

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5256714号
(P5256714)

(45) 発行日 平成25年8月7日(2013.8.7)

(24) 登録日 平成25年5月2日(2013.5.2)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 F 1/1337 (2006.01)

G O 2 F 1/1337 5 2 5

請求項の数 10 (全 37 頁)

(21) 出願番号	特願2007-313200 (P2007-313200)	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成19年12月4日 (2007.12.4)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2009-139455 (P2009-139455A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公開日	平成21年6月25日 (2009.6.25)	(74) 復代理人	100120640
審査請求日	平成22年11月19日 (2010.11.19)		弁理士 森 幸一
		(74) 代理人	100120640
			弁理士 森 幸一
		(72) 発明者	奥山 健太郎
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株
			式会社内
		(72) 発明者	内田 龍男
			宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
			国立大学法人東北大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示素子及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

表示用液晶分子層と、この層を挟んで対向して配置された基板と、前記基板の少なくとも一方に前記表示用液晶分子層に接するように設けられ、前記表示用液晶分子層における表示用液晶分子の配向方向を前記基板の基板面に対し略垂直に制御する垂直配向膜とを有し、

前記垂直配向膜が、液晶性骨格を有し、異種物質との界面においてディレクタ（配向ベクトル）を界面に垂直に向けて配向する性質と、重合する性質とを有する重合性液晶分子からなる層から形成され、

前記垂直配向膜において、前記の重合性液晶分子からなる層が液晶状態にあり、且つ、前記ディレクタが前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に配向した状態で、前記重合性液晶分子の少なくとも一部が重合し、前記の重合性液晶分子からなる層が、未反応の重合性液晶分子と重合性液晶分子重合体との複合体からなる層に変化して硬化することによって形成され、前記複合体中の前記ディレクタの配向方向が、前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に固定され、更に、前記の重合性液晶分子からなる層は、前記ディレクタが前記基板面に対し垂直に配向した液晶状態を一旦とった後に、前記ディレクタが前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に配向した状態に変化した層であり、

電界が印加されていないときの前記表示用液晶分子は、前記基板面の法線方向に関して、前記ディレクタが配向している方向とは反対の方向にわずかに傾斜して配向してい

10

20

る、
液晶表示素子。

【請求項 2】

前記対向基板の両方に前記垂直配向膜がそれぞれ設けられ、これら 2 つの垂直配向膜において、対向位置にあるそれぞれの膜中の前記ディレクタの配向方向が互いに平行である、請求項 1 に記載した液晶表示素子。

【請求項 3】

各画素中において、前記の複合体からなる層が、前記ディレクタの傾斜方向が異なる複数の領域にパターンニングして形成されている、請求項 1 に記載した液晶表示素子。

【請求項 4】

前記重合性液晶分子が、重合性官能基として、アクリロイルオキシ基、メタクリロイルオキシ基、ビニルエーテル基、及びエポキシ基からなる群から選ばれた少なくとも 1 つの官能基を有する、請求項 1 に記載した液晶表示素子。

【請求項 5】

電界が印加されていないときの前記垂直配向膜及び前記表示用液晶分子によって生じる光学異方性を打ち消す光学補償層が設けられている、請求項 1 に記載した液晶表示素子。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載した液晶表示素子を製造するに際し、

液晶性骨格を有し、異種物質との界面においてディレクタ（配向ベクトル）を界面に垂直に向けて配向する性質と、重合する性質とを有する重合性液晶分子からなる層を前記基板に形成する工程と、

前記の重合性液晶分子からなる層を液晶状態に保ちつつ、前記ディレクタを前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に配向させる工程と、

前記ディレクタが配向した上記の状態の前記重合性液晶分子の少なくとも一部を重合させ、前記の重合性液晶分子からなる層を、未反応の重合性液晶分子と重合性液晶分子重合体との複合体からなる層に変化させて硬化させる工程と

前記垂直配向膜として、前記ディレクタの配向方向が前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に固定されている前記の複合体からなる層を形成し、この際、前記ディレクタを配向させる前に、前記の重合性液晶分子からなる層において、前記ディレクタが前記基板面に対し垂直に配向した液晶状態を前記重合性液晶分子にとらせる処理を行う工程と、

電界が印加されていないときの前記表示用液晶分子の前記配向方向を、前記基板面の法線方向に関して、前記ディレクタが配向している方向とは反対の方向にわずかに傾いた方向に制御する工程と
を行う、液晶表示素子の製造方法。

【請求項 7】

前記の重合性液晶分子からなる層を形成する工程の後、且つ、前記ディレクタを配向させる工程の前に、前記の重合性液晶分子からなる層の温度を上昇させ、一旦前記重合性液晶分子を等方相状態にし、この後、前記の重合性液晶分子からなる層の温度を徐々に低下させ、前記ディレクタが前記基板面に対し垂直に配向した液晶状態を前記重合性液晶分子にとらせる工程を行う、請求項 6 に記載した液晶表示素子の製造方法。

【請求項 8】

紫外線、赤外線又は電子線の照射、及び / 又は、加熱によって、前記重合性液晶分子を重合させる、請求項 6 に記載した液晶表示素子の製造方法。

【請求項 9】

前記の液晶状態に保たれた重合性液晶分子からなる層に磁場を印加することによって、前記ディレクタを前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に配向させる、請求項 6 に記載した液晶表示素子の製造方法。

【請求項 10】

フォトリソを用いた紫外線、赤外線又は電子線の照射によって、各画素中の一部の領

10

20

30

40

50

域の重合性液晶分子を重合させる工程を、磁場の印加方向を変えながら画素中の複数の領域ごとに行い、各画素中に、前記の複合体からなる層を、前記ディレクタの傾斜方向が異なる複数の領域にパターンニングして形成する、請求項 6 に記載した液晶表示素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液晶表示素子において表示用液晶分子の配向を制御する垂直配向膜及びその製造方法、その垂直配向膜を備えた垂直配向基板及びその製造方法、並びに液晶表示素子に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

今日、液晶表示装置は、携帯電話や液晶テレビなどの電子機器の表示部として、また、パーソナルコンピュータ（Personal Computer；PC）用の表示装置などとして、広く用いられている。フルカラー表示装置として一般に用いられている透過型液晶表示装置は、カラーフィルタを備えた透過型液晶表示素子（液晶表示パネル）と、その背面側を白色光で照射するバックライト装置からなり、照射光が液晶表示素子を透過する透過率を制御することによって画像を表示する。

【0003】

図 16 は、従来の液晶表示素子の基本的な構成を示す部分断面図である。液晶表示素子 100 では、液晶層 101 と、液晶層 101 を挟んで対向する一対の透明基板 102 a および 102 b とによって液晶セル 105 が形成され、透明基板 102 a および 102 b の外面側に一対の偏光板 106 a および 106 b がそれぞれ配置されている。

20

【0004】

透明基板 102 a および 102 b はガラス基板などからなり、透明基板 102 a の内面には、透明電極 103 a および配向膜 104 a などが形成され、透明基板 102 b の内面には、（図示省略した）R（赤）、G（緑）、B（青）の三原色カラーフィルタ、透明電極 103 b、および配向膜 104 b などが形成されている。透明電極 103 a および 103 b は、例えばITO（Indium Tin Oxide）などからなる。配向膜 104 a および 104 b は液晶層 101 に接するように設けられている。

30

【0005】

偏光板 106 a および 106 b は、それぞれ、偏光フィルムと 2 枚の透明保護膜などからなる。偏光フィルムは、通常、一軸延伸されたポリビニルアルコールなどのフィルムと、そのフィルムに保持されたヨウ素または二色性染料などからなる。そして、その両側に透明保護膜としてTAC（トリアセチルセルロース）膜などが貼り合わされて用いられる。

【0006】

液晶表示素子 100 では、電界が印加されていないときに、液晶層 101 の液晶分子に透明基板 102 a と 102 b との間で特定の規則的な配向状態をとらせておく。そして、この液晶分子に電界を作用させることによって、液晶分子の配向状態を変化させ、液晶表示素子 100 の光透過率を変化させる。従って、電界が印加されていないときに液晶分子に特定の配向状態をとらせておく配向技術が、液晶表示素子の善し悪しを決める鍵の 1 つになっている。

40

【0007】

上記の配向技術や、電界によって液晶分子の配向状態を変化させる方法などの違いによって、液晶表示素子 100 には様々な動作モードがあり、例えば、TN（Twisted Nematic）モード、IPS（In-Plane Switching）モード、ECB（Electrically Controlled Birefringence）モード、OCB（Optically Compensatory Bend）モード、およびVA（Vertical Alignment）モードなどが提案されている（例えば、山崎照彦、川上英昭、堀浩雄 監修、カラー TFT 液晶ディスプレイ（改訂版）、共立出版（2005）参照。）。

50

【 0 0 0 8 】

図 1 7 (a) は、T N モード、I P S モード、E C B モード、および O C B モードなどにおいて用いられる配向技術を示す説明図であり、水平配向膜 1 1 4 に接してホモジニアス配向している液晶分子の配向状態を示している。これらの動作モードでは、電界が印加されていないときには、水平配向膜 1 1 4 によって、これに接している液晶分子 1 1 0 の長軸方向を、透明基板 1 0 2 の面に対しほぼ平行に、且つ、一定方向に揃って並ぶように水平配向させる。この場合、図 1 7 (a) に示すように、水平配向している液晶分子 1 1 0 の配向方向が基板面に対してわずかに傾いている（プレチルトしている）ことが重要である。このプレチルトが存在することによって、電界を作用させたときに液晶分子 1 1 0 が反対方向に傾くりバースチルトを防止し、液晶表示素子としての良好な動作特性や光学特性を実現することができる。

10

【 0 0 0 9 】

このように上記の各動作モードにおいて、水平配向膜 1 1 4 は必須のものである。現在広く用いられている水平配向膜 1 1 4 は、基板上にポリイミドなどの有機高分子樹脂膜を形成し、その表面をレーヨンやナイロンの布などで一定方向に強く擦るラビング処理を施して作製される。ラビング処理された高分子樹脂膜に対し、液晶分子 1 1 0 は、長軸方向がラビング方向と平行になるように配向する。ポリイミド膜は、ラビング処理によって数度程度のプレチルト角が得られるので、好適に用いられる。

【 0 0 1 0 】

しかしながら、ラビング処理ではラビング布や高分子樹脂膜などから微小な塵が発生する。この塵は、液晶表示素子の欠陥の原因になるおそれがあり、また、この塵を除くために洗浄工程や乾燥工程などが必要になるため、製造工程が増加する原因になる。また、ラビング処理する際に静電気が発生し、例えばアクティブマトリクス型液晶表示装置の場合、薄膜トランジスタなどの半導体素子が破壊されるおそれがある。また、ラビング処理によって実現できるプレチルト角は、高分子樹脂の材料特性によって狭い範囲に限定され、再現性のよいプレチルト角を実現するには、ラビング状態を精密に制御する必要がある。

20

【 0 0 1 1 】

そこで、ラビング処理によらない水平配向膜の製造方法が提案されている。例えば、後述の特許文献 1 では、主鎖形液晶ポリマーを液晶状態にして平行磁場に晒し、主鎖を配向させ、このあと所定の処理によってこの配向状態を大部分固化させて、S T N (Super TN) モードに好適な水平配向膜を作製する、液晶用配向膜の製造方法が提案されている。ここで、「主鎖形」とは、液晶状態の形成に寄与するメソゲン基が分子の主鎖にあるものを指し、「液晶ポリマー」には、融点以上のある温度範囲で液晶状態をとるサーモトロピック液晶と、適当な溶媒に高濃度で溶解した場合に液晶状態を呈するライオトロピック液晶とがある。

30

【 0 0 1 2 】

特許文献 1 の方法では、主鎖形液晶ポリマーがサーモトロピック液晶である場合には、基板上に液晶ポリマーからなる層を形成した後、液晶ポリマー層を融点以上の適当な温度に加熱して液晶状態をとらせる。この状態で液晶ポリマー層を所定の時間平行磁場に晒し、主鎖を配向させた後、液晶ポリマー層の温度を融点未満に低下させ、配向状態をできるだけ保ったまま凝固させる。

40

【 0 0 1 3 】

また、主鎖形液晶ポリマーがライオトロピック液晶である場合には、液晶ポリマーを適当な溶媒に溶解させた後、溶液を塗布などの方法で基板上に配置し、液晶ポリマーに液晶状態をとらせた溶液層を形成する。この状態で液晶ポリマーを所定の時間平行磁場に晒し、主鎖を配向させた後、溶液層から溶媒を蒸発させて液晶ポリマーを析出させ、配向状態をできるだけ保ったまま固化させる。

【 0 0 1 4 】

特許文献 1 の実施例 1 では、基板面と磁束との角が 45° (度) になるように磁場を印加した場合に、 $35 \sim 37^{\circ}$ のプレチルト角を発現する水平配向膜が得られた例が示され

50

、その他の実施例として、基板面と磁束との角が $30 \sim 50^\circ$ になるように磁場を印加した場合に、 $25 \sim 47^\circ$ のプレチルト角を発現する水平配向膜が得られた例が述べられている。また、配向膜が無配向性ポリマーと主鎖形液晶ポリマーとからなり、これらが単一相の大きさが約 $1 \mu\text{m}$ 以下になるように相分離して形成されている場合に、主鎖形液晶ポリマー分子の配向がより均一になる傾向があると述べられている。

【0015】

また、後述の特許文献2では、約 10° 程度のプレチルト角を再現性よく発現させる技術が提案され、この技術を用いた液晶セルの製造方法が提案されている。この製造方法では、まず、紫外線を透過し得る基板主面上に、紫外線吸収剤と光重合開始剤と重合性液晶性モノマーからなるメソゲン層を形成する。次に、重合性液晶性モノマーが液晶状態に保たれる所定温度に基板を保ち、所望の方向の磁場を印加しつつ、基板を通してメソゲン層に紫外線を照射することによって、重合性液晶性モノマーを重合させ、高分子層を形成する。次に、その表面の未反応物を有機溶剤で洗浄除去し、高分子層だけを残し、配向膜を得る。この後、配向膜が対向するように一對の基板を配置し、所望の間隙を保って貼合わせ、この間隙に液晶を充填することによって、液晶セルを作製する。メソゲン層は、低分子液晶と紫外線吸収剤と光重合開始剤と重合性液晶性モノマーからなる層としてもよく、磁場と電場を併用してもよいとされている。

【0016】

また、基板の主面を予めシランカップラー層や有極性有機樹脂層で被覆しておく、その上に均一なメソゲン層を形成するのに効果的であったと記載されている。実際、特許文献2では、プレチルト角が具体的に示されているすべての実施例で、基板の主面をシランカップラー層または有極性有機樹脂層で被覆し、その上にメソゲン層を形成している。

【0017】

図17(b)は、特許文献2の実施例1に記載されていた下記の記述をもとにして、水平配向膜とその近傍を図示した概略図である。実施例1では、まず、ITO透明電極を設けた低アルカリガラス基板102a(または102b)の一主面にビニルトリメトキシシランからなるシランカップラー層115を形成した後、その上に4-アクリロイルオキシ-4'-ブチル-ピシクロヘキシルなどの重合性液晶性モノマー116に少量のベンゾフェノン系光重合開始剤を加えたアセトン溶液を塗布した後、風乾して、メソゲン層を形成した。偏光顕微鏡観察によれば、メソゲン層は液晶相を示していた。

【0018】

次に、基板102の法線と磁束のなす角が約 65° (基板面と磁束のなす角が約 25°)になるように磁場を印加して重合性液晶性モノマー116を配向させ、この状態で基板102の裏面側から紫外線を照射して、メソゲン層の少なくとも一部を重合させ、高分子層を形成した。この後、アセトンに数分間浸漬し、未反応物を除去して、水平配向膜117を得た。この水平配向膜117にはリタデーションが存在することを確認した。

【0019】

この後、一對の基板を、水平配向膜117が対向するように、また、水平配向膜117を形成したときに加えた磁場の方向が反平行となるように配置し、一定($10 \mu\text{m}$)の間隙を保って貼り合わせ、この間隙にメルク社製のネマチック液晶ZLI-2293を充填して、液晶セルを作製した。この液晶セルにおけるプレチルト角は、 $23.2 \sim 23.5^\circ$ であった。

【0020】

特許文献2には、この他に、基板面と磁束とがなす角が 5° 、 10° 、および 15° であるとき、それぞれ、 $4.9 \sim 5.1^\circ$ 、 $9.4 \sim 9.7^\circ$ 、および $13.6 \sim 13.8^\circ$ のプレチルト角を発現する水平配向膜が得られた実施例が述べられている。

【0021】

一方、図18は、VAモードにおいて用いられる配向技術を示す部分断面図である。図18(a)は、電界が印加されていないときに、ホメオトロピック配向している液晶分子120の配向状態を示している。VAモードでは、液晶層101を構成する液晶分子12

