

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5126062号
(P5126062)

(45) 発行日 平成25年1月23日(2013.1.23)

(24) 登録日 平成24年11月9日(2012.11.9)

(51) Int.Cl. F I
GO2F 1/1339 (2006.01) GO2F 1/1339 500
GO2F 1/137 (2006.01) GO2F 1/137

請求項の数 10 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2008-537326 (P2008-537326)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(86) (22) 出願日	平成18年9月29日(2006.9.29)	(74) 代理人	100101214 弁理士 森岡 正樹
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/319412	(72) 発明者	吉原 敏明 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
(87) 国際公開番号	W02008/041268	審査官	福田 知喜
(87) 国際公開日	平成20年4月10日(2008.4.10)		
審査請求日	平成21年2月26日(2009.2.26)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示素子およびその製造方法並びにそれを備えた電子ペーパー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対向配置された一对の基板と、
 前記一对の基板間に封止され、メモリ性を有する液晶と、
 前記一对の基板の双方に接触して形成された壁面構造体と、
 前記壁面構造体で囲まれた領域を連結する開口部と、
 前記液晶及び前記壁面構造体のいずれとも異なる材料の重合性物質を重合して前記開口部に形成したポリマー層と
 を有することを特徴とする液晶表示素子。

【請求項2】

請求項1記載の液晶表示素子において、
 前記重合性物質は、光硬化性を有することを
 を特徴とする液晶表示素子。

【請求項3】

請求項2記載の液晶表示素子において、
 前記重合性物質は、室温(25)で液晶性を示すこと
 を特徴とする液晶表示素子。

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれか1項に記載の液晶表示素子において、
 前記壁面構造体は、前記一对の基板の双方に接着されていること

を特徴とする液晶表示素子。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の液晶表示素子において、前記壁面構造体及び前記ポリマー層は、切れ目のない構造体を形成していることを特徴とする液晶表示素子。

【請求項 6】

画像を表示する電子ペーパーにおいて、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の液晶表示素子を備えていることを特徴とする電子ペーパー。

【請求項 7】

一对の基板の一方の基板上に、壁面構造体と、前記壁面構造体で囲まれた領域を連結する開口部とを形成し、

前記壁面構造体が前記一对の基板の双方に接触するように前記一对の基板を貼り合わせ

、
メモリ性を有する液晶と前記液晶及び前記壁面構造体のいずれとも異なる材料であり光硬化性を有する重合性物質とを前記一对の基板間に注入し、

前記開口部を露光して前記重合性物質を重合し、

前記開口部にポリマー層を形成すること

を特徴とする液晶表示素子の製造方法。

【請求項 8】

請求項 7 記載の液晶表示素子の製造方法において、前記重合性物質は、室温（25）で液晶性を示すことを特徴とする液晶表示素子の製造方法。

【請求項 9】

請求項 7 又は 8 に記載の液晶表示素子の製造方法において、

前記壁面構造体及び前記ポリマー層が切れ目のない構造体を形成するように前記壁面構造体及び前記ポリマー層を形成すること

を特徴とする液晶表示素子の製造方法。

【請求項 10】

請求項 7 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の液晶表示素子の製造方法において、

前記開口部に前記ポリマー層を形成した後に画素領域を露光して、前記画素領域内部に残存する前記重合性物質を重合すること

を特徴とする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、液晶表示素子およびその製造方法並びにそれを備えた電子ペーパーに関する

【背景技術】

【0002】

近年、各企業および各大学等において、電子ペーパーの開発が盛んに進められている。電子ペーパーの利用が期待されている適用分野として、電子書籍を筆頭に、モバイル端末機器のサブディスプレイやICカードの表示部等の携帯機器分野がある。電子ペーパーに用いられる表示素子の一つに、コレステリック相が形成される液晶組成物（コレステリック液晶またはカイラルネマティック液晶と称される。以下、コレステリック液晶と言う）を用いた液晶表示素子がある。コレステリック液晶を用いた液晶表示素子は、半永久的な表示保持特性（メモリ性）、鮮やかなカラー表示特性、高コントラスト特性、および高解像度特性等の優れた特徴を有している。

【0003】

図13は、コレステリック液晶を用いたカラー表示が可能な液晶表示素子51の断面構

10

20

30

40

50

成を模式的に示している。液晶表示素子 5 1 は、表示面から順に、青色 (B) 表示部 4 6 b と、緑色 (G) 表示部 4 6 g と、赤色 (R) 表示部 4 6 r とが積層された構造を有している。図示において、上方の基板 4 7 b 側が表示面であり、外光 (実線矢印) は基板 4 7 b 上方から表示面に向かって入射するようになっている。なお、基板 4 7 b 上方に観測者の目およびその観察方向 (破線矢印) を模式的に示している。

【 0 0 0 4 】

B 表示部 4 6 b は、一对の上下基板 4 7 b、4 9 b 間に封止された青色 (B) 用液晶層 4 3 b と、B 用液晶層 4 3 b に所定のパルス電圧を印加するパルス電圧源 4 1 b とを有している。G 表示部 4 6 g は、一对の上下基板 4 7 g、4 9 g 間に封止された緑色 (G) 用液晶層 4 3 g と、G 用液晶層 4 3 g に所定のパルス電圧を印加するパルス電圧源 4 1 g とを有している。R 表示部 4 6 r は、一对の上下基板 4 7 r、4 9 r 間に封止された赤色 (R) 用液晶層 4 3 r と、R 用液晶層 4 3 r に所定のパルス電圧を印加するパルス電圧源 4 1 r とを有している。R 表示部 4 6 r の下基板 4 9 r 裏面には光吸収層 4 5 が配置されている。

10

【 0 0 0 5 】

各 B、G、R 用液晶層 4 3 b、4 3 g、4 3 r に用いられているコレステリック液晶は、ネマティック液晶にキラリティの添加剤 (カイラル材ともいう) を数十 w t % の含有率で比較的大量に添加した液晶混合物である。ネマティック液晶にカイラル材を比較的大量に含有させると、ネマティック液晶分子を強く螺旋状に捻ったコレステリック相を形成することができる。

20

【 0 0 0 6 】

コレステリック液晶は双安定性 (メモリ性) を備えており、液晶に印加する電界強度の調節によりプレーナ状態、フォーカルコニック状態またはプレーナ状態とフォーカルコニック状態とが混在した中間的な状態のいずれかの状態をとることができ、一旦プレーナ状態、フォーカルコニック状態またはそれらが混在した中間的な状態になると、その後は無電界下においても安定してその状態を保持する。

【 0 0 0 7 】

プレーナ状態は、上下基板 4 7、4 9 間に所定の高電圧を印加して液晶層 4 3 に強電界を与えた後、急激に電界をゼロにすることにより得られる。フォーカルコニック状態は、例えば、上記高電圧より低い所定電圧を上下基板 4 7、4 9 間に印加して液晶層 4 3 に電界を与えた後、急激に電界をゼロにすることにより得られる。

30

【 0 0 0 8 】

プレーナ状態とフォーカルコニック状態とが混在した中間的な状態は、例えば、フォーカルコニック状態が得られる電圧よりも低い電圧を上下基板 4 7、4 9 間に印加して液晶層 4 3 に電界を与えた後、急激に電界をゼロにすることにより得られる。

【 0 0 0 9 】

このコレステリック液晶を用いた液晶表示素子 5 1 の表示原理を、B 表示部 4 6 b を例にとって説明する。図 1 4 (a) は、B 表示部 4 6 b の B 用液晶層 4 3 b がプレーナ状態である場合の液晶分子 3 3 の配向状態を示している。図 1 4 (a) に示すように、プレーナ状態での液晶分子 3 3 は、基板厚方向に順次回転して螺旋構造を形成し、螺旋構造の螺旋軸は基板面にほぼ垂直になる。

40

【 0 0 1 0 】

プレーナ状態では、液晶分子 3 3 の螺旋ピッチに応じた所定波長の光が選択的に液晶層で反射される。液晶層の平均屈折率を n とし、螺旋ピッチを p とすると、反射が最大となる波長 λ は、 $\lambda = n \cdot p$ で示される。

【 0 0 1 1 】

従って、B 表示部 4 6 b の B 用液晶層 4 3 b でプレーナ状態時に青色の光を選択的に反射させるには、例えば $\lambda = 480 \text{ nm}$ となるように平均屈折率 n および螺旋ピッチ p を決める。平均屈折率 n は液晶材料およびカイラル材を選択することで調整可能であり、螺旋ピッチ p は、カイラル材の含有率を調整することにより調節することができる。

50

【 0 0 1 2 】

図 1 4 (b) は、B 表示部 4 6 b の B 用液晶層 4 3 b がフォーカルコニック状態である場合の液晶分子 3 3 の配向状態を示している。図 1 4 (b) に示すように、フォーカルコニック状態での液晶分子 3 3 は、基板面内方向に順次回転して螺旋構造を形成し、螺旋構造の螺旋軸は基板面にほぼ平行になる。フォーカルコニック状態では、B 用液晶層 4 3 b に反射波長の選択性は失われ、入射光の殆どが透過する。透過光は R 表示部 4 6 r の下基板 4 9 r 裏面に配置された光吸収層 4 5 で吸収されるので暗 (黒) 表示が実現できる。

【 0 0 1 3 】

プレーナ状態とフォーカルコニック状態とが混在した中間的な状態では、プレーナ状態とフォーカルコニック状態との存在割合に応じて反射光と透過光との割合が調整され、反射光の強度が変化する。従って、反射光の強度に応じた中間調表示が実現できる。

