

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2008年10月23日 (23.10.2008)

PCT

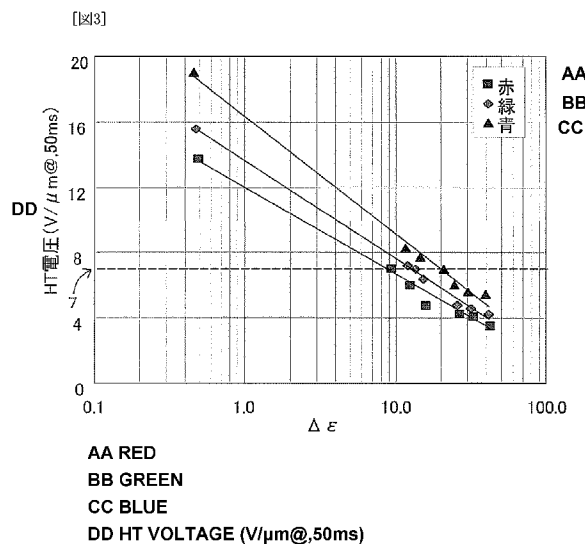
(10) 国際公開番号
WO 2008/126178 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/1347 (2006.01) G02F 1/137 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/055082
- (22) 国際出願日: 2007年3月14日 (14.03.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 吉原 敏明 (YOSHIHARA, Toshiaki) [JP/JP]; 〒2118588 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 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 森岡 正樹 (MORIOKA, Masaki); 〒1670033 東京都杉並区清水1丁目16番5号 IWA I ビル 4階 森岡特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

[続葉有]

(54) Title: LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE AND ELECTRONIC PAPER USING SAME

(54) 発明の名称: 液晶表示装置及びそれを用いた電子ペーパー



(57) Abstract: It is an object to provide a liquid crystal display device, which displays an image by driving a cholesteric phase liquid crystal composition, and electronic paper using it with features of easy production and production cost reduction achieved. The liquid crystal display device is comprised of a blue liquid crystal display element confining a blue liquid crystal to selectively reflect blue light between opposing substrates, a green liquid crystal display element confining a green liquid crystal to selectively reflect green light between opposing substrates, and a red liquid crystal display element confining a red liquid crystal to selectively reflect red light between opposing substrates, which are stacked in this order. If blue, green and red anisotropic dielectric constants are $\Delta \epsilon_B$, $\Delta \epsilon_G$ and $\Delta \epsilon_R$, respectively, the blue, green and red liquid crystal display elements are configured to satisfy the following relationship: $\Delta \epsilon_B > \Delta \epsilon_G > \Delta \epsilon_R$.

(57) 要約: 本発明は、コレステリック相を示す液晶組成物を駆動して画像を表示する液晶表示装置及びそれを用いた電子ペーパーに関し、製造の容易性を実現すると共に製造コストの低減を達成できる液晶表示装置及びそれを用いた電子ペーパーを提供することを目的とする。液晶表示装置は、青色光を選択

[続葉有]



WO 2008/126178 A1



KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

的に反射する青色用液晶を対向基板間に封止した青色用液晶表示素子と、緑色光を選択的に反射する緑色用液晶を対向基板間に封止した緑色用液晶表示素子と、赤色光を選択的に反射する赤色用液晶を対向基板間に封止した赤色用液晶表示素子とが表示面側からこの順に積層され、青色用液晶の誘電率異方性の大きさを $\Delta \varepsilon_B$ とし、緑色用液晶の誘電率異方性の大きさを $\Delta \varepsilon_G$ とし、赤色用液晶の誘電率異方性の大きさを $\Delta \varepsilon_R$ とすると、 $\Delta \varepsilon_B > \Delta \varepsilon_G > \Delta \varepsilon_R$ の関係を満たすように構成する。