10

20

30

40

50

0として、異種物質との界面において界面に垂直に配向する性質をもつ液晶分子を選択する。この結果、電界が印加されていないときには、液晶分子120が基板面に対し垂直に配向した状態（ホメオトロピック配向状態）をとらせることができる。

【0022】

さらに、液晶分子120として、誘電率異方性が負で、電界を作用させた時に分子の長軸が電界方向と略垂直になるように配向しようとする性質をもつ分子を選択して用いる。この結果、電界を作用させたときに、図18(b)に示すように、液晶分子120が、長軸が電界方向と略垂直に配向した状態（基板面に平行に配向した状態）に近づくように、配向方向を変化させるようにすることができる。

【0023】

そして、VAモードでは、2枚の偏光板106aと106b（図16参照。）とを互いの偏光軸が直交するようにクロスニコル配置する。これによって、液晶表示素子を、図18(a)に示すように、電界が印加されておらず、表示用液晶分子120が基板面に垂直に配向しているとき、光をほとんど透過させず、図18(b)に示すように、電界が印加され、表示用液晶分子120が基板面の法線方向から傾いて配向しているときに光を透過させる、ノーマリーブブラックの液晶表示素子として動作させることができる。

【0024】

VAモードでは、電界が印加されていない遮光時に液晶分子が基板面に対し垂直に配向しているので、遮光時の光透過率が偏光板106aと106bの直交性によって決まる最小値になる。このため、他の動作モードに比べて真の暗黒に近い黒を実現することができ、高いコントラストが得られる。

【0025】

しかし、図18(b)に示すように、同じ画素に属するすべての液晶分子が同一方向に傾斜するシングルドメインのVAモードの場合には、光を透過させるはずの電界印加時に光が透過しない方向が発生するなど、階調の反転現象が起こり、視野角依存性が大きくなりすぎる問題点がある。この対策として、MVA（Multi-domain VA）モードや、PVA（Patterned VA）モード（別名、EVA（Electrically tilted VA）モード）などが提案されている。

【0026】

図19は、MVAモードにおいて用いられる配向技術を示す部分断面図である。図19(a)は、電界が印加されていないときの液晶分子の配向状態を示し、図19(b)は、電界を作用させたときの液晶分子120の配向状態を示している。MVAモードでは、フォトレジスト技術を用いて画素の中央に小さな透明の突起物（リブ）130を設けている。このため、電界が印加されていないとき、1画素中の大部分の液晶分子120は基板面に対し垂直に配向しているが、突起物（リブ）130の近傍の、図中、点線で囲んで示した液晶分子131は、基板面に垂直な方向から左または右に少し傾いた方向に配向している。このようにしておくことで、電界を作用させたときに、突起物（リブ）130に接して予め傾斜している液晶分子131を起点として、他の液晶分子120がドミノ倒しの様に配向変化を起こしていく。この結果、1つの画素は、突起物（リブ）130を境として、液晶分子の傾斜方向が互いに逆方向である偶数個のドメインに自動的に分割される。図19には左右に2つのドメインが形成される例を示したが、通常、突起物（リブ）130を中心として左右、前後に分割され、4つのドメインが形成される。

【0027】

図19(b)に示すように、MVAモードでは、斜め方向から液晶画面を見た場合でも、1画素中の複数のドメインから、傾斜方向が互いに逆方向である液晶分子を通過した光が届くので、角度依存性が平均化され、視野角依存性が小さく抑えられる。

【0028】

図20は、PVAモードにおいて用いられる配向技術を示す部分断面図である。図20(a)は、電界を作用させ始めた直後の液晶分子の配向状態を示し、図20(b)は、電界を作用させた後、十分時間が経過して配向が完了したときの液晶分子120の配向状態

10

20

30

40

50

を示している。PVAモードでは、透明電極140にスリット141を設け、一部の液晶分子に斜め方向の電界（フリンジ電界）が加わるようにして、液晶分子120が傾く方向を制御する。この場合、電界を作用させたとき、まず、図20(a)中に点線で囲んで示した、斜め方向の電界（フリンジ電界）を受けた液晶分子142が、電界方向に応じて左方向または右方向に傾き、次に、これらの液晶分子を起点として、他の液晶分子がドミノ倒しの様に配向変化を起こしていく。この結果、図20(b)に示すように、1つの画素は、スリット140を境として、液晶分子の傾斜方向が互いに逆方向である偶数個のドメインに自動的に分割される。

【0029】

PVAモードでは、MVAモードと同様に、斜め方向から液晶画面を見た場合でも、1画素中の複数のドメインから、傾斜方向が互いに逆方向である液晶分子を通過した光が届くので、角度依存性が平均化され、視野角依存性が小さく抑えられる。

【0030】

MVAモードの液晶表示素子では、電界が印加されていない遮光時に一部の液晶分子131が基板面に対し垂直に配向していないので、液晶層に光異方性が生じ、遮光時の光透過率が、偏光板106aと106bの直交性によって決まる最小値よりも少し大きくなる。このため、図18に示したVAモードの液晶表示素子と比べると、コントラストが少し低下する可能性がある。一方、PVAモードの液晶表示素子では、遮光時にすべての液晶分子120が基板面に対し垂直に配向しているので、真の暗黒に近い黒を実現することができ、高いコントラストが得られる。

【0031】

上述したように、MVAモードやPVAモードを含めてVAモードにおいて、配向膜104は必須のものではない。但し、液晶分子120の垂直配向を補助するものとして垂直配向膜が形成されることがある。前述した水平配向膜では、液晶分子が配向膜にほぼ平行に並ぶように、液晶分子を配向させるのに対し、垂直配向膜では、液晶分子が配向膜に垂直に並ぶように、液晶分子を配向させる。従って、垂直配向膜には、水平配向膜とは全く異なる表面物性や表面構造が求められる。このため、垂直配向膜の材料として、例えば、垂直配向タイプのポリイミドやシランカップリング剤系垂直配向材料が用いられ、通常、ラビング処理は行われない。このように、ひとまとめに配向膜と呼ばれていても、水平配向膜と垂直配向膜とは、目的もその実現方法も全く異なり、別種の膜であると考え方がよい。

【0032】

さて、図18に示した単純なVAモードでは、電界を作用させたときに液晶分子120が傾く方向を規制する突起物（リブ）130やスリット140がない。この場合、液晶分子120が基板面の法線方向からどの方向に傾いても等価であるので、電界を作用させたときに液晶分子120が傾く方向が不定になりやすい。これを防止するには、水平配向膜によってプレチルトを発現させたように、電界が印加されていないときに、液晶分子120の長軸方向が基板面の法線方向から所定の方向にわずかに傾くように、垂直配向膜によって規制しておくことが望ましい。

【0033】

MVAモードやPVAモードでは、上述したように、電界を作用させたときに液晶分子120が傾く方向が不定になることはない。しかし、MVAモードでは、突起物（リブ）130近傍の、予め傾斜している液晶分子131を起点として、他の液晶分子がドミノ倒しの様に配向変化を起こしていくため、すべての液晶分子が一斉に配向変化を起こす場合に比べて、応答速度が遅くなる。また、PVAモードでも、初めに斜め方向の電界（フリンジ電界）で傾斜した液晶分子142を起点として、他の液晶分子がドミノ倒しの様に配向変化を起こしていくため、すべての液晶分子が一斉に配向変化を起こす場合に比べて、応答速度が遅くなる。PVAモードではさらに、液晶層101に垂直にしか電界を作用させられない領域に、表示に寄与しない領域が生じる不都合もある。従って、これらの動作モードにおいても、電界が印加されていないときに、液晶分子120の長軸方向が基板面の法

10

20

30

40

50

線方向から所定の方向にわずかに傾くように、垂直配向膜によって規制しておくことが望ましい。

【0034】

電界が印加されていないときに、液晶分子120の配向方向を基板面の法線方向からわずかに傾ける方法の1つとして、垂直配向膜の表面をラビング処理によって加工する方法が考えられるが、この方法はむらを生じやすく、均一な傾きを実現することが困難であり、行われていない。

【0035】

他の方法として、光配向性材料を用いる垂直配向膜の製造方法が提案されている。光配向性材料は、斜め方向からの光の照射を受けると異方的な液晶配向能が発生する材料である。この方法では、光配向性を有する垂直配向材料を用いて垂直配向膜を形成した後、垂直配向膜に斜め方向から光を照射することによって異方的な液晶配向能を発現させる。例えば、後述の特許文献3には、垂直配向ポリイミド膜を形成し、照射方向を変えて光を2度照射する方法が提案され、作製した垂直配向の液晶セルのプレチルト角が 88° （基板面の法線方向からの傾きが 2° ）であった例が報告されている。

【0036】

垂直配向膜を加工する方法とは異なるが、後述の特許文献4には、MVAモードによる液晶表示装置において、一定方向に配向した高分子状硬化物を液晶層中に形成することによって、電界が印加されていないときの液晶分子の配向方向を、基板面の法線方向からわずかに傾かせた液晶表示装置が提案されている。高分子状硬化物は、光硬化性の液晶性モノマーを少量液晶層に混入させておき、液晶セルを組み立てた後、液晶層に電圧を印加して液晶分子および液晶性モノマーを配向させた状態で、液晶層に紫外光を照射することによって形成する。この高分子状硬化物は、液晶分子の配向を効果的に制御できるように、液晶性骨格を備えていることが望ましい。

【0037】

【特許文献1】特開平2-43517号公報（第2-5頁）

【特許文献2】特許第3572787号公報（第4、5、7、及び8頁、特に[0009]、図3）

【特許文献3】特開2001-242465号公報（第7及び8頁、実施例6、4及び1、図1）

【特許文献4】特開2002-357830号公報（第9及び10頁、図1）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0038】

上述したように、液晶分子を基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に配向させる方法としては、ラビング処理を除けば、光配向性材料からなる垂直配向膜を用いる構成が特許文献3などで提案され、また、液晶分子を配向させる高分子状硬化物を液晶層中に設ける構成が特許文献4で提案されている。

【0039】

しかし、光配向性材料を用いる構成は、長時間駆動や熱的な信頼性といった点に関して不十分である。また、特許文献4のように液晶層中に配向用構造物を設ける構成は、液晶層中にイオン性の不純物が混入することによって電圧保持率が低下したり、配向用構造物によって液晶表示素子の動作特性や光学特性が損なわれたりすることなどが懸念される。

【0040】

特許文献1および特許文献2には、配向した液晶性材料からなる配向膜の製造方法が提案されている。しかし、これらは、例えばプレチルト角が 10° 程度の水平配向膜の製造方法であり、垂直配向膜の製造方法ではない。例えば、特許文献2で提案されている水平配向膜の構成材料や製造方法はそのままにして、単に印加する磁場や電場の方向を変更するだけで、 90° 近いプレチルト角を有する垂直配向膜を形成することは不可能である。この点に関しては、後述する実施の形態1において、本発明に基づく垂直配向膜及びその

製造方法と比較しながら説明する。

【 0 0 4 1 】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであって、その目的は、表示用液晶分子を基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に配向させる、信頼性の高い垂直配向膜及びその製造方法、その垂直配向膜を備えた垂直配向基板及びその製造方法、並びに液晶表示素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 4 2 】

即ち、本発明は、表示用液晶分子層と、この層を挟んで対向して配置された基板とを有する液晶表示素子において、前記基板の少なくとも一方に前記表示用液晶分子層に接するように設けられ、前記表示用液晶分子層における表示用液晶分子の配向方向を、前記基板の基板面に対し略垂直に制御する垂直配向膜において、

液晶性骨格を有し、異種物質との界面においてディレクタ（配向ベクトル）を界面に垂直に向けて配向する性質と、重合する性質とを有する重合性液晶分子からなる層から形成され、

前記の重合性液晶分子からなる層が液晶状態にあり、且つ、前記ディレクタが前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に配向した状態で、前記重合性液晶分子の少なくとも一部が重合し、前記の重合性液晶分子からなる層が、未反応の重合性液晶分子と重合性液晶分子重合体との複合体からなる層に変化して硬化することによって形成され、

前記複合体中の前記ディレクタの配向方向が、前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に固定されている

ことを特徴とする、垂直配向膜に係わるものである。

【 0 0 4 3 】

なお、前記重合性液晶分子の重合は、前記複合体が硬化し、前記複合体中の前記液晶性骨格の配向方向が確実に固定される程度まで起こればよい。上記の「前記重合性液晶分子の少なくとも一部が重合する」とは、この条件を満たしていれば、前記複合体中に未反応の重合性液晶分子が多少残存していてもよいという意味である。未反応の重合性液晶分子を完全になくすことは必要ではないし、實際上、それはほとんど不可能である。また、前記重合性液晶分子は、重合性モノマーであることが多いが、そのダイマーなどのオリゴマーであってもよい。

【 0 0 4 4 】

本発明は、また、表示用液晶分子層と、この層を挟んで対向して配置された基板とを有する液晶表示素子において、前記基板の少なくとも一方に前記表示用液晶分子層に接するように設けられ、前記表示用液晶分子層における表示用液晶分子の配向方向を前記基板の基板面に対し略垂直に制御する垂直配向膜の形成方法において、

液晶性骨格を有し、異種物質との界面においてディレクタ（配向ベクトル）を界面に垂直に向けて配向する性質と、重合する性質とを有する重合性液晶分子からなる層を前記基板に形成する工程と、

前記の重合性液晶分子からなる層を液晶状態に保ちつつ、前記ディレクタを前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に配向させる工程と、

前記ディレクタが配向した上記の状態の前記重合性液晶分子の少なくとも一部を重合させ、前記の重合性液晶分子からなる層を、未反応の重合性液晶分子と重合性液晶分子重合体との複合体からなる層に変化させて硬化させる工程と

を有し、

前記垂直配向膜として、前記ディレクタの配向方向が前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に固定されている前記の複合体からなる層を形成する

ことを特徴とする、垂直配向膜の形成方法に係わるものである。

【 0 0 4 5 】

また、液晶表示素子の、表示用液晶分子層に接して配置される基板において、

前記垂直配向膜が、前記表示用液晶分子層に接する面側に設けられていることを特徴とする、垂直配向基板に係わり、また、液晶表示素子の、表示用液晶分子層に接して配置される基板の製造方法において、

前記垂直配向膜の形成方法によって、前記表示用液晶分子層に接する面側に垂直配向膜を形成する工程を含むことを特徴とする、垂直配向基板の製造方法に係わるものである。

【 0 0 4 6 】

また、表示用液晶分子層と、この層を挟んで対向して配置された基板とを有する液晶表示素子において、

前記垂直配向膜が、前記基板の少なくとも一方に前記表示用液晶分子層に接するように設けられ、

電界が印加されていないときの表示用液晶分子の配向方向が、前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に制御されていることを特徴とする、液晶表示素子に係わるものである。

【 発 明 の 効 果 】

【 0 0 4 7 】

本発明の垂直配向膜は、前記重合性液晶分子の少なくとも一部が重合し、前記の重合性液晶分子からなる層が、未反応の重合性液晶分子と重合性液晶分子重合体との複合体からなる層に変化して硬化することによって形成され、前記垂直配向膜を構成する前記複合体中の前記ディレクタの配向方向が、前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に固定されていることを特徴とする。このように配向した前記液晶性骨格を有する前記複合体中の重合性液晶分子およびその重合体は、これらに接して配置されている前記表示用液晶分子の長軸を、液晶分子間の相互作用によって、前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向へ配向させる。

【 0 0 4 8 】

本発明の垂直配向膜の形成方法は、

液晶性骨格を有し、異種物質との界面においてディレクタ（配向ベクトル）を界面に垂直に向けて配向する性質と、重合する性質とを有する重合性液晶分子からなる層を前記基板に形成する工程と、

前記の重合性液晶分子からなる層を液晶状態に保ちつつ、前記ディレクタを前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に配向させる工程とを有する。前記重合性液晶分子として、異種物質との界面において前記ディレクタを界面に垂直に向けて配向する性質を有する分子を用いるので、前記の重合性液晶分子からなる層において、前記ディレクタを前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に配向させる工程を、磁場などの作用を利用して容易に行うことができる。

【 0 0 4 9 】

また、前記垂直配向膜を形成する材料として、重合する性質を有する前記重合性液晶分子を用いるので、

前記ディレクタが配向した上記の状態の前記重合性液晶分子の少なくとも一部を重合させ、前記の重合性液晶分子からなる層を、未反応の重合性液晶分子と重合性液晶分子重合体との複合体からなる層に変化させて硬化させる工程によって、前記ディレクタの配向を固定することができる。

【 0 0 5 0 】

以上の結果、前記ディレクタの配向がよく揃った前記垂直配向膜を、確実に形成することができる。

【 0 0 5 1 】

また、本発明の垂直配向基板は、本発明の垂直配向膜が、前記表示用液晶分子層に接する面側に設けられているので、本発明の垂直配向膜の機能を発現させる基板として機能する。また、本発明の垂直配向基板の製造方法は、本発明の垂直配向膜の形成方法によって、前記表示用液晶分子層に接する面側に垂直配向膜を形成する工程を含むので、前記ディ