10

【 0 0 1 4 】

このように、コレステリック液晶では、螺旋状に捻られた液晶分子 3 3 の配向状態で光の反射量を制御することができる。上記の B 用液晶層 4 3 b と同様にして、G 用液晶層 4 3 g および R 用液晶層 4 3 r に、プレーナ状態時に緑または赤の光を選択的に反射させるコレステリック液晶をそれぞれ封入してカラー表示の液晶表示素子 5 1 が作製される。液晶表示素子 5 1 は、メモリ性があり、画面書き換え時以外には電力を消費せずにカラー表示が可能である。

【 0 0 1 5 】

しかしながら、コレステリック液晶を用いた液晶表示素子には、その表示面を押圧したり曲げたり等の外力が印加されると、記憶された表示状態が変化してしまうという問題がある。TN (Twisted Nematic ; ねじれネマティック) 型や STN (Super Twisted Nematic ; 超ねじれネマティック) 型の液晶表示素子では、液晶は電氣的に常時駆動されている状態にある。従って、表示が変化しても、すぐに元の表示に復帰することができる。しかしながら、コレステリック液晶を用いた液晶表示素子では、コレステリック液晶は画面書き換え時以外には駆動されない。従って、コレステリック液晶を用いた液晶表示素子では、一旦表示が変化してしまうと、再駆動されるまで表示は元に戻らない。コレステリック液晶を用いた液晶表示素子は、表示のメモリ性を最大の特長とする。従って、この問題は、コレステリック液晶を用いた液晶表示素子を実用化する上で大きな課題である。

20

30

【 0 0 1 6 】

【特許文献 1】特開平 1 0 - 3 0 7 2 8 8 号公報

【特許文献 2】実開昭 5 8 - 1 3 5 1 5 号公報

【特許文献 3】特開平 8 - 7 6 1 3 1 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 0 - 1 4 7 5 2 7 号公報

【特許文献 5】特開 2 0 0 2 - 8 2 3 4 0 号公報

【特許文献 6】特開 2 0 0 4 - 2 1 9 9 4 8 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 7 】

本発明の目的は、外力による表示の変化を抑制できる液晶表示素子およびその製造方法並びにそれを備えた電子ペーパーを実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 8 】

上記目的は、対向配置された一对の基板と、前記一对の基板間に封止された液晶と、前記一对の基板の双方に接触して形成された壁面構造体と、前記壁面構造体で囲まれた領域を連結する開口部と、前記液晶及び前記壁面構造体のいずれとも異なる材料の重合性物質を重合して前記開口部に形成したポリマー層とを有することを特徴とする液晶表示素子によって達成される。

40

【 0 0 1 9 】

50

また、上記目的は、画像を表示する電子ペーパーにおいて、上記本発明の液晶表示素子を備えていることを特徴とする電子ペーパーによって達成される。

【0020】

また、上記目的は、一对の基板の一方の基板上に、壁面構造体と、前記壁面構造体で囲まれた領域を連結する開口部とを形成し、前記壁面構造体が前記一对の基板の双方に接触するように前記一对の基板を貼り合わせ、液晶と前記液晶及び前記壁面構造体のいずれとも異なる材料であり光硬化性を有する重合性物質とを前記一对の基板間に注入し、前記開口部を露光して前記重合性物質を重合し、前記開口部にポリマー層を形成することを特徴とする液晶表示素子の製造方法によって達成される。

【発明の効果】

10

【0021】

本発明によれば、外力による表示の変化を抑制できる液晶表示素子およびその製造方法並びにそれを備えた電子ペーパーを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】国際出願PCT/JP2005/004925に提案された液晶表示素子806の一部を基板面法線方向に見た構成を示す平面図である

【図2】本発明の一実施の形態による液晶表示素子1の概略構成を示す図である。

【図3】本発明の一実施の形態による液晶表示素子1の断面構成を模式的に示す図である。

20

【図4】液晶表示素子のプレーナ状態での反射スペクトルの一例を示す図である。

【図5】表示部6bの一部を基板面法線方向に見た構成を示す図である。

【図6】本発明の一実施の形態による液晶表示素子1の駆動波形の一例を示す図である。

【図7】コレステリック液晶の電圧 - 反射率特性の一例を示す図である。

【図8】本発明の一実施の形態による液晶表示素子1の製造工程を示す図（その1）である。

【図9】コレステリック液晶に混合される単官能アクリルモノマーの構造式を示す図である。

【図10】本発明の一実施の形態による液晶表示素子1の製造工程を示す図（その2）である。

30

【図11】本発明の一実施の形態による液晶表示素子1の製造工程を示す図（その3）である。

【図12】本発明の一実施の形態による液晶表示素子1の製造工程を示す図（その4）である。

【図13】従来カラー表示可能な液晶表示素子の断面構成を模式的に示す図である。

【図14】従来液晶表示素子の一液晶層の断面構成を模式的に示す図である。

【符号の説明】

【0023】

1、51、806 液晶表示素子

3b、43b B用液晶層

40

3g、43g G用液晶層

3r、43r R用液晶層

6b、46b B表示部

6g、46g G表示部

6r、46r R表示部

7b、7g、7r、47b、47g、47r 上基板

9b、9g、9r、49b、49g、49r 下基板

12 画素領域

12b 青(B)画素領域

12g 緑(G)画素領域

50

1 2 r 赤 (R) 画素領域
 1 5 可視光吸収層
 1 7 r、1 7 g、1 7 b 走査電極
 1 9 r、1 9 g、1 9 b データ電極
 2 1 b、2 1 b、2 1 r シール材
 2 3 制御回路
 2 4 駆動部
 2 5 走査電極駆動回路
 2 7 データ電極駆動回路
 3 1 壁面構造体
 3 3 液晶 (液晶分子)
 3 5 ポリマー層
 4 1 b、4 1 g、4 1 r パルス電圧源
 6 1 モノマー
 6 3 ポリマー
 7 1 フォトマスク
 1 3 3 開口部

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

本発明の一実施の形態による液晶表示素子およびその製造方法並びにそれを備えた電子ペーパーについて図1乃至図12を用いて説明する。本願出願人は、コレステリック液晶を用いる液晶表示素子において、表示面が押圧されたり曲げられたりすることにより表示が変化してしまうメカニズムを、実験により突き止めた。本願出願人は、先に出願した国際出願「PCT/JP2004/013380 (国際公開番号: WO2006/030495)」でこのメカニズムを説明している。

20

【0025】

表示面が押圧されたり曲げられたりすることによる表示状態の変化は、コレステリック液晶がフォーカルコニック状態からプレーナ状態に変化したことに起因している。これは、画素領域内部の液晶が流動し、基板の界面に液晶分子が引きずられ、液晶分子が基板に平行な状態となって、プレーナ状態に変化してしまうためであると考えられる。また、液晶表示素子のセルギャップが薄いほど、表示状態の変化は顕著である。これは、セルギャップが薄い程、相対的に基板の界面付近の液晶が多いため、基板の界面の影響を受け易いためと考えられる。

30

【0026】

以上のような考察により、本願出願人は、画素領域内部の液晶の流動性が抑制されるように壁面構造体を形成することにより、液晶表示素子の表示面に対する押圧や液晶表示素子の曲げなどによる表示状態の変化を防止できることを突き止めた。

【0027】

本実施の形態の前提となる液晶表示素子について説明する。本願出願人は、国際出願PCT/JP2005/004925において、表示の変化を抑制することができる液晶表示素子を提案している。国際出願PCT/JP2005/004925に提案された液晶表示素子は、表示部46b、46g、46rと同様に、対向配置された上下基板と、上下基板間に封止されたコレステリック液晶を備えた液晶層とを有している。下基板上の対向面側には、互いに平行に延びる複数のデータ電極が形成されている。上基板上の対向面側には、基板面法線方向に見て複数のデータ電極と垂直に交差する複数の走査電極が形成されている。複数の走査電極は、互いに平行に延びている。

40

【0028】

図1は、国際出願PCT/JP2005/004925に提案された液晶表示素子806の一部を基板面法線方向に見た構成を示す平面図である。走査電極およびデータ電極が交差する領域 (基板面法線方向に見て走査電極およびデータ電極が重なる領域) のそれぞ

50

れが、画素領域 1 2 となる。図 1 に示すように、複数の画素領域 1 2 は、マトリクス状に配置されている。図 1 では、9 個の画素領域 1 2 およびその周囲を図示している。

【 0 0 2 9 】

壁面構造体 3 1 は、下基板 9 上に形成されて、上基板（図 1 では不図示）に接触している。壁面構造体 3 1 は、接着性を有する部材であり、上基板および下基板 9 の双方に接着されている。基板面法線方向に見て、壁面構造体 3 1 は 2 辺の長さがほぼ等しい略十字形状を有している。壁面構造体 3 1 は、隣接する画素領域 1 2 間に形成されている。1 つの画素領域 1 2 は、4 つの壁面構造体 3 1 によって囲まれている。壁面構造体 3 1 の中心は、画素領域 1 2 の角部に位置している。

【 0 0 3 0 】

隣接する 2 つの壁面構造体 3 1 間には開口部 1 3 3 が形成されている。壁面構造体 3 1 端部は、開口部 1 3 3 を挟んで隣接する壁面構造体 3 1 の端部と対向している。開口部 1 3 3 は、画素領域 1 2 の 4 つの側面それぞれの中央近傍に形成されている。1 つの画素領域 1 2 は、4 つの開口部 1 3 3 と接している。隣接する画素領域 1 2 の液晶層は、開口部 1 3 3 を介して連結されている。開口部 1 3 3 は、画素領域 1 2 内部に液晶を注入するために形成されている。コレステリック液晶を例えば真空注入法により液晶表示素子 8 0 6 内部に注入すると、開口部 1 3 3 を通じて全ての画素領域 1 2 内部に液晶が充填される。

