びフィルムの厚さ d を

40

50

【数 1】

$$R^- - R^+ = \frac{4\pi}{\lambda} \sin\beta \int_0^d \frac{\nu \cos\theta \sin\theta}{1 + \nu \sin^2\theta} dz$$

式から算出する演算手段とから構成したことを特徴とする液晶素子の光学特性測定システム。

【請求項 10】

前記位相差測定部の前記素子を回転制御させることによって、前記液晶素子に対して所定の入射角 + 及び - で光を入射させるように構成したことを特徴とする請求項 6 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の液晶素子の光学特性測定システム。 10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液晶素子の光学特性の測定方法及び測定システム、更に液晶の配向分布とアンカリングエネルギーを測定する方法及び測定システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

液晶素子は、液晶の持っている光の偏光特性を利用した表示素子である。液晶素子では、一对の基板間に液晶を介在させ、基板上で発生させた電界を液晶層に印加することによって透過光及び反射光を制御している。基板上には、液晶層の初期配列を決定させるための配向膜が形成され、また上記基板と上記配向膜の間には透明電極が形成されている。場合によっては保護膜も形成されることがある。液晶素子の開発のためには、液晶の複屈折率及び液晶分子の配向分布等の基礎物性を知る必要がある。特に、配向膜の近傍における液晶分子が基板となす角度をプレチルト角といい、配向膜の近傍における液晶分子がどの程度強固に配向膜に固定されているかを表す物理量をアンカリングエネルギーという。プレチルト角とアンカリングエネルギーを正確に知ることは液晶素子の設計や改善に役立つため、工業的にも有用である。 20

【0003】

従来よりプレチルト角とアンカリングエネルギーの測定法についてはさまざまな提案がなされてきた。プレチルト角の測定法としては、結晶回転法が提案されていた。またアンカリングエネルギーの測定法としては、強電場法が広く知られている。 30

【0004】

結晶回転法に用いられる測定装置は図 1 に示すような構成である。液晶素子 10 は、図 2 に示すように所定ギャップ d 隔てて配設された 2 枚のガラス基板 11・12 上に対向するように電極 13・14 をそれぞれ形成し、その電極 13・14 上の対向する面にそれぞれに配向膜 16・17 を形成し、配向膜 16・17 の間に液晶 15 を封入した構成を有する。

【0005】

そして、図 1 に示すように図 2 の構成を有する液晶素子 10 を恒温槽 21 内に載置する。この恒温槽 21 は温度コントローラ 22 に接続されており、この温度コントローラ 22 により液晶 15 がネマティック相を保つように温度制御される。 40

【0006】

23 は本計測装置全体を制御するコンピュータである。このコンピュータ 23 には回転台 33 が接続されている。この回転台 33 はコンピュータ 23 からの制御信号に応じて回転する。

【0007】

27 はヘリウム - ネオンレーザー光を出力するレーザー光源である。このレーザー光源 27 から出力された波長 λ のレーザー光は偏光板 28 を介して直線偏光化された後、チョッパー 34 によって、光変調が掛けられた後、液晶素子 10 に照射される。

【0008】

そして、液晶素子 10 を透過した透過光は偏光板 30 を介して検出器 31 に入力され、その光 50

信号が検出される。

【0009】

この検出器31で検出された光信号はロックインアンプ32に入力され、デジタル化された後、コンピュータ23に出力される。このコンピュータ23において信号処理がなされて、透過光強度が検出される。

【0010】

プレチルト角の小さい理想的な液晶素子であれば、液晶素子10の法線と入射レーザー光とのなす角が ψ である時の透過光強度から図3に示すようなグラフを作成することが出来る。

【0011】

図3において、曲線は実測値である。実測値から得られた曲線は図3に示されるような特徴的な対称性を持つ振動波形となる。この波形の対称点となる液晶素子の回転角 ψ は求めようとしているプレチルト角と次のような関係式で結ばれている。

【0012】

【数3】

$$\delta(\psi) = \frac{2\pi d}{\lambda} \left[\frac{1}{c^2} (a^2 - b^2) \sin \theta_p \cos \theta_p \sin \psi + \frac{1}{c} \sqrt{1 - \frac{a^2 b^2}{c^2} \sin^2 \psi} - \frac{1}{b} \sqrt{1 - b^2 \sin^2 \psi} \right] \quad 20$$

【0013】

ここで a は異常光の屈折率の逆数、 b は常光の屈折率の逆数、 $c = a^2 \cos^2 \theta_p + b^2 \sin^2 \theta_p$ である。よって、式3よりプレチルト角を求めることが出来る。

【0014】

強電場法に用いられる測定装置は図4に示すような構成である。液晶素子10は、図2に示すように所定ギャップ d 隔てて配設された2枚のガラス基板11・12上に対向するように電極13・14をそれぞれ形成し、その電極13・14上の対向する面にそれぞれに配向膜16・17を形成し、配向膜16・17の間に液晶15を封入した構成を有する。

【0015】

そして、図4に示すように図2の構成を有する液晶素子10を恒温槽21内に載置する。この恒温槽21は温度コントローラ22に接続されており、この温度コントローラ22により液晶15がネマティック相を保つように温度制御される。

【0016】

23は本計測装置全体を制御するコンピュータである。このコンピュータ23には任意波形発生器24が接続されている。この任意波形発生器24はコンピュータ23からの制御信号に応じて任意の波形、例えば任意の波高値を有する正弦波電圧をアンプ25に出力する。

【0017】

そして、このアンプ25から出力される任意の波高値を有する正弦波電圧の出力はインピーダンスアナライザ26を介して液晶素子10へ印加される。また、27はヘリウム - ネオンレーザー光を出力するレーザー光源である。このレーザー光源27から出力されたレーザー光は偏光板28を介して直線偏光化された後、光弾性変調素子29によって、光変調が掛けられた後、液晶素子10に照射される。

【0018】

そして、液晶素子10を透過した透過光は偏光板30を介して検出器31に入力され、その光振幅信号が検出される。

【0019】

この検出器31で検出された光振幅信号はロックインアンプ32に入力され、増幅・デジタル化された後、コンピュータ23に出力される。このコンピュータ23において信号処理がな

