

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5399099号
(P5399099)

(45) 発行日 平成26年1月29日 (2014. 1. 29)

(24) 登録日 平成25年11月1日 (2013. 11. 1)

(51) Int. Cl.

F 1

GO2F 1/13363 (2006.01)

GO2F 1/13363

GO2F 1/1335 (2006.01)

GO2F 1/1335 510

GO2B 5/30 (2006.01)

GO2B 5/30

請求項の数 8 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2009-50588 (P2009-50588)
 (22) 出願日 平成21年3月4日 (2009. 3. 4)
 (65) 公開番号 特開2009-265626 (P2009-265626A)
 (43) 公開日 平成21年11月12日 (2009. 11. 12)
 審査請求日 平成23年8月12日 (2011. 8. 12)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-91897 (P2008-91897)
 (32) 優先日 平成20年3月31日 (2008. 3. 31)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100107515
 弁理士 廣田 浩一
 (74) 代理人 100107733
 弁理士 流 良広
 (74) 代理人 100115347
 弁理士 松田 奈緒子
 (72) 発明者 保田 浩太郎
 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フ
 イルム株式会社内
 (72) 発明者 関口 恵
 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フ
 イルム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光の入射方向から見て、第1の偏光板と、第1の位相差膜と、液晶セルと、第2の位相差膜と、第2の偏光板とをこの順に有する液晶表示装置であって、

前記第1の偏光板の吸収軸と前記第2の偏光板の吸収軸とが互いに直交するように配置されており、

前記液晶セルへ入射する前の偏光状態を、極角60度、方位角45度から観察したときに位相差を定めた前記第1の位相差膜により不動点まで変化させた後、前記液晶セルを通しており、

前記液晶セルに入射する前の偏光状態が、s波及びp波のいずれかに光学補償されており、

前記第1の位相差膜及び前記第2の位相差膜がそれぞれ、

前記第1の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $125nm < |Re(550)| < 225nm$ であり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $400nm < Rth(550) < 600nm$ であり、

前記第2の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nm面内のレターデーション $Re(550)$ が $165nm < |Re(550)| < 265nm$ であり、波長550nm厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-510nm < Rth(550) < -310nm$ であり、

10

20

前記液晶表示装置がVAモードであることを特徴とする液晶表示装置。

ただし、前記不動点とは、ポアンカレ球上で、位相差による偏光特性の変化を表示した時に、回転軸上に存在する点で、液晶セルの位相差の値によらず液晶セルを通す前と同じ偏光状態を保つ点を意味する。

【請求項2】

光の入射方向から見て、第1の偏光板と、第1の位相差膜と、液晶セルと、第2の位相差膜と、第2の偏光板とをこの順に有する液晶表示装置であって、

前記第1の偏光板の吸収軸と前記第2の偏光板の吸収軸とが互いに直交するように配置されており、

前記液晶セルへ入射する前の偏光状態を、極角60度、方位角45度から観察したときに位相差を定めた前記第1の位相差膜により不動点まで変化させた後、前記液晶セルを通しており、

前記液晶セルに入射する前の偏光状態が、s波及びp波のいずれかに光学補償されており、

前記第1の位相差膜及び前記第2の位相差膜がそれぞれ、

前記第1の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $125nm < |Re(550)| < 225nm$ であり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-600nm < Rth(550) < -400nm$ であり、

前記第2の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $165nm < |Re(550)| < 265nm$ であり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-510nm < Rth(550) < -310nm$ であり、

前記液晶表示装置がVAモードであることを特徴とする液晶表示装置。

ただし、前記不動点とは、ポアンカレ球上で、位相差による偏光特性の変化を表示した時に、回転軸上に存在する点で、液晶セルの位相差の値によらず液晶セルを通す前と同じ偏光状態を保つ点を意味する。

【請求項3】

光の入射方向から見て、第1の偏光板と、第1の位相差膜と、液晶セルと、第2の位相差膜と、第2の偏光板とをこの順に有する液晶表示装置であって、

前記第1の偏光板の吸収軸と前記第2の偏光板の吸収軸とが互いに直交するように配置されており、

前記液晶セルへ入射する前の偏光状態を、極角60度、方位角45度から観察したときに位相差を定めた前記第1の位相差膜により不動点まで変化させた後、前記液晶セルを通しており、

前記液晶セルに入射する前の偏光状態が、s波及びp波のいずれかに光学補償されており、

前記第1の位相差膜及び前記第2の位相差膜がそれぞれ、

前記第1の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $125nm < |Re(550)| < 225nm$ であり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $400nm < Rth(550) < 600nm$ であり、

前記第2の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $165nm < |Re(550)| < 265nm$ であり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $310nm < Rth(550) < 510nm$ であり、

前記液晶表示装置がVAモードであることを特徴とする液晶表示装置。

ただし、前記不動点とは、ポアンカレ球上で、位相差による偏光特性の変化を表示した時に、回転軸上に存在する点で、液晶セルの位相差の値によらず液晶セルを通す前と同じ偏光状態を保つ点を意味する。

10

20

30

40

50

【請求項 4】

光の入射方向から見て、第 1 の偏光板と、第 1 の位相差膜と、液晶セルと、第 2 の位相差膜と、第 2 の偏光板とをこの順に有する液晶表示装置であって、

前記第 1 の偏光板の吸収軸と前記第 2 の偏光板の吸収軸とが互いに直交するように配置されており、

前記液晶セルへ入射する前の偏光状態を、極角 60 度、方位角 45 度から観察したときに位相差を定めた前記第 1 の位相差膜により不動点まで変化させた後、前記液晶セルを通しており、

前記液晶セルに入射する前の偏光状態が、s 波及び p 波のいずれかに光学補償されており、

10

前記第 1 の位相差膜及び前記第 2 の位相差膜がそれぞれ、

前記第 1 の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第 2 の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長 550 nm での面内のレターデーション $Re(550)$ が $125\text{ nm} < |Re(550)| < 225\text{ nm}$ であり、波長 550 nm での厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-600\text{ nm} < Rth(550) < -400\text{ nm}$ であり、

前記第 2 の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第 2 の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長 550 nm での面内のレターデーション $Re(550)$ が $165\text{ nm} < |Re(550)| < 265\text{ nm}$ であり、波長 550 nm での厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $310\text{ nm} < Rth(550) < 510\text{ nm}$ であり、

前記液晶表示装置が VA モードであることを特徴とする液晶表示装置。

20

ただし、前記不動点とは、ポアンカレ球上で、位相差による偏光特性の変化を表示した時に、回転軸上に存在する点で、液晶セルの位相差の値によらず液晶セルを通す前と同じ偏光状態を保つ点を意味する。

【請求項 5】

光の入射方向から見て、第 1 の偏光板と、第 1 の位相差膜と、液晶セルと、第 2 の位相差膜と、第 2 の偏光板とをこの順に有する液晶表示装置であって、

前記第 1 の偏光板の吸収軸と前記第 2 の偏光板の吸収軸とが互いに直交するように配置されており、

前記液晶セルへ入射する前の偏光状態を、極角 60 度、方位角 45 度から観察したときに位相差を定めた前記第 1 の位相差膜により不動点まで変化させた後、前記液晶セルを通しており、

30

前記液晶セルに入射する前の偏光状態が、s 波及び p 波のいずれかに光学補償されており、

前記第 1 の位相差膜及び前記第 2 の位相差膜がそれぞれ、

前記第 1 の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第 2 の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長 550 nm での面内のレターデーション $Re(550)$ が $165\text{ nm} < |Re(550)| < 265\text{ nm}$ であり、波長 550 nm での厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-510\text{ nm} < Rth(550) < -310\text{ nm}$ であり、

前記第 2 の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第 2 の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長 550 nm での面内のレターデーション $Re(550)$ が $125\text{ nm} < |Re(550)| < 225\text{ nm}$ であり、波長 550 nm での厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $400\text{ nm} < Rth(550) < 600\text{ nm}$ であり、

40

前記液晶表示装置が VA モードであることを特徴とする液晶表示装置。

ただし、前記不動点とは、ポアンカレ球上で、位相差による偏光特性の変化を表示した時に、回転軸上に存在する点で、液晶セルの位相差の値によらず液晶セルを通す前と同じ偏光状態を保つ点を意味する。

【請求項 6】

光の入射方向から見て、第 1 の偏光板と、第 1 の位相差膜と、液晶セルと、第 2 の位相差膜と、第 2 の偏光板とをこの順に有する液晶表示装置であって、

前記第 1 の偏光板の吸収軸と前記第 2 の偏光板の吸収軸とが互いに直交するように配置

50

されており、

前記液晶セルへ入射する前の偏光状態を、極角 60 度、方位角 45 度から観察したときに位相差を定めた前記第 1 の位相差膜により不動点まで変化させた後、前記液晶セルを通しており、

前記液晶セルに入射する前の偏光状態が、s 波及び p 波のいずれかに光学補償されており、

前記第 1 の位相差膜及び前記第 2 の位相差膜がそれぞれ、

前記第 1 の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第 2 の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長 550 nm での面内のレターデーション $Re(550)$ が $165\text{ nm} < |Re(550)| < 265\text{ nm}$ であり、波長 550 nm での厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-510\text{ nm} < Rth(550) < -310\text{ nm}$ であり、

前記第 2 の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第 2 の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長 550 nm での面内のレターデーション $Re(550)$ が $125\text{ nm} < |Re(550)| < 225\text{ nm}$ であり、波長 550 nm での厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-600\text{ nm} < Rth(550) < -400\text{ nm}$ であり、

前記液晶表示装置が VA モードであることを特徴とする液晶表示装置。

ただし、前記不動点とは、ポアンカレ球上で、位相差による偏光特性の変化を表示した時に、回転軸上に存在する点で、液晶セルの位相差の値によらず液晶セルを通す前と同じ偏光状態を保つ点を意味する。

【請求項 7】

光の入射方向から見て、第 1 の偏光板と、第 1 の位相差膜と、液晶セルと、第 2 の位相差膜と、第 2 の偏光板とをこの順に有する液晶表示装置であって、

前記第 1 の偏光板の吸収軸と前記第 2 の偏光板の吸収軸とが互いに直交するように配置されており、

前記液晶セルへ入射する前の偏光状態を、極角 60 度、方位角 45 度から観察したときに位相差を定めた前記第 1 の位相差膜により不動点まで変化させた後、前記液晶セルを通しており、

前記液晶セルに入射する前の偏光状態が、s 波及び p 波のいずれかに光学補償されており、

前記第 1 の位相差膜及び前記第 2 の位相差膜がそれぞれ、

前記第 1 の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第 2 の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長 550 nm での面内のレターデーション $Re(550)$ が $165\text{ nm} < |Re(550)| < 265\text{ nm}$ であり、波長 550 nm での厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $310\text{ nm} < Rth(550) < 510\text{ nm}$ であり、

前記第 2 の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第 2 の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長 550 nm での面内のレターデーション $Re(550)$ が $125\text{ nm} < |Re(550)| < 225\text{ nm}$ であり、波長 550 nm での厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $400\text{ nm} < Rth(550) < 600\text{ nm}$ であり、

前記液晶表示装置が VA モードであることを特徴とする液晶表示装置。

ただし、前記不動点とは、ポアンカレ球上で、位相差による偏光特性の変化を表示した時に、回転軸上に存在する点で、液晶セルの位相差の値によらず液晶セルを通す前と同じ偏光状態を保つ点を意味する。