レクタの配向がよく揃った前記垂直配向基板を、確実に製造することができる。

【0052】

また、本発明の液晶表示素子は、前記垂直配向膜が、前記基板の少なくとも一方に前記表示用液晶分子層に接するように設けられ、電界が印加されていないときの表示用液晶分子の配向方向が、前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に制御されている。このため、電界を作用させたときに前記表示用液晶分子が傾く方向が不定にならず、液晶表示素子としての良好な動作特性や光学特性を実現することができる。しかも、すべての前記表示用液晶分子が一斉に配向変化を起こすので、一部の液晶分子を起点として他の液晶分子がドミノ倒しの様に配向変化を起こしていくMVAモードやPVAモードの液晶表示素子に比べ、より速い応答速度を実現することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0053】

本発明の垂直配向膜において、前記の重合性液晶分子からなる層は、前記ディレクタが前記基板面に対し垂直に配向した液晶状態を一旦とった後に、前記した前記ディレクタが前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に配向した状態に変化した層であるのがよい。このようであると、前記重合性液晶分子は前記ディレクタを界面に垂直に向けて配向する性質をもつ分子であるので、前記重合性液晶分子が、前記ディレクタが前記基板面に対し垂直に配向した液晶状態をとるのは比較的容易であり、各重合性液晶分子の配向方向も揃いやすい。そして、この層の前記ディレクタの向きがわずかに変化するだけで、しかも、前記重合性液晶分子の、液晶分子間の相互作用によって互いの配向方向を規制し合い、協同的に振る舞う性質が発現した状態で変化することで、前記した前記ディレクタが前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向に配向した状態に変わるので、層中の各重合性液晶分子の配向方向が所定方向に一樣によく揃った層が形成される。

20

【0054】

また、前記複合体中の前記ディレクタの前記配向方向が、前記基板面の法線方向から0.1~20°傾いた方向であるのがよい。望ましくは、前記配向方向が前記法線方向から1~10°傾いた方向であり、更に望ましくは、1~5°傾いた方向であるのがよい。前記配向方向が小さすぎると、前記表示用液晶分子を傾斜させる機能が生じにくく、大きすぎると、面内リタデーションが大きくなり、正面コントラストが低下する傾向がある。ここで、前記ディレクタの配向方向とは、前記液晶性骨格の長軸方向の平均的な配向方向であり、例えばリタデーションのあおり角（入射角）依存性から求めることができる。ただし、この際、空気中から液晶層に斜めに光を入射した場合、実際に液晶層を通過する光の角度は、界面での光の屈折によって、空気中から液晶層との界面に入射した入射角よりも小さくなることを考慮する必要がある。

30

【0055】

上記のようであると、電界が印加されていないときの前記液晶表示素子の配向方向を、前記基板面の法線方向から0.1~5°傾いた方向に制御することができる。この配向方向は、前記法線方向から0.5~2.5°傾いた方向であることが望ましく、0.8~1.5°傾いた方向であることが更に望ましい。前記表示用液晶分子の傾斜角度は、例えばクリスタルローテーション法によって調べることができる。前記液晶表示素子の配向方向の傾きが小さすぎると、電界を作用させたときに前記表示用液晶分子が傾く方向を一定に定める効果、および、すべての前記表示用液晶分子が一斉に配向変化を起こすことによって速い応答速度を実現する効果が得られない。一方、前記液晶表示素子の配向方向の傾きが大きすぎると、配向した前記液晶表示素子による光学異方性によって面内リタデーションが生じ、遮光時の光透過率が大きくなりすぎ、正面コントラストの低下が許容できない大きさになる。

40

【0056】

また、前記重合性液晶分子が、重合性官能基として、アクリロイルオキシ基、メタクリロイルオキシ基、ビニルエーテル基、及びエポキシ基からなる群から選ばれた少なくとも1つの官能基を有するのがよい。これらの官能基は、紫外線、赤外線又は電子線の照射、

50

及び/又は、加熱によって重合させることができる。前記基板面の法線方向からわずかに傾いた配向状態を前記重合性液晶分子に取らせるには、まず、前記重合性液晶分子を前記基板面にほぼ完全に垂直に配向させ、この後、配向方向をわずかに傾けるのが好ましい。前記重合性液晶分子を前記基板面に垂直に配向させるには、重合性官能基がアクリロイルオキシ基やメタクリロイルオキシ基であるのが好ましい。

【0057】

また、前記重合性液晶分子が、磁化率異方性の大きい分子であるのがよい。このようであれば、前記重合性液晶分子の前記液晶性骨格を磁場で配向させる場合に、磁場が前記重合性液晶分子に効果的に作用する。分子が示す反磁性は、定性的には、ベンゼン環などの電子が局在を解かれて環状電流を形成する場合などに大きく発現するので、前記重合性液晶分子が芳香族環を有する分子であるのがよく、分子中の芳香族環の数が多いほど、反磁性磁化率の異方性が大きくなるので好ましい。

10

【0058】

この際、磁場によって前記重合性液晶分子を配向させるには、前記重合性液晶分子が棒状の分子であるのがよい。この理由は下記の通りである。磁場中におかれたベンゼン環では、ベンゼン環の面と磁場の方向とが直交するとき、エネルギーが最も高くなり、平行のとき、エネルギーが最も低くなる。このため、磁場中の前記重合性液晶分子は、分子中のベンゼン環が磁場に平行になるように配向しようとする。前記重合性液晶分子が棒状分子である場合、ディレクタの方向はベンゼン環を含む分子骨格の方向と一致しているので、ディレクタは磁場の方向に配向する。この結果、ディレクタの方向は磁場の印加のみによって定めることができる。一方、前記重合性液晶分子がディスク状分子である場合、ディレクタの方向はベンゼン環を含む分子骨格の面に直交しているので、ディレクタは磁場の方向に直交するように配向する。この結果、ディレクタの方向は磁場の印加のみでは一意的に決まらず、ディレクタの方向を定めるには、磁場に加えて他の方法を併用する必要がある。

20

【0059】

また、各画素中において、前記の複合体からなる層が、前記ディレクタの傾斜方向が異なる複数の領域にパターンニングして形成されているのがよい。このようにすると、前記画素をマルチドメイン化して、前記液晶表示素子の視野角依存性を小さく抑えることができる。

30

【0060】

また、前記表示用液晶分子を、前記基板面の法線方向から $0.1 \sim 5^\circ$ 、望ましくは $0.5 \sim 2.5^\circ$ 、更に望ましくは $0.8 \sim 1.5^\circ$ 傾いた方向に配向させるのがよい。この理由は上述した通りである。

【0061】

また、前記表示用液晶分子を、前記基板面の法線方向に関して、前記ディレクタが配向している方向とは反対の方向に傾斜させて配向させるのがよい。このような例は本発明の実施例において観察された。この場合、視野角の変化による階調の変化を抑え、視野角依存性を改善する効果が得られる。

【0062】

前記ディレクタの傾斜方向と、前記表示用液晶分子の傾斜方向とが反対になるメカニズムは、現在のところ、不明である。磁場を作用させたときの、前記の重合性液晶分子からなる層のバルクにおける前記ディレクタの配向は、いわゆる連続弾性体理論で理解される。この場合、前記の重合性液晶分子からなる層の、膜厚方向における中央部で、前記液晶性骨格が最もよく磁場方向に配向する。バルクにおける前記ディレクタの配向方向は、リタデーションのあおり角依存性などを計測することで測定可能である。

40

【0063】

一方、前記表示用液晶分子の配向を直接制御するのは、前記の複合体からなる層の表面に位置する液晶性骨格、すなわち、前記の重合性液晶分子からなる層において表面を占めていた重合性液晶分子の液晶性骨格である。この液晶性骨格は窒素雰囲気などの気体に接

50

しており、バルクと全く同じ弾性体理論で記述できるとは限らない。例えば、自由界面では表面エネルギーの関係から、前記重合性液晶分子中の特定の基が自由界面に向けて配列する可能性がある。また、前記の重合性液晶分子からなる層と気層との界面では密度が連続的に変化していると考えられるので、液晶相から等方相へ変化している状態とも考えることができる。このようなことが原因となって、表面の重合性液晶分子はバルクの重合性液晶分子とは異なる方向に配向しており、その結果、前記表示用液晶分子を、前記基板の法線方向に関して、（バルクにおいて）前記ディレクタが配向している方向とは反対の方向に傾斜させて配向させるのかもしれない。

【 0 0 6 4 】

本発明の垂直配向膜の形成方法において、前記ディレクタを配向させる工程の前に、前記の重合性液晶分子からなる層において、前記ディレクタが前記基板面に対し垂直に配向した液晶状態を前記重合性液晶分子にとらせる処理を行うのがよい。前記重合性液晶分子は前記ディレクタを界面に垂直に向けて配向する性質をもつ分子であるので、前記重合性液晶分子に前記ディレクタが前記基板面に対し垂直に配向した液晶状態をとらせるのは比較的容易である。そして、この層の前記ディレクタの向きを変化させるようにすれば、前記ディレクタの配向方向の変化分はわずかでよく、しかも、前記重合性液晶分子の、液晶分子間の相互作用によって互いの配向方向を規制し合い、協同的に振る舞う性質を利用することができるので、層中の各重合性液晶分子を所定の方向に一様に揃えて配向させることができる。

【 0 0 6 5 】

この際、前記の重合性液晶分子からなる層を形成する工程の後、且つ、前記ディレクタを配向させる工程の前に、前記の重合性液晶分子からなる層の温度を上昇させ、一旦前記重合性液晶分子を等方相状態にし、この後、前記の重合性液晶分子からなる層の温度を徐々に低下させ、前記ディレクタが前記基板面に対し垂直に配向した液晶状態を前記重合性液晶分子にとらせる工程を行うのがよい。上記のように、一旦等方相状態を経ることによって、前記の重合性液晶分子からなる層の初期の、多数の小領域に分かれ、各小領域内では前記重合性液晶分子の配向方向が揃っているものの、小領域間では前記重合性液晶分子の配向方向がばらばらに異なっている状態や、ディスクリネーションなどの欠陥が存在している状態を解消させ、その後、前記重合性液晶分子が最適状態に配向する時間的余裕を与えながら、徐々に冷却することによって、ほぼすべての重合性液晶分子の配向が界面に垂直な方向に1つに揃った層を形成することができる。

【 0 0 6 6 】

また、前記磁場によって、前記の重合性液晶分子からなる層における前記ディレクタを、前記基板面の法線方向から $0.1 \sim 20^\circ$ 、望ましくは $1 \sim 10^\circ$ 、更に望ましくは $1 \sim 5^\circ$ 傾いた方向に配向させるのがよい。この理由は上述した通りである。

【 0 0 6 7 】

また、紫外線、赤外線又は電子線の照射、及び/又は、加熱によって、前記重合性液晶分子を重合させるのがよい。前記重合性液晶分子を重合させる方法としては、これらの方法を挙げることができ、特に限定されるものではないが、適用できる前記重合性液晶分子の多様さや実施の容易さなどから、紫外線の照射が最も好ましい。この場合、上述したように、前記重合性液晶分子として、アクリロイルオキシ基、メタクリロイルオキシ基、ビニルエーテル基、及びエポキシ基からなる群から選ばれた少なくとも1つの官能基を重合性官能基として有する分子を用いるのがよい。

【 0 0 6 8 】

また、前記の液晶状態に保たれた重合性液晶分子からなる層に磁場を印加することによって、前記基板面の法線方向からわずかに傾いた方向へ前記ディレクタを配向させるのがよい。この場合、上述したように、前記重合性液晶分子として磁化率異方性の大きい分子、例えば、芳香族環を有する分子を用いるのがよい。但し、これに限るものではなく、例えば電場によって前記ディレクタを配向させてもよい。

【 0 0 6 9 】

また、フォトマスクを用いた紫外線、赤外線又は電子線の照射によって、各画素中の一部の領域の重合性液晶分子を重合させる工程を、磁場の印加方向を変えながら画素中の複数の領域ごとに行い、各画素中に、前記の複合体からなる層を、前記液晶性骨格の傾斜方向が異なる複数の領域にパターンニングして形成するのがよい。このようにすると、前記画素を容易、且つ確実にマルチドメイン化して、前記液晶表示素子の視野角依存性を小さく抑えることができる。

【0070】

本発明の液晶表示素子は、前記基板の両方に垂直配向膜が設けられ、これら2つの垂直配向膜において、対向位置にあるそれぞれの膜中の前記液晶性骨格の配向方向が互いに平行であるのがよい。このようであれば、2つの前記垂直配向膜によって制御される前記表示用液晶分子の長軸の配向方向も平行になり、前記表示用液晶分子は前記基板面の法線方向から一様に傾斜した配向をとることになる。なお、前記垂直配向膜は、前記基板の片方にのみ設けられていてもよい。

10

【0071】

また、電界が印加されていないときの前記表示用液晶分子の配向方向が、前記基板面の法線方向から $0.1 \sim 5^\circ$ 、望ましくは $0.5 \sim 2.5^\circ$ 、更に望ましくは $0.8 \sim 1.5^\circ$ 傾いた方向であるのがよい。この理由は上述した通りである。

【0072】

また、電界が印加されていないときの前記表示用液晶分子の配向方向が、前記基板面の法線方向に関して、前記垂直配向膜において前記液晶性骨格が配向している方向とは反対の方向であるのがよい。

20

【0073】

また、電界が印加されていないときの前記垂直配向膜及び前記表示用液晶分子によって生じる光学異方性を打ち消す光学補償層が設けられているのがよい。この光学補償層は、例えば、前記垂直配向膜と同じ配向方向をもったネガティブCプレートなどで形成することができる。このようにすると、上記の光学異方性が打ち消されることによって、上記の光学異方性に起因する遮光時の光透過率の増加や、コントラストの低下が最小限に抑えられる。

【0074】

また、本発明の液晶表示素子は、バックライト装置と組み合わされて透過型液晶表示装置を形成する、透過型液晶表示素子として構成されているのがよい。

30

【0075】

次に、本発明の好ましい実施の形態を図面参照下に、より具体的に説明する。なお、本発明は下記の実施の形態に限定されることはなく、本発明の技術的思想に基づいて種々の変形が可能である。

【0076】

実施の形態1

実施の形態1では、主として、請求項1～8および13に記載した垂直配向膜と請求項14～24に記載したその製造方法、請求項26および27に記載した垂直配向基板およびその製造方法、並びに請求項28～35に記載した液晶表示素子の例について説明する。

40

【0077】

図1は、実施の形態1に基づく垂直配向膜、垂直配向基板、および液晶表示素子の構成を示す部分断面図である。液晶表示素子10は、VA (Vertical Alignment) モードで動作する液晶表示素子として構成されており、図1(a)は、電界が印加されていないときの表示用液晶分子11の配向状態を示している。

【0078】

液晶表示素子10では、前記表示用液晶分子層である液晶層1と、液晶層1を挟んで対向する一対の透明基板2aおよび2bとによって液晶セル9が形成され、透明基板2aおよび2bの外側面に一対の偏光板6aおよび6bがそれぞれ配置されている。前記基板で

50

ある透明基板 2 a および 2 b はガラス基板などからなり、透明基板 2 a の内面には、透明電極 3 a および垂直配向膜 4 a が形成され、透明基板 2 b の内面には、(図示省略した)赤(R)、緑(G)、青(B)の三原色カラーフィルタ、透明電極 3 b、および垂直配向膜 4 b が形成されている。透明電極 3 a および 3 b は、例えばITO(Indium Tin Oxide)などからなる。垂直配向膜 4 a および垂直配向膜 4 b がそれぞれ形成された透明基板 2 a および透明基板 2 b が、垂直配向基板 5 a および垂直配向基板 5 b である。

【0079】

液晶層 1 を構成する表示用液晶分子 1 1 は、異種物質との界面において界面に垂直に配向する性質をもつ分子である。従って、電界が印加されていないときには、図 1 (a) に示すように、表示用液晶分子 1 1 は透明基板 2 (以下、2 a と 2 b を一括して 2 と示す。他の部材についても同様。)の面に対しほぼ垂直にホメオトロピック配向している。但し、表示用液晶分子 1 1 の配向方向は透明基板 2 の面に対し完全に垂直ではない。これは、本発明に基づく垂直配向膜 4 の作用によって、表示用液晶分子 1 1 の長軸が透明基板 2 の法線方向からわずかに傾いた方向、例えば $0.1 \sim 5^\circ$ 、望ましくは $0.5 \sim 2.5^\circ$ 、更に望ましくは $0.8 \sim 1.5^\circ$ 傾いた方向に配向するように制御されているからである。