【 0 0 3 1 】

液晶表示素子 8 0 6 では、画素領域 1 2 の側面が開口部 1 3 3 を除いて壁面構造体 3 1 によって囲まれ、壁面構造体 3 1 は上基板および下基板 9 の双方に接着されているため、画素領域 1 2 内部の液晶の流動が制限される。このため、液晶表示素子 8 0 6 の表示面が押圧された場合や折り曲げられた場合でも、液晶表示素子 8 0 6 の表示の変化を抑制できる。すなわち、メモリ表示状態（消費電力 = 0 での画像表示状態）の押圧、曲げに対する耐性が向上する。

【 0 0 3 2 】

しかしながら、液晶表示素子 8 0 6 においても液晶の流動が若干残存し、そのために強い押圧や曲げ等の外力によって表示が変化してしまうことがあった。図 1 を用いてその原因を説明する。液晶表示素子 8 0 6 では、画素領域 1 2 内部に液晶を注入するために、画素領域 1 2 の 4 つの側面それぞれに開口部 1 3 3 が形成されている。従って、図 1 中の矢印で模式的に示すように、複数の開口部 1 3 3 を通り複数の画素領域 1 2 を行方向および列方向に横断する液晶の流路が形成される。当該流路は画素領域 1 2 内部を通る。従って、液晶表示素子 8 0 6 では、押圧や曲げ等の外力が印加されたときに、画素領域 1 2 内部の液晶が流動する余地が残っている。

【 0 0 3 3 】

特許文献 1 には、少なくとも一方が透明な 1 対の電極付き基板と、当該基板間に保持され、樹脂壁およびコレステリック相を示す液晶を含む複合膜とを有し、当該電極が画素を形成している液晶素子が開示されている。複合膜には、1 画素内に樹脂壁の密度、配列ピッチおよび形状の 1 または 2 以上が互いに異なる複数の領域が存在する。

【 0 0 3 4 】

樹脂壁は、以下の製造工程によって形成される。まず、基板間に、室温でコレステリック相を示す液晶と、光硬化性樹脂の前駆体（例えば紫外線硬化性樹脂の前駆体）であるモノマーまたはオリゴマーと、重合開始剤とを所定の比率で混合した混合液を満たす。次いで、透明基板の外側に所定パターンを有するフォトマスクを置き、該フォトマスクを介して所定照度の光（例えば紫外線）を該コレステリック相を示す液晶のクリアリングポイント以上の温度（液晶が等方相となる温度）で照射する。これにより、光が照射された部位で樹脂モノマーまたはオリゴマーが硬化し、液晶と樹脂とが相分離して、マスク形状に対応した樹脂壁が形成される。

【 0 0 3 5 】

特許文献 1 に開示された液晶素子において、樹脂壁を形成する目的は、1 画素内に樹脂壁の密度、配列ピッチおよび形状の 1 または 2 以上が互いに異なる複数の領域を形成する

10

20

30

40

50

ことによって、多階調表示を実現することである。しかしながら、特許文献1に開示された液晶素子では、樹脂壁を形成するために多くの光硬化性樹脂を液晶に添加する必要があるため、液晶の駆動電圧が高くなる。従って、特許文献1に開示された液晶素子には、汎用のドライバICを適用できないという問題がある。また、樹脂壁の強度が弱く押圧に対する耐性が十分ではないという問題がある。

【0036】

液晶表示素子806において、開口部133の部分にも壁面構造体31を形成して、画素領域12の側面四方を切れ目なく囲むように壁面構造体31を形成し、液晶の注入と基板の貼り合わせを同時に行う方法が考えられる。この方法では、画素領域12の側面四方が壁面構造体31で完全に囲まれるので、複数の画素領域12を横断する液晶の流路は形成されない。従って、押圧や曲げによる液晶の流動がさらに抑制されるので、表示の変化がさらに抑制される。

10

【0037】

しかしながら、この方法では、液晶を注入するために、インクジェット方式等の特殊な方法を用いる必要がある。また、この方法では、注入する液晶の量を制御することも非常に困難である。従って、この方法では、液晶表示素子806内部に液晶を封入することが非常に困難であるという問題がある。また、基板貼り合わせ工程において、上基板（対向基板）と壁面構造体31との間に液晶が存在するため、上基板と壁面構造体31とを接着させることも困難である。さらに、壁面構造体が未硬化の状態では液晶と接触するため汚染の問題もある。

20

【0038】

本実施の形態による液晶表示素子は、液晶表示素子806と比較して、外力による表示の変化をさらに抑制する。また、本実施の形態による液晶表示素子は、液晶を容易に注入でき、かつ押圧、曲げに対する耐性が高い。

【0039】

本実施の形態による液晶表示素子について図2乃至図5を用いて説明する。本実施の形態では、液晶表示素子として、青（B）、緑（G）および赤（R）用コレステリック液晶を用いた液晶表示素子1を例にとって説明する。図2は、本実施の形態による液晶表示素子1の概略構成の一例を示している。図3は、図2の左右方向に平行な直線で液晶表示素子1を切断した断面構成を模式的に示している。

30

【0040】

図2および図3に示すように、液晶表示素子1は、プレーナ状態で青色の光を反射するB用液晶層3bを備えたB表示部（第1表示部）6bと、プレーナ状態で緑色の光を反射するG用液晶層3gを備えたG表示部（第2表示部）6gと、プレーナ状態で赤色の光を反射するR用液晶層3rを備えたR表示部（第3表示部）6rとを有している。B、G、Rの各表示部6b、6g、6rは、この順に光入射面（表示面）側から積層されている。

【0041】

B表示部6bは、対向配置された一对の上下基板7b、9bと、両基板7b、9b間に封止されたB用液晶層3bとを有している。B用液晶層3bは、青色の光を選択的に反射するように平均屈折率nや螺旋ピッチpが調整されたB用コレステリック液晶を有している。

40

【0042】

G表示部6gは、対向配置された一对の上下基板7g、9gと、両基板7g、9g間に封止されたG用液晶層3gとを有している。G用液晶層3gは、緑色の光を選択的に反射するように平均屈折率nや螺旋ピッチpが調整されたG用コレステリック液晶を有している。

【0043】

R表示部6rは、対向配置された一对の上下基板7r、9rと、両基板7r、9r間に封止されたR用液晶層3rとを有している。R用液晶層3rは、赤色の光を選択的に反射するように平均屈折率nや螺旋ピッチpが調整されたR用コレステリック液晶を有してい

50

る。

【0044】

B、G、R用の各液晶層3b、3g、3rを構成する液晶組成物は、ネマティック液晶混合物にカイラル材を10～40wt%添加したコレステリック液晶である。カイラル材の添加率は、ネマティック液晶成分とカイラル材との合計量を100wt%としたときの値である。ネマティック液晶としては従来公知の各種のものを用いることができるが、液晶層3b、3g、3rの駆動電圧を比較的低くするには、誘電率異方性 n_e/n_o が20

50であることが好ましい。また、コレステリック液晶の屈折率異方性 n_e/n_o の値は、0.18 n_e/n_o 0.24であることが好ましい。屈折率異方性 n_e/n_o がこの範囲より小さいと、プレーナ状態での各液晶層3b、3g、3rの反射率が低くなる。一方、屈折率異方性 n_e/n_o がこの範囲より大きいと、液晶層3b、3g、3rはフォーカルコニック状態での散乱反射が大きくなるほか、粘度も高くなり、応答速度が低下する。

10

【0045】

また、B用およびR用のコレステリック液晶に添加されるカイラル材と、G用のコレステリック液晶に添加されるカイラル材とは、互いに旋光性が異なる光学異性体である。従って、B用およびR用のコレステリック液晶の旋光性は同じで、G用コレステリック液晶の旋光性と異なっている。

【0046】

図4は、各液晶層3b、3g、3rのプレーナ状態での反射スペクトルの一例を示している。横軸は、反射光の波長(nm)を表し、縦軸は、反射率(白色板比；%)を表している。B用液晶層3bでの反射スペクトルは図中 印を結ぶ曲線で示されている。同様に、G用液晶層3gでの反射スペクトルは 印を結ぶ曲線で示し、R用液晶層3rでの反射スペクトルは 印を結ぶ曲線で示している。

20

【0047】

図4に示すように、各液晶層3b、3g、3rのプレーナ状態での反射スペクトルの中心波長は、液晶層3b、3g、3rの順に長くなる。B、G、Rの各表示部6b、6g、6rの積層構造において、プレーナ状態におけるG用液晶層3gでの旋光性と、B用およびR用液晶層3b、3rでの旋光性とを異ならしているので、図4に示す青と緑、および緑と赤の反射スペクトルが重なる領域では、例えば、B用液晶層3bとR用液晶層3rで右円偏光の光を反射させ、G用液晶層3gで左円偏光の光を反射させることができる。これにより、入射した光を効率よく反射することが可能となり、液晶表示素子1の表示画面の明るさを向上させることができる。

30

【0048】

本実施の形態では、上基板7b、7g、7r、および下基板9b、9g、9rとして、縦横の長さが10(cm)×8(cm)の大きさに切断した2枚のポリカーボネート(PC)フィルム基板を用いている。また、PC基板に代えてガラス基板やポリエチレンテレフタレート(PET)等のフィルム基板を使用することもできる。これらのフィルム基板は十分な可撓性を備えている。上基板7b、7g、7r、および下基板9b、9gは、透光性を有することが必要である。本実施の形態では、上基板7b、7g、7rおよび下基板9b、9g、9rはいずれも透光性を有しているが、最下層に配置されるR表示部6rの下基板9rは不透光性であってもよい。

