

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4425979号
(P4425979)

(45) 発行日 平成22年3月3日 (2010.3.3)

(24) 登録日 平成21年12月18日 (2009.12.18)

(51) Int.Cl.	F I
GO2F 1/13 (2006.01)	GO2F 1/13 I O 1
GO1M 11/00 (2006.01)	GO1M 11/00 T
GO1N 21/21 (2006.01)	GO1N 21/21
GO1J 4/04 (2006.01)	GO1J 4/04 Z

請求項の数 31 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2008-515919 (P2008-515919)	(73) 特許権者	507402370
(86) (22) 出願日	平成18年6月9日 (2006.6.9)		アクソメトリクス インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2008-544302 (P2008-544302A)		アメリカ合衆国 3 5 8 1 6 アラバマ州
(43) 公表日	平成20年12月4日 (2008.12.4)		ハンツビル スパークマン ドライブ
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/022313		エヌダブリュ 5 1 5
(87) 国際公開番号	W02006/135681	(74) 代理人	100083806
(87) 国際公開日	平成18年12月21日 (2006.12.21)		弁理士 三好 秀和
審査請求日	平成21年5月21日 (2009.5.21)	(74) 代理人	100095500
(31) 優先権主張番号	11/150,363		弁理士 伊藤 正和
(32) 優先日	平成17年6月10日 (2005.6.10)	(74) 代理人	100111235
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 原 裕子
早期審査対象出願		(72) 発明者	スミス、 マシュー エイチ、
			アメリカ合衆国 3 5 8 1 6 アラバマ州
			ハンツビル ダートマウス ドライブ
			I O 1
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 完全なミューラー行列測定から液晶セルパラメータを決定するための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試験中の液晶セルの測定された偏光状態を表すデータを分析して、前記試験中の液晶セルの少なくとも1つの物理的パラメータを決定するのに、コンピュータ処理装置を使うための方法であって、

A) 複数の偏光状態の各偏光状態が該複数の偏光状態の他の偏光状態とは異なる向き、楕円率および掌性を有するような複数の偏光状態を有する光ビームを、前記試験中の液晶セルを通じて送出し、

B) 前記複数の偏光状態が前記試験中の液晶セルを通過した後に、送出された前記複数の偏光状態に沿った選択されたポイントにおいて、前記試験中の液晶セルによって変化させられた偏光状態を測定し、測定された偏光状態を該測定された偏光状態を表す前記データに変換し、

C) コンピュータ処理装置において、前記試験中の液晶セルの少なくとも1つの推定された物理的パラメータに基づくモデル化された偏光特性を含んだ液晶セルモデルを作成し、

D) 前記測定された偏光状態を表す前記データを使って、前記モデル化された偏光特性と前記試験中の液晶セルの偏光特性との間に緊密な適合が得られるまで、前記コンピュータモデルを調整し、

E) これにより前記緊密な適合が得られたときには、前記液晶セルモデルの前記少なくとも1つの推定された物理的パラメータが、前記試験中の液晶セルの対応する前記物理的

パラメータを示すこと、
からなる方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の方法であって、前記 A) は、異なる向き、楕円率および掌性を有する前記複数の偏光状態を含んだ時間変動する偏光状態の連続光を送出すること、からさらになる方法。

【請求項 3】

請求項 1 記載の方法であって、異なる向き、楕円率および掌性を有する前記複数の偏光状態の十分な数を送出して測定し、少なくとも純粋なリターダンス行列を計算すること、からさらになる方法。

10

【請求項 4】

請求項 1 記載の方法であって、異なる向き、楕円率および掌性を有する前記複数の偏光状態の十分な数を送出して測定し、完全なミューラーまたはジョーンズ行列の計算を許容すること、からさらになる方法。

【請求項 5】

請求項 1 記載の方法であって、前記 D) は、前記液晶セルモデルの前記偏光特性と前記試験中の液晶セルの偏光特性との間に最低の二乗平均差が得られるまで、前記液晶セルモデルの前記推定された物理的パラメータの少なくとも 1 つを反復法で調整すること、からさらになる方法。

【請求項 6】

20

請求項 5 記載の方法であって、前記 D) は、セルギャップ、ねじれ角、ラビング方向およびプレチルト角からなる前記推定された物理的パラメータの少なくとも 1 つを変化させること、からさらになる方法。

【請求項 7】

請求項 6 記載の方法であって、前記緊密な適合が得られた後に変化させられた前記少なくとも 1 つの推定された物理的パラメータを表示し、前記少なくとも 1 つの緊密に適合した、変化させられ推定された物理的パラメータは前記試験中の液晶セルの対応する物理的パラメータを表すこと、からさらになる方法。

【請求項 8】

請求項 1 記載の方法であって、前記液晶セルを X および Y 方向に動かして前記液晶セル上のあらゆる位置における測定を可能にしても良いように、前記液晶セルを X Y 平行移動可能ステージに載置すること、からさらになる方法。

30

【請求項 9】

請求項 1 記載の方法であって、前記 D) は、
異なる向き、楕円率および掌性を有する前記複数の偏光状態が前記液晶セルを通じて送出されるところの入射角、該入射角の方向、または該入射角と該入射角の方向の両方を変化させること、からさらになる方法。

【請求項 10】

請求項 1 の方法を使って、製造中に欠陥について試験された液晶表示スクリーン。

【請求項 11】

40

液晶セルの物理的パラメータを決定するのに、コンピュータプロセッサを使うための方法であって、

A) 前記試験中の液晶セルの偏光特性を測定し、測定された前記偏光特性を前記試験中の液晶セルの前記測定された偏光特性を表す信号に変換し、

B) 前記コンピュータプロセッサにおいて、前記試験中の液晶セルをモデル化するのに推定された物理的パラメータを使う、液晶セルの数学的モデルを作成し、

C) 前記試験中の液晶セルの前記測定された偏光特性を表す前記信号を使って、前記液晶セルの数学的モデルの偏光特性と前記試験中の液晶セルの前記測定された偏光特性との間に緊密な適合が得られるまで、前記液晶セルの数学的モデル中の値を調整し、

D) 前記試験中の液晶セルに緊密に適合した前記液晶セルの数学的モデルの前記推定さ

50

れた物理的パラメータに基づく、前記試験中の液晶セルの品質の表示を提供することを備え、

前記 A) は、各々が十分に異なる向き、楕円率および掌性を有する十分な数の時間変動する偏光状態を送出して分析し、前記試験中の液晶セルを通じてポアンカレ球の大部分を覆うようにすること、からなる方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 記載の方法であって、前記 B) は、

各層の通常および異常な屈折率について既知の値をもった 1 軸複屈折材料の複数の均質層であって、該層の配向度およびチルトは既知のやり方で変化するものとして、前記液晶セルをモデル化し、

前記均質層の各層について偏光行列を計算し、

前記複数の均質層のそれぞれから作成された複数の偏光行列から、前記数学的モデルについての合成偏光行列を式

$$M_{c e l l} = M_Q \cdot M_{Q-1} \cdot \dots \cdot M_2 \cdot M_1$$

を使って計算すること

からさらになる方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 記載の方法であって、前記 C) は、前記緊密な適合が得られるまで、前記推定された物理的パラメータの 1 つ以上に相当する 1 つ以上の数学的値を反復法で変化させること、からさらになる方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 記載の方法であって、前記 D) は、前記試験中の液晶セルの物理的パラメータを表す前記推定された物理的パラメータの緊密に適合した前記 1 つ以上を表示すること、からさらになる方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 1 の方法を使って、製造中に欠陥について試験された液晶表示スクリーン。

【請求項 1 6】

試験中の液晶セルの少なくとも 1 つの物理的パラメータを決定して該試験中の液晶セルが欠陥をもつかどうか決定するコンピュータプロセッサを利用するための方法であって、