【請求項 8】

光の入射方向から見て、第 1 の偏光板と、第 1 の位相差膜と、液晶セルと、第 2 の位相差膜と、第 2 の偏光板とをこの順に有する液晶表示装置であって、

前記第 1 の偏光板の吸収軸と前記第 2 の偏光板の吸収軸とが互いに直交するように配置されており、

前記液晶セルへ入射する前の偏光状態を、極角 60 度、方位角 45 度から観察したときに位相差を定めた前記第 1 の位相差膜により不動点まで変化させた後、前記液晶セルを通しており、

前記液晶セルに入射する前の偏光状態が、s波及びp波のいずれかに光学補償されており、

前記第1の位相差膜及び前記第2の位相差膜がそれぞれ、

前記第1の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーション $R_e(550)$ が $165\text{nm} < |R_e(550)| < 265\text{nm}$ であり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $R_{th}(550)$ が $310\text{nm} < R_{th}(550) < 510\text{nm}$ であり、

前記第2の位相差膜の遅相軸が出射側の前記第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーション $R_e(550)$ が $125\text{nm} < |R_e(550)| < 225\text{nm}$ であり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $R_{th}(550)$ が $-600\text{nm} < R_{th}(550) < -400\text{nm}$ であり、

前記液晶表示装置がVAモードであることを特徴とする液晶表示装置。

ただし、前記不動点とは、ポアンカレ球上で、位相差による偏光特性の変化を表示した時に、回転軸上に存在する点で、液晶セルの位相差の値によらず液晶セルを通す前と同じ偏光状態を保つ点を意味する。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液晶セルの厚さ方向のレターデーション R_{th} にバラツキがあったとしても、その影響を受けることなく、良好な表示性能を維持することができるVAモード（Vertically Aligned）の液晶表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

液晶表示装置として、種々のモードの液晶表示装置が提案されている。中でもVAモードは、広視野角モードとして全方位にわたり広いコントラスト視野角特性を有するようになり、テレビ用途として既に家庭に普及しており、更には近年30インチを超える大サイズディスプレイも登場してきた。VAモード液晶表示装置では、黒表示時の斜め方向に生じる光漏れ及びカラーシフトを軽減するため、種々の特性の光学異方性膜等が光学補償に利用されている。

【0003】

このようなVA方式の視野角補償膜を作製するためには、VAセルの光学特性 R_{th} の値が重要である。VAセルの R_{th} の値は、セル内の液晶の屈折率差、セル厚みと相関があるが、セル厚みは製造時に±10%程度ばらつく、その結果、セルの R_{th} にはセルの個体差や、面内バラツキが発生してしまう。

【0004】

ここで、VA用位相差膜を実装した液晶表示装置の偏光状態を、ポアンカレ球を使用して図1に示す。この図1中の△(3)と□(4)を結ぶ軸は、直線偏光を表すストークスパラメータ S_1 軸にあたる。この軸と交わるように引かれている直線は、 S_1 軸で表現する直線偏光に対し45度傾いた直線偏光を表すストークスパラメータ S_2 軸にあたる。 S_1 、 S_2 軸で描かれた面に対して垂直な方向は円偏光を表すストークスパラメータ S_3 軸にあたっている。

この図1では、入射光の偏光状態は左側の○(1)で、位相差膜と液晶セルによる偏光状態の変化により、右側の○(消光点；2)に重なったとき完全な補償となり、出射光がゼロとなる。実際には、消光点からずれるため、そのずれが大きいほど光が漏れて、表示性能を悪化させる。

また、液晶表示装置における液晶セルによる偏光状態の変化は、ポアンカレ球上の△(3)と□(4)を結んだ直線を回転軸として、 R_{th} に比例した角度だけ、球面上で回転する。

図1のポアンカレ球を展開して、△(3)と□(4)を結ぶ弧を直線上に表すと図2～4のように表すことができる。例えば特許文献1及び2では、図2～図4に示すように、

10

20

30

40

50

液晶セルでの偏光状態の動きが大きいと、液晶セルの Rth にバラツキがあると、実線と点線のような偏光状態のずれが生じる。その結果、最終的な出射光が消光点からずれてしまい、表示性能を悪化させてしまうという問題がある。

ここで、図2は同じ光学特性の2軸位相差膜が2枚のタイプであり、図3及び図4は2軸位相差膜が1枚のタイプであり、図3は2軸位相差膜とセルを挟んで逆側に位相差膜を使用しない場合、図4は、2軸位相差膜とセルを挟んで逆側に位相差膜（負のCプレート）を使用した場合である。図2～図4中、矢印5は液晶セルの Rth による偏光状態の変化を表し、矢印6は位相差膜の動きを表し、点線はセルの厚み又は Rth がばらつかない時を表し、実線はセルの厚み又は Rth が平均値より大きい時を表す。○(1)は入射光の偏光状態を表し、○(2)は消光点（この偏光状態をとった時、最も暗くなる）を表す。そして、矢印5は液晶セルの Rth による偏光状態の変化を表し、□(4)と△(3)を結んだ軸を中心にして、液晶セルの Rth 分だけ回転する。なお、図2～図4中、11は第1の偏光板、12は第1の位相差膜、13は液晶セル、14は第2の位相差膜、15は第2の偏光板をそれぞれ表す。第1の偏光板11の吸収軸と第1の位相差膜12の遅相軸は互いに直交している。

【0005】

したがって液晶セルの厚さ方向のレターデーション Rth にバラツキがあったとしても、その影響を受けることなく、良好な表示性能を維持することができるVAモードの液晶表示装置の提供が望まれているのが現状である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第3330574号公報

【特許文献2】特開2003-344856号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、従来における前記諸問題を解決し、以下の目的を達成することを課題とする。即ち、本発明は、液晶セルの厚さ方向のレターデーション Rth にバラツキがあったとしても、液晶セルへ入射する前の偏光状態を不動点まで変化させた後、液晶セルを通すことで、 Rth のバラツキの影響を受けることなく、光漏れがなくなり良好な表示性能を維持することができるVAモードの液晶表示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】

【0008】

前記課題を解決するため本発明者らが鋭意検討を重ねた結果、図5に示すように、入射光○(1)を液晶表示装置の液晶セルによる偏光状態の変化の前に、第1の位相差膜12で△(3)又は□(4)の点（不動点（ $S1 = +1$ 又は -1 、 $S2 = 0$ 、 $S3 = 0$ ））に移動させることによって、液晶セルの Rth にズレが生じて、ほぼ同じ点（不動点）に固定でき、第2の位相差膜14により消光点○(2)まで移動させれば、液晶セルの Rth にバラツキがあったとしても、その影響を受けることなく、良好な表示性能を維持できることを知見した。なお、図5中、11は第1の偏光板、13は液晶セル、15は第2の偏光板をそれぞれ表す。

ここで、前記不動点とは、ポアンカレ球上で、位相差による偏光特性の変化を表示した時に、回転軸上に存在する点で、液晶セルの位相差の値によらず液晶セルを通す前と同じ偏光状態を保つ点を意味する。

前記消光点とは、主に偏光板を含んだ形態において、ポアンカレ球上で偏光状態を表示した時に、出射側偏光板の吸収軸を表す直線偏光状態を保つ点を意味する。出射側偏光板を通る前に、この偏光状態をとることができれば、完全に補償することができるので、漏れ光は0となり、この点に近ければ近いほど、漏れ光が減少し、高い表示性能であることを意味する。

【0009】

本発明は、本発明者による前記知見に基づくものであり、前記課題を解決するための手段としては以下の通りである。即ち、

<1> 光の入射方向から見て、第1の偏光板と、第1の位相差膜と、液晶セルと、第2の位相差膜と、第2の偏光板とをこの順に有する液晶表示装置であって、

前記第1の偏光板の吸収軸と前記第2の偏光板の吸収軸とが互いに直交するように配置されており、

液晶セルへ入射する前の偏光状態を前記第1の位相差膜により不動点まで変化させた後、液晶セルを通すことを特徴とする液晶表示装置である。

<2> 光の入射方向から見て、第1の偏光板と、第1の位相差膜と、液晶セルと、第2の位相差膜と、第2の偏光板とをこの順に有する液晶表示装置であって、

前記第1の偏光板の吸収軸と前記第2の偏光板の吸収軸とが互いに直交するように配置されており、

前記液晶セルに入射する前の偏光状態が、s波及びp波のいずれかに光学補償されていることを特徴とする液晶表示装置である。

<3> 液晶セルに入射する前の偏光状態が、s波及びp波のいずれかに光学補償されている前記<1>に記載の液晶表示装置である。

<4> 第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $300nm < Rth(550) < 600nm$ であり、

第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nm面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、波長550nm厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-600nm < Rth(550) < -300nm$ である前記<1>から<3>のいずれかに記載の液晶表示装置である。

<5> 第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-600nm < Rth(550) < -300nm$ であり、

第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-600nm < Rth(550) < -300nm$ である前記<1>から<3>のいずれかに記載の液晶表示装置である。

<6> 第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $300nm < Rth(550) < 600nm$ であり、

第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $300nm < Rth(550) < 600nm$ である前記<1>から<3>のいずれかに記載の液晶表示装置である。

<7> 第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-600nm < Rth(550) < -300nm$ であり、

第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)|$

10

20

30

40

50

<300nmであり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーションR t h (550) が300nm<R t h (550)<600nmである前記<1>から<3>のいずれかに記載の液晶表示装置である。

<8> 第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーションR e (550) が100nm<|R e (550)|<300nmであり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーションR t h (550) が-600nm<R t h (550)<-300nmであり、

第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーションR e (550) が100nm<|R e (550)|<300nmであり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーションR t h (550) が300nm<R t h (550)<600nmである前記<1>から<3>のいずれかに記載の液晶表示装置である。

10

<9> 第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーションR e (550) が100nm<|R e (550)|<300nmであり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーションR t h (550) が-600nm<R t h (550)<-300nmであり、

第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーションR e (550) が100nm<|R e (550)|<300nmであり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーションR t h (550) が-600nm<R t h (550)<-300nmである前記<1>から<3>のいずれかに記載の液晶表示装置である。

20

<10> 第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーションR e (550) が100nm<|R e (550)|<300nmであり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーションR t h (550) が300nm<R t h (550)<600nmであり、

第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーションR e (550) が100nm<|R e (550)|<300nmであり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーションR t h (550) が300nm<R t h (550)<600nmである前記<1>から<3>のいずれかに記載の液晶表示装置である。

30

<11> 第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーションR e (550) が100nm<|R e (550)|<300nmであり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーションR t h (550) が300nm<R t h (550)<600nmであり、

第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーションR e (550) が100nm<|R e (550)|<300nmであり、波長550nmでの厚さ方向のレターデーションR t h (550) が-600nm<R t h (550)<-300nmである前記<1>から<3>のいずれかに記載の液晶表示装置である。

40

<12> VAモードの液晶表示装置である前記<1>から<11>のいずれかに記載の液晶表示装置である。

【0010】

VAセルは製造時にばらつき生じ、厚さ方向のレターデーションR t hは±10nm程度変化している。そのため、従来の光学補償方式では、表示性能が変化してしまうが、本発明の光学補償方式では、液晶セルへ入射する前の偏光状態を前記第1の位相差膜により不動点まで変化させた後、液晶セルを通すことにより、表示性能が液晶セルのR t hの大きさに左右されない。