40

【0049】

図2および図3に示すように、B表示部6bの下基板9bのB用液晶層3b側には、図2の図中上下方向に延びる複数の帯状のデータ電極19bが並列して形成されている。また、上基板7bのB用液晶層3b側には、図2の図中左右方向に延びる複数の帯状の走査電極17bが並列して形成されている。図2に示すように、上下基板7b、9bを電極形成面の法線方向に見て、複数の走査電極17bとデータ電極19bとは、互いに交差して対向配置されている。本実施の形態では、320×240ドットのQVGA表示ができるように、透明電極をパターンニングして0.24mmピッチのストライプ状の320本の走査電極17bおよび240本のデータ電極19bを形成している。なお、図3での符号1

50

9 b は、複数のデータ電極 1 9 b の存在領域を示しているのであって、それらの形状は示唆していない。走査電極 1 7 b およびデータ電極 1 9 b が交差する領域（基板面法線方向に見て走査電極およびデータ電極が重なる領域）のそれぞれが、B 画素領域 1 2 b となる。複数の B 画素領域 1 2 b は 3 2 0 行 × 2 4 0 列のマトリクス状に配置されている。画素領域がマトリクス状に配列されて表示画面を形成している。

【 0 0 5 0 】

走査電極 1 7 b およびデータ電極 1 9 b の形成材料としては、例えばインジウム錫酸化物（Indium Tin Oxide；ITO）が代表的であるが、その他インジウム亜鉛酸化物（Indium Zinc Oxide；IZO）等の透明導電膜、アルミニウムあるいはシリコン等の金属電極、またはアモルファスシリコン等の光導電性膜等を用いることができる。

10

【 0 0 5 1 】

両電極 1 7 b、1 9 b 上には機能膜として、それぞれ絶縁膜や液晶分子の配列を制御するための配向膜（いずれも不図示）がコーティングされていることが好ましい。絶縁膜は、電極 1 7 b、1 9 b 間の短絡を防止したり、ガスバリア層として液晶表示素子 1 の信頼性を向上させたりする機能を有している。また、配向膜には、ポリイミド樹脂、ポリアミドイミド樹脂、ポリエーテルイミド樹脂、ポリビニルブチラル樹脂およびアクリル樹脂等の有機膜や、酸化シリコン、酸化アルミニウム等の無機材料を用いることができる。本実施の形態では、例えば電極 1 7 b、1 9 b 上の基板全面には、配向膜が塗布（コーティング）されている。配向膜は絶縁性薄膜と兼用されてもよい。

20

【 0 0 5 2 】

図 3 に示すように、上下基板 7 b、9 b の外周囲に塗布されたシール材 2 1 b により、B 用液晶層 3 b は両基板 7 b、9 b 間に封止されている。また、B 用液晶層 3 b の厚さ（セルギャップ）d は均一に保持する必要がある。所定のセルギャップ d を維持するには、樹脂製または無機酸化物製の球状スペーサを B 用液晶層 3 b 内に散布したり、柱状スペーサを B 用液晶層 3 b 内に複数形成したりする。本実施の形態の液晶表示素子 1 においても、B 用液晶層 3 b 内に球状スペーサ（不図示）が挿入されてセルギャップ d の均一性が保持されている。B 用液晶層 3 b のセルギャップ d は、3 μm d 6 μm の範囲であることが好ましい。セルギャップ d がこれより小さいとプレーナ状態での液晶層 3 b の反射率が低くなり、これより大きいと駆動電圧が高くなりすぎる。

30

【 0 0 5 3 】

図 5 は、B 表示部 6 b の一部を基板面法線方向に見た構成を示している。図 5 に示すように、B 表示部 6 b は、液晶表示素子 8 0 6 に対して、開口部 1 3 3 に形成したポリマー層 3 5 を有している点に特徴を有している。図 5 では、9 個の B 画素領域 1 2 b およびその周囲を示している。

【 0 0 5 4 】

壁面構造体 3 1 は、下基板 9 b 上に形成されて、上基板 7 b（図 5 では不図示）に接触している。壁面構造体 3 1 は、接着性を有する部材であり、上基板 7 b および下基板 9 b の双方に接着されている。壁面構造体 3 1 は、球状スペーサと共に、セルギャップ d を維持するためのスペーサとしても機能する。基板面法線方向に見て、壁面構造体 3 1 は 2 辺の長さがほぼ等しい略十字形状を有している。壁面構造体 3 1 は、隣接する B 画素領域 1 2 b 間に形成されている。1 つの B 画素領域 1 2 b は、4 つの壁面構造体 3 1 によって囲まれている。壁面構造体 3 1 の中心は、B 画素領域 1 2 b の角部に位置している。

40

【 0 0 5 5 】

壁面構造体 3 1 は、例えばフォトレジストで形成されている。壁面構造体 3 1 は、例えば、フォトリソグラフィ法により形成される。壁面構造体 3 1 は、例えば以下の工程によって形成される。上下基板 7 b、9 b の貼り合わせ工程および液晶注入工程の前に、下基板 9 b 上にフォトレジストを塗布する。次に、フォトレジストを露光、現像し、壁面構造体 3 1 を形成する。

【 0 0 5 6 】

50

壁面構造体 3 1 の接着性は、例えば以下のようにして発現させることができる。壁面構造体 3 1 のポストベークを行う前に、壁面構造体 3 1 を形成した下基板 9 b と上基板 7 b とを貼り合わせ、上基板 7 b および下基板 9 b を貼り合わせた後に、壁面構造体 3 1 のポストベークを行う。これにより、壁面構造体 3 1 の形成材料によっては、壁面構造体 3 1 に接着性を発現させることができる。

【 0 0 5 7 】

上下基板 7 b、9 b としてフィルム基板を用いた液晶表示素子は、一般に強度およびセルギャップの均一性を高めることが難しい。しかしながら、本実施の形態によれば、壁面構造体 3 1 が上基板 7 b および下基板 9 b の双方に接着されているので、B 表示部 6 b の強度が高められ、またセルギャップの均一性が高められる。

10

【 0 0 5 8 】

液晶の熱膨張率は、一般的に壁面構造体の熱膨張率よりも大きい。従って、仮に、壁面構造体 3 1 に接着性がない場合、温度変化等によって液晶が膨張すると、壁面構造体 3 1 と上基板 7 b との間に空間が形成される。この場合、B 画素領域 1 2 b 内部の液晶は当該空間を介して他の B 画素領域 1 2 b に移動することが可能となるので、液晶は上基板 7 b および下基板 9 b 間を自由に流動してしまい、その結果表示の変化が著しく生じてしまう。一方、B 表示部 6 b の壁面構造体 3 1 は接着性を有し、上基板 7 b および下基板 9 b の双方に接着されている。従って、熱膨張等が原因で生じる液晶の流動を防止することができる。従って、B 表示部 6 b は、急激な温度変化による表示の変化を防止することができる。

20

【 0 0 5 9 】

隣接する 2 つの壁面構造体 3 1 間の開口部 1 3 3 にはポリマー層 3 5 が形成されている。ポリマー層 3 5 は、コレステリック液晶および壁面構造体 3 1 のいずれとも異なる材料の重合性物質（モノマーやオリゴマー）を重合して形成される。当該重合性物質は、コレステリック液晶に混合され、コレステリック液晶と共に B 用液晶層 3 b に注入される。壁面構造体 3 1 端部は、ポリマー層 3 5 を挟んで隣接する壁面構造体 3 1 の端部と対向している。ポリマー層 3 5 は、B 画素領域 1 2 b の 4 つの側面それぞれの中央近傍に形成されている。1 つの B 画素領域 1 2 b は、4 つのポリマー層 3 5 と接している。1 つの B 画素領域 1 2 b は、4 つの壁面構造体 3 1 および 4 つのポリマー層 3 5 によって切れ目なく囲まれている。B 画素領域 1 2 b 内部の液晶層 3 b は、ポリマー層 3 5 と同様に、重合性物質を重合して形成されたポリマー（図 5 では図示せず）を有している。当該ポリマーは、ポリマー層 3 5 と同一の材料で形成されている。

30

【 0 0 6 0 】

B 表示部 6 b では、B 画素領域 1 2 b の側面が 4 つの壁面構造体 3 1 および 4 つのポリマー層 3 5 によって切れ目なく囲まれ、壁面構造体 3 1 は上基板 7 b および下基板 9 b の双方に接着されているため、液晶表示素子 8 0 6 と比較して、B 画素領域 1 2 b 内部の液晶の流動がさらに制限される。このため、液晶表示素子 8 0 6 と比較して、B 表示部 6 b の表示面への押圧や折り曲げ等の外力による B 表示部 6 b の表示の変化をさらに抑制できる。すなわち、液晶表示素子 8 0 6 と比較して、メモリ表示状態の押圧、曲げに対する耐性がさらに向上する。

40

【 0 0 6 1 】

G 表示部 6 g および R 表示部 6 r は、B 表示部 6 b と同様の構造を有しているため、説明は省略する。図 2 および図 3 に示すように、R 表示部 6 r の下基板 9 r の外面（裏面）、すなわち表示面側とは反対側の最下部には、可視光吸収層 1 5 が配置されている。可視光吸収層 1 5 が設けられているので、B、G、R の各液晶層 3 b、3 g、3 r で反射されなかった光が効率よく吸収される。従って、液晶表示素子 1 はコントラスト比の高い表示を実現できる。なお、可視光吸収層 1 5 は必要に応じて設ければよい。