10

20

30

40

50

されて、光リタレーション R が検出される。ここで、非特許文献 2 ではリタレーションと呼ばれているが、正しくは位相差 が計測されている。

【 0 0 2 0 】

また、インピーダンスアナライザ 26 により液晶素子 10 の電気容量 C が計測される。次に、従来のネマティック液晶素子の極角アンカリングエネルギー測定方法の動作について説明する。まず、コンピュータ 23 の制御により任意波形発生器 24 により正弦波電圧を発生させ、その正弦波電圧値を液晶素子のしきい値からしきい値の約 10 倍程度まで変化させることができるようアンプ 25 で増幅させる。その正弦波電圧はインピーダンスアナライザ 26 を介して液晶素子 10 に印加される。

【 0 0 2 1 】

また同時に、レーザ光源 27 から出力されるレーザ光は偏光板 28 を介して直線偏光化され、光弾性変調素子 29 によって、光変調が掛けられた後、液晶素子 10 に照射される。液晶素子 10 を透過した透過光は偏光板 30 を介して検出器 31 に入力され、その光振幅信号が検出される。

【 0 0 2 2 】

この検出器 31 で検出された光振幅信号はロックインアンプ 32 に入力され、デジタル化された後に、コンピュータ 23 へ出力される。このコンピュータ 23 において信号処理がなされて、光リタレーション R が検出される。

【 0 0 2 3 】

また、インピーダンスアナライザ 26 により液晶素子 10 の静電容量 C を計測し、その計測された静電容量 C はコンピュータ 23 へ出力される。

【 0 0 2 4 】

極角アンカリングエネルギーの小さい理想的な液晶素子であれば、液晶素子 10 に印加される正弦波電圧としての印加電圧 V、印加電圧 V が掛けられた時の静電容量 C (V)、電圧が掛けられていないときの光リタレーション R₀、印加電圧 V が掛けられた時の光リタレーション R (V) から図 5 に示すようなグラフを作成することが出来る。

【 0 0 2 5 】

図 5 において、点は実測値である。実測値から得られたグラフに添う近似直線を破線で示すように引き、グラフ縦軸との交点即ちグラフ切片 y より、下式から極角アンカリングエネルギー A は求められる。

【 0 0 2 6 】

【数 4】

$$A = 2 (K_1 \cos^2 \theta_p + K_3 \sin^2 \theta_p) / d \cdot y$$

【 0 0 2 7 】

ここで K₁、K₃ は弾性定数、d はセルギャップ、 θ_p はプレチルト角である。

【 0 0 2 8 】

【特許文献 1】特開平 7 - 260676

【特許文献 2】特開平 5 - 10821

【非特許文献 1】T. J. Scheffer and J. Nehering, J. Appl. Phys. Vol. 48 (1977) p. 1783

【非特許文献 2】横山浩、日本液晶学会機関誌「液晶」第 4 巻第 1 号 (2000) p. 63

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 2 9 】

上記の従来法の問題点は、適用できる液晶素子が限定されることである。液晶素子は図 2 に示すように、一对のガラス基板の間に液晶を封入した構造を有し、液晶に初期配向を与えるための配向膜と呼ばれる高分子を塗布し、更に液晶層に電界を印加するための透明

10

20

30

40

50

電極が配置される。このような多層膜構造を有するために、液晶層や配向膜及び透明電極において、多重反射及び多重干渉が発生している。しかしながら、上述の結晶回転法や強電場法においては、多重反射及び多重干渉は考慮されていない。このため、プレチルト角を測定する方法として結晶回転法は比較的簡便な方法として優れているが、一般にプレチルト角が10度を越えた液晶素子には適用できないことが知られている。また極角アンカリングエネルギーを決定する方法として強電場法は比較的簡便な方法として優れているが、 10^{-4} J/m^2 以上の極角アンカリングエネルギーを決めることは困難であることが知られている。

【0030】

こうした測定範囲の限定を克服するためには、厳密に多重反射及び多重干渉の影響を考慮に入れた多層膜解析を行わなければならない、結晶回転法や強電場法の簡便さという利点は失われてしまった。

【0031】

本発明は前記課題に鑑みなされたものであり、液晶、位相補償フィルムなどの解析を行う際に、複雑な多層膜解析を行うことなしに多重反射及び多重干渉を相殺して複屈折率媒質の光学解析手法を行い、液晶配向分布及び液晶層の厚さdを決定する方法及び測定装置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】

【0032】

添付図面を参照して本発明の要旨を説明する。

【0033】

前記目的を達成するために、本発明にかかる液晶配向分布及び液晶層の厚さdを決定する方法は、図2に示すような多層膜が形成された一对の基板間に液晶を介在させてなる液晶素子の光学特性測定方法であって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、液晶素子に入射させ、この液晶素子から出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 δ を測定する位相差測定部を用いて、前記液晶素子に対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させ、位相差 δ^+ 及び δ^- を計測し、この得られた実測データ δ^+ 及び δ^- の差 $\delta^- - \delta^+$ を求めて液晶層における多重反射及び多重干渉並びに液晶層の上下に存在する上記基板と上記ガラス基板上に形成されている多層膜における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する工程と、液晶の屈折率物性定数 n に基づいて液晶分子が基板に対してなす角度 β の変化が1次元である配向分布をなしているとして、所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる液晶部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める工程と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ が $\delta^- - \delta^+$ と恒等的に等しいことを用いて上記の液晶配向分布及び液晶層の厚さdを

【数1】

$$R^- - R^+ = \frac{4\pi}{\lambda} \sin\beta \int_0^d \frac{\nu \cos\theta \sin\theta}{1 + \nu \sin^2\theta} dz$$

式から決定することを特徴とする液晶素子の光学特性測定方法に係るものである。

【0034】

また、多層膜が形成された一对の基板間に液晶を介在させてなる液晶素子の光学特性測定方法であって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、液晶素子に入射させ、この液晶素子から出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 δ を測定する位相差測定部を用いて、前記液晶素子に対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させ、位相差 δ^+ 及び δ^- を計測し、得られた実測データ δ^+ 及び δ^- の差 $\delta^- - \delta^+$ を求めて液晶層における多重反射及び多重干渉並びに液晶層の上下に存在する上記基板と上記ガラス基板上に形成されている多層膜における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去す