A) 一連の偏光状態の各偏光状態が該一連の偏光状態の他の偏光状態とは向き、楕円率および掌性において異なるような、偏光状態生成器によって生成された一連の偏光状態を前記試験中の液晶セルに向け、

B) 前記試験中の液晶セルによって変更された前記一連の偏光状態を偏光状態分析器によって分析し、分析された前記一連の偏光状態に対応する一連の電気信号に変換し、

C) 前記コンピュータプロセッサを使って、前記一連の電気信号から前記試験中の液晶セルの偏光特性を計算し、

D) 前記コンピュータを使って、前記試験中の液晶セルの少なくとも 1 つの推定された物理的パラメータを含んだコンピュータモデルを作成し、前記試験中の液晶セルの分析された前記変更特性と前記液晶セルのコンピュータモデルの計算された前記偏光特性との間に緊密な適合が得られるまで、前記少なくとも 1 つの推定された物理的パラメータを調整し、

E) 前記試験中の液晶セルの対応する物理的パラメータを表す緊密に適合した前記推定された物理的パラメータの少なくとも 1 つの表示を提供すること、からなる方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 3 記載の方法であって、前記 C) の正確さが高められるよう前記偏光状態生成器と前記偏光状態分析器の同様でない構成でもって前記試験中の液晶セルの一連した偏光測定が行われるように、前記試験中の液晶セルに向けられた前記一連の偏光特性と受信された前記一連の偏光特性との間の比較を繰り返し行なうこと、からさらになる方法。

【請求項 1 8】

10

20

30

40

50

請求項 1 7 記載の方法であって、
 前記一連の偏光状態から複数の偏光行列を計算し、
 前記試験中の液晶セルの偏光特性を示す合成偏光行列を、前記複数の偏光行列から作成すること、
 からさらになる方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 6 記載の方法であって、前記 E) は、セルギャップ、ねじれ角、ラビング方向およびプレチルト角からなる前記推定された物理的パラメータのグループの 1 つ以上を示すこと、からさらになる方法。

【請求項 2 0】

請求項 1 9 記載の方法であって、
 前記試験中の液晶セルによって変更された、分析された前記一連の偏光状態から得られる偏光特性を示す、前記試験中の液晶セルの偏光行列を計算し、
 前記試験中の液晶セルの前記コンピュータモデルの偏光特性を示す偏光行列を計算し、
 前記コンピュータモデルの偏光特性を示す前記偏光行列が前記試験中の液晶セルの前記偏光行列に緊密に適合するまで、前記コンピュータモデル中のプレチルト、ラビング方向、セルギャップおよびねじれ角からなる前記推定された物理的パラメータの 1 つ以上を反復法で変更すること、
 からさらになる方法。

【請求項 2 1】

請求項 2 0 記載の方法であって、前記コンピュータモデルの偏光特性を示す偏光行列を計算することは、

1 軸複屈折材料の複数の層であって、該複数の層の各層のチルト角および配向度は既知のやり方で変化するものとして、前記液晶セルのコンピュータモデルの断面を表し、
 前記複数の層の各層について偏光行列を計算し、
 前記複数の層によって作成された複数の偏光行列から、前記複数の層からの合成偏光行列を式

$$M_{c e l l} = M_Q \cdot M_{Q-1} \cdot \dots \cdot M_2 \cdot M_1$$

を使って計算すること

からさらになる方法。

【請求項 2 2】

請求項 2 0 記載の方法であって、前記コンピュータモデルの偏光特性を示す偏光行列を計算することは、

1 軸複屈折材料の複数の層であって、該複数の層の各層の通常および異常な屈折率についての値が既知であるものとして、前記液晶セルのコンピュータモデルの断面を表し、

前記複数の層の各層について偏光行列を計算し、

前記複数の層によって作成された複数の偏光行列から、合成偏光行列を式

$$M_{c e l l} = M_Q \cdot M_{Q-1} \cdot \dots \cdot M_2 \cdot M_1$$

を使って計算すること

からさらになる方法。

【請求項 2 3】

請求項 2 0 記載の方法であって、前記試験中の液晶セルについてのプレチルト、ラビング方向、セルギャップおよびねじれ角の物理的パラメータの推定の前記グループの少なくとも 1 つは先験的に既知であり、前記試験中の液晶セルに関連する前記偏光行列を計算することと前記コンピュータモデルに関連する前記偏光行列を計算することは、前記少なくとも 1 つの先験的に既知のパラメータがその中に組み込まれている方法。

【請求項 2 4】

請求項 2 0 記載の方法であって、前記コンピュータモデルの偏光特性を示す前記偏光行列の要素と前記試験中の液晶セルの前記偏光特性から得られた前記偏光行列との間の最低の二乗平均差を得て、前記試験中の液晶セルの偏光特性を示す前記偏光行列と前記液晶セ

10

20

30

40

50

ルからの前記偏光状態を示す前記偏光行列がいつ緊密に適合するかを決定すること、からさらになる方法。

【請求項 2 5】

請求項 2 4 記載の方法であって、前記各行列にミューラー行列フォーマットまたはジョーンズ行列フォーマットを使うこと、からさらになる方法。

【請求項 2 6】

請求項 2 4 記載の方法であって、前記試験中の液晶セルの前記偏光行列と前記コンピュータモデルの前記偏光行列を、前記各偏光行列のそれぞれについてのリターダンス成分のみを考慮して計算すること、からさらになる方法。

【請求項 2 7】

請求項 2 6 記載の方法であって、
前記一連の偏光状態を、前記液晶セルを通じて 1 つ以上の方向から、1 つ以上の入射角に向け、

前記試験中の液晶セルの前記偏光行列に極分解を実施し、

前記コンピュータモデルの偏光特性を示す前記偏光行列の前記要素と前記試験中の液晶セルの前記偏光特性を示す前記偏光行列の対応する要素との間の前記二乗平均差を最小化するために、前記試験中の液晶セルの前記偏光行列に曲線適合を実施すること、からさらになる方法。

【請求項 2 8】

請求項 2 7 記載の方法であって、

前記試験中の液晶セルの前記偏光特性と前記曲線適合の前記偏光特性の軌跡をポアンカレ球上に描写する画像を表示し、前記ポアンカレ球の視角を変化させるための調節を提供すること、

からさらになる方法。

【請求項 2 9】

請求項 2 8 記載の方法であって、

前記試験中の液晶セルの前記少なくとも 1 つの推定された物理的パラメータのどれが測定されるべきものであるかの選択を許容し、

前記コンピュータモデル中で一定に保持されるべき前記少なくとも 1 つの推定された物理的パラメータの先験的なものを許容すること、

からさらになる方法。

【請求項 3 0】

請求項 1 6 記載の方法であって、測定されるべき前記試験中の液晶セル上の特定の位置または測定されるべき前記試験中の液晶セル上の所定の X Y 座標のマップを使った自動測定のどちらかの選択を許容すること、からさらになる方法。

【請求項 3 1】

請求項 1 6 の方法を使って、製造中に欠陥について試験された液晶表示スクリーン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

〔関連出願の相互参照〕

本願は、本出願人の係属中の出願である 2005 年 6 月 10 日に提出された米国出願番号第 11 / 150 , 363 号の一部継続出願であり、その米国出願番号第 11 / 150 , 363 号は、本出願人の係属中の出願であり、2004 年 11 月 26 日に提出され、そのすべてが本願に援用される特許出願番号第 10 / 998 , 084 号の一部継続出願である。また、本出願人の 2003 年 11 月 26 日に提出され、そのすべてが本願に援用される仮出願番号 60 / 525 , 407 号の利益を主張するものである。