明 細 書

液晶表示装置及びそれを用いた電子ペーパー

技術分野

- [0001] 本発明は、液晶材料、特に、コレステリック相を示す液晶組成物を駆動して画像を表示する液晶表示装置及びそれを用いた電子ペーパーに関する。

背景技術

- [0002] 近年、各企業及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装置の一つに、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又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)を用いた液晶表示装置がある。コレステリック液晶は、半永久的な表示保持特性(電力供給がない状態での画像表示;メモリ性)、鮮やかなカラー表示特性、高コントラスト特性、及び高解像度特性等の優れた特徴を有している。

- [0003] 特許文献1:特開2000-292777号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0004] ところで、コレステリック液晶を用いた液晶表示装置は、カラー表示をさせるために各色用の液晶表示素子を複数枚積層する構成を有している。この場合において、一般には同様の組成のコレステリック液晶を用いるため、液晶表示素子のパネルギャップ及び液晶の駆動電圧は各色毎に異ならせる必要がある。
- [0005] 例えば、製造工程を簡略化するために、各色用の液晶表示素子のパネルギャップをほぼ同一にした1種類の液晶表示パネルを用いる場合には、液晶に印加する駆動電圧を各色毎に異ならせる必要が生じる。例えば、赤色用液晶表示素子では約19V、緑色用液晶表示素子では約25V、青色用液晶表示素子では約31Vの駆動電圧となる。このため、各色毎に別個に駆動回路を設ける必要が生じてしまい、液晶表示装置の低コスト化を阻害する要因となっている。

[0006] 一方、各色用の液晶の駆動回路を共通化するために、各色用の液晶表示素子の液晶の駆動電圧をほぼ同一に設定した場合には、液晶表示素子のパネルギャップを各色毎に変える必要が生じる。例えば、赤、緑、青の液晶表示素子で、それぞれ、約 $6.5\mu\text{m}$ 、約 $5\mu\text{m}$ 、約 $4\mu\text{m}$ となる。このため、各色毎に専用の液晶表示パネルを作製する必要が生じてしまい、煩雑な製造工程を実施せざるを得ないという問題が生じている。

[0007] このように、コレステリック液晶を用いた積層型の従来の液晶表示装置では、煩雑な製造工程を実施せざるを得ず、製造の容易性や製造コストの低減は困難である。

[0008] 本発明の目的は、製造の容易性を実現すると共に製造コストの低減を達成できる液晶表示装置及びそれを用いた電子ペーパーを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 上記目的は、異なる波長の光を選択的に反射する複数の液晶をそれぞれ対向基板間に封止した複数の液晶表示素子が積層された液晶表示装置であって、波長の相対的に短い光を選択的に反射する液晶の誘電率異方性の大きさは、波長の相対的に長い光を選択的に反射する液晶の誘電率異方性の大きさより大きいことを特徴とする液晶表示装置によって達成される。

[0010] また、上記本発明の液晶表示装置であって、前記複数の液晶表示素子のパネルギャップはほぼ同一であることを特徴とする。また、上記本発明の液晶表示装置であって、前記複数の液晶の駆動電圧範囲はほぼ同一であることを特徴とする。

[0011] また、上記本発明の液晶表示装置であって、前記複数の液晶は、コレステリック相を形成する液晶を含むことを特徴とする。また、上記本発明の液晶表示装置であって、青色光を選択的に反射する青色用液晶を対向基板間に封止した青色用液晶表示素子と、緑色光を選択的に反射する緑色用液晶を対向基板間に封止した緑色用液晶表示素子と、赤色光を選択的に反射する赤色用液晶を対向基板間に封止した赤色用液晶表示素子と、が積層され、前記青色用液晶の誘電率異方性の大きさを $\Delta \epsilon_B$ とし、前記緑色用液晶の誘電率異方性の大きさを $\Delta \epsilon_G$ とし、前記赤色用液晶の誘電率異方性の大きさを $\Delta \epsilon_R$ とすると、 $\Delta \epsilon_B > \Delta \epsilon_G > \Delta \epsilon_R$ の関係を満たすことを特徴とする。