10

20

30

40

50

る工程と、液晶の屈折率物性定数に基づいて液晶分子が基板に対してなす角度の変化が1次元である配向分布をなしているとして、所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる液晶部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める工程と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ が $\theta^- - \theta^+$ と恒等的に等しいことを用いて、上記基板近傍における上記液晶が基板となすプレチルト角 θ_p 及び液晶層の厚さ d を

【数1】

$$R^- - R^+ = \frac{4\pi}{\lambda} \sin\beta \int_0^d \frac{\nu \cos\theta \sin\theta}{1 + \nu \sin^2\theta} dz$$

10

式から決定することを特徴とする液晶素子の光学特性測定方法に係るものである。

【0035】

また、多層膜が形成された一对の基板間に液晶を介在させてなる液晶素子の光学特性測定方法であって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、液晶素子に入射させ、この液晶素子から出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 $\Delta\phi$ を測定する位相差測定部を用いて、前記液晶素子に対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させ、位相差 ϕ^+ 及び ϕ^- を計測し、得られた実測データ ϕ^+ 及び ϕ^- の差 $\phi^- - \phi^+$ を求めて液晶層における多重反射及び多重干渉並びに液晶層の上下に存在する上記基板と上記ガラス基板上に形成されている多層膜における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する工程と、液晶の基礎物性定数 K_{11} 、 K_{13} 、 K_{33} 及びプレチルト角 θ_p に基づいて液晶分子が基板に対してなす角度 θ の変化が1次元である配向分布をなしているとして連続体理論から求めた所定の電界が印加されている下でのチルト角 θ_0 と、所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる液晶部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める工程と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ が $\theta^- - \theta^+$ と恒等的に等しいことを用いて、上記基板近傍における上記液晶の極角アンカリングエネルギーについて、界面でのチルト角の偏差 $\Delta\theta = \theta_0 - \theta_p$ と

20

【数2】

$$R^- - R^+ = \frac{16\pi}{\lambda} \frac{K_{11} \sin\beta}{W_a \sin 2(\delta\theta_0)} \sqrt{\frac{(1 + \kappa \sin^2\theta_0)(1 - \sin^2\theta_0)}{1 + \gamma \sin^2\theta_0}} \times \int_{\theta_0}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\nu \sin\theta}{1 + \nu \sin^2\theta} \sqrt{(1 + \kappa \sin^2\theta)(1 + \gamma \sin^2\theta)} d\theta$$

30

式より決定することを特徴とする液晶素子の光学特性測定方法に係るものである。

【0036】

また、ガラス基板に代わって保護樹脂が用いられている位相補償フィルムにおける光学特性測定方法であって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、位相補償フィルムに入射させ、この位相補償フィルムから出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 $\Delta\phi$ を測定する位相差測定部を用いて、前記位相補償フィルムに対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させ、位相差 ϕ^+ 及び ϕ^- を計測し、得られた実測データ ϕ^+ 及び ϕ^- の差 $\phi^- - \phi^+$ を求めてフィルムを構成する分子層における多重反射及び多重干渉並びに上下に存在する保護樹脂における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する工程と、フィルムを構成する分子層の屈折率物性定数に基づいて分子が保護樹脂に対してなす角度 θ の変化が1次元である配向分布をなしているとして、所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる分子層部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める工程と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ が $\theta^- - \theta^+$ と恒等的に等しいことを用いて上記の位相補償フィルムの光軸及びフィルムの厚さ d を

40

【数 1】

$$R^- - R^+ = \frac{4\pi}{\lambda} \sin\beta \int_0^d \frac{\nu \cos\theta \sin\theta}{1 + \nu \sin^2\theta} dz$$

式から決定することを特徴とする液晶素子の光学特性測定方法に係るものである。

【0037】

また、前記位相差測定部の前記素子を回転制御させることによって、前記液晶素子に対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の液晶素子の光学特性測定方法に係るものである。

10

【0038】

また、多層膜が形成された一对の基板間に液晶を介在させてなる液晶素子の光学特性測定システムであって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、液晶素子に入射させ、この液晶素子から出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 $\Delta\phi$ を測定する位相差測定部を用いて、前記液晶素子に対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させ計測し得られた実測データ R^+ 及び R^- の差 $R^- - R^+$ を求めて液晶層における多重反射及び多重干渉並びに液晶層の上下に存在する上記基板と上記ガラス基板上に形成されている多層膜における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する演算手段と、液晶の屈折率物性定数 n に基づいて液晶分子が基板に対してなす角度 θ の変化が1次元である配向分布をなしているとして、所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる液晶部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める演算手段と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ が $R^- - R^+$ と恒等的に等しいことを用いて上記の液晶配向分布及び液晶層の厚さ d を

20

【数 1】

$$R^- - R^+ = \frac{4\pi}{\lambda} \sin\beta \int_0^d \frac{\nu \cos\theta \sin\theta}{1 + \nu \sin^2\theta} dz$$

式から決定する演算手段により構成したことを特徴とする液晶素子の光学特性測定システムに係るものである。

30

【0039】

また、多層膜が形成された一对の基板間に液晶を介在させてなる液晶素子の光学特性測定システムであって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、液晶素子に入射させ、この液晶素子から出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 $\Delta\phi$ を測定する位相差測定部を用いて、前記液晶素子に対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させ測定し得られた実測データ R^+ 及び R^- の差 $R^- - R^+$ を求めて液晶層における多重反射及び多重干渉並びに液晶層の上下に存在する上記基板と上記ガラス基板上に形成されている多層膜における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する演算手段と、液晶の屈折率物性定数 n に基づいて液晶分子が基板に対してなす角度 θ の変化が1次元である配向分布をなしているとして、所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる液晶部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める演算手段と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ が $R^- - R^+$ と恒等的に等しいことを用いて、上記基板近傍における上記液晶が基板となすプレチルト角 θ_p 及び液晶層の厚さ d を

40

【数 1】

$$R^- - R^+ = \frac{4\pi}{\lambda} \sin\beta \int_0^d \frac{\nu \cos\theta \sin\theta}{1 + \nu \sin^2\theta} dz$$