また、従来の光学補償方式では、液晶セルの方位角0°、90°、180°、270°以外の斜め方位へ、s波及びp波の入り混じった偏光が入射する。すると、s波及びp波のガラス界面での反射率が異なり、液晶セル内で多重反射が起こりs波及びp波のバラ

50

スの異なる光が複数発生し、偏光状態が変化してしまう。これらそれぞれ偏光状態が変化した複数の光を総合すると偏光解消した状態となっている。これらの光は液晶セル出射後光学補償されず黒表示時の光漏れの原因となる。

これに対し、本発明の光学補償方式では、液晶セルに入射する前の偏光状態が、s波及びp波のいずれか、即ち ($S1 = +1$ 又は -1 、 $S2 = 0$ 、 $S3 = 0$) へ光学補償されているので、偏光状態が変化しない。その結果、光学補償が理想どおりにでき、液晶パネルの光漏れが従来に比べて軽減し、良好な表示性能を維持することができる。

【発明の効果】

【0011】

本発明によると、従来における問題を解決することができ、液晶セルの厚さ方向のレターデーション Rth にバラツキがあったとしても、液晶セルへ入射する前の偏光状態を液晶セルの不動点まで変化させた後、液晶セルを通すことにより、 Rth のバラツキの影響を受けることなく、光漏れがなくなり良好な表示性能を維持することができるVAモードの液晶表示装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、VA用位相差膜を実装した液晶表示装置の偏光状態を、ポアンカレ球を使用して説明する図である。

【図2】図2は、従来の液晶表示装置による偏光状態の変化を示す模式図である。

【図3】図3は、従来の液晶表示装置による偏光状態の変化を示す別の模式図である。

【図4】図4は、従来の液晶表示装置による偏光状態の変化を示す更に別の模式図である。

【図5】図5は、本発明の液晶表示装置による偏光状態の変化を示す模式図である。

【図6】図6は、実施例1～4の液晶表示装置による偏光状態の変化を示す模式図である。

【図7】図7は、実施例5～8の液晶表示装置による偏光状態の変化を示す模式図である。

【図8】図8は、s波とp波の定義を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明について詳細に説明する。

なお、本明細書において、「～」とはその前後に記載される数値を下限値及び上限値として含む意味で使用される。

本明細書において、第1の偏光板の吸収軸が垂直であるとは、第1の偏光板の吸収軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であることを意味し、第1の偏光板の吸収軸が平行であるとは、第1の偏光板の吸収軸が出射側の第2偏光板の吸収軸に対して平行であることを意味する。

本明細書において、第1の位相差膜の遅相軸が垂直であるとは、第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であることを意味し、第1の位相差膜の遅相軸が平行であるとは、第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2偏光板の吸収軸に対して平行であることを意味する。

【0014】

また、本明細書において、 $Re(\lambda)$ 、 $Rth(\lambda)$ は各々、波長 λ における面内のレターデーション (nm) 及び厚さ方向のレターデーション (nm) を表す。 $Re(\lambda)$ はKOBRA 21ADH又はWR (王子計測機器株式会社製) において波長 λ nmの光をフィルム法線方向に入射させて測定される。測定されるフィルムが1軸又は2軸の屈折率楕円体で表されるものである場合には、以下の方法により $Rth(\lambda)$ は算出される。

$Rth(\lambda)$ は前記 $Re(\lambda)$ を、面内の遅相軸 (KOBRA 21ADH又はWRにより判断される) を傾斜軸 (回転軸) として (遅相軸がない場合にはフィルム面内の任意の方向を回転軸とする) のフィルム法線方向に対して法線方向から片側50度まで10度

10

20

30

40

50

ステップで各々その傾斜した方向から波長 λ nmの光を入射させて全部で6点測定し、その測定されたレターデーション値と平均屈折率の仮定値及び入力された膜厚値を基にKOBRA 21ADH又はWRが算出する。上記において、法線方向から面内の遅相軸を回転軸として、ある傾斜角度にレターデーションの値がゼロとなる方向をもつフィルムの場合には、その傾斜角度より大きい傾斜角度でのレターデーション値はその符号を負に変更した後、KOBRA 21ADH又はWRが算出する。なお、遅相軸を傾斜軸（回転軸）として（遅相軸がない場合にはフィルム面内の任意の方向を回転軸とする）、任意の傾斜した2方向からレターデーション値を測定し、その値と平均屈折率の仮定値及び入力された膜厚値を基に、以下の式（11）及び式（12）よりRthを算出することもできる。

【0015】

【数1】

$$Re(\theta) = \left[n_x - \frac{n_y \times n_z}{\sqrt{\{n_y \sin(\sin^{-1}(\frac{\sin(-\theta)}{n_x}))\}^2 + \{n_z \cos(\sin^{-1}(\frac{\sin(-\theta)}{n_x}))\}^2}} \right] \times \frac{d}{\cos(\sin^{-1}(\frac{\sin(-\theta)}{n_x}))}$$

——式（11）

$$Rth = \{ (n_x + n_y) / 2 - n_z \} \times d$$

——式（12）

注記：上記の $Re(\theta)$ は法線方向から角度 θ 傾斜した方向におけるレターデーション値を表し、 n_x は面内における遅相軸方向の屈折率を表し、 n_y は面内において n_x に直交する方向の屈折率を表し、 n_z は n_x 及び n_y に直交する方向の屈折率を表す。 d は膜厚を表す。

【0016】

測定されるフィルムが1軸や2軸の屈折率楕円体で表現できないもの、いわゆる光学軸（optical axis）がないフィルムの場合には、以下の方法によりRth（ λ ）は算出される。

Rth（ λ ）は前記 $Re(\lambda)$ を、面内の遅相軸（KOBRA 21ADH又はWRにより判断される）を傾斜軸（回転軸）としてフィルム法線方向に対して -50° から $+50^\circ$ まで 10° ステップで各々その傾斜した方向から波長 λ nmの光を入射させて11点測定し、その測定されたレターデーション値と平均屈折率の仮定値及び入力された膜厚値を基にKOBRA 21ADH又はWRが算出する。上記の測定において、平均屈折率の仮定値はポリマーハンドブック（JOHN WILEY & SONS, INC）、各種光学フィルムのカタログの値を使用することができる。平均屈折率の値が既知でないものについてはアップ屈折計で測定することができる。主な光学フィルムの平均屈折率の値を以下に例示する：セルロースアシレート（1.48）、シクロオレフィンポリマー（1.52）、ポリカーボネート（1.59）、ポリメチルメタクリレート（1.49）、ポリスチレン（1.59）である。

これら平均屈折率の仮定値と膜厚を入力することで、KOBRA 21ADH又はWRは n_x 、 n_y 、 n_z を算出する。この算出された n_x 、 n_y 、 n_z より $Nz = (n_x - n_z) / (n_x - n_y)$ が更に算出される。

【0017】

また、Rthの符号は面内の遅相軸を傾斜軸（回転軸）としてフィルム法線方向に対して $+20^\circ$ 傾斜した方向から波長550 nmの光を入射させて測定した位相差が Re を超える場合を正とし、 Re を下回る場合を負とする。ただし、 $|Rth/Re|$ が9以上の試料では、回転自由台座付きの偏光顕微鏡を用いて、面内の進相軸を傾斜軸（回転軸）としてフィルム法線方向に対して $+40^\circ$ 傾斜した状態で、偏光板の検板を用いて決定できる試料の遅相軸がフィルム平面に平行にある場合を正とし、また遅相軸がフィルムの厚み方向にある場合を負とする。

【0018】

10

20

30

40

50

また、本明細書において、角度について「実質的に」とは、厳密な角度との誤差が $\pm 5^\circ$ 未満の範囲内であることを意味する。更に、厳密な角度との誤差は、 $\pm 4^\circ$ 未満であることが好ましく、 $\pm 3^\circ$ 未満であることがより好ましい。レターデーションについて「実質的に」とは、レターデーションが $\pm 5\%$ 以内の差であることを意味する。更に、 R_e が0でないとは、 R_e が 5 nm 以上であることを意味する。また、屈折率の測定波長は特別な記述がない限り、波長 550 nm を指す。また、本明細書において、「可視光」とは、波長が $400\text{ nm} \sim 700\text{ nm}$ の光のことをいう。

【0019】

本発明の液晶表示装置は、光の入射方向から見て、第1の偏光板と、第1の位相差膜と、液晶セルと、第2の位相差膜と、第2の偏光板とをこの順に有し、更に必要に応じてその他の層を有してなる。

10

【0020】

前記第1の偏光板の吸収軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直である。これにより、VAモードのような、ノーマリーブラックの表示性能となる。

本発明においては、偏光板と位相差膜との相対的な関係が垂直又は平行になっていれば特に制限はなく、例えば液晶表示装置全体を 90° 傾ければ第1の偏光板が平行で第2の偏光板が垂直となり、液晶表示装置全体を 45° 傾ければ第1の偏光板が 45° で第2の偏光板が 135° となる。

本発明においては、液晶セルへ入射する前の偏光状態を前記第1の位相差膜により不動点まで移動させた後、液晶セルを通すことにより、 R_{th} のバラツキの影響を受けることなく、光漏れがなくなり良好な表示性能を維持することができる。

20

【0021】

また、本発明においては、前記液晶セルに入射する前の偏光状態が、s波及びp波のいずれかに光学補償されている。

ここで、s波とは、図8に示すように液晶セルの基板100へ入射する光の入射面に対し法線方向に光の電場が振動している偏光状態を意味し、p波とは、光の進行方向とs波の電場振動方向と直交する方向に光の電場が振動している状態を意味する（図8参照）。

s波に光学補償するには、具体的には、偏光板透過光の偏光状態を液晶表示装置の液晶セルによる偏光状態の変化の前に、第1の位相差膜12でポアンカレ球上の点（ $S_1 = 1$ 、 $S_2 = 0$ 、 $S_3 = 0$ ）に移動させる。

30

p波に光学補償するには、具体的には、偏光板透過光の偏光状態を液晶表示装置の液晶セルによる偏光状態の変化の前に、第1の位相差膜12でポアンカレ球上の点（ $S_1 = -1$ 、 $S_2 = 0$ 、 $S_3 = 0$ ）に移動させる。

VA液晶セルの場合、ポアンカレ球上の点（ $S_1 = \pm 1$ 、 $S_2 = 0$ 、 $S_3 = 0$ ）は、不動点（図1中の $\triangle$ （3）、 $\square$ （4））に当たっている。

【0022】

本発明の液晶表示装置は、下記の第1形態から第8形態のいずれかであることが好ましい。

<第1形態>

第1形態では、前記第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長 550 nm での面内のレターデーション $R_e(550)$ が $100\text{ nm} < |R_e(550)| < 300\text{ nm}$ であり、 $125\text{ nm} < |R_e(550)| < 225\text{ nm}$ が好ましく、波長 550 nm での厚さ方向のレターデーション $R_{th}(550)$ が $300\text{ nm} < R_{th}(550) < 600\text{ nm}$ であり、 $400\text{ nm} < R_{th}(550) < 600\text{ nm}$ が好ましい。