[0012] また、上記本発明の液晶表示装置であって、前記青色用液晶表示素子と、前記緑色用液晶表示素子と、前記赤色用液晶表示素子とは、表示面側からこの順に積層されていることを特徴とする。また、上記本発明の液晶表示装置であって、前記緑色用液晶の旋光性は、前記青色用液晶及び前記赤色用液晶の旋光性と異なることを特徴とする。

[0013] 上記目的は、画像を表示する電子ペーパーであって、上記本発明の液晶表示装置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。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、液晶表示装置の製造の容易性を実現すると共に製造コストの低減を達成することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の第1の実施の形態による液晶表示装置の断面構成を模式的に示す図である。

[図2]本発明の第1の実施の形態による液晶表示装置の一液晶表示素子の断面構成を模式的に示す図である。

[図3]本発明の第1の実施の形態による液晶表示装置におけるコレステリック液晶の $\Delta \epsilon$ とHT電圧の関係を示す図である。

[図4]本発明の第2の実施の形態による液晶表示装置の概略構成を示す図である。

[図5]本発明の第2の実施の形態による液晶表示装置の断面構成を模式的に示す図である。

[図6]本発明の第2の実施の形態による液晶表示装置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7]本発明の第2の実施の形態による液晶表示装置の駆動方法を示す図である。

[図8]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9]本発明の第2の実施の形態による液晶表示装置1を備えた電子ペーパーEPの具体例を示す図である。

符号の説明

[0016] 1、51 液晶表示装置

3b、43b 青色(B)用液晶
3g、43g 緑色(G)用液晶
3r、43r 赤色(R)用液晶
6b、46b 青色(B)用液晶表示素子
6g、46g 緑色(G)用液晶表示素子
6r、46r 赤色(R)用液晶表示素子
7b、7g、7r、47b、47g、47r 上基板
9b、9g、9r、49b、49g、49r 下基板
12 ピクセル
12b 青(B)ピクセル
12g 緑(G)ピクセル
12r 赤(R)ピクセル
15、45 可視光吸収層
17r、17g、17b 走査電極
19r、19g、19b データ電極
21、21b、21b、21r シール材
23 制御回路部
24 駆動部
25 走査電極駆動回路
27 データ電極駆動回路
33 液晶分子
41b、41g、41r パルス電圧源
EP 電子ペーパー

発明を実施するための最良の形態

[0017] [第1の実施の形態]

本発明の第1の実施の形態による液晶表示装置及びそれを用いた電子ペーパーについて図1乃至図3を用いて説明する。図1は、コレステリック液晶を用いたフルカラー表示が可能な液晶表示装置51の断面構成を模式的に示している。液晶表示装

置51は、表示面から順に、青色(B)用液晶表示素子46bと、緑色(G)用液晶表示素子46gと、赤色(R)用液晶表示素子46r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47b側が表示面であり、外光(実線矢印)は基板47b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47b上方に観測者の目及びその観察方向(破線矢印)を模式的に示している。

[0018] B用液晶表示素子46bは、一对の上下基板47b、49b間に封止された青色(B)用液晶43bと、B用液晶43bに所定のパルス電圧を印加するパルス電圧源41bとを有している。G用液晶表示素子46gは、一对の上下基板47g、49g間に封止された緑色(G)用液晶43gと、G用液晶43gに所定のパルス電圧を印加するパルス電圧源41gとを有している。R用液晶表示素子46rは、一对の上下基板47r、49r間に封止された赤色(R)用液晶43rと、R用液晶43rに所定のパルス電圧を印加するパルス電圧源41rとを有している。図示は省略しているが、それぞれの上下基板47、49の液晶43と接する界面側には、各パルス電圧源41からのパルス電圧を液晶43に印加する複数の電極が形成されている。必要に応じて、それぞれの上下基板47、49の液晶43と接する界面側には、電極の他に配向膜や絶縁膜を形成することができる。R用液晶表示素子46rの下基板49r裏面には光吸収層45が配置されている。