【0080】

垂直配向膜 4 は、液晶性骨格を有し、異種物質との界面においてディレクタ(配向ベクトル)を界面に垂直に向けて配向する性質と、重合する性質とを有する重合性液晶分子 1 2 からなる層を出発点として形成される。すなわち、透明基板 2 に形成された重合性液晶分子 1 2 からなる層は、液晶状態にあり、且つ、ディレクタが透明基板 2 の法線方向からわずかに傾いた方向に配向している状態で、層を構成している重合性液晶分子 1 2 の少なくとも一部が重合する。これによって、重合性液晶分子 1 2 からなる層は、未反応の重合性液晶分子 1 2 と重合性液晶分子重合体 1 3 との複合体 1 4 からなる層に変化して、硬化する。

【0081】

この結果、垂直配向膜 4 を構成する複合体 1 4 中のディレクタの配向方向は、透明基板 2 の法線方向からわずかに傾いた方向、例えば $0.1 \sim 20^\circ$ 、望ましくは $1 \sim 10^\circ$ 、更に望ましくは $1 \sim 5^\circ$ 傾いた方向に固定されている。そして、透明基板 2 の法線方向からわずかに傾斜した液晶性骨格は、液晶分子間の相互作用によって、表示用液晶分子 1 1 の長軸を、透明基板 2 の法線方向からわずかに傾いた方向、例えば $0.1 \sim 5^\circ$ 、望ましくは $0.5 \sim 2.5^\circ$ 、更に望ましくは $0.8 \sim 1.5^\circ$ 傾いた方向に配向させることができる。なお、図 1 (a) には、垂直配向膜 4 中の液晶性骨格が、表示用液晶分子 1 1 を、透明基板 2 の法線方向に関して、ディレクタが傾斜している方向とは反対の方向に傾斜させて配向させる例を示した。

【0082】

図 1 (a) には、透明基板 2 a および 2 b の両方にそれぞれ垂直配向膜 4 a および 4 b が設けられ、これら 2 つの垂直配向膜 4 a および 4 b において膜中のディレクタの配向方向が互いに平行である例を示した。このようであれば、2 つの垂直配向膜 4 a および 4 b によって制御される表示用液晶分子 1 1 の長軸の配向方向は平行になり、表示用液晶分子 1 1 は透明基板 2 の主面の法線方向から一様に傾斜した配向を取るようになる。なお、図 1 (a) には、透明基板 2 a および 2 b の両方に垂直配向膜が設けられた例を示したが、透明基板 2 a および 2 b の片方にのみ垂直配向膜が設けられていてもよい。

【0083】

重合性液晶分子 1 2 は、重合性官能基として、アクリロイルオキシ基、メタクリロイルオキシ基、ビニルエーテル基、及びエポキシ基からなる群から選ばれた少なくとも 1 つの官能基を有するのがよい。これらの官能基は、紫外線、赤外線又は電子線の照射、及び/又は、加熱によって重合させることができる。とりわけ、紫外線照射によって重合する性質を有する重合性官能基であれば、紫外線照射によって簡易に重合させることができるので好ましい。透明基板 2 の基板面の法線方向からわずかに傾いた配向状態を重合性液晶分

子 1 2 に取らせるには、まず、重合性液晶分子 1 2 を基板面にほぼ完全に垂直に配向させ、この後、配向方向をわずかに傾けるのが好ましい。重合性液晶分子 1 2 を基板面に垂直に配向させるには、重合性官能基がアクリロイルオキシ基やメタクリロイルオキシ基であるのが好ましい。

【 0 0 8 4 】

また、既述したように、重合性液晶分子 1 2 が磁化率異方性の大きい分子であるであるのがよい。このようであれば、重合性液晶分子 1 2 の液晶性骨格を磁場で配向させる場合に、磁場が重合性液晶分子 1 2 に効果的に作用する。このためには、重合性液晶分子 1 2 が芳香族環を有する分子であるのがよく、分子中の芳香族環の数が多いほど、反磁性磁化率の異方性が大きくなるので好ましい。また、磁場のみでディレクタの向きを制御できるように、重合性液晶分子 1 2 が棒状の分子であるのがよい。

10

【 0 0 8 5 】

さらに、重合性液晶分子 1 2 としては、重合性液晶分子 1 2 からなる層を塗布法などによって容易に形成できるものが好ましい。すなわち、ITO などの透明電極 2 の上での塗布均一性やその安定性も考慮する必要がある。ここで安定性とは、塗布から重合性液晶分子 1 2 を重合する工程までに間に、凝集や配向変化が生じにくいということを意味する。また、重合性液晶分子 1 2 は表示用液晶分子 1 1 を配向させる機能を有することが不可欠であるから、できるだけ重合性液晶分子 1 2 以外の界面活性剤や重合禁止剤が含まれないことが好ましい。

【 0 0 8 6 】

20

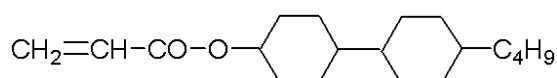
また、液晶状態を取る温度範囲や溶媒の乾燥条件、配向処理条件によって、複数種類の重合性液晶分子 1 2 を混合し、液晶温度範囲を適宜調整することもできる。また、室温状態でネマチック相を実現するという点では、重合性液晶分子 1 2 として単官能の重合性液晶分子も好ましく使用できる。

【 0 0 8 7 】

以上の条件を満たすものとして、重合性液晶分子 1 2 が、例えば下記の構造式で示される液晶分子であるのがよい。

【 0 0 8 8 】

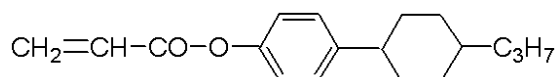
【 化 1 】



30

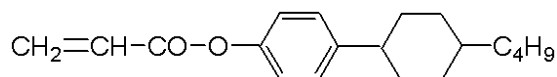
【 0 0 8 9 】

【 化 2 】



【 0 0 9 0 】

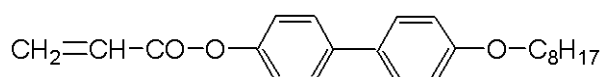
【 化 3 】



40

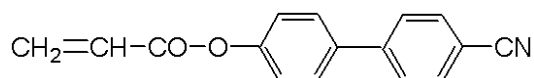
【 0 0 9 1 】

【 化 4 】



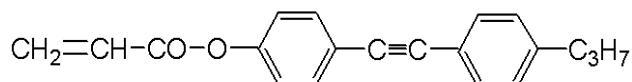
【 0 0 9 2 】

【化 5】



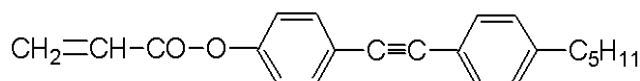
【 0 0 9 3 】

【化 6】



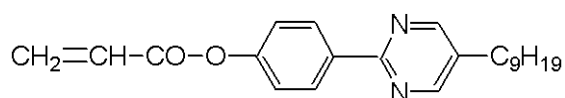
【 0 0 9 4 】

【化 7】



【 0 0 9 5 】

【化 8】



【 0 0 9 6 】

液晶表示素子 10 が VA モードで動作するように、表示用液晶分子 11 としては、誘電率異方性が負で、電界を作用させた時に分子の長軸が電界方向と略垂直になるように配向しようとする性質をもつ分子が用いられる。従って、透明電極 3a と透明電極 3b との間に電圧を印加し、表示用液晶分子 11 に電界を作用させると、図 1 (b) に示すように、表示用液晶分子 11 は、その長軸が電界方向と略垂直に配向した状態（基板面に平行に配向した状態）に近づくように、配向方向を変化させる。

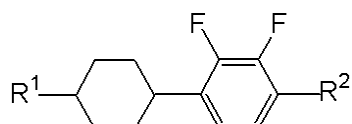
【 0 0 9 7 】

表示用液晶分子 11 として、例えば下記の一般式 (1) で示される液晶分子を用いることができる（特開平 8 - 104869 号公報参照。）。

【 0 0 9 8 】

一般式 (1) :

【化 9】



（ただし、式中、 R^1 および R^2 は、それぞれ、相互に独立して、H であるか、または 18 個までの炭素原子を有する非置換のアルキル基またはアルケニル基であり、この基中に存在する 1 個の CH_2 基、または隣接していない 2 個以上の CH_2 基は、 $-\text{O}-$ 、 $-\text{S}-$ および $-\text{C}-\text{C}-$ からなる群から選択される基により置き換えられていてもよい。）

【 0 0 9 9 】

また、2 枚の偏光板 6a および 6b は、互いの偏光軸が直交するクロスニコルの状態で配置されている。このため、液晶表示素子 10 は、図 1 (a) に示すように、電界が印加されておらず、表示用液晶分子 11 が透明基板 2 の面にほぼ垂直に配向しているとき、光をほとんど透過させず、図 1 (b) に示すように、電界を作用させ、表示用液晶分子 11 が基板の法線方向から傾いて配向しているときに光を透過させる、ノーマリーブラックの液晶表示素子として動作する。

【 0 1 0 0 】

上述したように、液晶表示素子 10 では、電界が印加されていない遮光時に、表示用液晶分子 11 が基板面に対し完全には垂直に配向していない。また、垂直配向膜 4 中には透

10

20

30

40

50

明基板 2 の法線方向に対し傾いて配向している液晶性骨格が存在する。従って、遮光時における光透過率が、前記表示用液晶分子による光学異方性と前記液晶性骨格による光学異方性によって、偏光板 6 a と 6 b の直交性によって決まる最小値よりも少し大きくなる。この結果、V A モードの液晶表示素子や P V A モードの液晶表示素子（図 1 8 参照。）と比べると、コントラストが少し低下する。しかし、このコントラストの低下は、表示用液晶分子 1 1 の法線方向からの傾きが、例えば $0.1 \sim 5^\circ$ 、望ましくは $0.5 \sim 2.5^\circ$ 、更に望ましくは $0.8 \sim 1.5^\circ$ と小さければ、許容できる範囲である。また、必要なら、後に変形例として示すように、上記の光学異方性を補償する光学補償層を付加することによって、コントラストの低下を最小限に抑えることもできる。

【0101】

液晶表示素子 1 0 の特徴は、垂直配向膜 4 によって、電界が印加されていないときの表示用液晶分子 1 1 の配向方向が、透明基板 2 の法線方向から所定方向にわずかに傾くように制御されているため、電界を作用させたときに表示用液晶分子 1 1 が傾く方向が不定にならず、液晶表示素子としての良好な動作特性や光学特性が実現されることである。しかも、すべての表示用液晶分子 1 1 が一斉に配向変化を起こすので、一部の液晶分子を起点として他の液晶分子がドミノ倒しの様に配向変化を起こしていく M V A モードや P V A モードの液晶表示素子に比べて、応答速度が速くなるという特徴がある。

【0102】

図 2 および図 3 は、本発明の実施の形態 1 に基づく垂直配向膜 4、垂直配向基板 5、および液晶表示素子 1 0 の作製工程のフローを示す部分断面図である。

【0103】

まず、重合性液晶分子 1 2 を適当な溶媒に溶解させた溶液を形成する。重合性液晶分子 1 2 は、既述したように、液晶性骨格を有し、異種物質との界面において液晶性骨格を界面に垂直に向けて配向する性質を有する分子である。さらに、作製工程の容易さなど、製造上の観点から、磁化率異方性が大きい分子であることが望ましく、また、紫外線照射によって重合する性質を有する分子であることが望ましい。以上の条件を満たすものとして、重合性液晶分子 1 2 として、例えば、4 - (4' - プロピル)シクロヘキシル - 1 - アクリロイルオキシベンゼンと 4 - (p - プロピルフェニル)エチニル - 1 - アクリロイルオキシベンゼンとを混合して用いる。

【0104】

重合性液晶分子 1 2 を溶解させる溶媒としては公知の溶媒が使用できるが、重合性液晶分子 1 2 の溶解性が高く、室温での蒸気圧が低く、室温で蒸発しにくい溶媒が好ましい。室温で蒸発しやすい溶媒を用いると、重合性液晶分子 1 2 の溶液を透明基板 2 に塗布した後の溶媒の蒸発速度が速すぎて、溶媒の蒸発後に形成される重合性液晶分子 1 2 の層 8 A において、重合性液晶分子 1 2 の配向の乱れが生じやすい。この乱れは、次に述べる、層 8 A を液晶 - 等方相転移温度以上の温度に加熱後、徐々に冷却する配向処理を行っても、改善できない傾向がある。室温で蒸発しやすく、不適当な溶媒は、例えば、アセトンやメタノールやエタノールなどである。重合性液晶分子 1 2 の溶液には、重合開始剤や重合禁止剤や界面活性剤などを添加することができる。

【0105】

上記の溶液を、ITO などからなる透明電極 3 a が設けられた透明基板 2 a の上にスピンコート法などによって塗布した後、溶媒を蒸発させ、図 2 (a) に示すように、重合性液晶分子 1 2 からなる層 8 A を形成する。層 8 A において重合性液晶分子 1 2 は液晶状態にあるが、層 8 A は多数の小領域に分かれ、各小領域内では重合性液晶分子 1 2 の配向方向が揃っているものの、小領域間では重合性液晶分子 1 2 の配向方向がばらばらに異なっている状態にあり、ディスクリネーションなどの欠陥も存在している。

【0106】

次に、重合性液晶分子 1 2 からなる層 8 A の温度を上昇させて、一旦、図 2 (b) に示すように、重合性液晶分子 1 2 が等方相状態をとる層 8 B に変化させた後、重合性液晶分子 1 2 からなる層 8 B の温度を徐々に低下させ、図 2 (c) に示すように、重合性液晶分

10

20

30

40

50

子 1 2 が液晶状態をとる層 8 C にする。層 8 C では、広範な領域中のほぼすべての重合性液晶分子 1 2 が界面に垂直に配向して 1 つにまとまった液晶状態、いわば、広域にわたって「一つに統合された液晶状態」にある。

【 0 1 0 7 】

本発明者は、等方相状態をとる層 8 B を経ることによって、初期状態の層 8 A において存在していた、重合性液晶分子 1 2 の配向方向が互いに異なる小領域を解消させ、その後、重合性液晶分子 1 2 が最適状態に配向する時間的余裕を与えながら徐々に冷却することによって、ほぼすべての重合性液晶分子 1 2 の配向が界面に垂直な方向に揃い、広域にわたって「一つに統合された液晶状態」にある層 8 C を形成できることを発見した。

【 0 1 0 8 】

本発明者は、また、重合性液晶分子 1 2 の配向方向が互いに異なる多数の小領域を形成していたりして、一様な配向状態にない層 8 A に、そのままの状態に磁場を印加しても、層 8 A 中の各重合性液晶分子 1 2 を所定方向に一樣に配向させることは難しいが、上記の工程で層中の各重合性液晶分子 1 2 の配向方向が界面に垂直な方向に揃った、上記「一つに統合された液晶状態」にある層 8 C に変えた後に磁場を印加すると、層 8 C 中の各重合性液晶分子 1 2 を揃えて、所定方向に一樣に配向させることができることを発見した。

【 0 1 0 9 】

この理由は、次のように考えることができる。重合性液晶分子 1 2 の配向方向が上記小領域ごとに異なる層 8 A に磁場を印加した場合、重合性液晶分子 1 2 の配向方向と磁場の方向とがなす角度は各小領域ごとに異なるため、磁場が各重合性液晶分子 1 2 に与える作用も一様ではない。加えて、一様な垂直配向状態にない層 8 A では、重合性液晶分子 1 2 同士が液晶分子間の相互作用によって互いの配向方向を規制し合い、協同的に振る舞う性質が発現しにくい。この結果、層 8 A では重合性液晶分子 1 2 が磁場の印加に対して応答しにくく、磁場の印加方向に配向した重合性液晶分子 1 2 の配向構造が形成されにくい。また、形成されたとしても重合性液晶分子 1 2 の配向方向のばらつきが大きい表面構造が形成される。このような層から形成される垂直配向膜では、その表面に接して配置される表示用液晶分子 1 1 の配向方向を一定方向に規制する性能が不十分になる。

【 0 1 1 0 】

一方、層中の重合性液晶分子 1 2 が一樣に垂直配向し、上記「一つに統合された液晶状態」にある層 8 C に磁場を印加した場合、重合性液晶分子 1 2 の配向方向と磁場の方向とがなす角度が各重合性液晶分子 1 2 で同じであり、磁場が各重合性液晶分子 1 2 に与える作用は一様である。加えて、一様な垂直配向状態にある層 8 C では、重合性液晶分子 1 2 同士が液晶分子間の相互作用によって互いの配向方向を規制し合い、協同的に振る舞う性質が強く発現する。この結果、層 8 C 中の重合性液晶分子 1 2 全体がいわゆる弾性連続体として配向変化するので、磁場の印加方向に配向した重合性液晶分子 1 2 の配向構造が形成されやすく、しかも重合性液晶分子 1 2 の配向方向のばらつきが小さい一軸的な異方性を有する表面構造が形成される。このような層から形成される垂直配向膜では、その表面に接して配置される表示用液晶分子 1 1 の配向方向を一定方向に規制する性能が高くなる。