40

前記第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長 550 nm 面内のレターデーション $R_e(550)$ が $100\text{ nm} < |R_e(550)| < 300\text{ nm}$ であり、 $165\text{ nm} < |R_e(550)| < 265\text{ nm}$ が好ましく、波長 550 nm 厚さ方向のレターデーション $R_{th}(550)$ が $-600\text{ nm} < R_{th}(550) < -300\text{ nm}$ であり、 $-510\text{ nm} < R_{th}(550) < -310\text{ nm}$ が好ましい。

50

この第1形態では、図6のAに示すように、偏光状態のスタート位置(○(1))から第1の位相差膜により不動点(□(4))まで移動させ、液晶セルを通し、第2の位相差膜により不動点(□(4))から目的とするゴール位置(○(2))まで移動させる。その結果、液晶セルの厚さ方向のレターデーションRt hにバラツキがあったとしても、その影響を受けることがないので、良好な表示性能を維持することができる。

ここで、スタート位置(○(1))は、斜め方向の漏れ光量が判断しやすいように、方位角45度、極角60度から偏光板をみた時の、入射側の偏光板を通過した偏光状態を、ポアンカレ球上に表示することにより決まる。

【0023】

<第2形態>

第2形態では、前記第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーションRe(550)が $100\text{nm} < |\text{Re}(550)| < 300\text{nm}$ であり、 $125\text{nm} < |\text{Re}(550)| < 225\text{nm}$ が好ましく、波長550nmでの厚さ方向のレターデーションRt h(550)が $-600\text{nm} < \text{Rt h}(550) < -300\text{nm}$ であり、 $-600\text{nm} < \text{Rt h}(550) < -400\text{nm}$ が好ましい。

前記第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーションRe(550)が $100\text{nm} < |\text{Re}(550)| < 300\text{nm}$ であり、 $165\text{nm} < |\text{Re}(550)| < 265\text{nm}$ が好ましく、波長550nmでの厚さ方向のレターデーションRt h(550)が $-600\text{nm} < \text{Rt h}(550) < -300\text{nm}$ であり、 $-510\text{nm} < \text{Rt h}(550) < -310\text{nm}$ が好ましい。

この第2形態では、図6のBに示すように、スタート位置(○(1))から第1の位相差膜により不動点(□(4))まで移動させ、液晶セルを通り、第2の位相差膜により不動点(□(4))から目的とするゴール位置(○(2))まで移動させる。その結果、液晶セルの厚さ方向のレターデーションRt hにバラツキがあったとしても、その影響を受けることがないので、良好な表示性能を維持することができる。

【0024】

<第3形態>

第3形態では、前記第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーションRe(550)が $100\text{nm} < |\text{Re}(550)| < 300\text{nm}$ であり、 $125\text{nm} < |\text{Re}(550)| < 225\text{nm}$ が好ましく、波長550nmでの厚さ方向のレターデーションRt h(550)が $300\text{nm} < \text{Rt h}(550) < 600\text{nm}$ であり、 $400\text{nm} < \text{Rt h}(550) < 600\text{nm}$ が好ましい。

前記第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーションRe(550)が $100\text{nm} < |\text{Re}(550)| < 300\text{nm}$ であり、 $165\text{nm} < |\text{Re}(550)| < 265\text{nm}$ が好ましく、波長550nmでの厚さ方向のレターデーションRt h(550)が $300\text{nm} < \text{Rt h}(550) < 600\text{nm}$ であり、 $310\text{nm} < \text{Rt h}(550) < 510\text{nm}$ が好ましい。

この第3形態では、図6のCに示すように、スタート位置(○(1))から第1の位相差膜により不動点(□(4))まで移動させ、液晶セルを通り、第2の位相差膜により不動点(□(4))から目的とするゴール位置(○(2))まで移動させる。その結果、液晶セルの厚さ方向のレターデーションRt hにバラツキがあったとしても、その影響を受けることがないので、良好な表示性能を維持することができる。

【0025】

<第4形態>

第4形態では、前記第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーションRe(550)が $100\text{nm} < |\text{Re}(550)| < 300\text{nm}$ であり、 $125\text{nm} < |\text{Re}(550)| < 225\text{nm}$

10

20

30

40

50

が好ましく、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-600nm < Rth(550) < -300nm$ であり、 $-600nm < Rth(550) < -400nm$ が好ましい。

前記第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、 $165nm < |Re(550)| < 265nm$ が好ましく、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $300nm < Rth(550) < 600nm$ であり、 $310nm < Rth(550) < 510nm$ が好ましい。

この第4形態では、図6のDに示すように、スタート位置(○(1))から第1の位相差膜により不動点(□(4))まで移動させ、液晶セルを通り、第2の位相差膜により不動点(□(4))から目的とするゴール位置(○(2))まで移動させる。その結果、液晶セルの厚さ方向のレターデーション Rth にバラツキがあったとしても、その影響を受けることがないので、良好な表示性能を維持することができる。

【0026】

<第5形態>

第5形態では、前記第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、 $165nm < |Re(550)| < 265nm$ が好ましく、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-600nm < Rth(550) < -300nm$ であり、 $-510nm < Rth(550) < -310nm$ が好ましい。

前記第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、 $125nm < |Re(550)| < 225nm$ が好ましく、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $300nm < Rth(550) < 600nm$ であり、 $400nm < Rth(550) < 600nm$ が好ましい。

この第5形態では、図7のEに示すように、スタート位置(○(1))から第1の位相差膜により不動点(□(3))まで移動させ、液晶セルを通り、第2の位相差膜により不動点(□(3))から目的とするゴール位置(○(2))まで移動させる。その結果、液晶セルの厚さ方向のレターデーション Rth にバラツキがあったとしても、その影響を受けることがないので、良好な表示性能を維持することができる。

【0027】

<第6形態>

第6形態では、前記第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、 $165nm < |Re(550)| < 265nm$ が好ましく、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-600nm < Rth(550) < -300nm$ であり、 $-510nm < Rth(550) < -310nm$ が好ましい。

前記第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、 $125nm < |Re(550)| < 225nm$ が好ましく、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-600nm < Rth(550) < -300nm$ であり、 $-600nm < Rth(550) < -400nm$ が好ましい。

この第6形態では、図7のFに示すように、スタート位置(○(1))から第1の位相差膜により不動点(□(3))まで移動させ、液晶セルを通り、第2の位相差膜により不動点(□(3))から目的とするゴール位置(○(2))まで移動させる。その結果、液晶セルの厚さ方向のレターデーション Rth にバラツキがあったとしても、その影響を受けることがないので、良好な表示性能を維持することができる。

【0028】

<第7形態>

第7形態では、前記第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、 $165nm < |Re(550)| < 265nm$ が好ましく、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $300nm < Rth(550) < 600nm$ であり、 $310nm < Rth(550) < 510nm$ が好ましい。

前記第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して垂直であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、 $125nm < |Re(550)| < 225nm$ が好ましく、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $300nm < Rth(550) < 600nm$ であり、 $400nm < Rth(550) < 600nm$ が好ましい。

この第7形態では、図7のGに示すように、スタート位置(○(1))から第1の位相差膜により不動点(□(3))まで移動させ、液晶セルを通り、第2の位相差膜により不動点(□(3))から目的とするゴール位置(○(2))まで移動させる。その結果、液晶セルの厚さ方向のレターデーション Rth にバラツキがあったとしても、その影響を受けることがないので、良好な表示性能を維持することができる。

【0029】

<第8形態>

第8形態では、前記第1の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、 $165nm < |Re(550)| < 265nm$ が好ましく、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $300nm < Rth(550) < 600nm$ であり、 $310nm < Rth(550) < 510nm$ が好ましい。

前記第2の位相差膜の遅相軸が出射側の第2の偏光板の吸収軸に対して平行であり、波長550nmでの面内のレターデーション $Re(550)$ が $100nm < |Re(550)| < 300nm$ であり、 $125nm < |Re(550)| < 225nm$ が好ましく、波長550nmでの厚さ方向のレターデーション $Rth(550)$ が $-600nm < Rth(550) < -300nm$ であり、 $-600nm < Rth(550) < -400nm$ が好ましい。

この第8形態では、図7のHに示すように、スタート位置(○(1))から第1の位相差膜により不動点(□(3))まで移動させ、液晶セルを通り、第2の位相差膜により不動点(□(3))から目的とするゴール位置(○(2))まで移動させる。その結果、液晶セルの厚さ方向のレターデーション Rth にバラツキがあったとしても、その影響を受けることがないので、良好な表示性能を維持することができる。

【0030】

本発明の液晶表示装置において、前記第1の偏光板と、前記第1の位相差膜と、前記液晶セルと、前記第2の位相差膜と、前記第2の偏光板とは、上記条件を満たせば各層の材料、形状、大きさ、構造、製造方法などについて特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

【0031】

ー液晶セルー

前記液晶セルは、VAモードであることが好ましい。

前記液晶セルの Rth は、 $200nm \sim 400nm$ であることが好ましい。

また、同じセル内では Rth のばらつきが小さい方が、表示性能のばらつきを抑えることができる。更に、同じ位相差膜を使用する場合、A、B2つのセルの Rth のばらつき(固体差)もなるべく小さい方が、常に良好な表示性能を得ることができる。しかし、実際には、製造ばらつきとして、例えば Rth が $300nm \pm 30nm$ 程度変化してしまう

10

20

30

40

50

。

【0032】

—第1及び第2の偏光板—

本発明では、偏光膜と該偏光膜を挟持する一对の保護膜とからなる偏光板を用いることができる。例えば、ポリビニルアルコールフィルム等からなる偏光膜をヨウ素にて染色し、延伸を行い、その両面を保護フィルムにて積層して得られる偏光板を用いることができる。該偏光板は液晶セルの両側に配置される。偏光膜と該偏光膜を挟持する一对の保護膜とからなる一对の偏光板を、液晶セルを挟持して配置させるのが好ましい。

前記偏光板の光学的性質及び耐久性（短期、長期での保存性）は、市販のスーパーハイコントラスト品（例えば、株式会社サンリッツ社製、HLC2-5618等）同等以上の性能を有することが好ましい。具体的には、可視光透過率が42.5%以上で、偏光度 $\{(T_p - T_c) / (T_p + T_c)\} \cdot 1/2 \geq 0.9995$ （ただし、 T_p は平行透過率、 T_c は直交透過率）であり、60℃、湿度90%RH雰囲気下に500時間及び80℃、ドライ雰囲気下に500時間放置した場合のその前後における光透過率の変化率が絶対値に基づいて3%以下が好ましく、1%以下であることがより好ましい。前記偏光度の変化率は絶対値に基づいて1%以下が好ましく、0.1%以下であることがより好ましい。

【0033】

—第1及び第2の位相差膜—

本発明で用いられる位相差膜は、前記光学特性を満たせば、材料に限定されるものではない。また、フィルム1枚で前記光学特性を満たしてもよいし、積層したフィルムで前記光学特性を満たしてもよい。更に該位相差膜は、前記保護膜を兼ねてもよいし、前記保護膜に貼合されていてもよい。また、前記位相差膜として透明支持体を用いることもできる。この場合、前記透明支持体は、光学的一軸性又は光学的二軸性を有することが好ましい。光学的一軸性支持体の場合、光学的に正（光軸方向の屈折率が光軸に垂直な方向の屈折率よりも大）であっても負（光軸方向の屈折率が光軸に垂直な方向の屈折率よりも小）であってもよい。光学的二軸性支持体の場合、屈折率 n_x 、 n_y 及び n_z は、全て異なる値（ $n_x \neq n_y \neq n_z$ ）になる。透明支持体の波長550nmの光に対する面内レターデーション（ R_e ）は、10nm乃至1000nmであることが好ましく、15nm乃至800nmであることがより好ましく、20nm乃至400nmであることが特に好ましい。前記光学異方性透明支持体の波長550nmの光に対する厚み方向のレターデーション（ R_{th} ）は、10nm乃至1000nmであることが好ましく、100nm乃至800nmであることがより好ましく、200nm乃至700nmであることが特に好ましい。