【0002】

本発明は、一般に、液晶セルのパラメータを測定するための装置および技法に関し、具体的には、液晶層の厚さ（セルギャップ）と、液晶分子が液晶層の厚さ全体にわたって受

10

20

30

40

50

けるねじれ角と、液晶層とセルのガラス面との間の境界面における液晶分子の配向度（ラビング方向）と、液晶分子に隣接するガラスパネル面との間のチルト角（プレチルト）とを測定するための装置および方法に関する。

【背景技術】

【0003】

一般に、液晶ディスプレイ（LCD）は、密封された液晶の薄層を間に有する2枚のガラスパネルで構成されており、このようなアセンブリは当技術分野において「スタック」として知られている。そして、偏光膜がスタックの両面に装着されている。スタックのガラスパネルの一方の上にある透明電極が電圧を受け、結果として生じた電界が、液晶材料に隣接する液晶分子に印加され、その分子がその配向度を変化させる。この液晶分子の配向度の変化は、電極間のスタックの容積内で生じる。数字式時計ディスプレイ内などのように、電極が比較的大きい場合には、対応する比較的大きな体積の液晶材料が作用を受ける。テレビスクリーンやコンピュータディスプレイのピクセル内などのように、電極がごく小さい場合には、各電極ごとに作用する液晶材料の体積も、それに応じてごく小さいものとなる。液晶分子は、本質的に複屈折性を有しているため、液晶分子の配向度を各ピクセルにおいて電気的に調整することによって、スタックの各側における偏光スクリーンを通過する光の量を、それらのピクセルにおいて制御することが可能となる。当技術分野において周知であるが、LCDテレビおよびコンピュータスクリーンの基礎をなすものは、ピクセルを形成する多くのごく小さな透明電極の配列であり、それぞれのピクセルは各電極に印加される電圧レベルを変化させることによって調整される光透過特性を有しており、この光透過特性は電気的に調整可能である。大きなコンピュータディスプレイまたはテレビの場合に、LCDスクリーン内のピクセルの個数は、数百万個に達することもある。

【0004】

種々様々なLCD設計が存在する。図1を参照すると、設計者は、ラビング方向を選択することができるが、そのラビング方向は第1のガラス面に対して静止しているとき、すなわち各電極に対して電圧が印加されていないときに、液晶分子のダイレクタまたは分子軸が配向する方向である。第2のガラス面のラビング方向を適切に選択することにより、ねじれ角を制御することができる。図2を参照すると、液晶材料が充填されたガラスパネル間の間隔であるセルギャップ d と、プレチルト角もまた制御することができるが、このプレチルトとは、液晶ダイレクタとガラス面との間の角度である。これらのセルパラメータを選択することに加えて、設計者はセルの外面に装着される偏光子の配向度、ならびに、液晶セルと偏光子との間に配置される複屈折フィルムを選択する。

【0005】

一例として、一般的なLCD設計は、ねじれネマチック（TN）構成であり、そのネマチック構成において、ねじれ角（ θ ）は 90° となるように選択される。典型的なTN LCDは、 8° のプレチルト角、約5ミクロンのセルギャップ d を有していることがある。他の設計としては、 180° と 270° の間のねじれ角を有する超ねじれネマチック（STN）モード、 0° のねじれ角を有するIPS（in-plane switching）モードおよびOCB（optically compensated birefringence）モード、ならびに約 90° のプレチルト角を有するVAN（vertically aligned nematic）モードがある。また、多くの他のモードが設計され、開発されてきた。これらの設計のそれぞれは、それぞれ特有の長所と短所を有している。ある設計は優れた視野角特性を有している一方で、他の設計は優れたスイッチング応答時間を有し、また他の設計は製造コストを最も低くすることができる。

【0006】

セルまたはパネル設計にかかわらず、LCDの最終的な性能は、正しい値のラビング方向、ねじれ角、セルギャップおよびプレチルト角でセルを製造できるかに依存している。これらのパラメータの一部または全てを測定するための種々の技法および計測器が導入されてきた。しかしながら、これらの技法および計測器は多くの場合は緩慢なものであり、液晶セル上の単一の小さな場所を測定するために、時には約20秒～30秒を要している

。その結果として、製造する間にセル上のわずか５つの場所しか試験することができず、これらの場所とは、一般には中央および各コーナー領域となる。そのような測定では、ラビング方向のミスアライメント、セル厚さの不均一性および他の欠陥などのセル欠陥が検出される。

【０００７】

これらのパラメータを測定するための計測器は、ＬＣＤセルまたはパネルの製造および品質管理のための重要なツールであり、またさらには研究開発のための重要なツールである。上述した現行の測定装置および方法が低速であることから、製造中のセルのスループットが制限されていることは明白である。また、これらのパラメータを測定するための既存の計測器では、パラメータのうちのいくつかを先験的に知ることがしばしば必要となり、正確な測定値は限られた範囲の値で得られるに過ぎないことがある。例えば、既存の測定システムでは、セルのラビング方向を事前に知ることが必要になることがあり、また、プレチルト角を０度から３０度の範囲でしか測定できないことがある。別の既存の測定システムでは、液晶分子における時計回りのねじれの向きと反時計回りのねじれの向きとを区別できないことがある。

10

【０００８】

本出願人の発明は、いかなる液晶セルのラビング方向、ねじれ角、セルギャップおよびプレチルトも同時に測定することが可能である。また、本発明は、先行技術に対して際立った利点を有している。以下で説明するように、先行技術で説明される技法は、所望のパラメータのうちの一部分のみを測定するもの、または、セルの特定のモードに対してのみ有効であるもの、または、所望のパラメータのうちの一部を事前に知ることが必要となるもの、または、測定を完了するためにＬＣセルを回転させることが必要となるものである。本発明は、これらの制限を有していない。

20

【０００９】

米国特許第５，２３９，３６５号に開示されている発明は、ねじれた液晶セルの厚さを測定するための技法を説明したものである。しかしながら、この技法では、ラビング方向およびねじれ角を先験的に知ることが必要となる。直線偏光子を適切な方向にアライメントすることによって、この技法は、スペクトル透過率の測定値からセルのリターダンスを決定することができ、次いで、液晶材料の既知の複屈折率 n に基づいてセルギャップを計算することができる。この技法では、ねじれ角またはラビング方向を測定することはできない。

30

【００１０】

米国特許第５，５３２，８２３号に開示されている発明は、先行技術を改善したものである。交差させた偏光子を通じてスペクトル透過率を測定することによって、また偏光子間での液晶セルの連続的な回転を可能にすることによって、近似法を使用してねじれ角、ラビング方向およびセルギャップを測定している。この技法は、ねじれ角が１２０°未満であることを必要としており、したがって、ＳＴＮモードセルの測定には使用することができない。

【００１１】

さらなる改善が米国特許第６，０８１，３３７号に記載されている。この技法では、液晶セルは回転されない。その代わりに、スペクトル透過率の測定が行われている間、セルの前後の偏光子が回転される。２つの偏光子に対する適切な回転角度を決定し、かつラビング方向、ねじれ角およびセルギャップを決定することができるアルゴリズムが記載されている。

40

【００１２】

上述した３つの技法のそれぞれは、サンプルを直線偏光状態で照明し、サンプルから出る光の直線偏光成分を解析することによって、液晶セルの特性を決定するものである。しかしながら、ねじれた液晶セルのキラル構造は、円形および楕円形の偏光状態を調査することによって、相当な量の付加的な情報を得ることができるような構造である。米国特許第６，３００，９５４号では、液晶セルを出る光の完全な偏光状態（ストークスペクトル