【 0 1 1 1 】

次に、図 3 (d) に示すように、液晶状態に保たれた重合性液晶分子からなる層 8 C に、透明基板 2 a の法線方向から傾斜した方向へ、例えば 1 T (テスラ) 程度の磁場を印加することによって、重合性液晶分子 1 2 のディレクタを透明基板 2 a の法線方向からわずかに傾いた方向、例えば 0 . 1 ~ 5 °、望ましくは 1 ~ 1 0 °、更に望ましくは 1 ~ 5 ° 傾いた方向に配向させる。この状態で紫外線を照射し、重合性液晶分子 1 2 の少なくとも一部を重合させ、重合性液晶分子からなる層 8 C を、未反応の重合性液晶分子 1 2 と重合性液晶分子重合体 1 3 との複合体 1 4 からなる層に変化させ、硬化させる。

【 0 1 1 2 】

以上のようにして、透明基板 2 a に、ディレクタの配向方向が基板 2 a の法線方向から

10

20

30

40

50

わずかに傾いた方向に固定されている複合体 1 4 からなる垂直配向膜 4 a を形成することができ、垂直配向膜 4 a を備えた垂直配向基板 5 a を作製することができる。

【 0 1 1 3 】

なお、重合性液晶分子 1 2 の液晶性骨格を所定の方向に配向させる方法は、特に限定されるものではなく、磁場の印加以外に、電場の印加なども挙げることができるが、制御の容易さなどから、磁場の印加が最も好ましい。また、重合性液晶分子 1 2 を重合させる方法も、特に限定されるものではなく、紫外線照射以外に、赤外線また電子線の照射、及び / 又は、加熱などの方法を挙げることができるが、適用できる重合性液晶分子 1 2 の多様さや実施の容易さなどから、紫外線の照射が最も好ましい。

【 0 1 1 4 】

次に、図 3 (e) に示すように、上記の透明基板 2 a と、これと同様にして垂直配向膜 4 b を形成した透明基板 2 b とを、(図示省略した) スペースを挟んで対向させ、端部を封止部材で封止して、液晶セル 9 の筐体 (空セル) を作製する。この筐体に液晶層 1 を形成する表示用液晶分子 1 1 を注入し、液晶セル 9 を作製する。この際、上述したように、2 つの垂直配向膜 4 a および 4 b におけるディレクタの配向方向が互いに平行であるようにする。

【 0 1 1 5 】

この後、透明基板 2 a および 2 b の外表面に偏光板 6 a および 6 b をクロスニコルの状態で配置し、液晶表示素子 1 0 を作製する。

【 0 1 1 6 】

上述したように、本実施の形態に基づく垂直配向膜の製造方法では、重合性液晶分子 1 2 が異種物質との界面においてディレクタを界面に垂直に向けて配向する性質を有する分子であるからこそ、重合性液晶分子 1 2 からなる層 8 c において、気相との界面および透明基板 2 との界面にディレクタが垂直に向くように重合性液晶分子 1 2 を配向させることができる。そして、層 8 c に磁場などを作用させ、液晶性骨格を法線方向からわずかに傾いた方向に配向させる工程を容易に行うことができる。この際、重合性液晶分子 1 2 の垂直配向を補助する構成は望ましい場合もあるが、垂直配向を損なうような構成は避けなければならない。例えば、特許文献 2 のように透明基板 2 の表面に補助層を設ける場合、その材料は、垂直配向タイプの有機樹脂材料 (ポリイミドなど) やシランカップリング剤系垂直配向材料に限られる。

【 0 1 1 7 】

また、重合性液晶分子 1 2 が重合性を有する分子であるからこそ、液晶性骨格が配向した上記の状態、重合性液晶分子 1 2 の少なくとも一部を重合させることにより、重合性液晶分子 1 2 からなる層を、未反応の重合性液晶分子 1 2 と重合性液晶分子重合体 1 3 との複合体 1 4 からなる層に変化させ、液晶性骨格の配向を固定することができる。

【 0 1 1 8 】

以上の結果、液晶性骨格の配向がよく揃った垂直配向膜 4 を、確実に製造することができる。

【 0 1 1 9 】

これに対し、特許文献 1 および特許文献 2 で提案されている配向膜の製造方法は、各文献中で明言されているように、水平配向膜の作製を意図したものであり、垂直配向膜の作製を意図したものではない。従って、特許文献 1 で用いられる主鎖形液晶ポリマーや、特許文献 2 で用いられる重合性液晶性モノマーは、磁場などによる配向処理を行う前には、基板に沿ってほぼ平行に並ぶように構成されている。それだからこそ、プレチルト角が 1 0 ° 程度の水平配向膜を容易に形成することができる。一方、このように基板に沿ってほぼ平行に並んでいる主鎖形液晶ポリマーや重合性液晶性モノマーから、磁場や電場を印加する方向を変更するだけで、9 0 ° 近いプレチルト角を有する垂直配向膜を形成することは不可能である。

【 0 1 2 0 】

例えば、自己組織化的に基板に沿ってほぼ平行に並んでいる液晶性分子を、その性質に

10

20

30

40

50

抗して基板に対してほぼ垂直に配向させるには、強力な磁場や電場が必要になる。特許文献 1 のように液晶性分子がポリマーである場合には、これはとくに著しい。また、仮にそのような磁場や電場の印加が可能であるとしても、90°近い配向変化を起こさせた場合、すべての液晶性分子の配向方向を一様に精度よく揃えることは不可能である（これは、従来の表示用液晶分子の駆動例から明らかである）。配向膜における液晶性分子の配向方向のばらつきは、これに接して配置される表示用液晶分子の配向方向のばらつきを生じさせる。この結果、VAモードの液晶表示素子において、電圧が印加されていない遮光時の表示用液晶分子の配向方向がばらつき、液晶層の光透過率が増大し、コントラストが低下して、VAモードの液晶表示素子の特徴が致命的に損なわれる原因になる。

【0121】

10

また、特許文献 2 で述べられている、重合性液晶性モノマーを重合させた後、未反応物を有機溶剤で洗浄除去し、高分子層だけを残し、配向膜を得る工程は、重合性液晶性モノマーやその重合体が基板に沿って平行に並んでいる水平配向膜の製造では有効かもしれないが、垂直配向膜の製造では不可能な工程であり、仮に可能であるとしても何の効果もない工程である。垂直配向膜においては、本発明のように、未反応の重合性液晶分子 12 と重合性液晶分子重合体 13 との複合体 14 からなる層をそのまま垂直配向膜 4 として用いればよい。すなわち、液晶性骨格の配向が固定されていれば、重合性液晶分子 12 と重合性液晶分子重合体 13 との区別なく、表示用液晶分子 11 を配向させるために用いることができる。

【0122】

20

なお、特許文献 2 において好適な重合性液晶性モノマーとして例示されている 4 - アクリロイルオキシ - 4' - ブチル - ビシクロヘキシルなどは、本発明の前記重合性液晶分子として好適な、他の物質との界面に垂直に配向する性質を有する液晶分子である。このような垂直配向性を有する重合性液晶性モノマーを用いる場合、特許文献 2 では、明言されていなくても、重合性液晶性モノマーを基板に沿ってほぼ平行に配向させるための追加的構成、例えば、水平配向膜やシランカップリング剤系水平配向材料による基板表面の被覆が必ず行われていると考えられる。

【0123】

図 4 は、実施の形態 1 の変形例に基づく液晶表示素子の構成を示す部分断面図であり、電界が印加されていないときの表示用液晶分子 11 の配向状態を示している。この液晶表示素子は、請求項 34 に記載した液晶表示素子に対応しており、電界が印加されていないときの垂直配向膜 4 および表示用液晶分子 11 によって生じる光学異方性を打ち消す光学補償層 7 が、透明基板 2 と偏光板 6 との間に設けられている。これ以外は、図 1 に示した液晶表示素子 10 と同じである。

30

【0124】

前述したように、液晶表示素子 10 では、電界が印加されていない遮光時に、表示用液晶分子 11 が透明基板 2 の面に対し完全には垂直に配向していない。また、垂直配向膜 4 中には透明基板 2 の法線方向に対し傾いて配向している液晶性骨格が存在する。従って、遮光時における光透過率は、表示用液晶分子 11 による光学異方性と垂直配向膜 4 中の液晶性骨格による光学異方性とによって、偏光板 6 a と 6 b の直交性によって決まる最小値よりも少し大きくなる。

40

【0125】

光学補償層 7 は、上記のような液晶セル 9 が有する光学異方性を打ち消して、遮光時における光透過率が、偏光板 6 a と 6 b の直交性によって決まる最小値にできるだけ近くなるようにするためのものである。光学補償層 7 を付加することによって、液晶セル 9 が有する光学異方性によるコントラストの低下を最小限に抑えることができる。光学補償層 7 は、例えば、垂直配向膜 4 と同じ配向方向をもったネガティブ C プレートなどで形成することができる。

【0126】

なお、図 4 には、透明基板 2 a および 2 b の両方にそれぞれ光学補償層 7 a および 7 b

50

が設けられた例を示したが、透明基板 2 a および 2 b の片方にのみ光学補償層が設けられていてもよい。

【 0 1 2 7 】

実施の形態 2

実施の形態 2 では、主として、請求項 9 に記載した垂直配向膜、請求項 2 5 に記載したその製造方法、およびこの垂直配向膜が設けられた液晶表示素子について説明する。液晶テレビなどを構成する液晶表示素子では、広い視野角特性が求められる。従来、この課題に対応する技術として、MVA モードや PVA モードによるマルチドメイン化が知られている。実施の形態 2 では、各画素の垂直配向膜を、液晶性骨格が異なる方向に配向した複数のドメインにパターニングして形成し、広い視野角特性を有する液晶表示素子を実現する。

10

【 0 1 2 8 】

図 5 は、実施の形態 2 に基づく垂直配向膜、垂直配向基板、および液晶表示素子の構成を示す部分断面図である。液晶表示素子 2 0 は、VA モードで動作する液晶表示素子として構成されており、図 5 (a) は、電界を作用させていないときの表示用液晶分子 1 1 の配向状態を示している。

【 0 1 2 9 】

液晶表示素子 2 0 では、液晶表示素子 1 0 と同様、液晶層 1 と、液晶層 1 を挟んで対向する一对の透明基板 2 a および 2 b とによって液晶セル 2 9 が形成され、透明基板 2 a および 2 b の外面側に一对の偏光板 6 a および 6 b がそれぞれ配置されている。透明基板 2 a および 2 b はガラス基板などからなり、透明基板 2 a の内面には、透明電極 3 a および垂直配向膜 2 4 a が形成され、透明基板 2 b の内面には、(図示省略した) 赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の三原色カラーフィルタ、透明電極 3 b、および垂直配向膜 2 4 b が形成されている。透明電極 3 a および 3 b は、例えばITO などからなる。垂直配向膜 2 4 a および垂直配向膜 2 4 b がそれぞれ形成された透明基板 2 a および透明基板 2 b が、垂直配向基板 2 5 a および垂直配向基板 2 5 b である。

20

【 0 1 3 0 】

液晶表示素子 2 0 では、請求項 9 に対応して、各画素中において、垂直配向膜 2 4 を構成する複合体層が、液晶性骨格の傾斜方向が互いに異なる複数の領域 (ドメイン) にパターニングして形成されている。これ以外は、図 1 に示した液晶表示素子 1 0 と同じであるので、以下、重複を避け、相違点に重点をおいて説明する。

30

【 0 1 3 1 】

垂直配向膜 2 4 は、液晶表示素子 1 0 の垂直配向膜 4 と同様、重合性液晶分子 1 2 からなる層を出発点として形成され、重合性液晶分子 1 2 と重合性液晶分子重合体 1 3 との複合体からなる層によって形成されている。しかし、図 5 (a) に示すように、垂直配向膜 2 4 は、各画素中において、複合体中のディレクタの配向方向が、透明基板 2 の法線方向から右側へわずかに傾いた方向、例えば右側へ $0.1 \sim 5^\circ$ 傾いた方向に固定されている複合体 2 1 からなる領域 (ドメイン) と、それとは左右対称に、複合体中のディレクタの配向方向が、透明基板 2 の法線方向から左側へわずかに傾いた方向に固定されている複合体 2 2 からなる領域 (ドメイン) とに、パターニングして形成されている。

40

【 0 1 3 2 】

電界が印加されていないとき、各領域 (ドメイン) の液晶性骨格は、液晶分子間の相互作用によって、ディレクタの傾きに応じた方向へ表示用液晶分子 1 1 の長軸を配向させる。この結果、各画素において、各領域 (ドメイン) 上の表示用液晶分子 1 1 は、それぞれ、互いに左右対称に透明基板 2 の法線方向からわずかに傾いた方向、例えば $0.1 \sim 5^\circ$ 傾いた方向に配向する。なお、図 5 (a) には、垂直配向膜 4 中の液晶性骨格が、表示用液晶分子 1 1 を、透明基板 2 の法線方向に関して、液晶性骨格が傾斜している方向とは反対の方向に傾斜させて配向させる例を示した。

【 0 1 3 3 】

従って、透明電極 3 a と透明電極 3 b との間に電圧を印加し、表示用液晶分子 1 1 に電

50

界を作用させると、図5(b)に示すように、表示用液晶分子11は、その長軸が電界方向と略垂直に配向した状態(基板面に平行に配向した状態)に近づくように、配向方向を変化させる。この際、各領域(ドメイン)上の表示用液晶分子11は、それぞれ、互いに左右対称に配向方向を変化させる。図5(b)の状態では、図19(b)に示したMVAモードと同様、斜め方向から液晶画面を見た場合でも、1画素中の複数のドメインから、傾斜方向が互いに逆方向である液晶分子11を通過した光が届くので、角度依存性が平均化され、視野角依存性が小さく抑えられる。

【0134】

図5には左右対称に2つのドメインが形成される例を示したが、前後方向にも対称にドメインを形成するなど、さらに複雑に画素をマルチドメイン化して、液晶表示素子の視野角依存性をさらに小さく抑えることもできる。

【0135】

図5には、透明基板2aおよび2bの両方にそれぞれ垂直配向膜24aおよび24bが設けられ、これら2つの垂直配向膜24aおよび24bにおいて、対向位置にあるそれぞれの膜中の液晶性骨格の配向方向が互いに平行である例を示した。このようであれば、2つの垂直配向膜24aおよび24bによって制御される表示用液晶分子11の長軸の配向方向も平行になり、表示用液晶分子11は透明基板2の主面の法線方向から一様に傾斜した配向を取ることになる。なお、図5には、透明基板2aおよび2bの両方に垂直配向膜が設けられた例を示したが、透明基板2aおよび2bの片方にのみ垂直配向膜が設けられていてもよい。

【0136】

図6および図7は、本発明の実施の形態2に基づく垂直配向膜24、垂直配向基板25、および液晶表示素子20の作製工程のフローを示す部分断面図である。以下、実施の形態1との重複を避け、液晶表示素子10の作製工程との相違点に重点をおいて説明する。

【0137】

まず、実施の形態1と同様に、重合性液晶分子12を適当な溶媒に溶解させた溶液を形成する。この溶液を、ITOなどからなる透明電極3aが設けられた透明基板2aの上に塗布した後、溶媒を蒸発させ、図6(a)に示すように、重合性液晶分子12からなる層8Aを形成する。層8Aにおいて重合性液晶分子12は液晶状態にあるが、層8Aは多数の小領域に分かれ、各小領域内では重合性液晶分子12の配向方向が揃っているものの、小領域間では重合性液晶分子12の配向方向がばらばらに異なっている状態にあり、ディスクリネーションなどの欠陥も存在している。

【0138】

次に、重合性液晶分子12からなる層8Aの温度を上昇させて、一旦、重合性液晶分子12を等方相状態に変化させた後、温度を徐々に低下させ、図6(b)に示すように、重合性液晶分子12が液晶状態をとる層8Cにする。層8Cでは、ほぼすべての重合性液晶分子12が界面に垂直に配向しており、1つにまとまった液晶状態、広域にわたって「一つに統合された液晶状態」にある。

【0139】

次に、図6(c)に示すように、液晶状態に保たれた重合性液晶分子からなる層8Cに透明基板2aの法線方向から傾斜した方向に、例えば1T(テスラ)程度の磁場を印加することによって、重合性液晶分子12の液晶性骨格を透明基板2aの法線方向からわずかに傾いた方向、例えば0.1~20°、望ましくは1~10°、更に望ましくは1~5°傾いた方向に配向させる。この状態でフォトリソマスク31を用いて各画素中の右側半分の領域に選択的に紫外線を照射し、この領域の重合性液晶分子12の少なくとも一部を重合させ、この領域の重合性液晶分子からなる層8Cを、未反応の重合性液晶分子12と重合性液晶分子重合体13との複合体21からなる層に変化させて硬化させ、複合体21中の液晶性骨格の配向方向を固定する。