【 0 0 6 2 】

上基板 7 b、7 g、7 r には、複数の走査電極 1 7 b、1 7 g、1 7 r を駆動する走査電極用ドライバ IC が実装された走査電極駆動回路 2 5 が接続されている。また、下基板

50

9 b、9 g、9 rには、複数のデータ電極19 b、19 g、19 rを駆動するデータ電極用ドライバICが実装されたデータ電極駆動回路27が接続されている。走査電極駆動回路25およびデータ電極駆動回路27を含んで駆動部24が構成されている。

【0063】

走査電極駆動回路25は、制御回路23から出力された所定の信号に基づいて、所定の3本の走査電極17 b、17 g、17 rを選択して、それら3本の走査電極17 b、17 g、17 rに対して走査信号を同時に出力するようになっている。一方、データ電極駆動回路27は、制御回路23から出力された所定の信号に基づいて、選択された走査電極17 b、17 g、17 r上のB、G、R画素領域12 b、12 g、12 rに対する画像データ信号をデータ電極19 b、19 g、19 rのそれぞれに出力するようになっている。走査電極用およびデータ電極用ドライバICとして、例えばTCP（テープキャリアパッケージ）構造の汎用のSTN用ドライバICが用いられている。

10

【0064】

走査電極駆動回路25の所定の出力端子は、走査電極17 b、17 g、17 rの所定の各入力端子に共通接続されている。こうすることにより、B、G、R用の各表示部6 b、6 g、6 r毎に走査電極駆動回路25を設ける必要がなくなるので液晶表示素子1の駆動回路の構成を簡略化することができる。また、走査電極用ドライバICの数を削減できるので液晶表示素子1の低コスト化を実現することができる。なお、B、G、R用の走査電極駆動回路25の出力端子の共通化は、必要に応じて行えばよい。

【0065】

本実施の形態による液晶表示素子1は、液晶としてコレステリック液晶を用いている。従って、カラー表示およびメモリ表示（消費電力=0での画像表示）を容易に実現できる。

20

【0066】

次に、液晶表示素子1の駆動方法について図6および図7を用いて説明する。図6は、液晶表示素子1の駆動波形の一例を示している。図6(a)は、コレステリック液晶をプレーナ状態にさせるための駆動波形であり、図6(b)は、コレステリック液晶をフォーカルコニック状態にさせるための駆動波形である。図6(a)および図6(b)において、図上段は、データ電極駆動回路27から出力されるデータ信号電圧波形Vdを示し、図中段は、走査電極駆動回路25から出力される走査信号電圧波形Vsを示し、図下段はいずれかの画素領域12 b、12 g、12 rの液晶層3 b、3 g、3 rに印加される印加電圧波形Vlcを示している。また、図6(a)および図6(b)において、図の左から右に時間経過を表し、図の上下方向は電圧を表している。

30

【0067】

図7は、コレステリック液晶の電圧-反射率特性の一例を示している。横軸はコレステリック液晶に印加される電圧値(V)を表し、縦軸はコレステリック液晶の反射率(%)を表している。図7に示す実線の曲線Pは、初期状態がプレーナ状態におけるコレステリック液晶の電圧-反射率特性を示し、破線の曲線FCは、初期状態がフォーカルコニック状態におけるコレステリック液晶の電圧-反射率特性を示している。

【0068】

ここでは、図2に示すB表示部6 bの第1列目のデータ電極19 b(1)と第1行目の走査電極17 b(1)との交差部の青(B)画素領域12 b(1,1)に所定の電圧を印加する場合を例にとりて説明する。図6(a)に示すように、第1行目の走査電極17 b(1)が選択される選択期間T1の前側の約1/2の期間では、データ信号電圧Vdが+3.2Vとなるのに対し走査信号電圧Vsが0Vとなり、後側の約1/2の期間では、データ信号電圧Vdが0Vとなるのに対し走査信号電圧が+3.2Vとなる。このため、B画素領域12 b(1,1)のB用液晶層3 bには、選択期間T1の間に±3.2Vのパルス電圧が印加される。図7に示すように、コレステリック液晶に所定の高電圧VP100（例えば、3.2V）が印加されて強い電界が生じると、液晶分子の螺旋構造は完全にほどけ、全ての液晶分子が電界の向きに従うホメオトロピック状態になる。従って、B画素領域12

40

50

b (1 , 1) の B 用液晶層 3 b の液晶分子は選択期間 T 1 では、ホメオトロピック状態になる。

【 0 0 6 9 】

選択期間 T 1 が終了して非選択期間 T 2 になると、第 1 行目の走査電極 1 7 b (1) には、例えば + 2 8 V または + 4 V の電圧が選択期間 T 1 の 1 / 2 の周期で印加される。一方、1 列目のデータ電極 1 9 b (1) には、所定のデータ信号電圧 V d が印加される。図 6 (a) では、例えば + 3 2 V および 0 V の電圧が選択期間 T 1 の 1 / 2 の周期で第 1 列目のデータ電極 1 9 b (1) に印加されている。このため、B 画素領域 1 2 b (1 , 1) の B 用液晶層 3 b には、非選択期間 T 2 の間に ± 4 V のパルス電圧が印加される。これにより、非選択期間 T 2 の間では、B 画素領域 1 2 b (1 , 1) の B 用液晶層 3 b に生じる電界はほぼゼロになる。

10

【 0 0 7 0 】

液晶分子がホメオトロピック状態のときに液晶印加電圧が V P 1 0 0 (± 3 2 V) から V F 0 (± 4 V) に変化して急激に電界がほぼゼロになると、液晶分子は螺旋軸が両電極 1 7 b (1) 、 1 9 b (1) に対してほぼ垂直な方向に向く螺旋状態になり、螺旋ピッチに応じた光を選択的に反射するプレーナ状態になる。従って、B 画素領域 1 2 b (1 , 1) の B 用液晶層 3 b はプレーナ状態になって光を反射するため、B 画素領域 1 2 b (1 , 1) には青が表示される。

【 0 0 7 1 】

一方、図 6 (b) に示すように、選択期間 T 1 の前側の約 1 / 2 の期間および後側の約 1 / 2 の期間で、データ信号電圧 V d が 2 4 V / 8 V となるのに対し、走査信号電圧 V s が 0 V / + 3 2 V となると、B 画素領域 1 2 b (1 , 1) の B 用液晶層 3 b には、± 2 4 V のパルス電圧が印加される。図 7 に示すように、コレステリック液晶に所定の低電圧 V F 1 0 0 b (例えば、2 4 V) が印加されて弱い電界が生じると、液晶分子の螺旋構造が完全には解けない状態になる。非選択期間 T 2 になると、第 1 行目の走査電極 1 7 b (1) には、例えば + 2 8 V / + 4 V の電圧が選択期間 T 1 の 1 / 2 の周期で印加され、データ電極 1 9 b (1) には、所定のデータ信号電圧 V d (例えば + 2 4 V / 8 V) の電圧が選択期間 T 1 の 1 / 2 の周期で印加される。このため、B 画素領域 1 2 b (1 , 1) の B 用液晶層 3 b には、非選択期間 T 2 の間に、- 4 V / + 4 V のパルス電圧が印加される。これにより、非選択期間 T 2 の間では、B 画素領域 1 2 b (1 , 1) の B 用液晶層 3 b に生じる電界はほぼゼロになる。

20

30

【 0 0 7 2 】

液晶分子の螺旋構造が完全には解けない状態において、コレステリック液晶の印加電圧が V F 1 0 0 b (± 2 4 V) から V F 0 (± 4 V) に変化して急激に電界がほぼゼロになると、液晶分子は螺旋軸が両電極 1 7 b (1) 、 1 9 b (1) に対してほぼ平行な方向に向く螺旋状態になり、入射光を透過するフォーカルコニック状態になる。従って、B 画素領域 1 2 b (1 , 1) の B 用液晶層 3 b はフォーカルコニック状態になって光を透過する。なお、図 7 に示すように、V P 1 0 0 (± 3 2 V) の電圧を印加して、液晶層に強い電界を生じさせた後に、緩やかに電界を除去しても、コレステリック液晶はフォーカルコニック状態にすることができる。

40

【 0 0 7 3 】

上記駆動電圧、駆動方法は一例であり、室温で、両電極 1 7 b (1) 、 1 9 b (1) 間に 3 0 ~ 3 5 V のパルス状電圧を実効時間 2 0 m s の間印加すると、B 用液晶層 3 b のコレステリック液晶は選択反射状態 (プレーナ状態) となり、1 5 ~ 2 2 V のパルス状の電圧を実効時間 2 0 m s の間印加すると、良好な透過状態 (フォーカルコニック状態) となる。

【 0 0 7 4 】

なお、コレステリック液晶に中間的な強さの電界を与え、急激に当該電界を除去すると、プレーナ状態とフォーカルコニック状態とが混在した中間調となり、多階調表示が可能となる。

50

【0075】

上述のB画素領域12b(1,1)の駆動と同様にして緑(G)画素領域12g(1,1)および赤(R)画素領域12r(1,1)を駆動することにより、3つのB、G、R画素領域12b(1,1)、12g(1,1)、12r(1,1)を積層した画素領域12(1,1)にカラー表示をすることができる。また、第1行から第320行までの走査電極17b(1)~17b(320)、17g(1)~17g(320)、17r(1)~17r(320)をいわゆる線順次駆動(線順次走査)させて1行毎に各データ電極19b、19g、19rのデータ電圧を書き換えることにより、画素領域12(1,1)から画素領域12(320,240)までの全てに表示データを出力して1フレーム(表示画面)分のカラー表示が実現できる。