50

）を調べることの有用性が認められている。しかしながら、この技法は直線偏光をセルに放つに過ぎない。透過ビームにおける最大測定値または最小測定値を生じる配向度を見つけるために、セルが回転される。突き止められた配向度において、セルギャップおよびねじれ角を、測定したストークスベクトルから決定することができる。しかしながら、この新しい先行技術においても、測定のために液晶セルを回転させることが必要となり、また、ラビング方向は測定されない。

【 0 0 1 3 】

液晶セルのセルギャップ、ねじれ角およびラビング方向を迅速かつ正確に測定するためには、セルの完全なミューラー行列を1つ以上の波長で測定すると有利であることを、本発明において示す。周知のことであるが、サンプルのミューラー行列を正確に測定するには、左回りの回転および右回りの回転を含めて、直線、楕円形および円形など、種々の偏光状態でサンプルを照明し、それらの偏光状態がサンプルと相互作用した後に、同様な種々の偏光状態を解析することが必要となる。測定が適切に実施された場合に、サンプルのミューラー行列を測定することができる。ミューラー行列は、リターダ特性、偏光子特性および偏光解消特性を含め、サンプルに生じうるすべての偏光変化特性を、ミューラー行列内に含んでいる。本発明に先立って、理論的なまたは測定された液晶セルのミューラー行列について記載された論文は、小数しか存在しない。

【 0 0 1 4 】

「J. Opt. Soc. Am.」(Vol. 68、ページ1756～1767、1979年)における記述では、ねじれネマチック液晶セルに対するミューラー行列を数学的に導出する方法が教示されている。しかしながら、さらなる分析は実現されておらず、また実験的結果は示されていない。「Appl. Opt.」(Vol. 37、ページ937～945、1998年)では、理論的にミューラー行列の偏光固有状態を計算することによって、ねじれネマチック液晶セルのミューラー行列の数学的導出が進められている。しかしながら、測定値は提示されておらず、この取組みの目的は、おそらく光学相関または他の光計算用途において使用するための位相のみの変調を、装置を使用して達成できるように、ねじれネマチック液晶セルの偏光固有状態を検出することであろう。本発明者らが知るところでは、ねじれネマチック液晶装置の測定した偏光固有状態を示す唯一の参考文献である「Opt. Lett.」(Vol. 18、ページ1567～1569、1993年)に記載された実験的測定の後に、その理論的な取組みは実際に続くものであった。これらの測定は、単一の波長でなされたものであり、また、液晶に印加した電圧の関数としてなされたものである。この取組みの目的は、光学相関用途のための位相のみの変調器として装置を使用することができるように、これらの固有状態を検出することであった。最後に、「Meas. Sci. Technol.」(Vol. 12、ページ1938～1948、2001年)において、本発明者らは、液晶セル上におけるミューラー行列測定の別の集合を見出しており、これは本発明者らが知るところでは唯一のものである。その記事において、強誘電性液晶セルの結晶非対称性およびスイッチング応答時間についての研究が、ミューラー行列測定を使用してなされている。

【 0 0 1 5 】

先行技術についての本発明者らの調査を要約すると、先行技術は2つのカテゴリに分類できることが分かる。その2つのカテゴリとは、すなわち液晶セルの物理的特性を測定するための方法および装置について記載した特許と、液晶セルのミューラー行列を理論的にモデル化するか、または実験的に測定した学術的研究論文である。特許される技法は、能力が限られた単純なシステムから、より多くの偏光特性を測定することができる複雑なシステムであり、したがって液晶セルのより多くのパラメータを測定することができるより複雑なシステムへと進化している。しかしながら、特許された技法には、完全な偏光特性、すなわち完全なミューラー行列測定に必要なシステムの複雑さの水準について主張したものは依然として存在しない。学術的研究論文については、液晶に対するミューラー行列がいかなるものであるかを導出するもの、または、液晶セルのミューラー行列を様々な研究目的で分析して測定するもののいずれかである。これらの論文の目的は、常にLCセルの光学特

10

20

30

40

50

性を調査することであった。これらの論文では、問題を逆にすること、すなわち、測定した光学特性を使用して廻り、セルの物理的特性を判定することは考慮されていない。液晶セルのラビング方向、ねじれ角、セルギャップ、プレチルトを同時にかつ一意に決定するために完全なミューラー行列測定値を使用することを主張するこれらの論文のいずれも、実験的測定または理論的分析を提示していない。

【発明の開示】

【0016】

したがって、本発明の一つの目的は、セルギャップ、ねじれ角およびラビング方向を含むパラメータの1つ以上を、それらの値が予め知られていない場合でも正確に決定することができるような液晶セルのミューラー行列の測定方法を提供することである。本発明の別の目的は、セルのセルギャップ、ねじれ角およびラビング方向が予め知られていない場合に液晶セルの光学特性を測定するための測定装置、または測定中に液晶セルを回転させる必要のない測定装置を提供することである。

10

【0017】

本発明の別の目的は、所望の値のセルギャップ、ねじれ角およびラビング方向を有する液晶装置を製造する方法である。

【0018】

本発明の別の目的は、液晶ダイレクタのプレチルトが、液晶装置への測定ビームの入射角を変化させることによって決定され、かつプレチルト角が0度から90度の任意の値を取りうるような液晶セルのミューラー行列の測定方法を提供することである。

20

【0019】

本発明の別の目的は、プレチルト角が0度から90度の任意の角度を取りうるような液晶セルの液晶ダイレクタのプレチルトを測定するための測定装置である。

【0020】

本発明の別の目的は、所望の値のプレチルト角を有する液晶装置を製造する方法である。

【0021】

本発明のさらなる目的は、以下の添付の明細書を読めば明らかとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

液晶セルのミューラー行列を測定するために、種々の異なる偏光状態にされた光が液晶セルに向けられ、セルは、これらの偏光状態をセルの特性に従って変化させる。偏光感応検出システムが、セルから現れる偏光状態を分析する。ミューラー行列を正確に測定するためには、種々の偏光状態を含む生成された光入力と、測定された偏光状態とは、共にポアンカレ球の大部分のサンプルとならなければならない。すなわち、相当に異なる配向度、楕円率および掌性を有する種々の偏光状態を生成し、分析しなければならない。液晶セルのミューラー行列が測定されると、セルギャップ、ねじれ角およびラビング方向が決定される。3つのパラメータのすべてが予め知られていない場合には、複数の波長でミューラー行列の測定が必要であり、これらのパラメータは、シミュレーションと測定が可能な限り緊密に一致するまで、セルのコンピュータシミュレーションにおいて反復法で変更される。他の場合、例えば、ねじれ角およびラビング方向の値が事前に知られている場合には、単一の波長でのミューラー行列の測定は、セルギャップを決定するために十分なものとなる。

30

40

【0023】

上述の測定では、通常ほとんどの場合そうであるように、複屈折率 n およびプレチルト角 θ が、測定に先立って知られていることが必要となる。プレチルトが正確には知られていない場合には、プレチルト角を測定できるようにすれば有利となる。

【0024】

プレチルト角を測定するために、測定ビームの入力方向と入射角を変化させることが可能な機械的取付け具に加えて、上述したものと同一ミューラー行列の測定技法が使用される。ミューラー行列を入射角の関数として測定することによって、また、これらの測定結果を