50

式から算出する演算手段とから構成したことを特徴とする液晶素子の光学特性測定システムに係るものである。

【0040】

また、多層膜が形成された一对の基板間に液晶を介在させてなる液晶素子の光学特性測定システムであって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、液晶素子に入射させ、この液晶素子から出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 δ を測定する位相差測定部を用いて、前記液晶素子に対して所定の入射角 θ_0^+ 及び θ_0^- で光を入射させ計測し得られた実測データ R^+ 及び R^- の差 $R^- - R^+$ を求めて液晶層における多重反射及び多重干渉並びに液晶層の上下に存在する上記基板と上記ガラス基板上に形成されている多層膜における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する演算手段と、液晶の基礎物性定数 K_{11} 、 K_{22} 、 K_{33} 、 K_{12} 、 K_{13} 、 K_{23} 、及びプレチルト角 θ_p に基づいて液晶分子が基板に対してなす角度 θ の変化が1次元である配向分布をなしているとして連続体理論から求めた所定の電界が印加されている下でのチルト角 θ_0 と、所定の入射角 θ_0^+ 及び θ_0^- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる液晶部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める演算手段と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ が $R^- - R^+$ と恒等的に等しいことを用いて、上記基板近傍における上記液晶の極角アンカリングエネルギーについて、界面でのチルト角の偏差 $\theta_0 = \theta_0 - \theta_p$ と

【数2】

$$R^- - R^+ = \frac{16\pi}{\lambda} \frac{K_{11} \sin \beta}{W_a \sin 2(\delta\theta_0)} \sqrt{\frac{(1 + \kappa \sin^2 \theta_0)(1 - \sin^2 \theta_0)}{1 + \gamma \sin^2 \theta_0}} \times \int_{\theta_0}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\nu \sin \theta}{1 + \nu \sin^2 \theta} \sqrt{(1 + \kappa \sin^2 \theta)(1 + \gamma \sin^2 \theta)} d\theta$$

式より算出する演算手段とから構成したことを特徴とする液晶素子の光学特性測定システムに係るものである。

【0041】

また、ガラス基板に代わって保護樹脂が用いられている位相補償フィルムにおける光学特性測定システムであって、光源から放射される波長 λ である光を偏光子を介して偏光させた後、位相変調素子を介して位相変調を与えた上で、位相補償フィルムに入射させ、この位相補償フィルムから出射した光を検光子を介して光透過率を光検出器で測定することにより位相差 δ を測定する位相差測定部を用いて、前記位相補償フィルムに対して所定の入射角 θ_0^+ 及び θ_0^- で光を入射させ計測し得られた実測データ R^+ 及び R^- の差 $R^- - R^+$ を求めてフィルムを構成する分子層における多重反射及び多重干渉並びに上下に存在する保護樹脂における多重反射及び多重干渉を相殺して影響を除去する演算手段と、フィルムを構成する分子層の屈折率物性定数 ν に基づいて分子が保護樹脂に対してなす角度 θ の変化が1次元である配向分布をなしているとして、所定の入射角 θ_0^+ 及び θ_0^- で光を入射させる条件で光学理論計算により得られる分子層部分の光路差 R^- 及び R^+ を求める演算手段と、この光路差 R^- 及び R^+ の差 $R^- - R^+$ が $R^- - R^+$ と恒等的に等しいことを用いて上記の位相補償フィルムの光軸及びフィルムの厚さ d を

【数1】

$$R^- - R^+ = \frac{4\pi}{\lambda} \sin \beta \int_0^d \frac{\nu \cos \theta \sin \theta}{1 + \nu \sin^2 \theta} dz$$

式から算出する演算手段とから構成したことを特徴とする液晶素子の光学特性測定システムに係るものである。

【0042】

また、前記位相差測定部の前記素子を回転制御させることによって、前記液晶素子に対

して所定の入射角 θ_+ 及び θ_- で光を入射させるように構成したことを特徴とする請求項 6 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の液晶素子の光学特性測定システムに係るものである。

【発明の効果】

【0043】

本発明にかかる液晶配向分布及び液晶層の厚さ d を決定する方法及び装置によれば、従来は液晶層の厚さ、プレチルト角、極角アンカリングエネルギーの測定にはそれぞれの専用測定機が必要であったが、本発明では一台の偏光解析装置によって、液晶素子における液晶配向分布、液晶層の厚さ、プレチルト角、極角アンカリングエネルギーを、位相補償フィルムについては光軸及びフィルムの厚さ d を簡便な方法で決定することが可能となる。更に、従来法では多重反射、多重干渉の影響を無視していたことから測定できる範囲が 10 限定的であった。プレチルト角の場合は一般に 10 度以下、極角アンカリングエネルギーの場合は 10^{-4} J/m^2 以下の場合でなければ精度良く測定できなかった。本発明では、多重反射、多重干渉を相殺できることから、プレチルト角に関しては制限がなくなり、極角アンカリングエネルギーの場合は 10^{-2} J/m^2 以下まで測定できるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0044】

好適と考える本発明の実施形態（発明をどのように実施するか）を、図面に基づいて本発明の作用を示して簡単に説明する。

【0045】

本発明は、光学の教科書には必ず掲載されている薄膜における多重反射、多重干渉について理解した上で、異方性媒質を含む多層膜光学解析を行うものである。 20

【0046】

以下、実際の測定に即して、本発明を詳しく説明する。

【0047】

ここでは、測定対象を液晶素子とした。無論、異方性媒質を有する媒質であれば全てに適用することが出来る。本実験に用いられる液晶素子の概要図を図 2 に記載する。本実験に用いられた液晶素子は、図 2 に示すように所定ギャップ d 隔てて配設された 2 枚のガラス基板 11・12 上に対向するように電極 13・14 をそれぞれ形成し、その電極 13・14 上の対向する面にそれぞれに配向膜 16・17 を形成し、配向膜 16・17 の間に液晶 15 を封入した構成を有する。 30