10

【0076】

次に、液晶表示素子1の製造方法の一例について図3、図8乃至図12を用いて説明する。まず、B表示部6bの製造方法について説明する。まず、縦横の長さが10(cm)×8(cm)の大きさに切断した2枚のポリカーボネート(PC)フィルム基板(上下基板)7b、9b上にITO透明電極を形成してエッチングによりパターンニングし、0.24mmピッチのストライプ状の電極(走査電極17bまたはデータ電極19b)をそれぞれ形成する。320×240ドットのQVGA表示ができるよう、2枚のPCフィルム基板7b、9b上にそれぞれストライプ状の電極17b、19bが形成される。

【0077】

次に、図8に示すように、フォトリソグラフィ法を用いて、一方のPCフィルム基板(下基板)9b上の隣接画素領域12b間に、壁面構造体31および開口部133を形成する。より具体的には、一方のPCフィルム基板(下基板)9b上に、アクリル系感光性樹脂(フォトレジスト)を塗布する。次に、アクリル系感光性樹脂を露光、現像し、図8に示すように、画素領域12b間に壁面構造体31および開口部133を形成する。壁面構造体31(アクリル系感光性樹脂)のポストバークは、この段階では行わない。なお、壁面構造体31の形成材料は、2枚のPCフィルム基板(上下基板)7b、9bを重ね合わせたとき、接着性を発現するものが好ましい。

20

【0078】

開口部133は、B画素領域12bの4つの側面それぞれの中央近傍に形成される。1つのB画素領域12bは、4つの開口部133と接する。開口部133は、隣接するB画素領域12b間の液晶層を連結する。開口部133は、B画素領域12b内部に液晶を注入するために形成される。

30

【0079】

一方、他方のPCフィルム基板(上基板)7b上には、ポリイミド系の配向膜材料をスピコートにより約700 μ mの厚さに塗布する。次に、配向膜材料が塗布されたPCフィルム基板(上基板)7bを90 $^{\circ}$ のオープン中で1時間のバーク処理を行い、配向膜を形成する。なお、配向膜を両基板7b、9bに形成してもよい。次に、一方のPCフィルム基板(下基板)9b上の周縁部にエポキシ系のシール材21bをディスペンサを用いて塗布する。シール材21bは液晶を注入するための注入口を有する。

【0080】

次に、他方のPCフィルム基板(上基板)7bに、4 μ m径のスペーサ(積水ファインケミカル社製)を散布する。次いで、壁面構造体31が2枚のPCフィルム基板(上下基板)7b、9bの双方に接触するように2枚のPCフィルム基板(上下基板)7b、9bを貼り合わせる。次に、貼り合わせた両基板7b、9bを160 $^{\circ}$ で1時間加熱し、シール材21bおよび壁面構造体31を硬化する。壁面構造体31の形成材料によっては、両基板7b、9bを貼り合わせた後に壁面構造体31のポストバークを行うことにより、壁面構造体31に接着性を発現させることができる。これにより、シール材21bおよび壁面構造体31は、両基板7b、9bに接着される。

40

【0081】

次に、図9(a)および図9(b)に示す2種類の単官能アクリルモノマー(例えば、

50

UVキュアラブル液晶、大日本インキ化学工業株式会社製、UCL-001)を、B用コレステリック液晶に混合する。図9(a)および図9(b)は、コレステリック液晶に混合される単官能アクリルモノマー(以下、単にモノマーと言う)の構造式をそれぞれ示している。図9(a)および図9(b)に示す2種類のモノマーは、液晶分子と同様に剛直な棒状構造を有し、室温(25)で液晶性を示し、コレステリック液晶に対して高い相溶性を有する。よって、2種類のモノマーは、コレステリック液晶に対して分子オーダーで混ざり合う。従って、均質な混合液を得ることができる。また、混合液も室温(25)で液晶性を示す。2種類のモノマーは、液晶および壁面構造体31のいずれとも異なる材料である。図9(a)および図9(b)に示すように、2種類のモノマーは、いずれも二重結合を有している。2種類のモノマーは、いずれも光硬化性を有する。モノマーの添加率は、3~20wt%が好ましい。

10

【0082】

図10(a)乃至図12(a)は、液晶表示素子1の製造工程を示す図であり、B表示部6bの一部を基板面法線方向に見た構成を示している。図10(b)乃至図12(b)は、図10(a)乃至図12(a)のA-A線で切断した断面を示している。真空注入法により、一對の上下基板7b、9b間に液晶および2種類のモノマーの混合液を注入口から注入する。図10(a)に示すように、注入された液晶33および2種類のモノマー61は、開口部133を介して、全てのB画素領域12b内部に充填される。このように、開口部133は全てのB画素領域12b内部に液晶およびモノマー61を充填するための液晶33およびモノマー61の流路となる。また、図10(b)に示すように、液晶33およびモノマー61は開口部133にも充填される。図10(a)および図10(b)では、液晶33およびモノマー61を楕円で模式的に示している。次に、エポキシ系の封止材で注入口を封止する。

20

【0083】

本実施の形態による液晶表示素子1の製造方法では、液晶33およびモノマー61を注入する際に、隣接するB画素領域12b間の液晶層を連結する開口部133が形成されているので、液晶33およびモノマー61の注入に真空注入法を用いることができる。また、液晶33およびモノマー61の混合液も、液晶と同様に室温(25)で液晶性を示す。従って、液晶33およびモノマー61を容易に基板7b、9b間に注入することが可能である。

30

【0084】

次に、図11(b)に示すように、例えば、B画素領域12bおよび壁面構造体31を遮光するフォトマスク71を用いて、開口部133を紫外光(中心波長365nm)で露光する。紫外光の露光量は、例えば、照射輝度が中心波長365nmで2mW/cm²、照射時間が4分間である。なお、B画素領域12bを遮光するフォトマスクを用いて、壁面構造体31および開口部133を露光してもよい。

【0085】

液晶33および2種類のモノマー61は、液晶33の熱的ゆらぎにより上下基板7b、9b間を流動している。紫外光を開口部133に照射することにより、二重結合を有する2種類のモノマー61が開口部133で重合して、ポリマーが化学合成される。図11(a)および図11(b)に示すように、分子量が増したポリマーは繊維状のネットワークとして開口部133に析出・硬化し、開口部133にポリマー層35が形成される。ポリマー層35が形成されることにより、B画素領域12bは壁面構造体31およびポリマー層35によって切れ目なく囲まれる。なお、図11(a)に示すように、一部のモノマー61が重合されず、B画素領域12b内部にモノマー61が残存することもある。

40

【0086】

次に、図12(b)に示すように、B表示部6bを(B画素領域12bを含めて)全面露光する。これにより、図12(a)に示すように、未露光部であるB画素領域12b内部に残存する2種類のモノマー61が重合されてポリマー63がB画素領域12b内部に形成される。なお、当該全面露光工程は、必要に応じて行えばよい。以上の工程により、

50

B表示部6bの作製が完了する。同様の方法により、G、R表示部6g、6rを作製する。

【0087】

次に、図3に示すように、表示面側からB、G、R表示部6b、6g、6rをこの順に積層する。次いで、R表示部6rの下基板9r裏面に可視光吸収層15を配置する。次に、積層したB、G、R表示部6b、6g、6rの走査電極17の端子部およびデータ電極19の端子部にTCP構造の汎用のSTN用ドライバICを圧着し、さらに電源回路および制御回路23を接続する。こうしてQVGA表示が可能な液晶表示素子1が完成する。なお図示は省略するが、完成された液晶表示素子1に入出力装置および全体を統括制御する制御装置（いずれも不図示）を設けることにより電子ペーパーが完成する。

10

【0088】

本実施の形態による液晶表示素子1の製造方法によれば、液晶注入前に、画素領域12の大部分を囲む壁面構造体31と液晶表示素子内部に液晶を注入するための開口部133とを形成する。従って、本実施の形態による液晶表示素子1の製造方法によれば、真空注入法を用いて、液晶を容易に注入できる。また、液晶表示素子1は、壁面構造体31によって液晶表示素子1の強度を向上させ、かつ液晶の流動を抑制することができる。また、本実施の形態による液晶表示素子1の製造方法によれば、液晶注入後に開口部133にポリマー層35を形成する。従って、液晶表示素子1は、画素領域12b、12g、12r内部の液晶の流動をさらに抑制できる。従って、液晶表示素子1は、表示面への押圧や曲げ等の外力による表示の変化（メモリ性の消失）に対する耐性を壁面構造体31によって高められ、開口部133にポリマー層35を形成することで当該耐性をさらに高められる。液晶表示素子1は、液晶注入の容易性と、表示面への押圧や曲げ等の外力による表示の変化に対する耐性とを両立できる。

20

【0089】

また、本実施の形態による液晶表示素子1の製造方法によれば、モノマーが光硬化性を有する物質である。従って、モノマーを液晶と一緒に液晶表示素子内部に注入することができ、液晶およびモノマー注入後にマスク露光でモノマーを開口部133で硬化させることができる。