50

解析表現またはコンピュータシミュレーションのいずれかと比較することによって、液晶のプレチルト角を決定することができる。

【 0 0 2 5 】

図 3 は、本発明の基本的要素を示す。偏光状態生成器 1 0 は、時間変動する偏光状態を有する光学ビーム 1 2 を発生させる。このビームは、サンプル 1 4、この場合は L C D セルと相互作用して、ビーム 1 2 の偏光状態の一部またはすべてを変化させる。変化した偏光状態は、偏光状態分析器 1 6 によって分析される。偏光状態分析器 1 6 は、時間変動する一連の偏光状態を測定するが、また同時に、ビームを分割し、その分割したビームのそれぞれを、異なる各々の固定した偏光要素および検出器に通すことによって、不連続な数の一定の偏光状態を測定することもできる。偏光状態生成器 1 0 および偏光状態分析器 1 6 は、それぞれマイクロコントローラまたはパーソナルコンピュータなどのプロセッサ 1 8 によって制御されている。プロセッサ 1 8 は、偏光状態生成器 1 0 によって開始され、偏光状態分析器 1 6 によって測定された既知の偏光状態に基づいて、サンプルのミューラ行列 (図 8) を計算する。ミューラ行列が測定されると、プロセッサ 1 8 は、セルギャップ、ねじれ角、ラビング方向およびプレチルト角など、液晶セル 1 4 の所望のパラメータを計算して、製造プロセスの間の可能な限り早い時期に、欠陥品である L C D セルを判定する。強調すべきこととしては、現在の技術水準の方法では 2 0 秒 ~ 3 0 秒が必要になるのが現状であるのに対して、本出願人の発明は、試験される L C D セルの場所ごとに約 1 秒未満で規定のパラメータを迅速に決定する。そのような試験は、概して、完成した L C D 視野スクリーンの色純度に関するものである。例えば、公称で 5 ミクロンのセルギャップが工場規格外に変動する場合、変動する領域には、白色または黒色のスクリーン上に、目立って明るい、または暗い濃淡のついた領域が発生する。テレビまたはコンピュータスクリーン上で、そのような領域は、許容範囲外とされる目立った望ましくない色合いを有することがある。したがって、そのような欠陥セルを製造プロセスにおいて早期に識別して、そのセルを廃棄するか、または再利用できるようにすることが重要である。予想されるデッドピクセルの個数を判定するための電気試験など、L C D セルに対するさらなる試験が、後に製造プロセスにおいて実施される。制御器 2 0、2 1 は、本発明者の参照出願に記載されているように、偏光状態生成器 1 0 および偏光状態分析器 1 6 の回転速度を制御する。

【 0 0 2 6 】

図 4 は、本発明者によって発明されたミューラ行列測定システムの実現可能な一実施形態を示したものであり、上で参照した「Complete Polarimeter」と題した本発明者の特許出願に詳細に記載されている。この装置は、L C D セルの測定値を取得するために、適切に拡大・縮小して使用することができる。参照出願の装置に対する 1 つの考えられる修正は、サンプリング用の L C D セルを受けるために、X - Y 方向への平行移動が可能となるテーブルを拡大することである。その時点の出願において、図 3 の偏光状態生成器 1 0 は、光源 2 4 によって生成された平行光学ビーム 2 2 をもたらすものとして示されており、その光ビームは、リターダンスの約 3 分の 1 波長で、水平な直線偏光子 2 6 を通り、次いで連続的に回転するリターダ 2 8 を通るように向けられている。本発明者の参照出願に記載されているように、この結果、時間変動する偏光状態の連続光が、サンプル 3 0、すなわち L C D セルを通じて放出され、その L C D セルは、適切に寸法決めされた X - Y 方向に平行移動が可能なテーブルに装着され、セルの様々な場所を測定するために移動させることができるようになっている。図 3 の偏光状態分析器 1 6 は、約 3 分の 1 波長のリターダンスを有する連続的に回転するリターダ 3 1 を備えるように構築することができ、それに続いて水平直線偏光子 3 2 が設置され、その後に光検出器 3 4 が続いている。2 つの回転するリターダ 2 8、3 1 は、完全には整数でない約 5 : 1 の比で回転しており、また、プロセッサ 1 8 はセルのミューラ行列を計算する。

【 0 0 2 7 】

図 5 は、本発明者の参照出願に提示されたシステムを概略的に示したものである。ここで、本発明者の偏光状態生成器 1 0 および偏光状態分析器 1 6 は、ロボット制御システム

40に装着されており、そのロボット制御システム40は、平行光ビーム22の入射角度を最大で約80度変化させることが可能であり、その一方で偏光状態生成器10および偏光状態分析器16のアライメントを維持する。これはロボット制御システムによって容易にされたものであり、このロボット制御システムは、セル30を通して任意の角度方向にビーム22を向けることができるように、偏光状態生成器10および偏光状態分析器16を2軸システムに装着している。加えて、ロボット制御装置40は、直線平行移動器42を備えており、その直線平行移動器42は、セル30上の複数の場所を試験することができるように、ある方向にセル30を移動させる。

【0028】

本発明は、ミューラー行列の特定の集合を測定し、そのデータを使用して、セルギャップ、ねじれ角、ラビング方向およびプレチルト角などの液晶セル30における所望のパラメータを計算する付加的なステップを組み込んでいる。ミューラー行列のどの集合を測定するかは、液晶パラメータのうちのどれが事前に知られているか、またはどれを測定すべきかに依存する。例えば、プレチルト角は多くの場合既知であり、この場合にはミューラー行列を1つ以上の波長において垂直入射で測定すると、セルギャップ、ねじれ角およびラビング方向を計算するために十分なデータが得られる。別の例としては、ねじれ角はしばしばゼロであることが知られている。この場合にはプレチルトおよびセルギャップは、ミューラー行列を入射角の関数として測定することによって決定することができ、ここで、入射平面は、液晶ダイレクタに沿うように選択されるか、または液晶ダイレクタに対して垂直となるように選択される。液晶セルについての情報が既知でない場合には、セルパラメータのすべてを決定するために、1つ以上の波長および1つ以上の角度でミューラー行列を測定することができる。いかなる場合においても、測定したミューラー行列から液晶セルパラメータを計算するための技法は同じであり、また以下で説明するとおりである。

【0029】

液晶セルのパラメータを決定するために、測定されたミューラー行列は、セルの数学的モデル(コンピュータシミュレーション)と比較されるが、ここで、そのモデルは、ラビング方向、ねじれ角、セルギャップおよびプレチルト角の自由パラメータを有している。通常、液晶材料の複屈折率 n は、波長の関数として既に知られている。複屈折率を1つの波長でのみ知られることは可能であり、また波長分散もモデルにおいて自由パラメータであることは可能である。

【0030】

この数学的モデルを作成するために、液晶セルは1軸複屈折材料のQ枚の個別均質層としてモデル化され、Qは50などの大きな数である。大きなねじれ角を有するか、またはその他に必要とされ、または望まれる場合の液晶セルに対して、多数の層、例えば約400枚の層が、シミュレーションの精度を向上させるために、使用されるか、または必要とされる場合がある。各複屈折層は、それぞれ通常の屈折率と異常な屈折率である既知の値 n_e および n_o を有する1軸材料としてモデル化される。屈折率楕円体の異常軸は、各個別の層ごとに液晶分子のダイレクタに沿って整列している。セルのガラスパネルと接触する層1と層Qの場合、ダイレクタは、垂直線に対してセルのプレチルト角だけ傾斜している。層1の場合、 $x-y$ 平面におけるダイレクタの配向度は、ラビング方向によって与えられる。層Qの場合、 $x-y$ 平面におけるダイレクタの配向度は、層1のラビング方向にねじれ角を加えたものによって与えられる。層2から層Q-1の場合、チルト角および配向度は、層1から層Qへと線形に変化するようにモデル化され、このモデル化は液晶セルに印加された電圧がないときには有効な想定となる。有効な想定となる理由としては、このモデル化が、液晶分子の最低自由エネルギー構成または静止状態を近似したものであるからである。さらに他にも、より正確な数学的モデルが望まれるか、または要求される場合には、チルト角および配向度の線形な変化を、液晶分子の弾性定数のような既知の方式で変動する数学的シミュレーションの結果で置き換えることができる。そのようなシミュレーションでは、シミュレートされる液晶材料の非線形な側面が考慮される。弾性連続体理論は、液晶分子の最低自由エネルギー構成を決定するそのような手段に基づいている。弾性