。

【0034】

前記位相差膜を形成する材料は、光学等方性支持体とするか、又は光学異方性支持体とするかに応じて決定する。

前記光学等方性支持体の場合は、一般にガラス又はセルロースエステルが用いられる。光学異方性支持体の場合は、一般に合成ポリマー（例えば、ポリカーボネート、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリアクリレート、ポリメタクリレート、ノルボルネン樹脂）が用いられる。ただし、欧州特許第0911656A2号明細書に記載されている（1）レターデーション上昇剤の使用、（2）セルロースアセテートの酢化度の低下、あるいは（3）冷却溶解法によるフィルムの製造により、光学異方性の（レターデーションが高い）セルロースエステルフィルムを製造することもできる。ポリマーフィルムからなる透明支持体は、溶剤キャスト法により形成することが好ましい。ポリマーとしては、セルロースアシレートフィルムを用いることが好ましい。また、複数枚積層して一枚の位相差膜を作製する際は、光学的な均一性を得る上で同一組成のポリマーを用いることが好ましい。

【0035】

光学異方性透明支持体を得るためには、ポリマーフィルムに延伸処理を実施することが好ましい。光学的一軸性支持体を製造する場合は、通常の一軸延伸処理又は二軸延伸処理

を実施すればよい。光学的二軸性支持体を製造する場合は、アンバランス二軸延伸処理を実施することが好ましい。アンバランス二軸延伸では、ポリマーフィルムをある方向に一定倍率（例えば3%乃至100%、好ましくは5%乃至30%）延伸し、それと垂直な方向にそれ以上の倍率（例えば6%乃至200%、好ましくは10%乃至90%）延伸する。二方向の延伸処理は、同時に実施してもよい。延伸方向（アンバランス二軸延伸では延伸倍率の高い方向）と延伸後のフィルムの面内の遅相軸とは、実質的に同じ方向になることが好ましい。前記延伸方向と遅相軸との角度は、10°未満であることが好ましく、5°未満であることがより好ましく、3°未満であることが更に好ましい。

【0036】

前記位相差膜の厚さは、本発明の効果が得られる範囲で薄いほど好ましい。位相差膜の厚みは、10 μm乃至500 μmであることがより好ましく、40 μm乃至200 μmであることが更に好ましい。透明支持体とその上に設けられる層との接着を改善するため、透明支持体に表面処理（例えば、グロー放電処理、コロナ放電処理、紫外線（UV）処理、火炎処理）を実施してもよい。透明支持体に紫外線吸収剤を添加してもよい。透明支持体の上に、接着層（下塗り層）を設けてもよい。前記接着層については、特開平7-333433号公報に記載がある。前記接着層の厚さは、0.1 μm乃至2 μmであることが好ましく、0.2 μm乃至1 μmであることが更に好ましい。また、位相差膜の遅相軸は偏光膜の吸収軸に対して垂直もしくは平行であることが好ましい。

【0037】

本発明の液晶表示装置は、液晶セルの厚さ方向のレターデーションRthにバラツキがあったとしても、その影響を受けることなく、良好な表示性能を維持することができるので、特にVAモードの液晶表示装置に好適に用いられる。

【実施例】

【0038】

以下、本発明の実施例を説明するが、本発明は、これらの実施例に何ら限定されるものではない。

【0039】

（製造例1）

一位相差膜の作製—

Re/Rthが、およそ180 nm/510 nm、およそ210 nm/420 nmになる2枚の位相差膜を以下のようにして作製した。

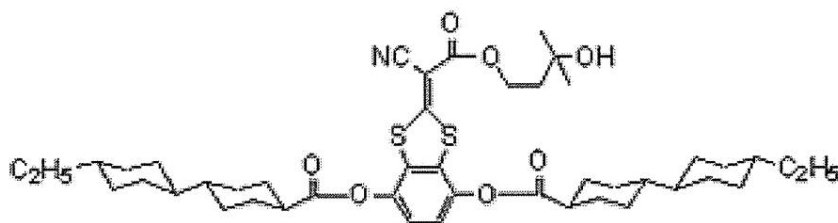
下記記載の割合になるように各成分を混合してセルロースアシレート溶液を調製した。各セルロースアシレート溶液を、バンド流延機を用いて流延し、得られたウェブをバンドから剥離した。その後、140℃の条件下、TD方向に20%延伸した後、乾燥して、厚み55 μmのセルロースアシレートフィルムを作製した。

—セルロースアシレート溶液—

- ・アセチル基置換度2.81のセルロースアシレート・・・100質量部
- ・下記構造式で表される液晶化合物F-1・・・2質量部

【化1】

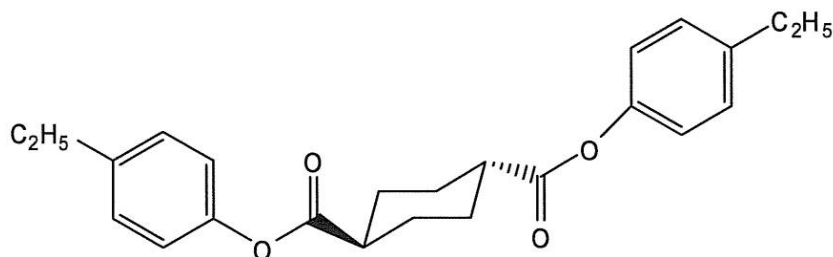
液晶化合物F-1



- ・下記構造式で表される液晶化合物F-2・・・6質量部

【化 2】

液晶化合物F-2



- ・トリフェニルホスフェート・・・3質量部
- ・ジフェニルホスフェート（可塑剤）・・・2質量部
- ・メチレンクロライド・・・418質量部
- ・メタノール・・・62質量部

次に、得られたフィルムの延伸倍率を変化させることにより、厚み50 μm のRe/Rthが60 nm/170 nm、70 nm/140 nmの2枚のシートを作製し、これらをそれぞれ3枚貼り合わせるにより、厚み150 μm のRe/Rthが約180 nm/約510 nmである位相差膜a、Re/Rthが約210 nm/約420 nmである位相差膜bを作製した。

【0040】

（製造例2）

－位相差膜の作製－

Re/Rthが、およそ83 nm/－161 nmになる位相差膜を特開2007-169599号公報の実施例1と同様にして作製した。

これを1軸延伸することにより、厚み75 μm のRe/Rthが70 nm/－140 nm、60 nm/－170 nmの2枚のシートを作製し、これをそれぞれ3枚貼り合わせるにより、厚み225 μm のRe/Rthが約210 nm/約－420 nm、である位相差膜c、Re/Rthが約180 nm/約－510 nmである位相差膜dを作製した。

【0041】

（製造例3）

－第1及び第2偏光板の作製－

厚さ80 μm のポリビニルアルコール（PVA）フィルムを、ヨウ素濃度0.05質量%のヨウ素水溶液中に30℃で60秒浸漬して染色し、次いでホウ酸濃度4質量%濃度のホウ酸水溶液中に60秒浸漬している間に元の長さの5倍に縦延伸した後、50℃で4分間乾燥させて、厚さ20 μm の偏光フィルムを得た。

次に、上記にて作製した位相差膜aの面にイソシアネート系接着剤を塗布し、TACフィルム（フジタックTF80UL、富士フィルム株式会社製）の面にPVA系接着剤を塗布し、これらのフィルムで前記作製した偏光フィルムを挟んで、圧着ローラーで余分な接着剤を押し出ししながら、ウェットラミネーションにより貼合した。その後、加熱乾燥して、第1の偏光板を作製した。接着層の厚みは0.4 μm であった。

また、上記にて作製した位相差膜bの面にイソシアネート系接着剤を塗布し、TACフィルム（フジタックTF80UL、富士フィルム株式会社製）の面にPVA系接着剤を塗布し、これらのフィルムで前記作製した偏光フィルムを挟んで、圧着ローラーで余分な接着剤を押し出ししながら、ウェットラミネーションにより貼合した。その後、加熱乾燥して、第2の偏光板を作製した。接着層の厚みは0.4 μm であった。

【0042】

（製造例4）

－液晶セルの作製－

市販のVA液晶表示装置（SONY社製、KDL-40J5000）から楕円偏光板を削除した液晶セルを用いた。このVA液晶セルのRthを測定したところ、Rth=30

10

20

30

40

50

3 nmであった。

【0043】

(実施例1～8)

作製した4種類の位相差膜a～d、第1及び第2の偏光板、並びに液晶セルを表1及び図5に示すように組み合わせて、実施例1～8の液晶表示装置を作製した。

【0044】

(比較例1)

特許第3330574号公報の実施例1と同様にして、比較例1の液晶表示装置を作製した。

【0045】

(比較例2)

特開2003-344856号公報の実施例1と同様にして、比較例2の液晶表示装置を作製した。

【0046】

作製した実施例1～8及び比較例1～2について、位相差膜の R_e 及び R_{th} を以下のようにして測定した。結果を表1に示す。

【0047】

<位相差膜の R_e 及び R_{th} の測定>

KOBRA 21ADH又はWR（王子計測機器株式会社製）を用いて、550 nmにおける面内レターデーション R_e 、及び550 nmにおける厚さ方向のレターデーション R_{th} を算出した。

【0048】

10

20

【表 1 - 1】

		第1偏光板	第1位相差膜	液晶セル	第2位相差膜	第2偏光板	図
実施例1	位相差膜	—	a	—	c	—	図6のA
	Re(nm)	—	173	0	213	—	
	Rth(nm)	—	504	-300	-411	—	
	軸角度(度)	90	90	—	0	0	
実施例2	位相差膜	—	d	—	c	—	図6のB
	Re(nm)	—	173	0	213	—	
	Rth(nm)	—	-508	-300	-411	—	
	軸角度(度)	90	0	—	0	0	
実施例3	位相差膜	—	a	—	b	—	図6のC
	Re(nm)	—	173	0	214	—	
	Rth(nm)	—	504	-300	409	—	
	軸角度(度)	90	90	—	90	0	
実施例4	位相差膜	—	d	—	b	—	図6のD
	Re(nm)	—	173	0	214	—	
	Rth(nm)	—	-508	-300	409	—	
	軸角度(度)	90	0	—	90	0	
実施例5	位相差膜	—	c	—	a	—	図7のE
	Re(nm)	—	213	0	174	—	
	Rth(nm)	—	-411	-300	504	—	
	軸角度(度)	90	90	—	90	0	
実施例6	位相差膜	—	c	—	d	—	図7のF
	Re(nm)	—	213	0	173	—	
	Rth(nm)	—	-411	-300	-508	—	
	軸角度(度)	90	90	—	0	0	
実施例7	位相差膜	—	b	—	a	—	図7のG
	Re(nm)	—	214	0	174	—	
	Rth(nm)	—	409	-300	504	—	
	軸角度(度)	90	0	—	90	0	
実施例8	位相差膜	—	b	—	d	—	図7のH
	Re(nm)	—	214	0	173	—	
	Rth(nm)	—	409	-300	-508	—	
	軸角度(度)	90	0	—	0	0	