【0090】

なお、液晶表示素子1において、壁面構造体31を形成せず、ポリマー層35を画素領域12b、12g、12r間全体に形成することも考えられる。ポリマー層35が画素領域12b、12g、12r間全体に形成され、画素領域12b、12g、12rがポリマー層35によって切れ目なく囲まれるので、当該液晶表示素子も表示の変化を抑制できる。しかしながら、画素領域12b、12g、12rを切れ目なく囲むようにポリマー層35を形成するためには、壁面構造体31を形成する場合と比較して大量のモノマーを液晶に混合する必要がある。よって、モノマーの添加率が高くなる。従って、当該液晶表示素子には、液晶の駆動電圧が高くなるという問題が生じる。また、壁面構造体31が形成されないので、当該液晶表示素子には、液晶表示素子の強度が低下し、かつセルギャップの均一性を維持するのが困難であるという問題が生じる。

30

【0091】

（実施例）

液晶表示素子1の押圧および曲げに対する耐性を調べた。液晶表示素子1は、曲率半径 $R = 30\text{ mm}$ の曲げに対して、記憶された表示に変化は見られなかった。また、液晶表示素子1は、 6 kg/cm^2 の押圧に対しても記憶された表示に変化は見られなかった。

40

【0092】

このように、液晶表示素子1は、押圧、曲げなどの外力に対して、高い耐性を示す。液晶表示素子1の外力に対する高い耐性は、開口部133をポリマー層35で塞ぐことによる液晶の流動の抑制と、壁面構造体31の圧縮に対する高い耐性と、壁面構造体31が上下基板の双方に接着されていることによるセルギャップ変化の抑制とによるものである。

【0093】

50

(比較例)

光硬化性物質である単官能アクリルモノマーをコレステリック液晶に混合せず、光硬化性物質を硬化させるための工程(図11および図12に示す工程)を省略する以外は、液晶表示素子1と同様の製造方法により、液晶表示素子を作製した。当該液晶表示素子の押圧および曲げに対する耐性を調べた。当該液晶表示素子は、曲率半径 $R = 60\text{ mm}$ の曲げに対して、記憶された表示に変化はみられなかったものの、それ以上の曲げに対しては表示の乱れが確認された。また、当該液晶表示素子の耐押圧は、 2 kg/cm^2 であった。耐押圧は、液晶表示素子の表示面を人が指で押圧したときに、その液晶表示素子が表示変化に耐えうる最大の指の押圧力を示す。

【0094】

以上説明したように、本実施の形態によれば、コレステリック液晶を用いた液晶表示素子において、容易に液晶を注入でき、かつ押圧や曲げ等の外力による表示の変化を抑制できる液晶表示素子1が得られる。また、本実施の形態による液晶表示素子1を備えた電子ペーパーは、押圧や曲げ等の外力による表示の変化を抑制でき、明るく、カラー表示が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0095】

本発明は、上記実施の形態に限らず種々の変形が可能である。

例えば、上記実施の形態では、パッシブマトリクス型(単純マトリクス型)の液晶表示素子を例に挙げたが、本発明はこれに限らず、画素毎に薄膜トランジスタ(TFT)または薄膜ダイオード(TFD)などのスイッチング素子が備えられたアクティブマトリクス型の液晶表示素子にも適用できる。

【0096】

また、上記実施の形態では、コレステリック液晶を用いる液晶表示素子を例に挙げたが、本発明はこれに限らず、表示のメモリ性を有する他の液晶を用いる液晶表示素子にも適用可能である。

【0097】

また、上記実施の形態では、B、G、R表示部6b、6g、6rが積層された3層構造の液晶表示素子を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限られず、2層または4層以上の構造の液晶表示素子にも適用できる。

【0098】

また、上記実施の形態では、プレーナ状態で青、緑または赤色の光を反射する液晶層3b、3g、3rを備えた表示部6b、6g、6rを有する液晶表示素子を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限られず、プレーナ状態でシアン、マゼンタまたはイエローの光を反射する液晶層を備えた表示部を3層有する液晶表示素子にも適用できる。

【0099】

また、上記実施の形態では、壁面構造体31は画素領域12b、12g、12r内には形成されていないが、本発明はこれに限らず、画素領域内、たとえば画素領域の中央部や画素領域内に複数個形成されてもよい。壁面構造体31は、完全に画素領域12b、12g、12rの外側に形成する必要はなく、画素領域の周辺部に重なってもよい。壁面構造体31は、壁面構造体31の強度を高め、接着性を安定させるために、画素領域12b、12g、12r内の外周部に形成されていてもよい。

【0100】

また、ポリマー層35の形成材料は、図9(a)および図9(b)に示す2種類のモノマーに限らず、光硬化性を有するその他のモノマーまたはオリゴマーでもよい。

【0101】

また、壁面構造体31の接着性の発現方法は、壁面構造体31のポストベークを行う前に、壁面構造体31を形成した下基板と上基板とを貼り合わせ、上基板および下基板を貼り合わせた後に、壁面構造体31のポストベークを行う方法に限られない。壁面構造体31の形成材料によっては、壁面構造体31のポストベークを行った後に下基板と上基板と

10

20

30

40

50

を貼り合わせることにより、接着性を発現できるものもある。

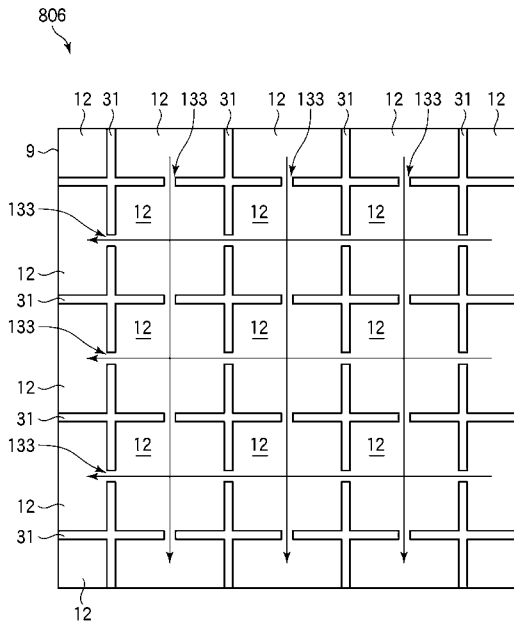
【0102】

また、壁面構造体31の形状は、2辺の長さがほぼ等しい略十字形状に限られない。画素領域12b、12g、12rが壁面構造体31およびポリマー層35によって切れ目なく囲まればよい。壁面構造体31の形状は、例えば、2辺の長さが異なる略十字形状でもよい。

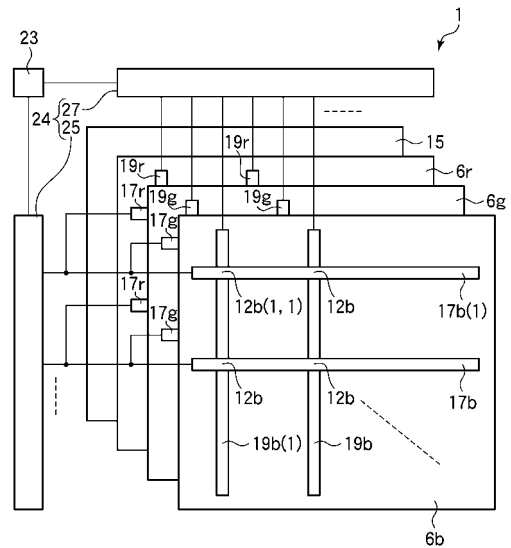
【0103】

また、開口部133(ポリマー層35)の数は、1つの画素領域12b、12g、12rにつき4箇所に限られない。全ての画素領域12b、12g、12rに液晶を注入することができるように開口部133(ポリマー層35)が形成されればよく、開口部133(ポリマー層35)を1つの画素領域12b、12g、12r毎に2箇所、3箇所、または5箇所以上形成してもよい。また、開口部133(ポリマー層35)の形成位置は、画素領域12b、12g、12rの4つの側面それぞれの中央近傍に限られない。