連続体理論のモデルを使用すると、シミュレーションの精度が向上するが、必要となる計算時間もまた増加する。

【 0 0 3 1 】

このモデルについて説明するために、図 1、図 6 a および図 6 b を参照されたい。図 1 に示す事例では、1 ~ 2 2 ($Q = 2 2$) で示す 2 2 枚の層を示しており、プレチルトはゼロであり、層 1 におけるダイレクタ配向度は であり、またその配向度は層 Q において角度 + へと線形に変動している。図 6 において、2 つの事例を示しているが、 $Q = 2 2$ であり、層 1 および層 Q における配向度は同じ角度 であり、またねじれ角はゼロである。図 6 の上側の図は、このセルの「広がり」モードを示し、図 6 の下側の図は、このセルの「曲げ」モードを示す。これらのモード間の差異は、チルト角がセルを通じて線形に増加するか、または線形に減少するかである。双方のモードは、液晶セル製造業者によって物理的に実現可能であり、いずれのモードもモデル化することができる。

10

【 0 0 3 2 】

このモデルを実現するために、各層のミューラー行列が、既知の光学波長、光の既知の伝播方向、液晶材料の既知の複屈折率ならびにプレチルト、ラビング方向、セルギャップおよびねじれ角の推定値に基づいて計算される。 Q 個の個別のミューラー行列が計算されると、セルの全体的なミューラー行列が以下のように計算される。

【 0 0 3 3 】

$$M_{c e l l} = M_Q M_{Q-1} \cdots M_2 M_1$$

上式において、 $M_{c e l l}$ は、測定したデータセットにおいて各光学波長または入射方向ごとに計算される。次いで、モデル化された点と測定された点との間の達成可能な最低の二乗平均差を用いて、モデル化されたミューラー行列が測定されたミューラー行列と一致するまで、プレチルト、ラビング方向、セルギャップおよびねじれ角の推定値を反復法で修正する。当業者には周知であるが、ガウス - ニュートン法、勾配降下法またはレーベンバーグ - マルカートアルゴリズムなど、任意の標準的な最適化アルゴリズムがこの目的に適したものとなる。

20

【 0 0 3 4 】

図 7 は、液晶セルパラメータを決定するために必要なプロセスの流れ図である。ここで、ステップ 5 0 において、光源 2 4 が通電され、リターダ 2 8、3 1 の回転が開始する。信号は、処理用のコンピュータ 1 8 によって光検出器 3 4 から取得される。

30

【 0 0 3 5 】

ステップ 5 2 において、サンプルを必要に応じて複数の波長で取得することができる。複数の波長におけるデータの生成は、複数の方式で達成することができる。例えば、光源 2 4 は、複数の狭帯域干渉フィルターを含む電動式フィルターホイールをさらに付加したハロゲン電球またはアークランプなどの白色光源であってもよい。これらのスペクトルフィルターは、典型的にはコンピュータまたは制御器の制御下で、プロセッサ 1 8 から RS - 2 3 2 ポートを介してフィルターホイールにコマンドを発行することによって、個別に選択することができる。別の方法として、光源 2 4 は、プロセッサ 1 8 からコマンドを発行することによっていかなる波長も選択可能となるモノクロメーターをさらに加えた白色光源から構成されていてもよい。また別の方法として、光源 2 4 は、白色光源から構成されていてもよく、また光検出器 3 4 はスペクトロメーターから構成されていてもよい。

40

【 0 0 3 6 】

ステップ 5 4 において、複数の入射角をサンプリング用に選択することができる。これらの入射角は、適切なコマンドをロボット取付け具 4 0 に送信するプロセッサ 1 8 によって生成される。

【 0 0 3 7 】

ステップ 5 6 において、測定されたミューラー行列が計算される。測定された 1 つのミューラー行列が、各波長および入射角の設定ごとに決定される。これらは、測定されているセルを表すミューラー行列である。

【 0 0 3 8 】

50

ステップ58において、セルギャップ、ねじれ角、ラビング方向およびプレチルトの初期推定値に基づいて、シミュレートされたミューラー行列を計算するためのコンピュータシミュレーションが実施される。シミュレートされた1つのミューラー行列は、測定された各波長および入射角ごとに計算される。すなわち、サンプルから測定された各ミューラー行列は、対応する1つのシミュレートされたミューラー行列を有する。ステップ60において、セルギャップ、ねじれ角、ラビング方向およびプレチルトの1つ以上の初期推定値が、反復法で変更される。反復のたびに、シミュレートされた新たなミューラー行列が計算され、次いで、測定されたミューラー行列と比較される。シミュレートされたミューラー行列の要素と測定されたミューラー行列の要素との間の二乗平均差は、最適化手法において効果尺度として使用される。シミュレートされたミューラー行列内の推定されるセルパラメータは、二乗平均差が最小化されるまで、または、二乗平均差が一般に試験中のLCDセルと緊密に適合することを示す十分に低い値に達するまで、反復法で変更される。反復法のステップ幅を選択するための技法、または最適化プロセスが解に収束する速度を最大化するための技法は、当業者には周知である。例えば、ガウス・ニュートン法、勾配降下法およびレーベンバーグ・マルカートアルゴリズムは、すべてこの目的に適している。セルギャップ、ねじれ角、ラビング方向およびプレチルトに対する最適化された値が分かると、ステップ62においてその値がユーザーに報告される。

10

【0039】

モデル化されたデータを測定されたミューラー行列に適合させるとき、正規化されたミューラー行列における下方の 3×3 の小行列の値を適合させると有利である。正規化されたミューラー行列を使用すると、色フィルターまたはセルの他の分光特性の影響が計算から除去される。下方の 3×3 の小行列は、ミューラー行列のリターダンス情報を含んでおり、液晶装置は典型的にはリターダンスのみの装置である。 0° 以外の入射角において、ガラスセルのs反射率およびp反射率によって幾分か非減衰性が発生する。すなわち、セルは部分的偏光子としても機能する。この場合、ミューラー行列の極分解を実施し、純粋なリターダンスのミューラー行列に対してのみ曲線適合を実施すると有利である。

20

【0040】

図8は、ねじれネマチックタイプの液晶セルに対する正規化されたミューラー行列の成分を示すグラフである。ミューラー行列の要素は、波長の関数として滑らかに変化している。最も一般的な場合、リターダンス次数は複数の次数にわたるが、その場合にも、ミューラー行列要素は滑らかに振る舞い、不連続性を有することがなく、ミューラー行列要素は曲線適合に最も適したものとなっている。

30

【0041】

図9aおよび図9bは、図8に示すものと同じデータを示したものであるが、図9aはリターダンスの大きさを示し、図9bは図8のミューラー行列の固有解析を通じて計算されたリターダンスの速い軸を示している。当業者には周知であるが、計算されたリターダンスおよび速い軸は、リターダンスの大きさがリターダンスのさらなる 180° を超えるたびに不連続性を有する。リターダンスの真の「次数」を各点で決定することが必要となり、プロットが連続的となるように大きさと速い軸を広げるように試みるアルゴリズムを適用することが必要となっている。実際に、図9aおよび図9bにおけるデータは、リターダンスが 680 nm 以下の波長で 180° を超えることから分かるように、既に広げられている。図9aおよび図9bは、液晶装置の挙動を理解して視覚化することを支援する上で非常に有用であるが、実際に曲線適合を行うにはあまり有用ではない。