[0019] 各B、G、R用液晶43b、43g、43r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ル性(掌性)の添加剤(カイラル材ともいう)を数十wt%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。このためコレステリック液晶はカイラルネマティック液晶とも称される。

[0020] 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又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又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。

[0021] プレーナ状態は、上下基板47、49間に所定の高電圧を印加して液晶43に強電界

を与えてリセットした後、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47、49間に印加して液晶43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。

[0022] 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47、49間に印加して液晶43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。

[0023] このコレステリック液晶を用いた液晶表示装置51の表示原理を、B用液晶表示素子46bを例にとって説明する。図2(a)は、B用液晶表示素子46bのB用液晶43bがプレーナ状態における液晶分子33の配向状態を示している。図2(a)に示すように、プレーナ状態での液晶分子33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。

[0024] プレーナ状態では、液晶分子33の螺旋ピッチに応じた所定波長域の光が選択的に液晶層で反射される。このとき、反射される光は螺旋ピッチの掌性に応じて左右どちらか一方の円偏光であり、これ以外の光は液晶層を透過する。自然光は左右の円偏光が入り混じった状態であるため、自然光がプレーナ状態である液晶に入射すると、所定波長域については、入射光の50%が反射し、50%が透過すると考えることができる。

液晶の平均屈折率を 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。

[0025] 従って、B用液晶表示素子46bのB用液晶43b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 及び螺旋ピッチ p を決める。平均屈折率 n は液晶材料及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。

[0026] 図2(b)は、B用液晶表示素子46bのB用液晶43bがフォーカルコニック状態における液晶分子33の配向状態を示している。図2(b)に示すように、フォーカルコニック状態での液晶分子33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43b

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用液晶表示素子46rの下基板49r裏面に配置された光吸収層45で吸収されるので暗(黒)表示が実現できる。

[0027] 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多階調表示が実現できる。

[0028] 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33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43bと同様にして、G用液晶43g及びR用液晶43rに、プレーナ状態時に緑色又は赤色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フルカラー表示の液晶表示装置51が作製される。液晶表示装置51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フルカラー表示が可能である。

[0029] さて、本実施の形態による液晶表示装置51は、その製造の容易性を実現すると共に製造コストの低減を達成するために、次のような特徴的構成を備えている。

(1)まず、コレステリック相を形成する液晶を含み、異なる波長の光を選択的に反射する少なくとも2種類の液晶43(以下、選択波長の相対的に短い方に添え字「s」、長い方に添え字「l」を付す)をそれぞれ別個の対向基板47、49間に封止した少なくとも2つの液晶表示素子46s、46lが積層されている。そして、波長の相対的に短い光を選択的に反射する液晶43sの誘電率異方性 $\Delta \epsilon_s$ の大きさ(絶対値)は、波長の相対的に長い光を選択的に反射する液晶43lの誘電率異方性 $\Delta \epsilon_l$ の大きさより大きい、つまり、 $\Delta \epsilon_s > \Delta \epsilon_l$ である。

[0030] (2) $\Delta \epsilon_s > \Delta \epsilon_l$ の条件で $\Delta \epsilon_s$ 及び $\Delta \epsilon_l$ の値が調整されて、液晶表示素子46s、46lのパネルギャップ(セルギャップ、液晶層厚ともいう)がほぼ同一になっている。

[0031] (3)また、 $\Delta \epsilon_s > \Delta \epsilon_l$ の条件で $\Delta \epsilon_s$ 及び $\Delta \epsilon_l$ の値が調整されて、液晶43s及び43lの駆動電圧範囲がほぼ同一になっている。

[0032] (4)より具体的には、液晶表示装置51は、青色光を選択的に反射する青色用液晶43bを対向基板47b、49b間に封止した青色用液晶表示素子46bと、緑色光を選択