【表 1 - 2】

		第1偏光板	第1位相差膜	液晶セル	第2位相差膜	第2偏光板	図
比較例1	Re(nm)	—	50	0	50	—	図2
	Rth(nm)	—	120	-300	120	—	
	軸角度(度)	90	0	—	90	0	
比較例2	Re(nm)	—	55	0	0	—	図4
	Rth(nm)	—	200	-300	50	—	
	軸角度(度)	90	0	—	—	0	

次に、作製した各液晶表示装置について、以下のようにして、液晶セルに入射する前の偏光状態、斜め漏れ光、及び斜め色味変化を評価した。結果を表2に示す。

【0050】

＜液晶セルに入射する前の偏光状態の測定＞

光源の上に、液晶セルに装着する前の第1の位相差膜を付した第1の偏光板を位相差膜の面が上になるように配置し、その透過光を、別に準備した偏光板（ルケオ社製、POLAX-15N）を通してSR-3（株式会社トプコンテクノハウス製）で検出した。ルケオ社製偏光板は、SR-3の観察方向に対して垂直な面内でその吸収軸角度Aを0°～360°回転する。吸収軸の刻み10°毎にSR-3で透過光を検出した。検出信号 S_{0out} （λ）は、次式で表される。

10

【数2】

$$S_{0out}(\lambda) = \frac{S_{0in}(\lambda)}{2} [1 + S_1(\lambda)\cos(2A) + S_2(\lambda)\sin(2A)]$$

ただし、前記数式中、 S_{0in} （λ）は、入射光量、 S_1 （λ）、 S_2 （λ）は、偏光を表すストークスパラメータである。検出信号を上記数式でフィッティングすると S_1 （λ）、 S_2 （λ）が求まる。また、 S_3 （λ）は、下記数式より求められる。

【数3】

$$S_3(\lambda) = \sqrt{1 - S_1^2 - S_2^2}$$

20

【0051】

＜斜め漏れ光＞

Rthが-300nmと-330nmの2つのVAセルを用いて、（極角60度、方位角45度での輝度）及び（極角0度、方位角0度での輝度）を測定し、（極角60度、方位角45度での輝度）／（極角0度、方位角0度での輝度）として斜め漏れ光を求め、下記基準で評価した。

〔評価基準〕

- ◎：ほとんど漏れ光が生じず、良好な補償である
- ：多少の漏れ光が生じるが、ほぼ良好な補償である
- △：漏れ光が目立ち、補償できていない
- ×：非常に漏れ光が目立ち、補償できていない

30

【0052】

＜斜め色味変化＞

Rthが-300nmと-330nmの2つのVAセルを用いて、斜め色味変化は、極角60度、方位角45度での色度（u'v'）と、極角0度、方位角0度での色度（u'v'）との距離（Δu'v'）を求め、下記基準で評価した。色度（u'v'）とは、照明に関する国際委員会CIEが決めた表色系の一つである。

〔評価基準〕

- ◎：色味変化が小さく、ほとんど目立たない
- ：多少の色味変化は生じるが、表示性能は良好である
- △：色味変化が目立ち、表示性能が悪化する
- ×：ほとんど色味補償できていない

40

【0053】

【表 2】

	液晶セルに入射する前の偏光状態	VAセルRth=-300nm		VAセルRth=-330nm	
		斜め漏れ光	斜め色味変化	斜め漏れ光	斜め色味変化
実施例1	(1,0,0)	◎	○	○	○
実施例2	(1,0,0)	◎	◎	○	◎
実施例3	(1,0,0)	◎	◎	○	◎
実施例4	(1,0,0)	◎	○	○	○
実施例5	(-1,0,0)	◎	◎	○	◎
実施例6	(-1,0,0)	◎	○	○	○
実施例7	(-1,0,0)	◎	○	○	○
実施例8	(-1,0,0)	◎	◎	○	◎
比較例1	(0.11,-0.79,-0.61)	○	◎	×	△
比較例2	(0,-0.52,-0.86)	○	○	×	×

表 2 中に示したように、液晶セルへ入射する前の光の偏光状態は、実施例 1～8 では ($S1 = \pm 1$ 、 $S2 = 0$ 、 $S3 = 0$) となっており、VA 液晶セルの不動点位置へ変化している。このため、VA セル $Rth = -300nm$ に対しても、VA セル $Rth = -330nm$ に対しても、光学補償が的確になされ、斜め色味変化が良好な状態を保っている。更に、液晶セルへ入射する前の光の偏光状態が、S 波のみ ($S1 = +1$ 、 $S2 = 0$ 、 $S3 = 0$)、P 波のみ ($S1 = -1$ 、 $S2 = 0$ 、 $S3 = 0$) となっており、液晶セル中での偏光解消が低減され、斜め漏れ光の小さい良好な状態を保っていることが分かった。

これに対し、比較例 1 及び 2 では、液晶セルへ入射する前の光の偏光状態が ($S1 = \pm 1$ 、 $S2 = 0$ 、 $S3 = 0$) となっていないため、VA セル Rth が $30nm$ 程度ずれただけで、斜め黒色味の変化が大きくなる。また、斜め漏れ光も実施例に比べると劣っていることが分かった。

【産業上の利用可能性】

【0054】

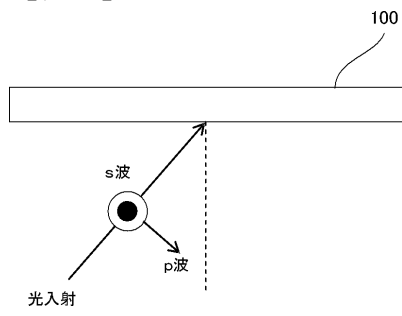
本発明の液晶表示装置は、液晶セルの厚さ方向のレターデーション Rth にバラツキがあったとしても、その影響を受けることなく、良好な表示性能を維持することができるので、特に VA モードの液晶表示装置に好適である。

【符号の説明】

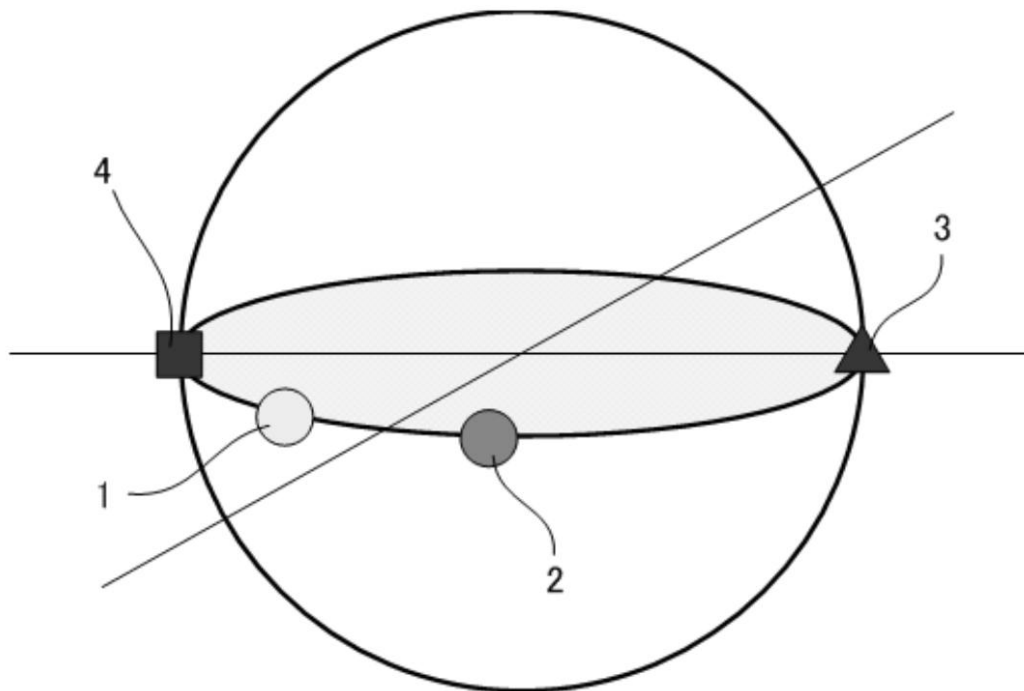
【0055】

- 1 スタート位置
- 2 ゴール位置（消光点）
- 3 不動点
- 4 不動点
- 5 液晶セルの動き
- 6 位相差膜の動き
- 11 第 1 の偏光板
- 12 第 1 の位相差膜
- 13 液晶セル
- 14 第 2 の位相差膜
- 15 第 2 の偏光板
- 100 液晶セル基板

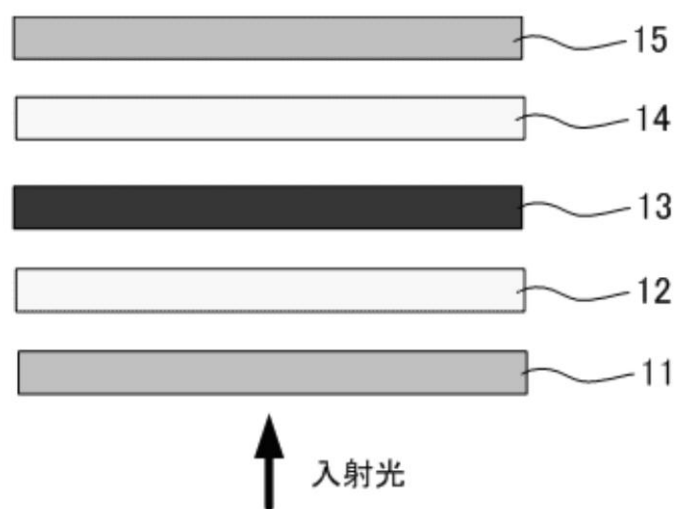
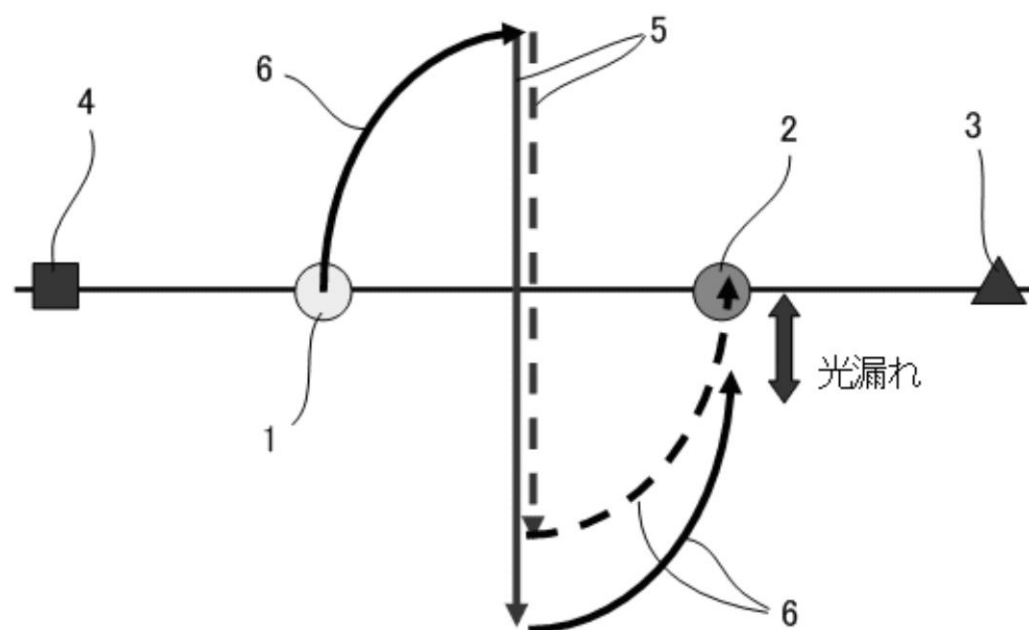
【図 8】