40

【0042】

図10は、本発明を制御するために、また結果として得られたデータを解釈するために、研究者が研究開発環境において使用しうる1つの実現可能なグラフィカルユーザーインターフェースの一例を示す。ここでは、ポアンカレ球およびリターダンス対波長のグラフ表示が、研究者に提示されている。セルギャップ、ブラシ角、ねじれ角、プレチルトおよび入射角に対するスライダによって、様々なセルパラメータを個別に操作することができる。加えて、垂直スライダおよび水平スライダによって、ポアンカレ球が都合のよい向き

50

から見えるように、そのポアンカレ球を操作することが可能となっている。セルパラメータのそのような操作は、シミュレートされた偏光特性と測定された偏光特性とを比較するために有用である。加えて、CALCULATE（計算）ボタンを押すと、測定されたミューラー行列データに基づいて、最良の適合セルパラメータを決定するための最適化ルーチンを開始することができる。

【0043】

技術者または他の作業者が、アセンブリラインの方式で複数のセルに対して同じ測定を繰り返し行う製造環境においては、図11に示すような簡略化されたインターフェースがおそらくは好ましいものとなるであろう。ここでは、ポインティングデバイスのボタンを一度クリックするか、またはタッチスクリーンなどを一度タッチすると、すべての測定を実施することができる。「Perform Single Measurement（一回の測定を実施）」ボタンを押すと、セルギャップ、ラビング方向、ねじれ角およびプレチルトの値が自動的に測定されて表示される。この測定は、予め定義された「レシピ」に基づいていてもよい。そのようなレシピは、どのようなチルト角、光学波長およびセル位置が測定されるべきかを示すことができ、また、測定されたパラメータが記憶されるデータベースを指定することができる。セルパラメータの1つ以上が事前に知られており、したがって測定する必要がない場合には、それらのパラメータを入力することができ、次いで最適化ルーチンから除外することができる。強調すべきこととしては、パラメータのいずれも事前に知られていない場合には、パラメータのすべてを計算できるようにするために、十分な波長および入射角で測定するようにシステムをプログラムすることができる。また、インターフェースは、オペレータがセル上の特定のXY位置を測定するか、または自動化されたXYマップ測定を実施するためのボタンを備えていてもよい。

【0044】

留意すべきこととして、本発明者は、本願を通じて液晶セルの物理的パラメータを以下のステップによって決定する技法について説明している。そのステップとは、すなわち一連の様々な偏光状態が液晶セルを通じて向けられるステップ、次いで変化した偏光状態が偏光状態分析器を通過するステップ、分析された各偏光状態における光出力が光検出器で測定されるステップ、液晶セルのミューラー行列が測定された光出力、および生成され分析された既知の偏光状態から計算されるステップ、ミューラー行列の測定が1つ以上の光学波長および1つ以上の入射ビーム方向でなされるステップ、液晶セルのミューラー行列のコンピュータシミュレーションが同じ光学波長および入射ビーム方向に対して展開されるステップ、シミュレートされたミューラー行列と測定されたミューラー行列との二乗平均差が最小化されるまでコンピュータシミュレーションのパラメータが反復法によって変更されるステップ、結果として生じたコンピュータシミュレーションの最終的パラメータが液晶セルの真のパラメータ（セルギャップ、ラビング方向、ねじれ角、プレチルト角）を表すステップである。これらのステップは、幾分か修正するかまたは再編成することができ、また依然として本発明の範囲内に含まれることが、当業者には明らかとなるであろう。例えば、測定された光出力をミューラー行列に変換するステップを除去し、光検出器によって測定される光出力をシミュレートするステップをさらにコンピュータシミュレーションに追加し、次いで、ミューラー行列を直接比較する代わりに、シミュレートされた光出力と測定された光出力との二乗平均差を最小化するように、コンピュータシミュレーションのパラメータを反復法で変更することによって、厳密に同じ結果を実現することも可能である。別の方法として、ミューラー行列間の二乗平均差の代わりに、ピーク差を最小化することを選択して、同様の結果を達成してもよい。

【0045】

また、留意してもらいたいこととして、本発明者は、本願を通じてサンプルセルのミューラー行列について論じてきた。論じてきたすべては、サンプルのジョーンズ行列を測定するシステムにも等しく有効である。偏光解消効果を示さないサンプルの場合には、ミューラー行列とジョーンズ行列との間に1対1の関係（任意にジョーンズ行列へと乗算されうる絶対位相項より小さい）が存在する。一般に、ミューラー行列は、実験的な取組みによって

有利であるが、それは、ミュラー行列が偏光解消効果を含むこともでき、また、ジョーンズ行列に存在する未定の絶対位相項を有していないからである。それにもかかわらず、測定されたジョーンズ行列をミュラー行列の代わりに使用する技法は、本発明の別の実施形態となる。

【0046】

最後に、留意してもらいたいこととして、実施可能な液晶のコンピュータシミュレーションに対するいくつかのわずかな変更形態で本発明の範囲に含まれるものが存在する。ゼロでない入射角における液晶セルのミュラー行列を計算するときに、液晶セルのガラスプレートの部分偏光効果は、フレネル反射係数に基づいてモデル化することができ、次いでこれらのシミュレートされたミュラー行列は、上述のように測定されたミュラー行列と比較される。これによって前述と同じ結果が得られるが、ここで、モデルは、ゼロでない入射角におけるフレネル反射係数を無視しており、また測定されたミュラー行列の極分解が実施され、その結果、測定されたミュラー行列の純粋なりターダンスの部分が、シミュレートされたミュラー行列と比較される。

10

【0047】

今日使用されている3GHzを超える速度、64ビットプロセッサ、デュアルコアプロセッサなどを有するコンピュータでは、LCDセルに関連するパラメータを決定し、これらの計算されたパラメータをコンピュータモデルと比較するためのミュラー行列の計算は、非常に迅速なものとなっている。1秒当たり5,000個超のシミュレートされたLCDミュラー行列の計算を合理的に達成することができる。説明したように、そのようなモデル化および計算は、約1秒未満で達成することができ、試験時間が約2～3分から数秒へと短縮され、試験プロセスのスループットが大いに向上している。

20

【0048】

このように、本発明者の発明およびその発明の使用方式について説明してきたので、添付した特許請求の範囲の範疇に正当に含まれる二次的な変更が、本発明者の発明およびその発明の使用方式に対して行われることは、当業者には明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】図1は、ねじれた配列をした液晶分子の3次元の略図であり、分子ダイレクタが、入力（入射）側ガラスにおいてラビング方向に整列しており、出力側に達したときにはねじれ角だけ一様にねじれている。

30

【図2】図2は、入力（入射）側から出力側までねじれない液晶ダイレクタの概略側面図であり、ここで、セルギャップはdで与えられ、ダイレクタのプレチルト角は θ で与えられている。

【図3】図3は、液晶セルのミュラー行列を測定するために必要な構成要素を示す構成図である。

【図4】図4は、図3に示す構成図上で展開したミュラー行列測定システムの一実施形態を示す構成図である。

【図5】図5は、機械的取付け具の概略図であり、この機械的取付け具によって、ロボットアクチュエータは、液晶パラメータの空間的変動をマップするために、偏光状態生成器と偏光状態分析器との間でLCD装置をXY平面内で平行移動させており、加えて、偏光状態生成器および偏光状態分析器は、任意の入射方向と角度を実現するために傾斜させて回転させることのできる取付け具に装着されており、液晶のプレチルト角の測定が可能となっている。