【0140】

次に、図7(d)に示すように、先ほどとは左右対称に磁場を印加することによって、

各画素中の左側半分の領域を占め、未硬化のまま残っている重合性液晶分子 1 2 の液晶性骨格を、先ほどとは左右対称に配向させる。この状態でフォトマスク 3 2 を用いて各画素中の左側半分の領域に選択的に紫外線を照射し、この領域の重合性液晶分子 1 2 の少なくとも一部を重合させ、この領域の重合性液晶分子からなる層 8 C を、未反応の重合性液晶分子 1 2 と重合性液晶分子重合体 1 3 との複合体 2 2 からなる層に変化させて硬化させ、複合体 2 2 中の液晶性骨格の配向方向を固定する。

【0141】

以上の結果、垂直配向膜として、液晶性骨格の配向方向が透明基板 2 a の法線方向からわずかに傾いた方向に固定され、その傾斜方向が左右対称である複合体 2 1 および 2 2 が各画素にパターンニングして形成された垂直配向膜 2 4 a を形成することができ、垂直配向膜 2 4 a が形成された透明基板 2 a を垂直配向基板として作製することができる。

10

【0142】

次に、図 7 (e) に示すように、上記の透明基板 2 a と、これと同様にして垂直配向膜 2 4 b を形成した透明基板 2 b とを、(図示省略した) スペースを挟んで対向させ、端部を封止部材で封止して、液晶セル 2 5 の筐体 (空セル) を作製する。この筐体に液晶層 1 を形成する表示用液晶分子 1 1 を注入し、液晶セル 2 5 を作製する。この際、上述したように、2 つの垂直配向膜 2 4 a および 2 4 b における液晶性骨格の配向方向が互いに平行であるようにする。

【0143】

この後、透明基板 2 a および 2 b の外表面に偏光板 6 a および 6 b をクロスニコルの状態で配置し、液晶表示素子 2 0 を作製する。

20

【0144】

なお、重合性液晶分子 1 2 の液晶性骨格を所定の方に配向させる方法は、特に限定されるものではなく、磁場の印加以外に、電場の印加なども挙げることができるが、制御の容易さなどから、磁場の印加が最も好ましい。また、重合性液晶分子 1 2 を重合させる方法も、特に限定されるものではなく、紫外線照射以外に、赤外線また電子線の照射、及び / 又は、加熱などの方法を挙げることができるが、適用できる前記重合性液晶分子の多様さや実施の容易さなどから、紫外線の照射が最も好ましい。

【0145】

以上のようにして、実施の形態 2 によれば、各画素を容易、且つ確実にマルチドメイン化して、広い視野角特性を有する液晶表示素子 2 0 を実現することができる。この液晶表示素子 2 0 は、その他の点では、応答速度が速いことなど、液晶表示素子 1 0 と同様の特徴を有する。

30

【実施例】

【0146】

以下、本発明の実施例について説明する。なお、下記の実施例は例示であり、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。

【0147】

実施例 1 および 2 では、初めに、実施の形態 1 で図 1 を用いて説明した垂直配向膜 4 および垂直配向基板 5 を作製し、あおり角 (透明基板 2 の法線方向と測定方向のなす角) を種々に変えて垂直配向基板のリタデーションを測定することにより、液晶性骨格の配向方向を決定した。続いて、液晶セル 9 を作製し、あおり角を種々に変えて液晶セル 9 のリタデーションを測定し、垂直配向基板のリタデーションとの差をとることにより、表示用液晶分子 1 1 の配向方向を決定した。

40

【0148】

< 垂直配向膜および垂直配向基板の作製 >

実施例 1

まず、重合開始剤を含有する重合性液晶分子 1 2 として大日本インキ化学工業株式会社製 UCL - 011 - K1 を用い、これを溶媒である 1-メトキシ-2-アセトキシプロパン (PGM EA) に濃度 30 重量 % で溶解させた溶液を作製した。この溶液を、ITO からな

50

る透明電極 3 が設けられた、透明基板 2 であるガラス基板（厚さ 1 . 1 m m ）の上にスピ
ンコート法（回転数 5 0 0 0 r p m ）によって塗布し、重合性液晶分子 1 2 からなる層 8
A を形成した。

【 0 1 4 9 】

次に、層 8 A の温度を 7 0 まで上昇させ、この温度に 1 0 分間保持して、一旦重合性
液晶分子 1 2 を等方相状態の層 8 B に変化させた後、1 0 / 分程度の速度で徐々に 5 5
まで温度を低下させ、さらに 1 0 / 分程度の速度で徐々に 4 0 まで温度を低下させ
、最後に室温に戻し、重合性液晶分子 1 2 が一様に界面に垂直に配向した液晶層 8 C を形
成した。同様にして形成した垂直配向膜基板の断面を走査型電子顕微鏡を用いて観察した
ところ、液晶層 8 C の厚さは 3 0 0 n m であった。

10

【 0 1 5 0 】

次に、この液晶層 8 C に、透明基板 2 の法線方向から 2 8 ° 傾斜した方向へ 1 . 4 T （
テスラ）の磁場を 7 分間印加し、重合性液晶分子 1 2 の液晶性骨格を基板法線方向からわ
ずかに傾いた方向に配向させた。この状態で基板 2 の裏面斜め方向から紫外線を 3 分間照
射し、重合性液晶分子 1 2 の一部を窒素雰囲気下で重合させ、未反応の重合性液晶分子 1
2 と重合性液晶分子重合体 1 3 との複合体 1 4 からなる硬化層を垂直配向膜 4 として形成
した。このようにして形成した実施例 1 の垂直配向基板 5 の垂直配向膜 4 を偏光顕微鏡で
観察したところ、クロスニコル下で黒であり、垂直配向膜基板を回転させても明暗の変化
がなく、モノドメインであった。

20

【 0 1 5 1 】

実施例 2

重合性液晶分子 1 2 を溶解させた溶液の濃度を 2 0 重量 % とした以外は実施例 1 と同様
にして、垂直配向膜を形成し、観察した。垂直配向膜の膜厚は 2 3 0 n m であった。偏光
顕微鏡による観察結果は実施例 1 と同様であった。

【 0 1 5 2 】

比較例 1

磁場を印加せずに液晶層 8 C を紫外線照射によって硬化させたこと以外は実施例 1 と同
様にして、比較例 1 の垂直配向膜および垂直配向基板を作製した。形成した垂直配向膜を
実施例 1 と同様に偏光顕微鏡で観察したところ、クロスニコル下で黒であり、垂直配向膜
基板を回転させても明暗の変化がなく、モノドメインであった。

30

【 0 1 5 3 】

比較例 2

重合性液晶分子 1 2 の層 8 A の温度を 7 0 まで上昇させたものの、この温度に保持す
る時間を 5 分間とし、3 0 / 分の速度で室温まで温度を低下させた以外は実施例 1 と同
様にして、垂直配向膜を形成した。形成した垂直配向膜を実施例 1 同様に偏光顕微鏡を用
いて観察したところ、部分的に明るい領域が存在し、垂直配向基板を回転させるとその明
暗は変化し、重合性液晶分子 1 2 の配向方向が垂直ではなく、面内に傾いた成分が存在し
、しかも部分的にその方向が異なっていてモノドメインになっていないことがわかった。

【 0 1 5 4 】

比較例 3

40

溶媒としてアセトンを用いて重合性液晶分子 1 2 の溶液を調製した以外は実施例 1 と同
様にして、垂直配向膜を形成した。この場合、スピコート法によって溶液を塗布した後
に重合性液晶分子 1 2 の配向むらが発生し、この配向むらはその後の熱処理によっても改
善されなかった。

【 0 1 5 5 】

< 垂直配向基板のリタレーションの測定 >

実施例 1 の垂直配向基板 5 および比較例 1 の垂直配向基板について、あおり角、すなわ
ち入射角を種々に変えてリタレーション特性を測定した。測定は、米国ウーラム社高速分
光エリプソメータ M - 2 0 0 0 を用い、波長 5 8 9 n m の入射光を用いて行った。この際
、基板法線方向と、垂直配向基板 5 を作製した時の磁場印加方向とを含む面（ y z 面）内

50

であおり角を変化させた場合と、 $y z$ 面に垂直な面($x z$ 面)内であおり角を変化させた場合とについて、測定を行った。図8は、実施例1の垂直配向基板についての測定結果を示すグラフ(a)、測定方向を示す説明図(b)、および垂直配向基板5の断面図(c)である。図8(a)には、一つのセルに用いる2枚の垂直配向基板5aおよび5bの結果を載せている。図9は、比較例1の垂直配向基板についての測定結果を示すグラフ(a)、測定方向を示す説明図(b)、および垂直配向基板の断面図(c)である。

【0156】

図9(a)に示されているように、比較例1の垂直配向基板では、基板法線方向を含むどの面内であおり角を変化させても(図9(b)参照。)、実質的に同じ結果が得られた。すなわち、垂直配向基板のリタデーションは、あおり角が 0° のとき、最小値0をとり、この方向からあおり角を正負どちらに変化させてもリタデーションは対称的に増加した。これは、図9(b)に示すように、重合性液晶分子12およびその重合体13の液晶性骨格が透明基板2に対し垂直に配向しているからである。なお、比較例2および比較例3の垂直配向基板のリタデーションは、あおり角やあおり方位、並びに測定位置によってばらつきが非常に多く、直径4mmの円形のリタデーション測定エリア内で一様ではなく、ばらついていた。

【0157】

一方、図8(a)に示されているように、実施例1の垂直配向基板では、基板法線方向と磁場印加方向とを含む面($y z$ 面)の面内であおり角を変化させた場合と、 $y z$ 面に直交する $x z$ 面の面内であおり角を変化させた場合とで(図8(b)参照。)、異なる結果が得られた。すなわち、磁場印加方向を含む $y z$ 面では、垂直配向基板のリタデーションは、あおり角が 4.0° のとき、最小値0をとり、この方向からあおり角を正負どちらに変化させてもリタデーションは対称的に増加した。一方、 $x z$ 面では、垂直配向基板のリタデーションは、あおり角が 0° のとき、最小値をとり、この方向からあおり角を正負どちらに変化させてもリタデーションは対称的に増加したが、最小値は極めて0に近いものの、厳密には0にはならなかった。以上の結果は、図8(b)に示すように、重合性液晶分子12およびその重合体13の液晶性骨格が透明基板2の法線方向から磁場印加方向へ傾いて配向していること、そして x 軸方向には傾いていないことを示している。なお、実施例2の垂直配向基板5についても同様の測定を行い、実施例1の垂直配向基板5の測定結果と測定誤差以内で一致する結果を得た。従って、実施例2の垂直配向基板5についても、重合性液晶分子12およびその重合体13の液晶性骨格が透明基板2の法線方向から磁場印加方向へ傾いて配向していること、そして x 軸方向には傾いていないことが明らかになった。空気中から屈折率の大きい媒質中に入射した場合、入射角よりも小さい角度で屈折率の高い媒質中を通過する。厳密には屈折率異方性を考慮して計算する必要があるが、スネルの法則からその概略値を得ることができる。実施例1では、あおり角が 4.0° であるので、平均的なディレクタ方向は透明基板2の法線方向から磁場印加方向へ 2.6° 程度傾斜していると求められた。

【0158】

<液晶セルの作製>

実施例1、2

垂直配向膜4が形成された2枚の垂直配向基板5aおよび5bを、スペーサを挟んで対向させ、端部を封止部材で封止して、液晶セル9の筐体(空セル)を作製し、この筐体に表示用液晶分子11としてネガ型液晶であるMLC-2037(メルク社製)を80度等方相で注入し、液晶セル9を作製した。液晶層1のセルギャップは $12.0\mu\text{m}$ であった。

【0159】

比較例1~3

垂直配向基板5の代わりに、比較例の垂直配向膜が形成された垂直配向基板を用いたこと以外は実施例1および2と同様にして、比較例1の液晶セルを作製した。比較例2および3でも、比較例1と同様にして液晶セルを作製した。

【0160】

<液晶セルの観察>

クロスニコル状態で液晶セルの外観の観察および偏光顕微鏡による観察を行った。実施例1、2および比較例1で作製した液晶セルを偏光顕微鏡で観察したところ、クロスニコル下でサンプルを回転させても明暗は生じず、消光していた。観察位置を変えても同様の結果であった。

【0161】

図10(a)は、実施例1の液晶セル9に印加する電圧をオン、オフしたときの液晶セル9の外観の変化を示し、図11(a)は、実施例1の液晶セル9に3Vの電圧を印加したときの液晶セル9の偏光顕微鏡による観察像である。また、図10(b)は、比較例1の液晶セルに印加する電圧をオン、オフしたときの液晶セルの外観の変化を示し、図11(b)は、比較例1の液晶セルに3Vの電圧を印加したときの液晶セルの偏光顕微鏡による観察像である。

10

【0162】

実施例1の液晶セル9では、磁場を印加した方向と偏光板の吸収軸の方向とが一致している場合は消光し、45°セルを回転させると明となることから、表示用液晶分子11は、電圧印加によって、基板法線方向と磁場印加方向とを含む面内の方位に傾斜していると考えられる。一方、比較例1の液晶セルでは、液晶セルを回転させても、液晶セルの光透過率に変化はなく、消光する測定位置がないことから、電圧印加によって表示用液晶分子11は様々な方位に傾斜していると考えられる。

20

【0163】

一方、比較例2および3で作製した液晶セルを偏光顕微鏡で観察したところ、部分的に明暗があり、サンプルを回転させると明暗も変化した。従って、表示用液晶分子11は垂直配向せず、様々な方向へ水平配向していると考えられる。

【0164】

<液晶セルのリタデーションの測定>

垂直配向基板と同様にして、実施例1の液晶セル9および比較例1の液晶セルについて、あおり角を種々に変えてリタデーション特性を測定した。図12および図13は、実施例1の液晶セル9についての測定結果を示すグラフ(a)、測定方向を示す説明図(b)、および液晶セルの断面図(c)である。図14は、比較例1の液晶セルについての測定結果を示すグラフ(a)、測定方向を示す説明図(b)、および液晶セルの断面図(c)である。

30

【0165】

図14(a)に示されているように、比較例1の液晶セルでは、基板法線方向を含むどの面内であおり角を変化させても(図14(b)参照。)、実質的に同じ結果が得られた。すなわち、液晶セルのリタデーションは、あおり角が0°のとき、最小値0をとり、この方向からあおり角を正負どちらに変化させてもリタデーションは対称的に増加した。液晶セルのリタデーションから、先に測定した垂直配向基板によるリタデーションを引き算して求めた、表示用液晶分子11からなる液晶層のリタデーションも、同様の傾向を示した。これは、図14(b)に示すように、透明基板2に対し垂直に配向している重合性液晶分子12およびその重合体13の液晶性骨格によって、表示用液晶分子11も透明基板2に対し垂直に配向するように制御されていることを示している。クリスタルローテーション法によってプレチルト角を評価したところ、90°であり、表示用液晶分子11は基板法線方向から傾斜していないことがわかった。

40

【0166】

一方、図12(a)および図13(a)に示されているように、実施例1の液晶セルでは、基板法線方向と磁場印加方向とを含む面(yz面)の面内であおり角を変化させた場合と、yz面に直交するxz面の面内であおり角を変化させた場合とで(図12(b)および図13(b)参照。)、異なる結果が得られた。

【0167】

50

すなわち、磁場印加方向を含む yz 面では、図 12 (a) に示されているように、液晶セルのリタデーションは、あおり角が負のとき最小値をとり、この方向からあおり角を正負どちらに変化させてもリタデーションは増加した。液晶セルのリタデーションから、先に測定した垂直配向基板によるリタデーションを引き算して求めた、表示用液晶分子 11 からなる液晶層のリタデーションは、あおり角に対して対称的ではなく、リタデーションが最小値を取る角度が負の方向にシフトしていた。この結果は、図 12 (b) に示すように、表示用液晶分子 11 が、透明基板 2 の法線方向に関して、重合性液晶分子 12 およびその重合体 13 の液晶性骨格が傾斜している方向とは反対側へ傾いて配向していることを示している。クリスタルローテーション法によって表示用液晶分子 11 のプレチルト角を評価したところ、 88.8° であった。従って、表示用液晶分子 11 は基板法線方向から 1.2° 傾斜していることがわかった。実施例 2 についても同様の評価を行い、プレチルトは 88.9° であり、表示用液晶分子 11 は基板法線方向から 1.1° 傾斜していることがわかった。

10

【0168】

一方、 xz 面では、図 13 (a) に示されているように、液晶セルのリタデーションは、あおり角が 0° のとき最小値をとり、この方向からあおり角を正負どちらに変化させても対称的に増加した。この結果は、図 13 (b) に示すように、表示用液晶分子 11 が x 軸方向には傾いていないことを示している。

【0169】

図 15 は、実施例 1 の液晶セルについて、電圧を印加しながらリタデーションを測定した結果を示すグラフである。図 15 (a) から、印加する電圧が大きいほど表示用液晶分子 11 の法線方向からの傾きが大きくなること、そして、その傾斜していく方向は、電圧が印加されていないときに垂直配向膜 4 の作用によって表示用液晶分子 11 が傾いていた方向であることがわかる。また、図 15 (b) では印加電圧が大きくなってもあおり角に対して対称な特性である。