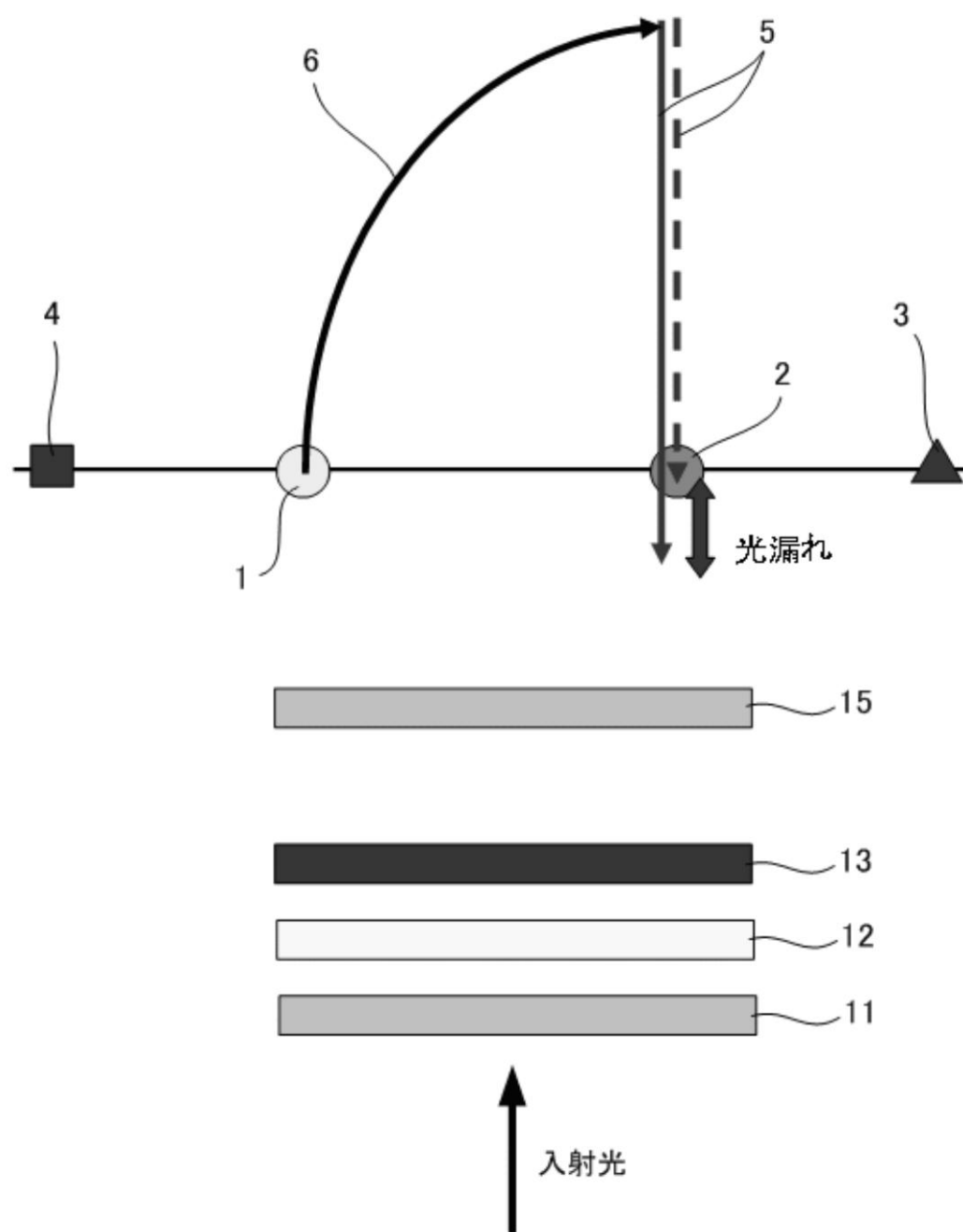
【図 1】



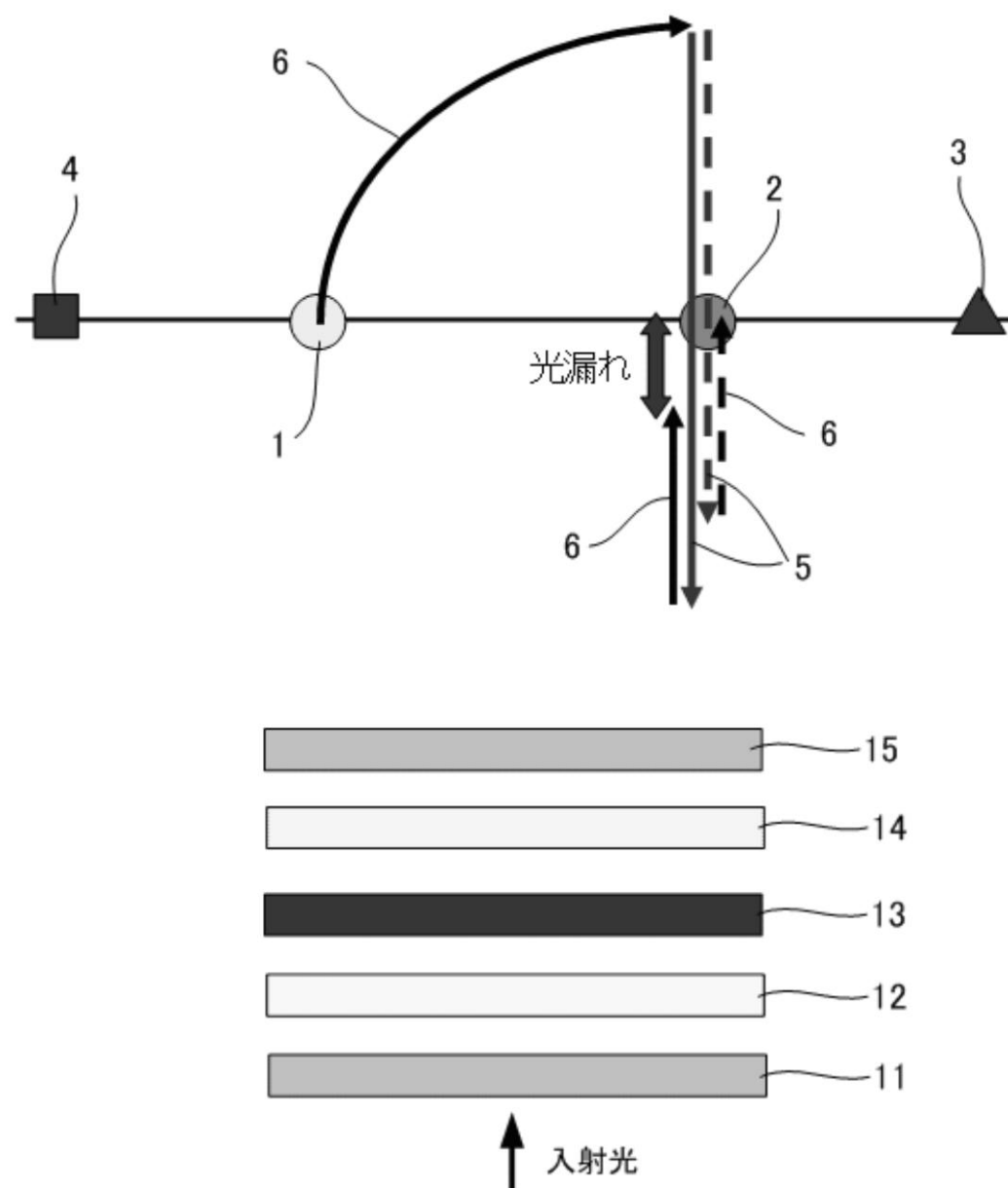
【図 2】



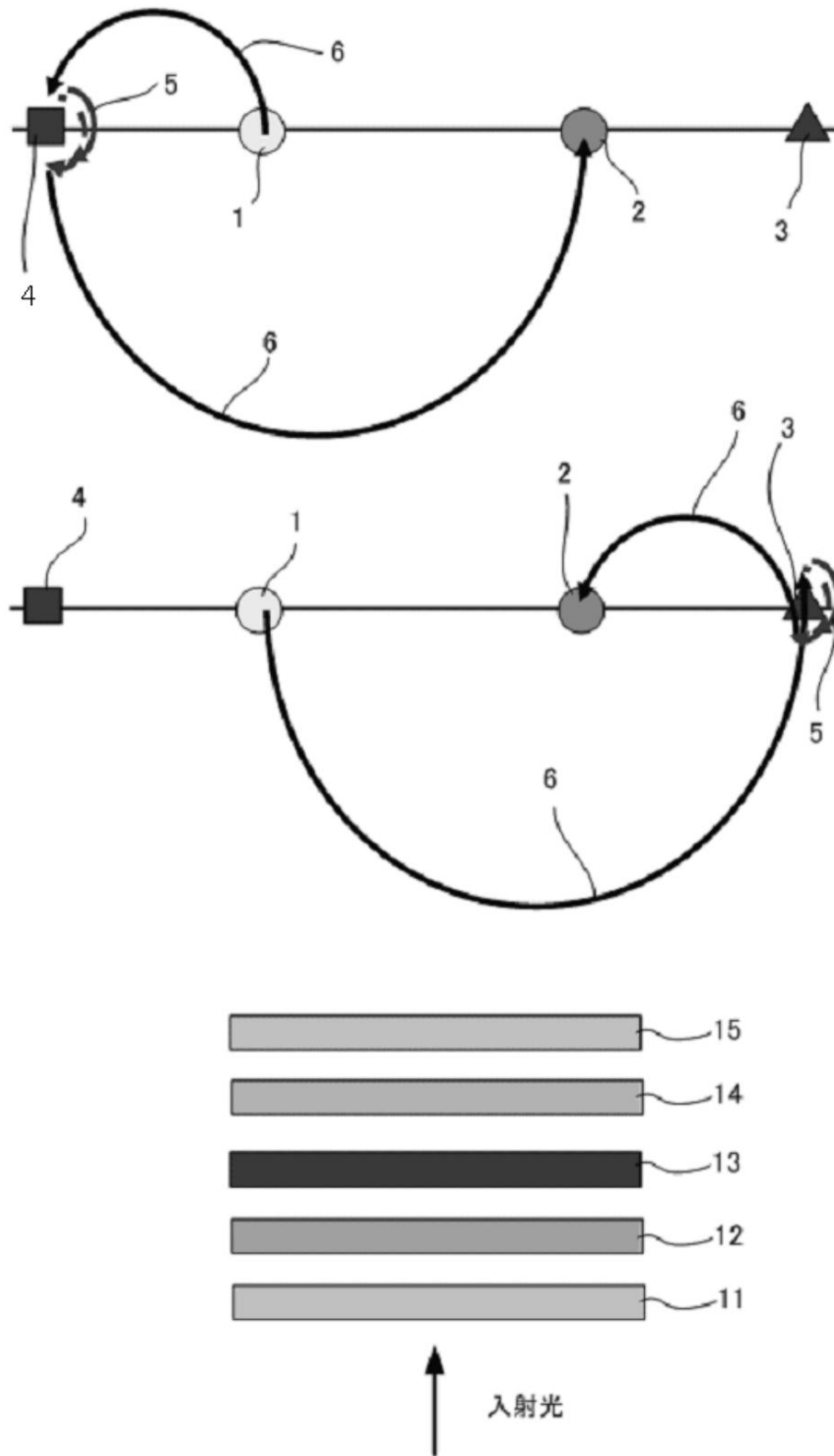
【図 3】



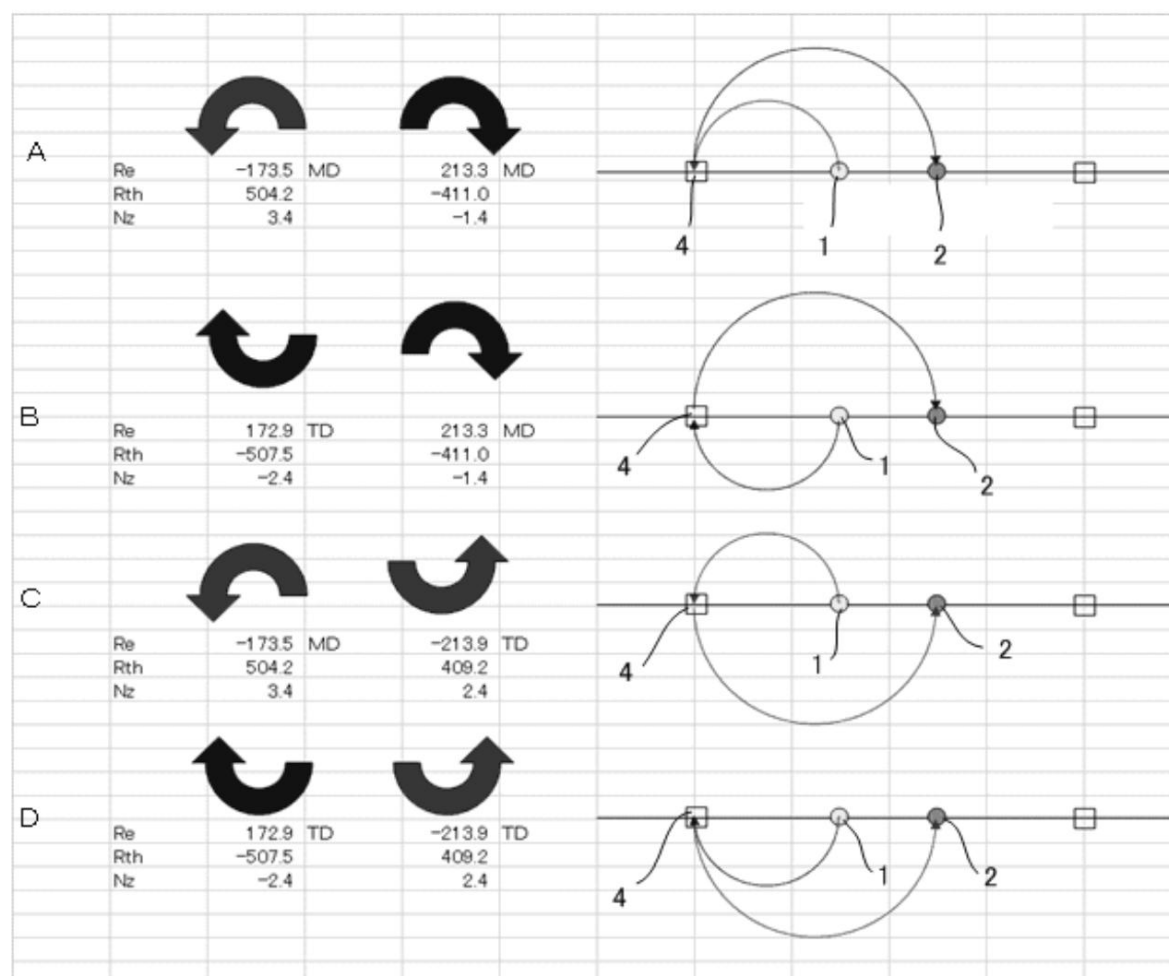
【図 4】



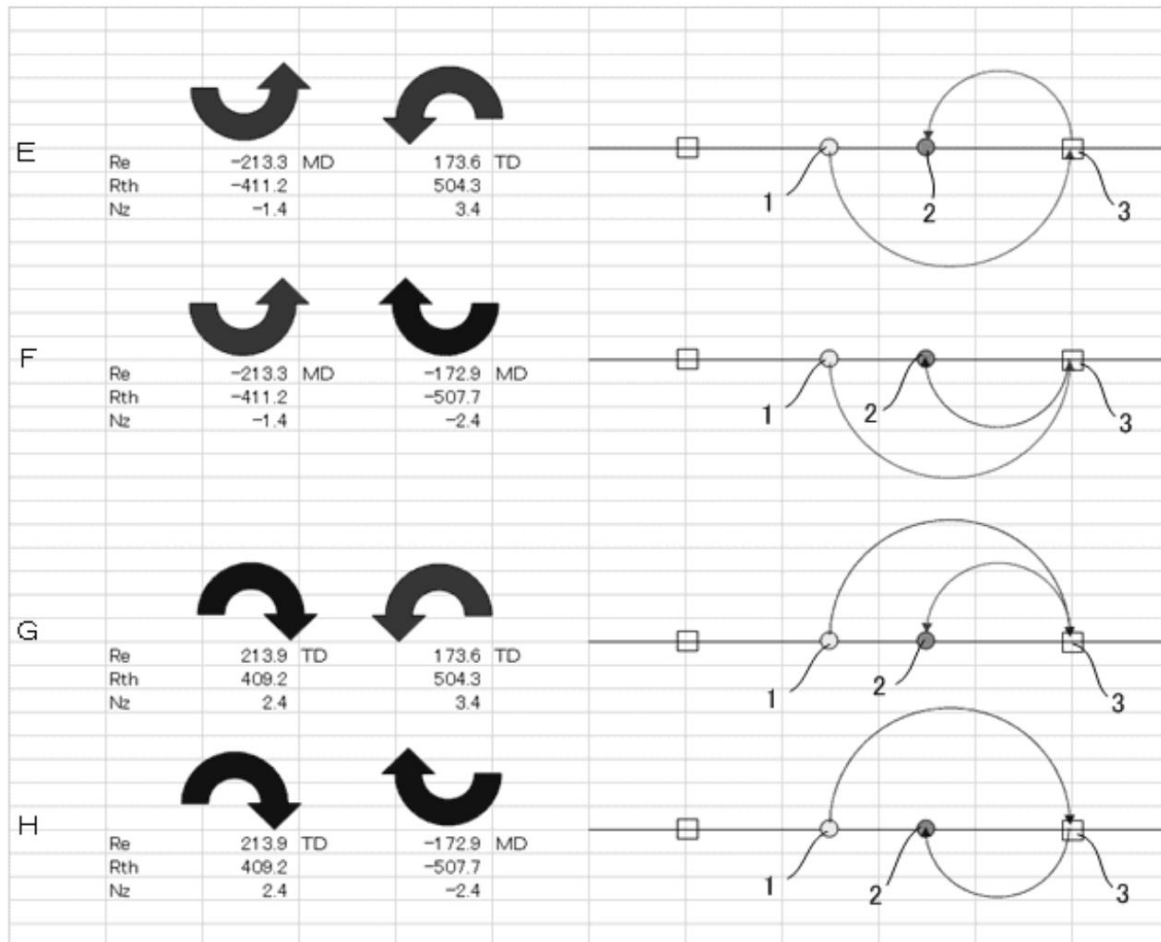
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

審査官 廣田 かおり

- (56)参考文献 特開2002-040242 (JP, A)
特開2006-091310 (JP, A)
特開2003-262869 (JP, A)
特開2000-039610 (JP, A)
国際公開第2006/001448 (WO, A1)
特開2005-242322 (JP, A)
特開2002-196137 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 F	1 / 1 3 3 6 3
G 0 2 B	5 / 3 0
G 0 2 F	1 / 1 3 3 5

专利名称(译)	液晶表示装置		
公开(公告)号	JP5399099B2	公开(公告)日	2014-01-29
申请号	JP2009050588	申请日	2009-03-04
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	保田浩太郎 関口恵		
发明人	保田 浩太郎 関口 恵		
IPC分类号	G02F1/13363 G02F1/1335 G02B5/30		
CPC分类号	G02F1/13363 G02B5/3083 G02F1/133634 G02F2001/133531 G02F2001/133635 G02F2001/133638 G02F2202/40 G02F2413/02 G02F2413/11 G02F2413/12		
FI分类号	G02F1/13363 G02F1/1335.510 G02B5/30		