的に反射する緑色用液晶43gを対向基板47g、49g間に封止した緑色用液晶表示素子46gと、赤色光を選択的に反射する赤色用液晶43rを対向基板47r、49r間に封止した赤色用液晶表示素子46rとが表示面側からこの順に積層され、青色用液晶43bの誘電率異方性の大きさを $\Delta \epsilon_B$ とし、緑色用液晶43gの誘電率異方性の大きさを $\Delta \epsilon_G$ とし、赤色用液晶43rの誘電率異方性の大きさを $\Delta \epsilon_R$ とすると、 $\Delta \epsilon_B > \Delta \epsilon_G > \Delta \epsilon_R$ の関係を満たす。

[0033] (5) $\Delta \epsilon_B > \Delta \epsilon_G > \Delta \epsilon_R$ の条件で $\Delta \epsilon_B$ 、 $\Delta \epsilon_G$ 、及び $\Delta \epsilon_R$ の値が調整されて、液晶表示素子46b、46g、46rのパネルギャップがほぼ同一になっている。

[0034] (6) また、 $\Delta \epsilon_B > \Delta \epsilon_G > \Delta \epsilon_R$ の条件で $\Delta \epsilon_B$ 、 $\Delta \epsilon_G$ 、及び $\Delta \epsilon_R$ の値が調整されて、青色用液晶43b、緑色用液晶43g、及び赤色用液晶43rの駆動電圧範囲がほぼ同一になっている。

[0035] 次に、上記(1)～(6)の特徴的構成により、製造容易性の実現と製造コストの低減が達成される理由について説明する。本願発明者は、プレーナ状態で所定波長の光を選択的に反射する液晶の誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ (絶対値)と、当該液晶を駆動する駆動電圧のうち、特に、表示画像を書換える際のリセットに必要なリセット電圧との関係を詳細に調べた。リセット電圧とは、液晶をホメオトロピック状態にするのに必要な電圧であり、以下、「HT電圧」と略記する。

[0036] 図3は、液晶の誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ とHT電圧との関係を示すグラフである。図3において、横軸は誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ を対数で表示している。縦軸はHT電圧をリニア表示で表している。HT電圧は、パルス幅50msのパルス電圧を1パルス印加したときの、パネルギャップ1 μ m当りの電圧値で示している。なお、本実施例では、正の誘電率異方性を備えた液晶材料を用いている。図3において、四角(■)印は赤(R)色用液晶を表し、菱形(◆)印は緑(G)色用液晶を表し、三角(▲)印は青(B)色用液晶を表している。

[0037] 図3から明らかなように、いずれの色用の液晶も、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ の大きが大きくなるに従って、HT電圧は横軸対数の表示でほぼ直線的に低くなる。また、選択的に反射させる光の波長が相対的に長くなる程、HT電圧は低くなる。

[0038] 例えば、パネルギャップを4 μ mとし、HT駆動電圧を28Vとするには、各 $\Delta \epsilon_R$ 、 Δ

ε_G 、 $\Delta \varepsilon_B$ を、図3におけるHT電圧 $=7V (=28/4)$ を示す破線の直線上の $\Delta \varepsilon_R$
 $=9.5$ 、 $\Delta \varepsilon_G = 13.5$ 、 $\Delta \varepsilon_B = 21$ にすればよい。すなわち、選択的に反射させる
 光の波長が相対的に短い液晶表示素子46sに用いられる液晶43sの誘電率異方性
 $\Delta \varepsilon_s$ を、選択的に反射させる光の波長が相対的に長い液晶表示素子46lに用いら
 れる液晶43lの誘電率異方性 $\Delta \varepsilon_l$ より大きくすることで、駆動電圧及びパネルギャッ
 プを液晶表示素子46s、46lでほぼ同じに揃えることができるようになる。

[0039] 所定の反射波長が、赤、緑、青の場合には、 $\Delta \varepsilon_B > \Delta \varepsilon_G > \Delta \varepsilon_R$ の関係を満た
 すことで、赤、緑、青の光をそれぞれ反射する液晶表示素子46b、46g、46rの駆動
 電圧及びパネルギャップをほぼ同一に揃えることができるようになる。