【0048】

そして、本発明にかかる測定装置を図 7 に示す。光源部 35 から放射される波長 λ である光を偏光子 28 を介して直線偏光化させた後、位相変調素子 29 を介して位相変調を与えた上で、液晶素子 10 に入射させ、この液晶素子 10 から出射した光を回転機構を有する検光子 30 を介して光透過率を光検出器 31 で検出した後ロックインアンプ 32 で雑音を除去した後にデジタル信号化することを目的とした光強度計測部と、デジタル化された光強度情報をコンピュータ 23 に送り位相差 $\Delta\phi$ を算出する位相差測定部とにおいて構成される透過型偏光解析装置である。偏光解析装置は、光によって透明媒質の位相差 $\Delta\phi$ 及び振幅比角 θ を測定する装置である。偏光解析装置は、前記の位相変調素子 29 によって位相変調をかけることを利用した偏光変調方式と、前記の位相変調素子 29 によって位相変調は掛けないものの検光子 30 を回転させることで偏光状態を解析する回転検光子方式などがあるが、求める情報が媒質の位相差 $\Delta\phi$ 及び振幅比角 θ を測定するものはすべて偏光解析装置ということが出来ることは自明である。特に、媒質の位相差 $\Delta\phi$ のみを測定する装置を位相差測定装置やリタレーション計測装置などと呼ぶこともあるが、すべて偏光解析装置の範疇である。 40

【0049】

図 2 の構成を有する液晶素子 10 を恒温槽 21 内に載置する。この恒温槽 21 は温度コントローラ 22 に接続されており、この温度コントローラ 22 により液晶 15 がネマティック相を保つように温度制御される。恒温槽 21 は光源部 35 と光検出部 31 の間の光路上に配置する。

【0050】

23 は本計測装置全体を制御するコンピュータである。このコンピュータ 23 には、コンピ 50

ュータに接続されている回転台33及び検光子30を制御する回転制御部と、コンピュータに接続されている検光子30を制御する回転制御部と、コンピュータに接続されているロックインアンプ32から入力される光強度のデジタル信号を演算して位相差及び振幅比角を算出する演算部より構成されている。この回転台33はコンピュータ23からの制御信号に応じて回転する。このとき、偏光解析装置内における光路と液晶素子の法線とのなす角をとす。また、任意波形発生24を制御するコンピュータ23内の電界制御部により制御された任意波形発生装置24から発生した正弦波電圧はアンプ25で増幅され、液晶素子10に印加される。

【0051】

測定手順は次のとおりである。まずはじめに、偏光解析装置における光路と液晶素子の法線がなす角がある特定の角度になるように回転台33を回転させる。この角度は任意である。続いて、偏光解析装置検出された光強度をコンピュータ23に入力して位相差を算出する。この工程で求められた位相差を θ^+ と呼ぶ。

10

【0052】

次に偏光解析装置における光路と液晶素子の法線がなす角がある特定の角度 θ^- になるように回転台33を回転させる。続いて、偏光解析装置検出された光強度をコンピュータ23に入力して位相差 θ^- を算出する。この工程で求められた位相差 θ^- と呼ぶ。

【0053】

異方性をもつ媒質では一般に、 θ^+ と θ^- は値が異なる。何故値が異なるかを示した図を図8に示す。図8において、異方性をもつ媒質に異方性をもたない媒質から点Oにおいて角度 θ^+ で光が入射した状況を考える。入射する光の振動面が紙面に平行な偏光をp偏光、紙面に垂直な偏光をs偏光と呼ぶ。異方性媒質を通過した後の、p偏光とs偏光の位相差をリタレーションと呼ぶ。s偏光に関しては、角度 θ^+ で入射した光と角度 θ^- で入射した光の位相に差がないので、p偏光のみを考える。光学の教科書にあるように、屈折に関するスネルの法則から、異方性をもつ媒質における光の進行角は光の入射角 θ^+ とは異なる。そして、点Aにおいて対向側の異方性をもたない媒質へと点Fの方向に光は抜けていく。このリタレーションは、異方性をもつ媒質のもっとも有用な情報を持っている。ここで、異方性をもつ媒質と異方性をもたない媒質との屈折率が異なるために、すべての光が点Aにおいて点Fの方向に進行するわけではなく、一部は点Aにおいて反射され点Gの方向に進行する。こうした光を反射光という。反射光は点Gにおいて異方性をもたない媒質側に抜けていく光もあるが、異方性をもつ媒質と異方性をもたない媒質との屈折率が異なるために、すべての光が点Gにおいて透過するわけではなく、一部は点Gにおいて反射され点Hの方向に進行する。点Hにおいても同様に透過する光と反射する光が存在する。こうした繰り返しを特に、光学の教科書では多重反射と呼ぶ。また、点Hから透過してきた光と点Aから透過してきた光は干渉を起こす。さらに多重反射を起こしたことにより、光が異方性をもつ媒質から異方性をもたない媒質に透過してくる全ての光が相互に干渉を起こす。これらの干渉を、光学の教科書では多重干渉という。異方性を持つ媒質の解析を行う場合、本来欲しいのはリタレーション、すなわち点O A間を通過した光だけである。点O A間を通過した光の位相差をここでは特に R^+ とする。点O A間を通過した光以外の多重反射光及び多重干渉光が実際には存在することによって、偏光解析装置で測定される位相差 θ^+ はリタレーション R^+ とは異なる。偏光解析装置で測定される位相差 θ^+ とリタレーション R^+ との差を $\Delta\theta^+$ とする。すなわち $\theta^+ = R^+ + \Delta\theta^+$ である。

20

30

40

【0054】

次に図8において、異方性をもつ媒質に異方性をもたない媒質から点Oにおいて角度 θ^- で光が入射した状況を考える。同様に簡単化のために、入射する光の振動面は紙面と平行であるp偏光のみを考える。先程と同様に、異方性をもつ媒質における光の進行角は光の入射角 θ^- とは異なる。そして、点A'において対向側の異方性をもたない媒質へと点F'の方向に光は抜けていく。ここで、媒質が異方性をもつことから、角G O Aと角G' O A'は異なることに注意したい。点O A'間を通過した光の位相差をここでは特に R^- とする。このため異方性をもつ媒質のもっとも有用な情報を持っているリタレーションR