40

【図6a】図6aは、同じプレチルトを有し、かつゼロのねじれ角を有するセルの概略図であり、いわゆる「広がり」状態を示したものである。

【図6b】図6bは、同じプレチルトを有し、かつゼロのねじれ角を有するセルの概略図であり、いわゆる「曲げ」状態を示したものである。

【図7】図7は、液晶セルのパラメータを測定するための実行可能な1つのプロセスを示すフローチャートである。

50

【図 8】図 8 は、ねじれネマチック液晶セルの正規化されたミューラー行列を示し、16 個の行列要素のそれぞれを波長の関数としてプロットしている。

【図 9 a】図 9 a は、図 8 に示すねじれネマチック液晶セルのリターダンスを示したものである。

【図 9 b】図 9 b は、図 8 に示すねじれネマチック液晶セルの速い軸（固有偏光）を、ポアンカレ球上の軌跡として示したものである。

【図 10】図 10 は、研究開発環境において使用することができるグラフィカルユーザーインターフェースの例を示す。

【図 11】図 11 は、製造環境において使用することができるグラフィカルユーザーインターフェースの例を示す。

10

【図 1】

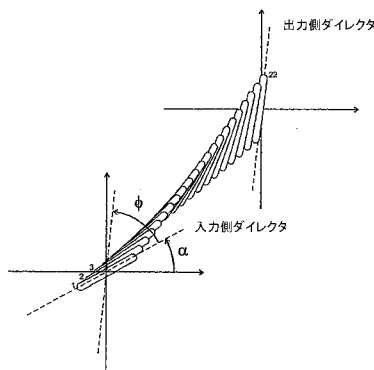


FIGURE 1

【図 2】

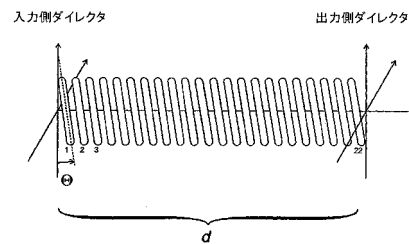


FIGURE 2

【図 3】

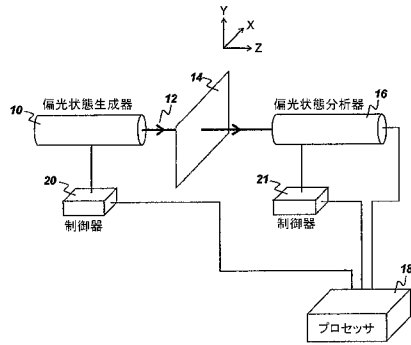


FIGURE 3

【図 4】

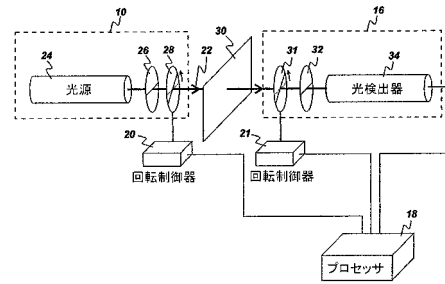


FIGURE 4

【図 5】

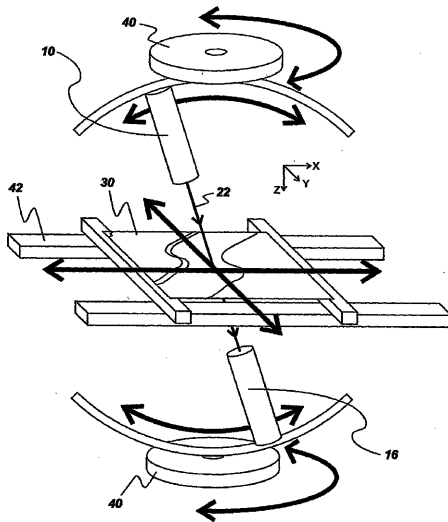


FIGURE 5

【図 6 a】

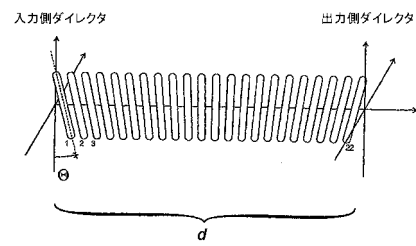


FIGURE 6a

【図 6 b】

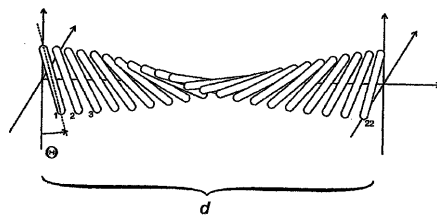


FIGURE 6b

【図 7】

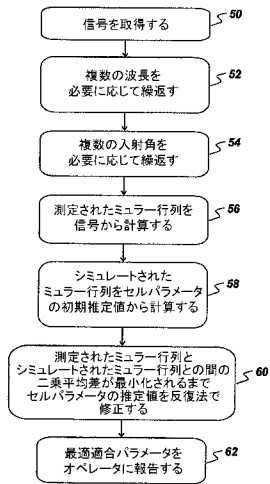


FIGURE 7

【図 8】

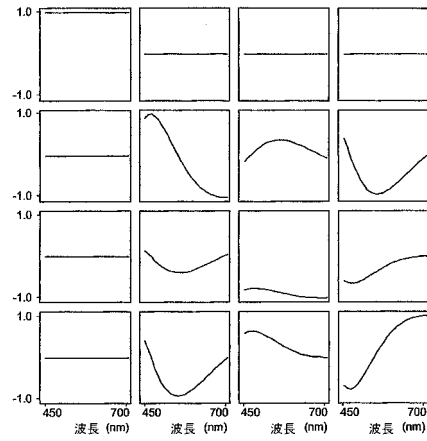


FIGURE 8

【図 9 a】

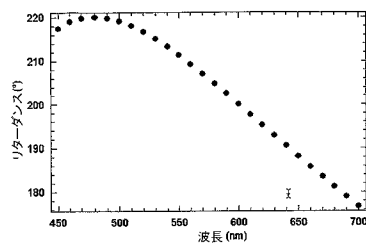


FIGURE 9a

【図 9 b】

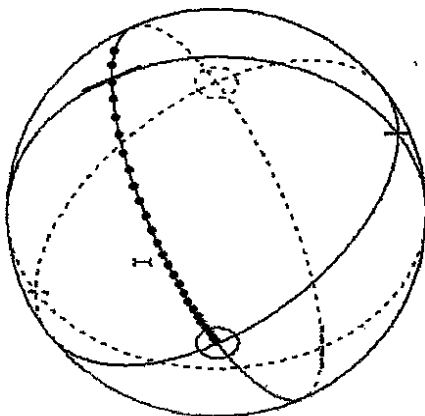


FIGURE 9b

【図 10】

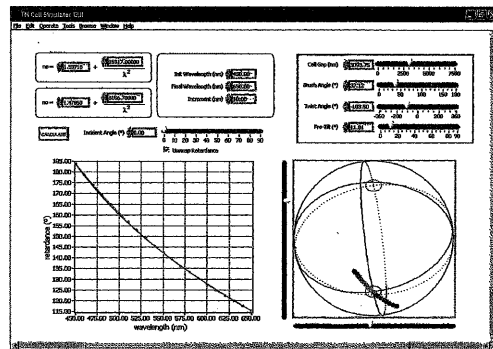


FIGURE 10

【図 11】

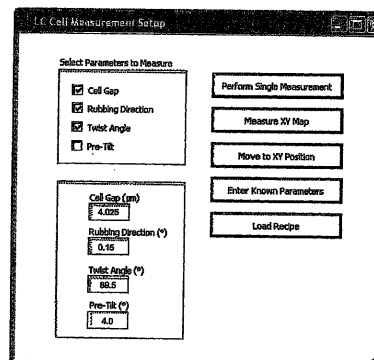


FIGURE 11

フロントページの続き

審査官 藤田 都志行

- (56)参考文献 特開平 0 4 - 0 8 0 6 4 1 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 6 5 8 0 9 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 5 9 7 5 1 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 3 5 0 1 1 9 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 4 1 2 9 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G02F 1/13
G01J 4/04
G01M 11/00
G01N 21/21