20

【0170】

以上のことから、磁場印加して形成した垂直配向膜 4 を用いることで、液晶セル 9 に電圧が印加されていないときに、基板法線方向と磁場印加方向とを含む面内に表示用液晶分子 11 を傾斜させることができ、この結果として、液晶セル 9 に電圧が印加されたときに表示用液晶分子 11 が傾斜する方位を制御できることが示された。

30

【0171】

実施例 3

実施例 3 では、実施の形態 2 で図 5 を用いて説明した垂直配向膜 24 を備えた垂直配向基板 25 および液晶セル 29 を作製した。

【0172】

実施例 3 では、垂直配向基板 25 を作製する際に、1 画素に相当する、縦 $560\mu\text{m}$ × 横 $200\mu\text{m}$ のエリア内に、1 ドメインに相当する、縦 $270\mu\text{m}$ × 横 $90\mu\text{m}$ の透光部が 4 つ設けられた繰り返しパターンを有するフォトリソマスクを用い、フォトリソマスクの位置と磁場印加方位 (45° 、 135° 、 225° 、 315°) を変えながら平行紫外線を照射して、縦 $560\mu\text{m}$ × 横 $200\mu\text{m}$ のエリア内に重合性液晶分子 12 の傾斜方位が異なる 4 つのエリアが存在する繰り返しパターンを有する垂直配向膜 24 を形成した。これ以外には実施例 1 と同様にして、垂直配向基板 25 を作製した。この垂直配向基板 25 を 2 枚用いて、実施例 1 と同様にして液晶セル 29 を作製した。

40

【0173】

液晶セル 29 では、各エリアの表示用液晶分子 11 は、電圧の印加によってそれぞれ異なる 4 つの方位に傾斜した。この方位は、垂直配向膜 24 を形成した際、磁場を印加した方向と、基板面の法線方向に関して反対の方向であった。すなわち、磁場方位とフォトリソマスクを用いることでマルチドメイン構造を形成することができた。

【0174】

以上、本発明を実施の形態および実施例に基づいて説明したが、本発明はこれらの例に

50

何ら限定されるものではなく、発明の主旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能であることは言うまでもない。例えば、本発明の垂直配向膜は、従来から存在する種々の構成を備える液晶素子に適用することができる。

【産業上の利用可能性】

【0175】

本発明の垂直配向膜、垂直配向基板、および液晶表示素子によれば、液晶テレビなど、液晶表示素子が用いられる多くの液晶表示装置の性能向上に寄与できる。

【図面の簡単な説明】

【0176】

【図1】本発明の実施の形態1に基づく垂直配向膜および液晶表示素子の構造を示す部分断面図である。 10

【図2】同、垂直配向膜、垂直配向基板、および液晶表示素子の作製工程のフローを示す部分断面図である。

【図3】同、垂直配向膜、垂直配向基板、および液晶表示素子の作製工程のフローを示す部分断面図である。

【図4】同、変形例に基づく液晶表示素子の構造を示す部分断面図である。

【図5】本発明の実施の形態2に基づく垂直配向膜および液晶表示素子の構造を示す部分断面図である。

【図6】同、垂直配向膜、垂直配向基板、および液晶表示素子の作製工程のフローを示す部分断面図である。 20

【図7】同、垂直配向膜、垂直配向基板、および液晶表示素子の作製工程のフローを示す部分断面図である。

【図8】本発明の実施例の垂直配向基板についてのリタレーションの測定結果を示すグラフ(a)、測定方向を示す説明図(b)、および液晶セルの断面図(c)である。

【図9】本発明の比較例の垂直配向基板についてのリタレーションの測定結果を示すグラフ(a)、測定方向を示す説明図(b)、および液晶セルの断面図(c)である。

【図10】本発明の実施例1および比較例1の液晶セルに印加する電圧をオン、オフしたときの液晶セル外観の変化を示す写真である。

【図11】本発明の実施例1および比較例1の液晶セルに電圧を印加したときの偏光顕微鏡による観察像である。 30

【図12】本発明の実施例の液晶セルについてのリタレーションの測定結果を示すグラフ(a)、測定方向を示す説明図(b)、および液晶セルの断面図(c)である。

【図13】同、液晶セルについてのリタレーションの測定結果を示すグラフ(a)、測定方向を示す説明図(b)、および液晶セルの断面図(c)である。

【図14】本発明の比較例の液晶セルについてのリタレーションの測定結果を示すグラフ(a)、測定方向を示す説明図(b)、および液晶セルの断面図(c)である。

【図15】本発明の実施例の液晶セルについて、電圧を印加しながらリタレーションを測定した結果を示すグラフである。

【図16】従来の液晶表示素子の基本的な構成を示す部分断面図である。

【図17】TNモード、IPSモード、ECBモード、およびOCBモードなどにおいて用いられる配向技術を示す説明図(a)、および特許文献2に記載されている水平配向膜の例を図示した説明図(b)である。 40

【図18】VAモードにおいて用いられる配向技術を示す部分断面図である。

【図19】MVAモードにおいて用いられる配向技術を示す部分断面図である。

【図20】PVAモードにおいて用いられる配向技術を示す部分断面図である。

【符号の説明】

【0177】

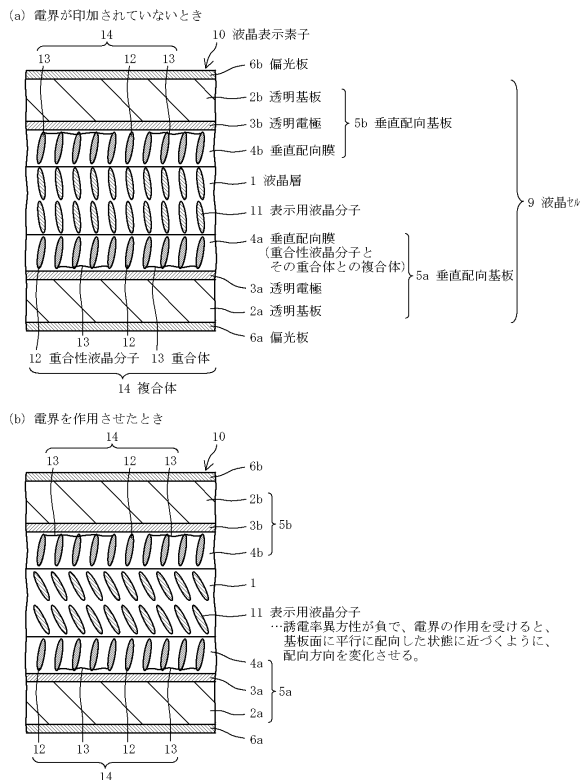
1...液晶層、2a、2b...透明基板、3a、3b...透明電極、4a、4b...垂直配向膜、5a、5b...垂直配向基板、6a、6b...偏光板、7a、7b...光学補償層、9...液晶セル、10...液晶表示素子、11...表示用液晶分子、12...重合性液晶分子、 50

- 1 3 ...重合性液晶分子重合体、
 1 4 ...未反応の重合性液晶分子と重合性液晶分子重合体との複合体、
 2 0 ...液晶表示素子、
 2 1、2 2 ...液晶性骨格の配向方向が互いに左右対称である複合体、
 2 4 a、2 4 b ...垂直配向膜、2 5 a、2 5 b ...垂直配向基板、2 9 ...液晶セル、
 3 1、3 2 ...フォトマスク、1 0 0 ...液晶表示素子、
 1 0 1 ...液晶層、1 0 2 a、1 0 2 b ...透明基板、1 0 3 a、1 0 3 b ...透明電極、
 1 0 4 a、1 0 4 b ...配向膜、1 0 5 ...液晶セル、1 0 6 a、1 0 6 b ...偏光板、
 1 1 4 ...水平配向膜、1 1 5 ...シランカップラー層、1 1 6 ...重合性液晶性モノマー、
 1 1 7 ...水平配向膜、1 2 0 ...異種物質との界面に垂直に配向する性質をもつ液晶分子、
 1 3 0 ...突起物（リブ）、
 1 3 1 ...基板法線方向から傾いた方向に配向している液晶分子、
 1 4 0 a、1 4 0 b ...透明電極、1 4 1 a、1 4 1 b ...スリット、
 1 4 2 ...斜め方向の電界（フリンジ電界）を受けた液晶分子

10

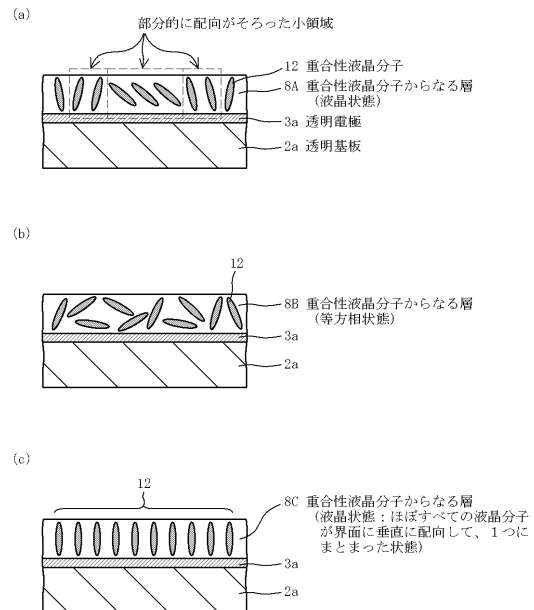
【図 1】

本発明の実施の形態 1 に基づく液晶表示素子の構造を示す部分断面図



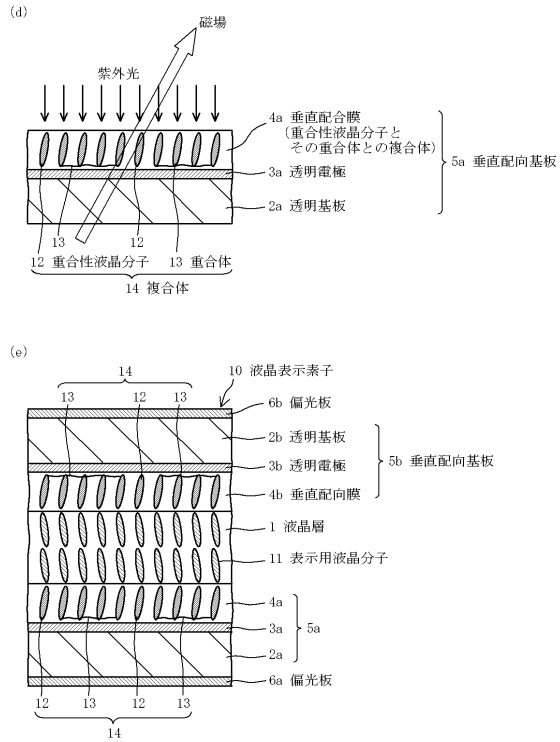
【図 2】

本発明の実施の形態 1 に基づく液晶表示素子の作製工程のフローを示す部分断面図



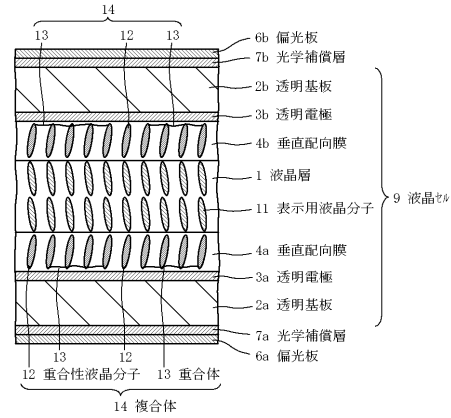
【図 3】

本発明の実施の形態 1 に基づく液晶表示素子の作製工程のフローを示す部分断面図



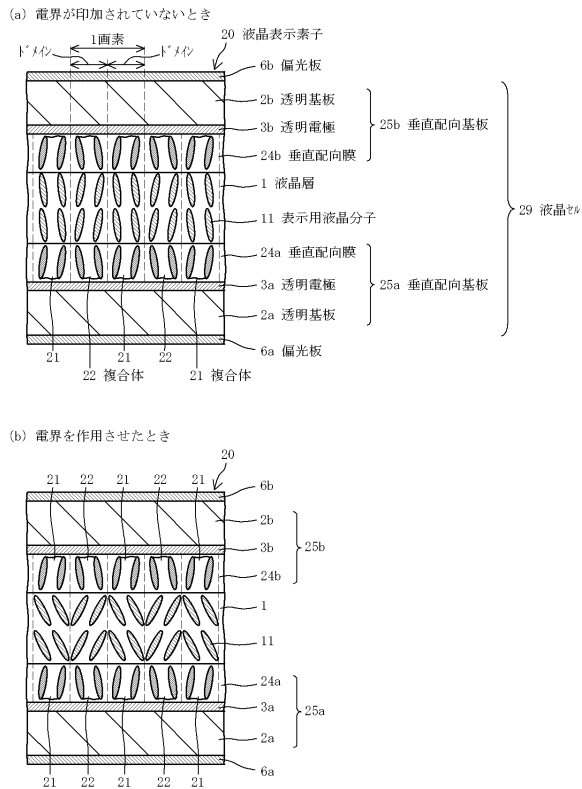
【図 4】

本発明の実施の形態 1 の変形例に基づく液晶表示素子の構造を示す部分断面図



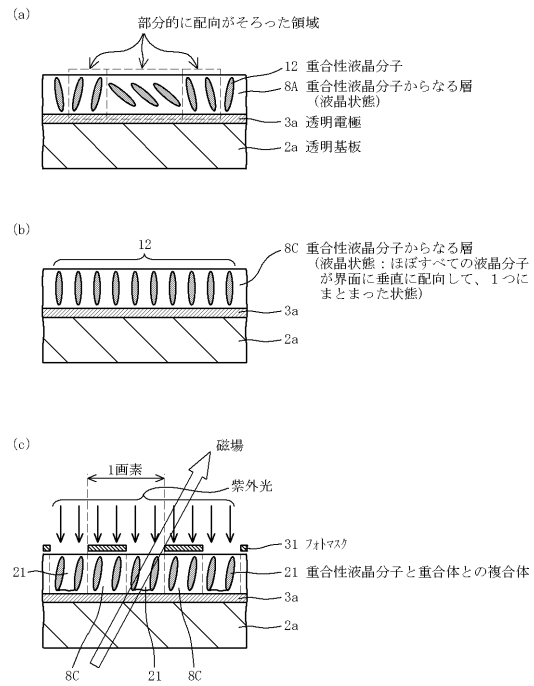
【図 5】

本発明の実施の形態 2 に基づく液晶表示素子の構造を示す部分断面図



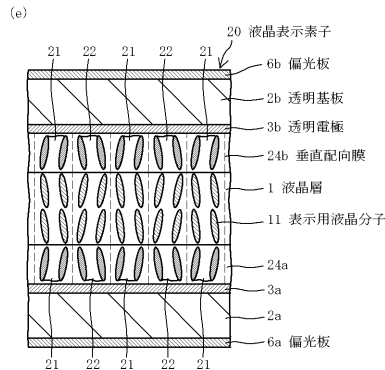
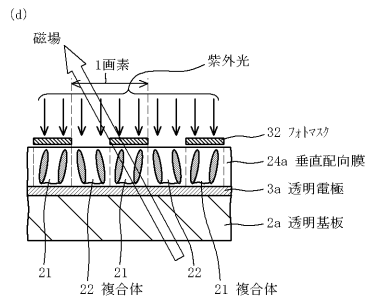
【図 6】

本発明の実施の形態 2 に基づく液晶表示素子の作製工程のフローを示す部分断面図



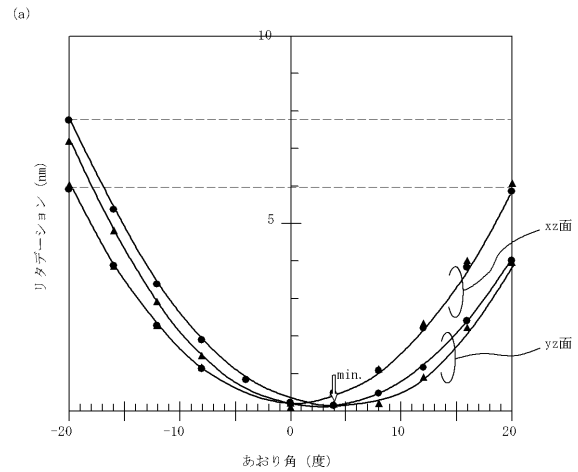
【図 7】

本発明の実施の形態 2 に基づく液晶表示素子の作製工程のフローを示す部分断面図



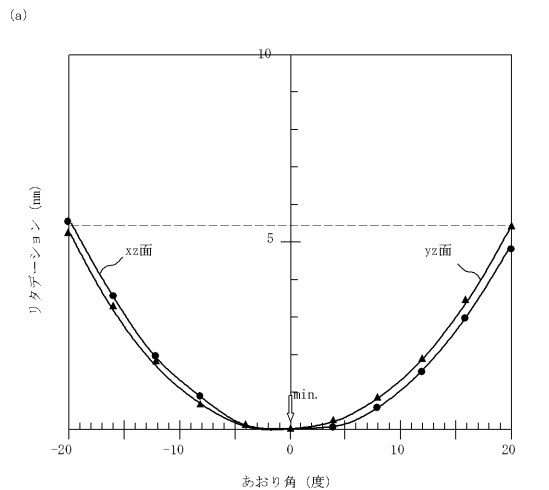
【図 8】

本発明の実施例の垂直配向基板のリタデーション (a)、測定方向を示す説明図 (b)、および垂直配向基板の断面図 (c)