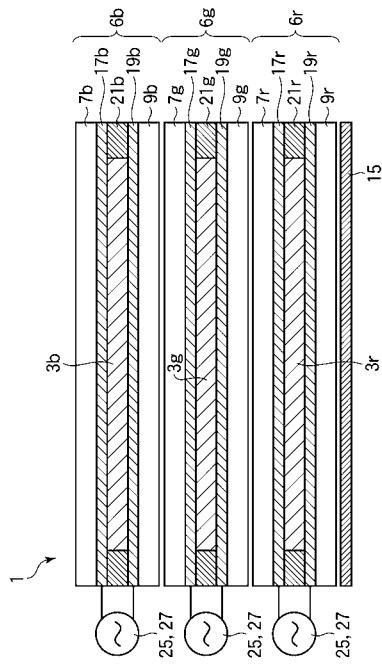
【図1】



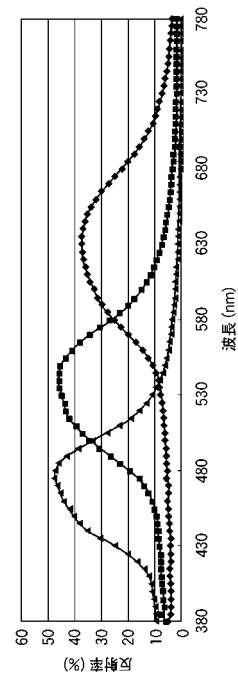
【図2】



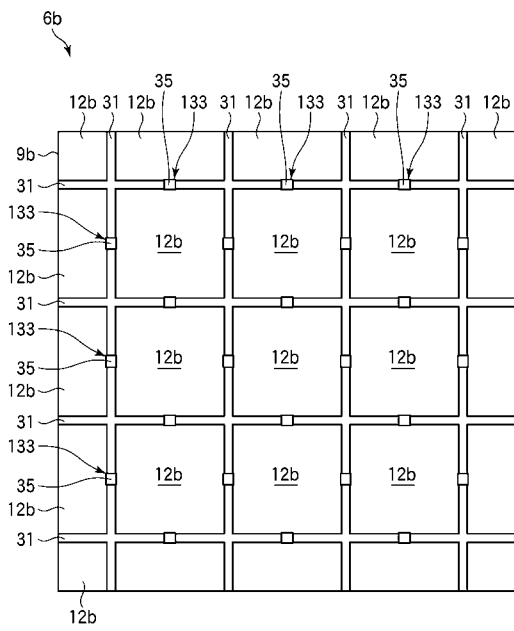
【 図 3 】



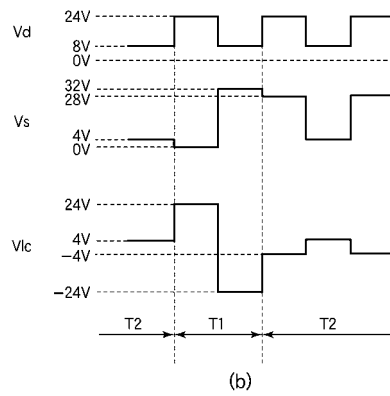
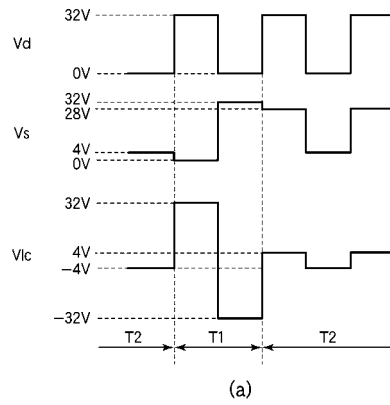
【 図 4 】



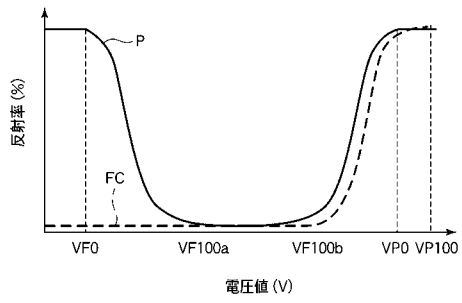
【 図 5 】



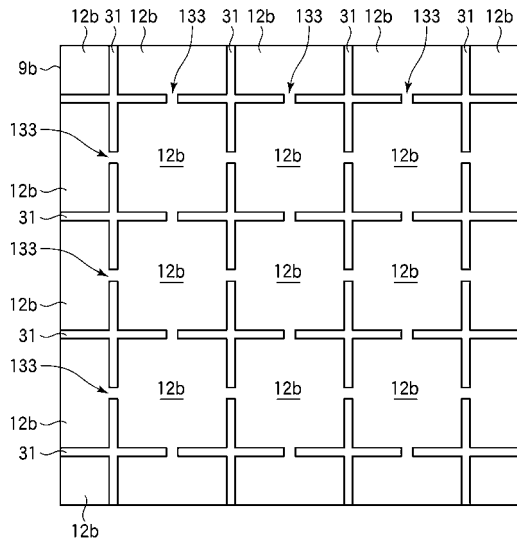
【 図 6 】



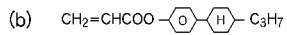
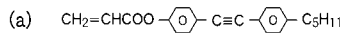
【 図 7 】



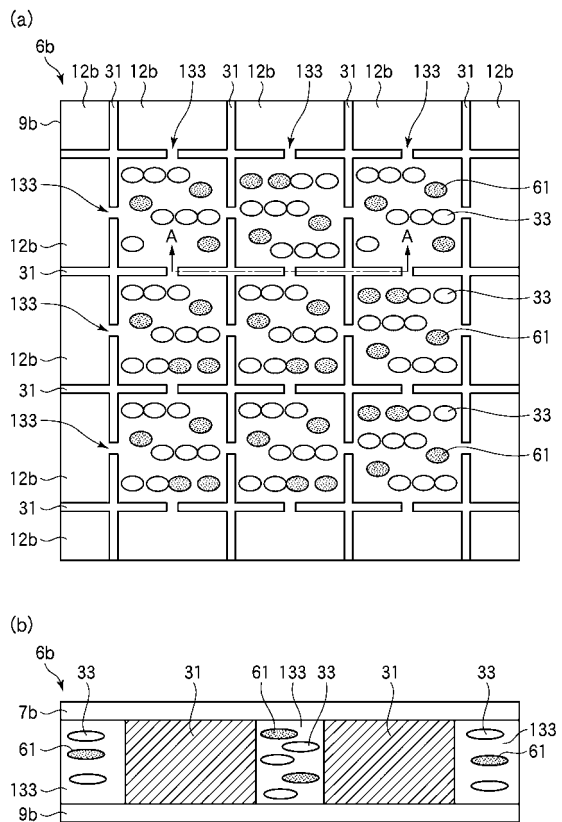
【 図 8 】



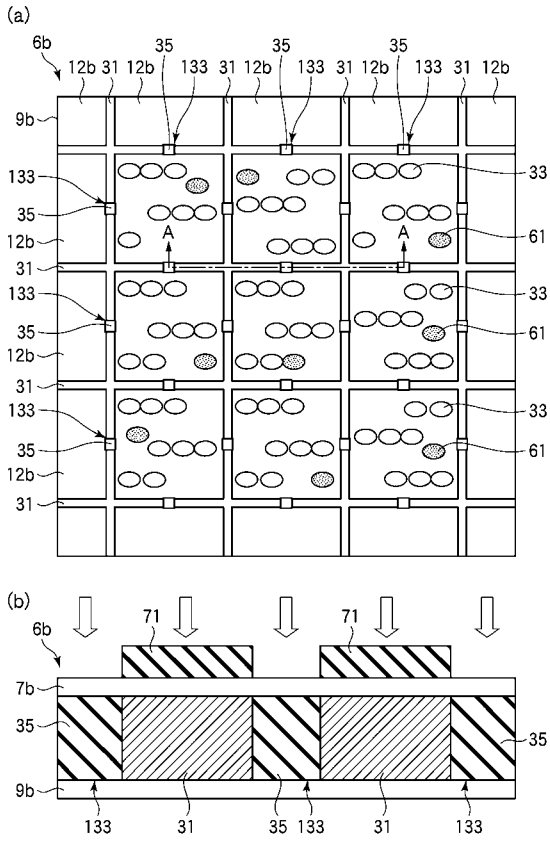
【 図 9 】



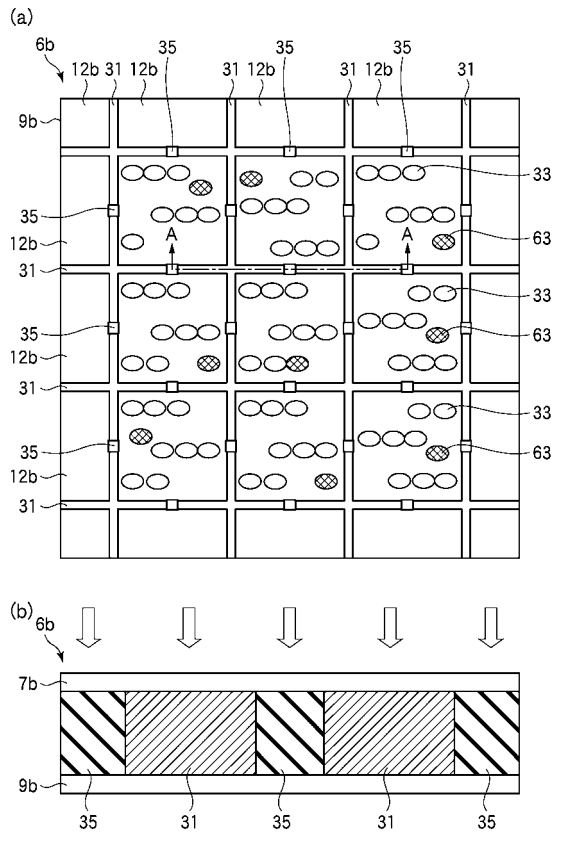
【 図 10 】



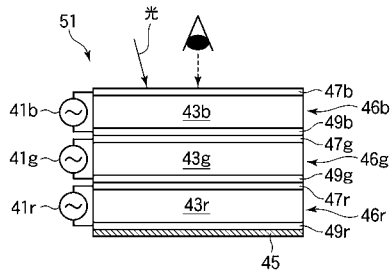
【 図 1 1 】



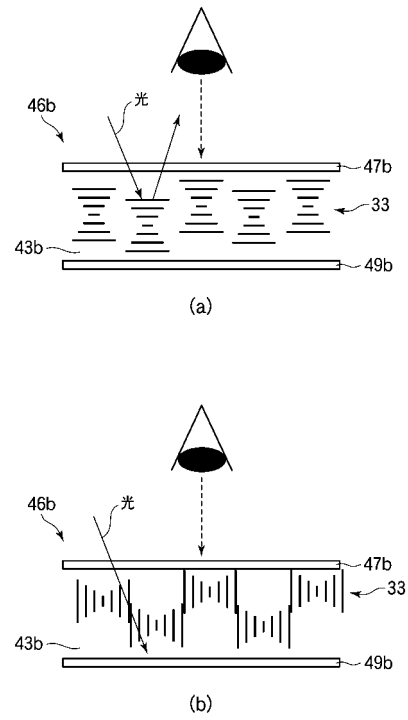
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-311952(JP,A)
特開2001-305551(JP,A)
特開平07-028039(JP,A)
特開昭63-116126(JP,A)
国際公開第2006/100713(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/1339

G02F 1/137

G02F 1/1333