50

は R^+ と異なる値を持つ。角度 $+$ で光が入射した場合と同様に、点 $O A'$ 間を通過した光以外の多重反射光及び多重干渉光が実際には存在することによって、偏光解析装置で測定される位相差 Δ^- はリタデーション R^- とは異なる。偏光解析装置で測定される位相差 Δ^- とリタデーション R^- との差を δ^- とする。すなわち $\Delta^- = R^- + \delta^-$ である。

【0055】

ここで、屈折に関するスネルの法則から、角度 $+$ で光が入射されたときの異方性媒質内部での反射光の光路 $A G$ と、角度 $-$ で光が入射されたときの異方性媒質内部での反射光の光路 $G' H'$ は同一である。同様に、角度 $+$ で光が入射されたときの異方性媒質内部での反射光の光路 $A G$ と、角度 $-$ で光が入射されたときの異方性媒質内部での反射光の光路 $G H$ と、角度 $-$ で光が入射されたときの異方性媒質内部での反射光の光路 $A' G'$ は同一である。よって、角度 $+$ で光が入射されたときの多重反射及び多重干渉の成分 $+$ と、角度 $-$ で光が入射されたときの多重反射及び多重干渉の成分 $-$ とは等しいことが分かる。

10

【0056】

よって、角度 $+$ で光が入射されたときの位相差 Δ^+ と、角度 $-$ で光が入射されたときの位相差 Δ^- との差は

【数5】

$$\Delta^- - \Delta^+ = (R^- + \delta^-) - (R^+ + \delta^+) = R^- - R^+$$

20

である。つまり、角度 $+$ で光が入射されたときの位相差 Δ^+ と、角度 $-$ で光が入射されたときの位相差 Δ^- との差をとることによって、多重反射及び多重干渉の影響を相殺することが出来るのである。なお、異方性媒質の上下に配する異方性の無い層は何層積層されていても、本発明の方法を取れば多重反射及び多重干渉を相殺できることは明らかである。

【0057】

異方性媒質のリタデーションは、次の式で与えられる。

【0058】

【数1】

$$R^- - R^+ = \frac{4\pi}{\lambda} \sin \beta \int_0^d \frac{\nu \cos \theta \sin \theta}{1 + \nu \sin^2 \theta} dz$$

30

【0059】

ここで、 $\nu = (n_e^2 - n_o^2) / n_o^2$ 、 n_e は異常光に対する屈折率、 n_o は常光に対する屈折率、 λ は入射光の波長、 β は円周率であり、 z は位置 z における分子の x 軸となす角である。

【0060】

以上より、角度 $+$ で光が入射されたときの位相差 Δ^+ と、角度 $-$ で光が入射されたときの位相差 Δ^- との差をとることによって異方性媒質の空間分布を得ることが出来るのである。

40

【0061】

コンピュータ23においては、角度 $+$ で光が入射されたときの位相差 Δ^+ と、角度 $-$ で光が入射されたときの位相差 Δ^- との差より、式1に基づく数値計算より液晶の分子が基板とのなす角 θ のセル厚方向の一次元分布を求める。

【0062】

以上の形態及び手順で、液晶の分子が基板とのなす角 θ のセル厚方向の一次元分布を求めることができる。

【0063】

また、極角アンカリングエネルギー W_a を決定する際には、上記手順で界面におけるプレ

50

チルト角とセル厚 d を決定した後、適切な電圧を液晶素子に加えた状態での界面でのチルト角 θ_0 を連続体理論に基づいて計算しておき、その偏差 $\theta_0 = \theta_0 - \theta_p$ と

【数 2】

$$R^- - R^+ = \frac{16\pi}{\lambda} \frac{K_{11} \sin \beta}{W_a \sin 2(\delta\theta_0)} \sqrt{\frac{(1 + \kappa \sin^2 \theta_0)(1 - \sin^2 \theta_0)}{1 + \gamma \sin^2 \theta_0}} \\ \times \int_{\theta_0}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\nu \sin \theta}{1 + \nu \sin^2 \theta} \sqrt{(1 + \kappa \sin^2 \theta)(1 + \gamma \sin^2 \theta)} d\theta$$

式より W_a を決定することが出来る。

10

【実施例 1】

【0064】

本発明の具体的な実施例 1 について図面に基づいて説明する。

【0065】

図 9 は、液晶素子のプレチルト測定を本発明の方法で行った結果の一例である。偏光解析装置を用いて波長 λ が 550 nm である光を前記液晶素子に対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させている。液晶素子の透明電極 13 及び 14 の厚さは 40 nm、配向膜 16 及び 17 の厚さは 70 nm、透明電極 13 及び 14 の屈折率は 2.0434、配向膜 16 及び 17 の屈折率は 1.6147 である。入射角 θ は、図 7 の測定装置における回転台 33 を +80 度から -80 度まで回転させながら測定している。図 9 の横軸は、液晶素子への光の入射角 θ をとり、縦軸は位相差を取っている。図 9 における図中の印は $\theta^+ - \theta^-$ の測定点であり、実線は、液晶の基板との傾き角 β と基板間のギャップ d をパラメータとした、式 1 が最もよく実験結果と一致するように数値計算を行った位相差の差 $R^- - R^+$ の解析結果曲線である。この解析結果曲線を与えるときの、式 1 の解 β と d は、 $\beta = 5.0$ 度ならば $d = 5.0 \mu\text{m}$ であった。結晶回転法では、予め別の方法でギャップ d を測定しておかねばならなかった。更に多重反射及び多重干渉の影響からプレチルト角の測定範囲に制限があった。本発明の方法ではプレチルト角の測定範囲に限界が無く、プレチルト角とギャップ d を同時に決定することが出来ることが特徴である。