[0040] このように、本実施の形態によれば、まず、異なる波長の光を選択的に反射する複
 数の液晶表示素子のパネルギャップをほぼ同一に揃えることができるので、液晶を封
 止する工程までの液晶表示素子の製造工程は、封止すべき各色の液晶材料に依存
 せずに同一工程を用いることができる。例えば、真空注入法による液晶封止におい
 ては、液晶注入前の空パネルを全工程同一で製造できるので、3種類の空パネルを
 準備しなければならない従来の煩雑な製造工程と比較して、製造性に優れ、低コスト
 化が可能となる。

[0041] また、本実施の形態によれば、異なる波長の光を選択的に反射する複数の液晶表
 示素子の駆動電圧をほぼ同一に揃えることができるので、従来は液晶表示素子毎に
 設ける必要のあった走査電極駆動回路を1つにまとめることができ、液晶表示装置の
 低コスト化を実現できる。

[0042] [第2の実施の形態]

本発明の第2の実施の形態による液晶表示装置及びそれを用いた電子ペーパー
 について図4乃至図9を用いて説明する。本実施の形態では、青(B)、緑(G)及び赤
 (R)用コレステリック液晶を用いた液晶表示装置1を例にとって説明する。図4は、本
 実施の形態による液晶表示装置1の概略構成を示している。図5は、図4において図
 左右方向に平行な直線で液晶表示装置1を切断した断面構成を模式的に示してい
 る。

[0043] 図4及び図5に示すように、液晶表示装置1は、プレーナ状態で青(B)色光を選択

波長域として選択的に反射するB用液晶表示素子6bと、プレーナ状態で緑(G)色光を選択波長域として選択的に反射するG用液晶表示素子6gと、プレーナ状態で赤(R)色光を選択波長域として選択的に反射するR用液晶表示素子6rとを有している。B、G、R用の各液晶表示素子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。

[0044] B用液晶表示素子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3bとを有している。B用液晶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 が調整されて右旋光性(掌性が右)を備えており、プレーナ状態で青色の右円偏光の光を反射してそれ以外の光を透過させ、フォーカルコニック状態でほぼ全ての光を透過させるコレステリック液晶で構成されている。本コレステリック液晶の誘電率異方性 $\Delta \epsilon_B$ は、図3に示したHT電圧=7Vでの $\Delta \epsilon_B = 21$ である。

[0045] G用液晶表示素子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3gとを有している。G用液晶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 が調整されて左旋光性(掌性が左)を備えており、プレーナ状態で緑色の左円偏光の光を反射してそれ以外の光を透過させ、フォーカルコニック状態でほぼ全ての光を透過させるコレステリック液晶で構成されている。本コレステリック液晶の誘電率異方性 $\Delta \epsilon_G$ は、図3に示したHT電圧=7Vでの $\Delta \epsilon_G = 13.5$ である。

[0046] R用液晶表示素子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3rとを有している。R用液晶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 が調整されて右旋光性(掌性が右)を備えており、プレーナ状態で赤色の右円偏光の光を反射してそれ以外の光を透過させ、フォーカルコニック状態でほぼ全ての光を透過させるコレステリック液晶で構成されている。本コレステリック液晶の誘電率異方性 $\Delta \epsilon_R$ は、図3に示したHT電圧=7Vでの $\Delta \epsilon_R = 9.5$ である。

[0047] 従って、本実施の形態による液晶表示装置1では、各色用の液晶3b、3g、3rは誘電率異方性の大きさが、 $\Delta \epsilon_B > \Delta \epsilon_G > \Delta \epsilon_R$ の関係を満たしている。