F-TERM分类号	2H149/AA06 2H149/AB02 2H149/AB26 2H149/BA02 2H149/BA13 2H149/CA02 2H149/DA02 2H149/DA12 2H149/DB02 2H149/DB05 2H149/EA02 2H149/EA12 2H149/EA19 2H149/EA22 2H149/FA02X 2H149/FA02Y 2H149/FA03W 2H149/FA22Y 2H149/FA69 2H149/FB03 2H149/FB04 2H149/FD05 2H149/FD06 2H191/FA22X 2H191/FA22Z 2H191/FA30X 2H191/FA30Z 2H191/HA11 2H191/KA02 2H191/LA03 2H191/LA21 2H291/FA22X 2H291/FA22Z 2H291/FA30X 2H291/FA30Z 2H291/HA11 2H291/KA02 2H291/LA03 2H291/LA21		
代理人(译)	广田幸一		
优先权	2008091897 2008-03-31 JP		
其他公开文献	JP2009265626A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供VA（垂直对准）模式的液晶显示装置，其不引起光泄漏并且可以保持令人满意的显示性能而不受Rth的分散影响，即使在厚度方向上的延迟Rth也是如此。通过在光进入液晶单元之前将光的偏振状态改变为液晶单元的固定点的状态以允许液晶单元透射光来分散液晶单元。ZOLUTION：液晶显示装置从光入射侧依次包括：第一偏振片；第一延迟膜；液晶盒；第二个延迟膜；和第二偏振片，其中第一偏振片的吸收轴和第二偏振片的吸收轴彼此正交，并且第一延迟膜构造造成通过第一延迟膜改变偏振态在光进入液晶单元之前的光进入液晶单元的固定点的状态，以允许液晶单元透射光。Z

$$R_{\theta}(\theta) = \frac{n_y \times n_z}{\sqrt{\left(n_y \sin\left(\sin^{-1}\left(\frac{\sin(\theta)}{n_x}\right)\right)\right)^2 + \left(n_z \cos\left(\sin^{-1}\left(\frac{\sin(\theta)}{n_x}\right)\right)\right)^2}} \times \frac{1}{\cos\left(\sin^{-1}\left(\frac{\sin(\theta)}{n_x}\right)\right)}$$