20

【実施例 2】

【0066】

本発明の具体的な実施例 2 について図面に基づいて説明する。

30

【0067】

図 10 は、液晶素子の極角アンカリングエネルギーを本発明による方法で決定を試みた結果の一例である。偏光解析装置を用いて波長 λ が 550 nm である光を前記液晶素子に対して所定の入射角 θ^+ 及び θ^- で光を入射させている。液晶素子の透明電極 13 及び 14 の厚さは 40 nm、配向膜 16 及び 17 の厚さは 70 nm、透明電極 13 及び 14 の屈折率は 2.0434、配向膜 16 及び 17 の屈折率は 1.6147 である。入射角 θ は、図 7 の測定装置における回転台 33 を +50 度及び -50 度に固定して測定している。プレチルト角とギャップ d は実施例 1 で測定され、チルト角は 10.0 度ならばギャップは 5.0 μm であった。図 9 の横軸は、液晶素子への印加電圧 V をとり、縦軸は位相差を取っている。図 10 における図中の印は $\theta^+ - \theta^-$ の測定点であり、2 本の曲線は、式 2 において、極角アンカリングエネルギーが $5 \times 10^{-4} \text{ J/m}^2$ 及び $10 \times 10^{-4} \text{ J/m}^2$ の場合の位相差の差 $R^- - R^+$ である。この結果から、求める極角アンカリングエネルギーは $5 \times 10^{-4} \text{ J/m}^2$ であることが分かる。強電場法では、極角アンカリングエネルギーが $1 \times 10^{-4} \text{ J/m}^2$ を超えると測定が困難であった。更に多重反射及び多重干渉の影響から強い極角アンカリングエネルギーの測定においては誤差が大きかった。本発明の方法では $1 \times 10^{-3} \text{ J/m}^2$ を程度までの強い極角アンカリングエネルギーの測定が可能で、かつ同一のシステムを用いてプレチルト角とギャップ d と極角アンカリングエネルギーを決定することが出来ることが特徴である。

40

【実施例 3】

50

【 0 0 6 8 】

本発明の具体的な実施例 3 について図面に基づいて説明する。

【 0 0 6 9 】

図 1 1 は、本発明による方法によって液晶分子配列を決定する概念を示す。最も基本的な液晶配列である平行配向は図 2 に示すような配列である。これ以外にも図 1 1 のようなハイブリッド型と呼ばれる液晶の配列もある。このような特殊な配列の場合でも、一次元配向分布を決めることが出来る。

【 実施例 4 】

【 0 0 7 0 】

本発明の具体的な実施例 4 について図面に基づいて説明する。

10

【 0 0 7 1 】

図 1 2 は、位相補償フィルムの概略図である。位相補償フィルムは液晶素子とは異なる構造を有しているが、本発明による測定システムの測定対象である。すなわち、位相補償フィルムは高分子でできているものの、高分子を構成する単位となる構造は液晶と類似である。この単位となる構造が、位相補償フィルム内でどのような配向分布をしているかが重要である。この分子の基本単位の配向分布の測定も、本発明によるシステムによって行うことができる。

【 0 0 7 2 】

尚、本発明は、実施例 1 ~ 4 に限られるものではなく、各構成要件の具体的な構成は適宜設計し得るものである。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 3 】

【 図 1 】 結晶回転法の測定装置の構成概念図である。

【 図 2 】 液晶素子の構造概念図である。

【 図 3 】 結晶回転法の測定結果の概略図である。

【 図 4 】 強電場法の測定装置の構成概念図である。

【 図 5 】 強電場法による測定結果の概念図である。

【 図 6 】 位相差の測定結果の例である。

【 図 7 】 本発明の測定装置の構成概念図である。

【 図 8 】 多重反射・多重干渉の説明図である。

30

【 図 9 】 本発明によるプレチルト角の測定結果である。

【 図 1 0 】 本発明による、極角アンカリングエネルギーの測定結果である。

【 図 1 1 】 本発明で測定されるハイブリッド型液晶素子の概念図である。

【 図 1 2 】 本発明で測定される位相補償フィルムの概念図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 4 】