- [0048] また、 $\Delta \varepsilon_B > \Delta \varepsilon_G > \Delta \varepsilon_R$ の条件で、図3に示したHT電圧=7V上に $\Delta \varepsilon_B$ 、 $\Delta \varepsilon_G$ 、及び $\Delta \varepsilon_R$ の値が調整されているので、液晶表示素子6b、6g、6rのパネルギャップをほぼ同一することができると共に、B用液晶3b、G用液晶3g、及びR用液晶3rの駆動電圧範囲をほぼ同一することができる。
- [0049] B、G、R用の各液晶3b、3g、3rを構成するコレステリック液晶は、ネマティック液晶混合物にカイラル材を10～40wt%添加して形成されている。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。コレステリック液晶の屈折率異方性 Δn の値は、 $0.18 \leq \Delta n \leq 0.24$ であることが好ましい。屈折率異方性 Δn がこの範囲より小さいと、プレーナ状態での各液晶3b、3g、3rの反射率が低くなり、この範囲より大きいと、液晶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。
- [0050] また、B用及び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用及び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。
- [0051] 図6は、各液晶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3bでの反射スペクトルは図中で三角(▲)印を結ぶ曲線で示されている。同様に、G用液晶3gでの反射スペクトルは四角(■)印を結ぶ曲線で示し、R用液晶3rでの反射スペクトルは菱形(◆)印を結ぶ曲線で示している。
- [0052] 図6に示すように、各液晶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3b、3g、3rの順に長くなる。B、G、R用の各液晶表示素子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3gでの旋光性と、B用及びR用液晶3b、3rでの旋光性とを異ならしているので、図6に示す青と緑、及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3bとR用液晶3rで右円偏光の光を反射させ、G用液晶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、反射光の損失を低減させて、液晶表示装置1の表示画面の明るさを向上させることができる。

る。

- [0053] 上基板7b、7g、7r、及び下基板9b、9g、9rは、透光性を有することが必要である。本実施の形態では、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。本実施の形態では、上基板7b、7g、7r及び下基板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用液晶表示素子6rの下基板9rは不透光性であってもよい。
- [0054] 図4及び図5に示すように、B用液晶表示素子6bの下基板9bのB用液晶3b側には、図4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。なお、図5での符号19bは、複数のデータ電極19bの存在領域を示している。また、上基板7bのB用液晶3b側には、図4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。
- [0055] 図4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、240×320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240本の走査電極17b及び320本のデータ電極19bを形成している。両電極17bと19bとの各交差領域がそれぞれBピクセル12bとなる。複数のBピクセル12bは240行×320列のマトリクス状に配置されている。
- [0056] G用液晶表示素子6gにも、B用液晶表示素子6bと同様に240本の走査電極17g、320本のデータ電極19g及び240行×320列のマトリクス状に配列されるGピクセル12g(不図示)が形成されている。R用液晶表示素子6rにも同様に走査電極17r、データ電極19r及びRピクセル12r(不図示)が形成されている。1組のB、G、Rピクセル12b、12g、12rで液晶表示装置1の1ピクセル(画素)12が構成されている。ピクセル12がマトリクス状に配列されて表示画面を形成している。
- [0057] 走査電極17b、17g、17r及びデータ電極19b、19g、19r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、又はアモルファスシリコン等の透明導電膜等を用いることができる。

[0058] 上基板7b、7g、7rには、複数の走査電極17b、17g、17r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25が接続されている。また、下基板9b、9g、9rには、複数のデータ電極19b、19g、19r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及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。

[0059] 走査電極駆動回路25は、制御回路部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17b、17g、17rを選択して、それら3本の走査電極17b、17g、17r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、制御回路部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17b、17g、17r上のB、G、Rピクセル12b、12g、12rに対する画像データ信号をデータ電極19b、19g、19rのそれぞれに出力するようになっている。走査電極用及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。

[0060] 本実施の形態では、B、G、R用の各液晶3b、3g、3rの駆動電圧をほぼ同じにすることができるので、走査電極駆動回路25の所定の出力端子は走査電極17b、17g、17r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用の各液晶表示素子6b、6g、6r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装置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装置1の低コスト化を実現することができる。

[0061] 両電極17b、19b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)が塗布(コーティング)されていてももちろんよい。絶縁膜は、電極17b、19b間の短絡を防止したり、ガスバリア層として液晶表示装置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、ポリビニルブチラール樹脂及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、例えば電極上の基板全面には、配向膜が塗布されて