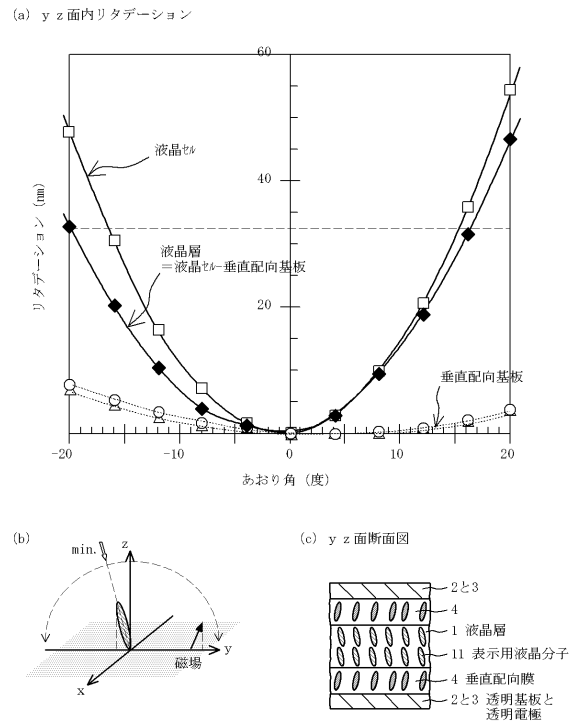
【図 9】

本発明の比較例の垂直配向基板のリタデーション (a)、測定方向を示す説明図 (b)、および垂直配向基板の断面図 (c)



【図 12】

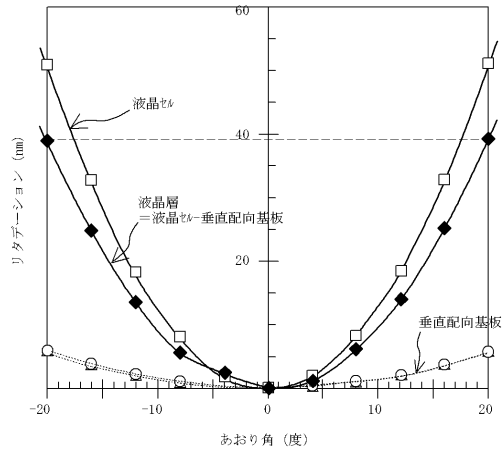
本発明の実施例の液晶セルのリタデーション (a)、測定方向を示す説明図 (b)、および液晶セルの断面図 (c)



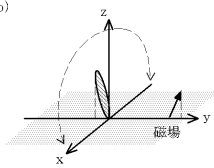
【図 13】

本発明の実施例の液晶セルのリタデーション (a)、測定方向を示す説明図 (b)、および液晶セルの断面図 (c)

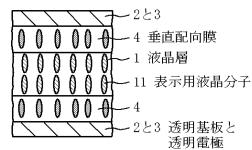
(a) x z 面内リタデーション



(b)



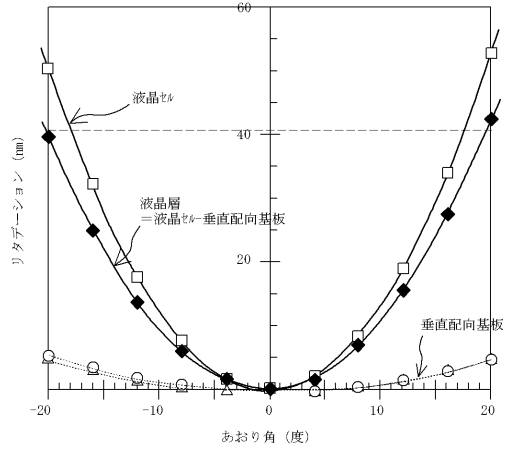
(c) x z 面断面図



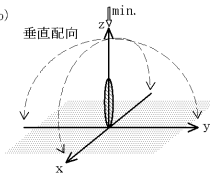
【図 14】

本発明の比較例の液晶セルのリタデーション (a)、測定方向を示す説明図 (b)、および液晶セルの断面図 (c)

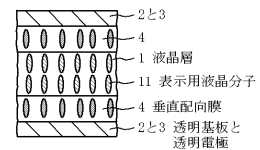
(a)



(b)



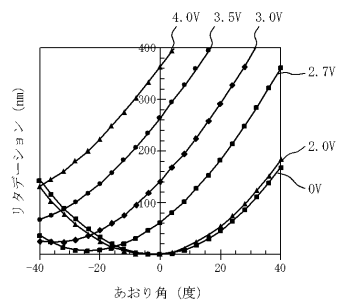
(c) y z 面および x z 面断面図



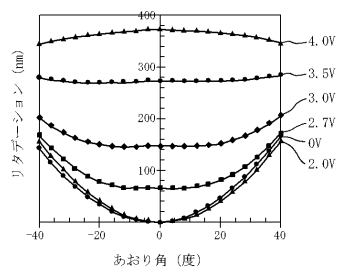
【図 15】

本発明の液晶セルについて、電圧を印加しながら測定したリタデーションを示すグラフ

(a) y z 面内リタデーション

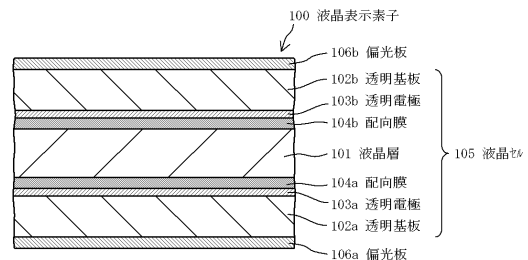


(b) x z 面内リタデーション



【図 16】

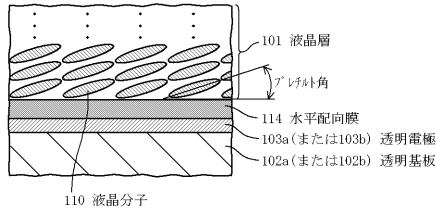
従来の液晶表示素子の基本的な構成を示す部分断面図



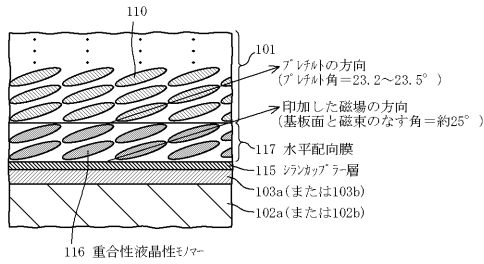
【図 17】

TNモードなどにおいて用いられる配向技術を示す説明図 (a)、および特許文献2に記載されている水平配向膜の例を示した概略図 (b)

- (a) TNモード、IPSモード、ECBモード、OCBモードなど
…水平配向膜にホモジニアス配向



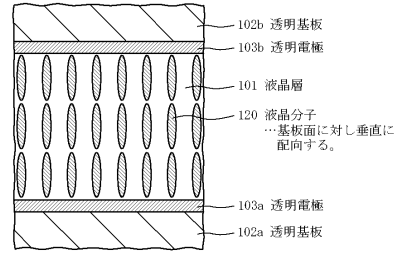
- (b) 特許文献2の実施例1に示されている水平配向膜の例



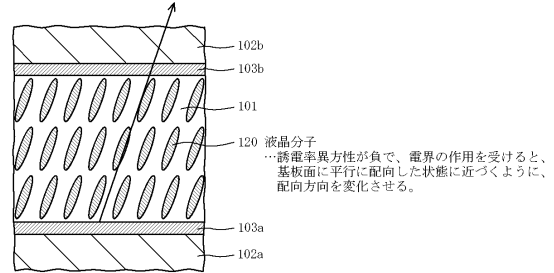
【図 18】

VAモードにおいて用いられる配向技術を示す部分断面図

- (a) 電界が印加されていないとき
(光を透過させない。)



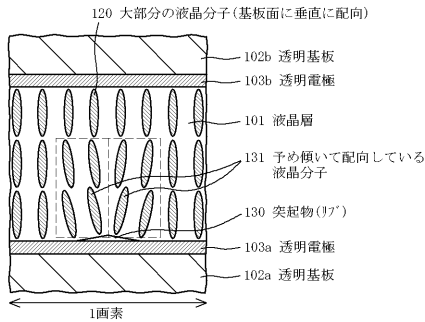
- (b) 電界を作用させたとき
(光を透過させる。)



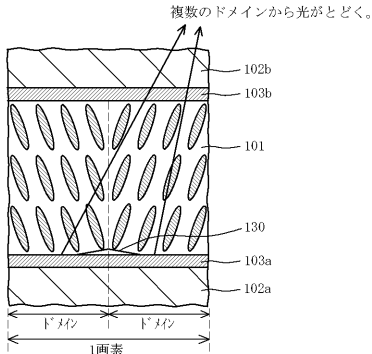
【図 19】

MVAモードにおいて用いられる配向技術を示す部分断面図

- (a) 電界が印加されていないとき



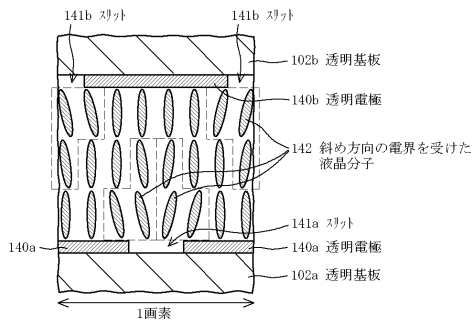
- (b) 電界を作用させたとき



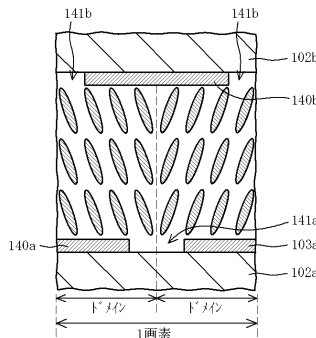
【図 20】

PVA (EVA) モードにおいて用いられる配向技術を示す部分断面図

- (a) 電界を作用させ始めた直後



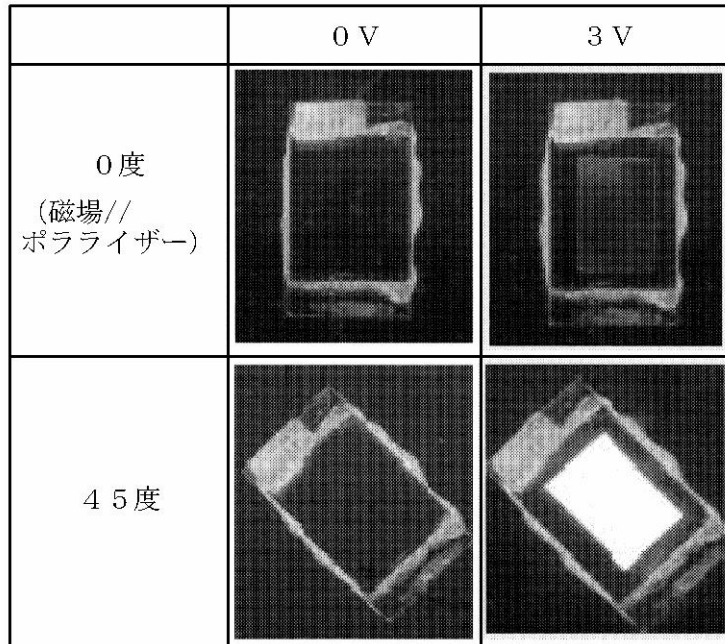
- (b) 電界を作用させて配向が完了したとき



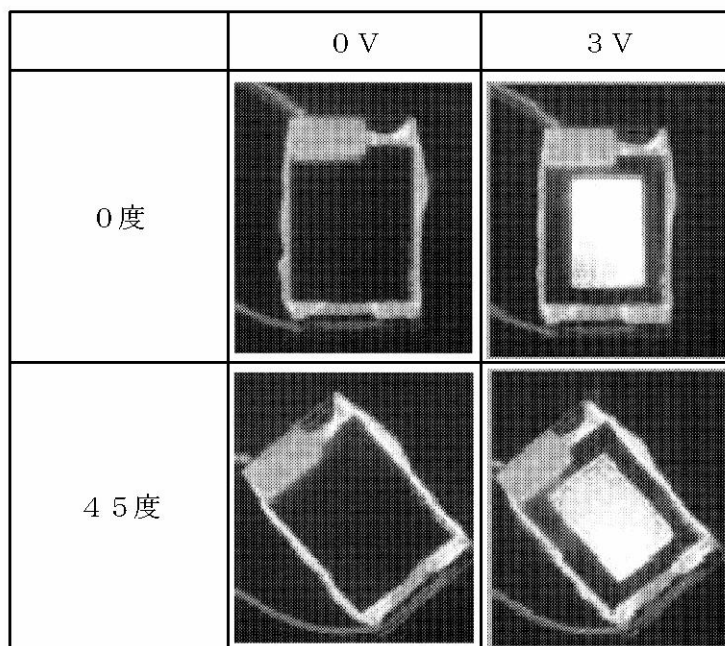
【図 10】

本発明の実施例 1 および比較例 1 の液晶セルに印加する電圧をオン、オフしたときの液晶セルの外観の変化を示す写真

(a) 実施例 1



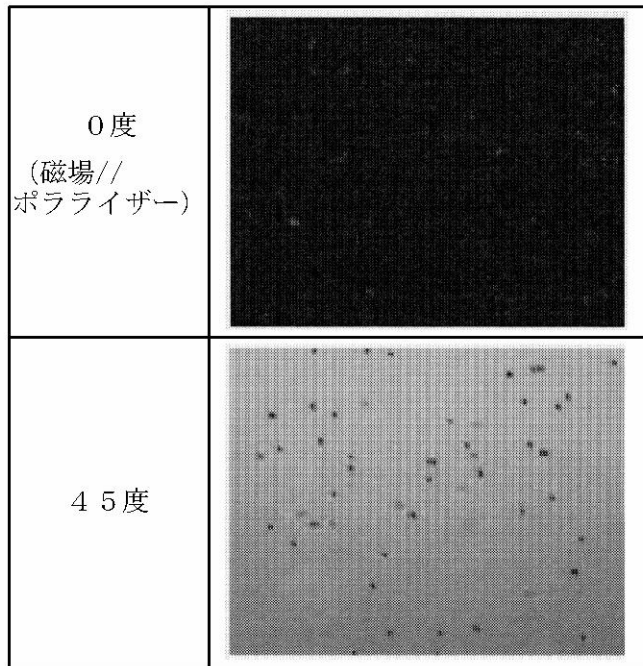
(b) 比較例 1



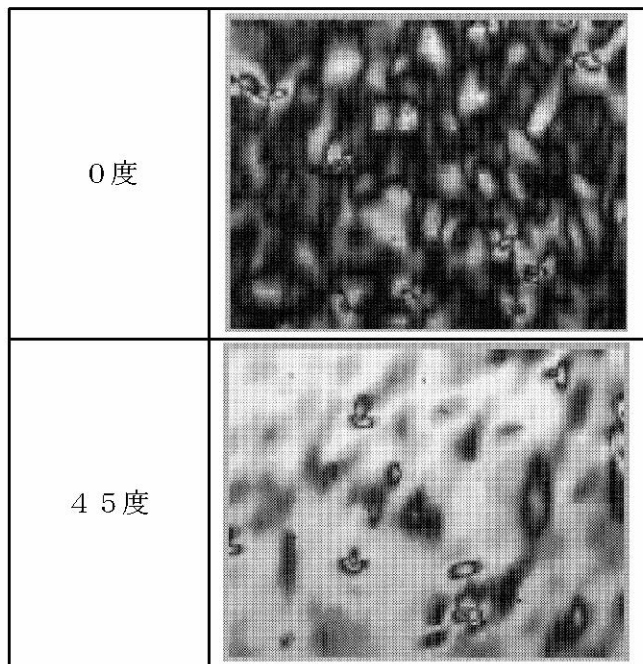
【図 1 1】

本発明の実施例 1 および比較例 1 の液晶セルに電圧を印加したときの偏光顕微鏡による観察像

(a) 実施例 1



(b) 比較例 1



50 μ m

フロントページの続き

(72)発明者 宮下 哲哉
宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内

審査官 福田 知喜

(56)参考文献 特開平11-133430(JP,A)
特表2004-524385(JP,A)
特開平04-356020(JP,A)
特開平07-043689(JP,A)
特開平05-045656(JP,A)
特開平06-313887(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02F 1/1337