10 液晶素子

11・12 ガラス板

13・14 電極

15 液晶

40

16・17 配向膜

27 レーザ光源

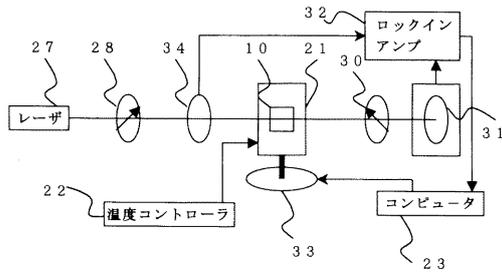
28 偏光子

29 光弾性変調器

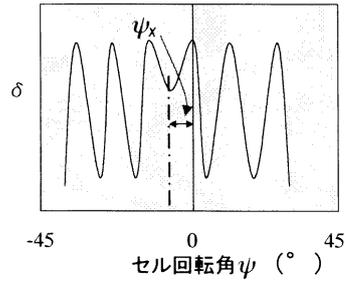
30 検光子

31 検出器

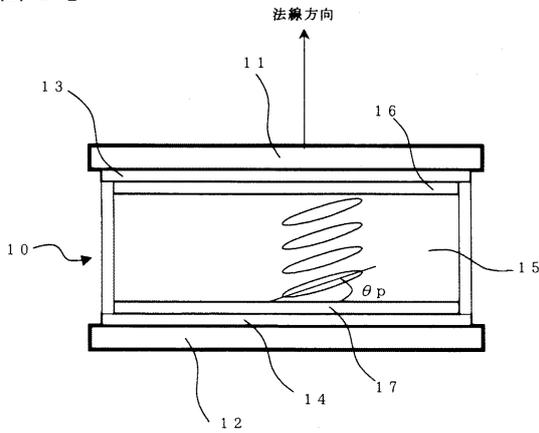
【図1】



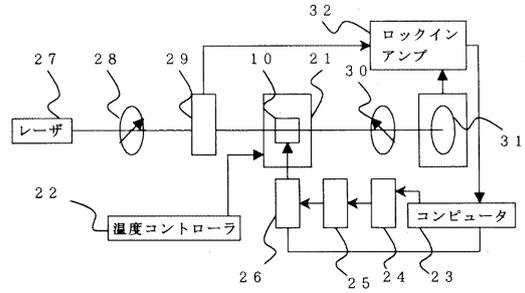
【図3】



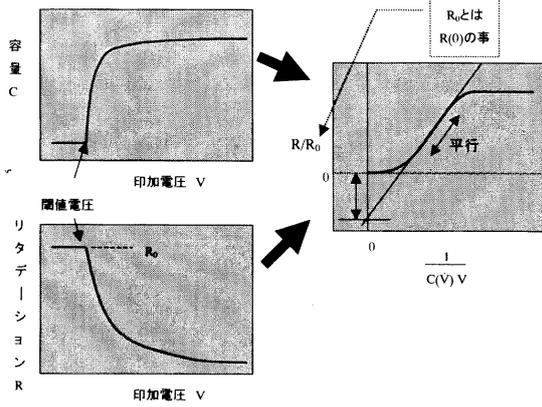
【図2】



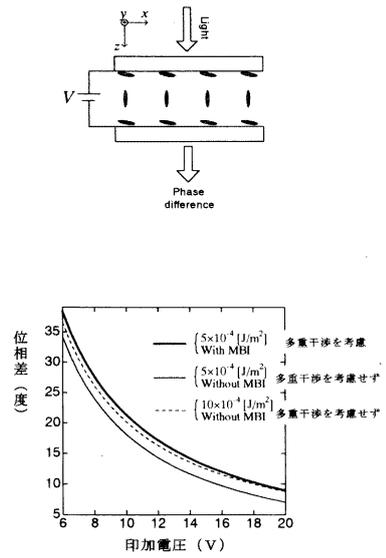
【図4】



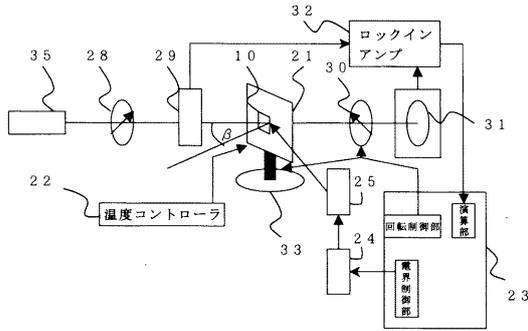
【図5】



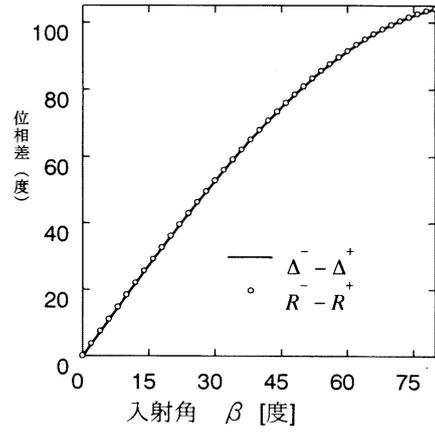
【図6】



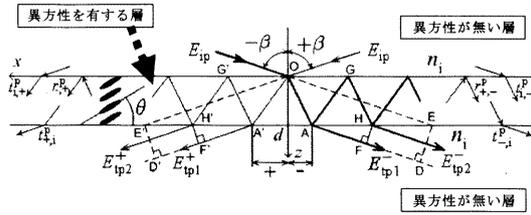
【図7】



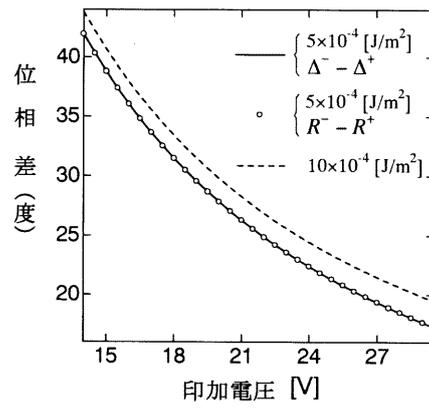
【図9】



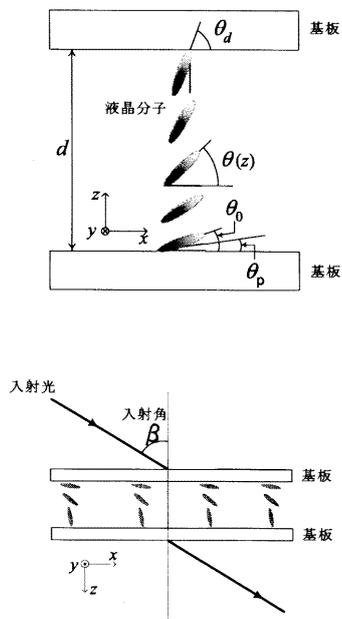
【図8】



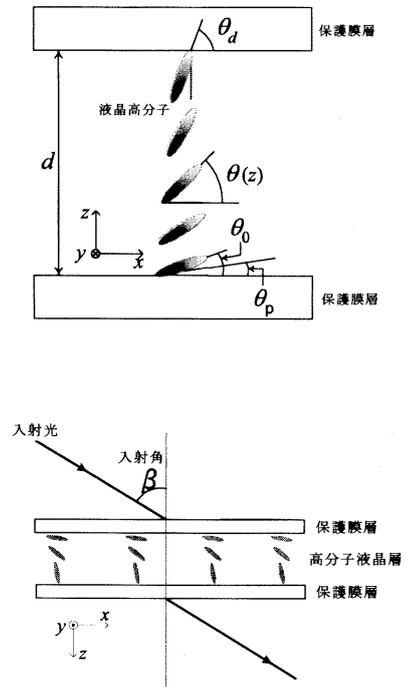
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 ラ フング チオング

新潟県長岡市上富岡町1603-1 長岡技術科学大学内

審査官 藤田 都志行

(56)参考文献 特開2003-57147(JP,A)

特開2002-341305(JP,A)

特開2002-277846(JP,A)

特開2000-330117(JP,A)

特開2000-241292(JP,A)

特開平10-246693(JP,A)

特開平10-068673(JP,A)

特開平09-119886(JP,A)

特開平09-096815(JP,A)

特開平09-089760(JP,A)

特開平08-094445(JP,A)

特開平07-063670(JP,A)

特開平07-013114(JP,A)

特開平06-265840(JP,A)

特開平06-265839(JP,A)

特開平06-082239(JP,A)

特開平06-074864(JP,A)

特開平01-162134(JP,A)

Baur et al., Phys. Lett., 1976年, vol.56A, p.142

T. J. Schffer et al., J. Appl. Phys., 1980年, vol.19, p.2013

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/13 101

G02F 1/1337

G01B 11/06 Z

G01M 11/00 T

G01N 21/21 Z