いる。配向膜は絶縁性薄膜と兼用されてもよい。

[0062] 図5に示すように、上下基板7b、9bの外周囲に塗布されたシール材21bにより、B用液晶3bは両基板7b、9b間に封止されている。また、B用液晶3bの厚さ(=パネルギャップ)dは均一に保持する必要がある。所定のパネルギャップdを維持するには、樹脂製又は無機酸化物製の球状スペーサをB用液晶3b内に散布したり、柱状スペーサをB用液晶3b内に複数形成したりする。本実施の形態の液晶表示装置1においても、B用液晶層b内にスペーサ(不図示)が挿入されてパネルギャップdの均一性が保持されている。また、接着性のある壁面構造体を画素の周囲に形成することもより好適に用いられる。パネルギャップdは、 $3\mu\text{m} \leq d \leq 6\mu\text{m}$ の範囲であることが好ましい。パネルギャップdがこれより小さいとプレーナ状態でのB用液晶3b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。本実施の形態では、パネルギャップd=4 μm に設定している。

[0063] G用液晶表示素子6g及びR用液晶表示素子6rは、B用液晶表示素子6bと同一のパネルギャップd=4 μm の同一構造であるため説明は省略する。R用液晶表示素子6rの下基板9rの外表面(裏面)には、可視光吸収層15が設けられている。可視光吸収層15が設けられているので、B、G、R用の各液晶3b、3g、3rで反射されなかった光が効率よく吸収される。従って、液晶表示装置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15は必要に応じて設ければよい。

[0064] 次に、液晶表示装置1の駆動方法について図7を用いて説明する。図7は、液晶表示装置1の駆動波形の一例を示している。図7(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7(b)は、コレステリック液晶をフォーカルコンニク状態にさせるための駆動波形である。図7(a)及び図7(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、B用液晶3bのピクセル12bに印加される印加電圧波形Vlcを示している。また、図7(a)及び図7(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。

[0065] 図8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8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。

[0066] ここでは、図4に示すB用液晶表示素子6bの第1列目のデータ電極19bと第1行目の走査電極17bとの交差部の青(B)ピクセル12b(1, 1)に所定の電圧を印加する場合を例にとって説明する。図7(a)に示すように、第1行目の走査電極17b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+32V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+32Vとなる。このため、Bピクセル12b(1, 1)のB用液晶3bには、選択期間T1の間に±32Vのパルス電圧が印加される。図8に示すように、コレステリック液晶にHT電圧を超える高電圧VP100(例えば、32V)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ピクセル12b(1, 1)のB用液晶3bの液晶分子は選択期間T1では、ホメオトロピック状態になる。

[0067] 選択期間T1が終了して非選択期間T2になると、第1行目の走査電極17bには、例えば+28V又は+4Vの電圧が選択期間T1の1/2の周期で印加される。一方、1列目のデータ電極19bには、所定のデータ信号電圧Vdが印加される。図7(a)では、選択期間T1終了後の非選択期間T2では、例えば+32V及び0Vの電圧が選択期間T1の1/2の周期で第1列目のデータ電極19bに印加されている。このため、Bピクセル12b(1, 1)のB用液晶3bには、非選択期間T2の間に±4Vのパルス電圧が印加される。これにより、非選択期間T2の間では、Bピクセル12b(1, 1)のB用液晶3bに生じる電界はほぼゼロになる。

[0068] 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HT電圧を越えるVP100(±32V)からVF0(±4V)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17b、19b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ピクセル12b(1, 1)のB用液晶3bはプレーナ状態になって光を反射するため、Bピクセル12b(1, 1)

)には青色が表示される。

[0069] 一方、図7(b)に示すように、選択期間T1の前側の約1/2の期間及び後側の約1/2の期間で、データ信号電圧Vdが24V/8Vとなるのに対し、走査信号電圧Vsが0V/+32Vとなると、Bピクセル12b(1, 1)のB用液晶3bには、±24Vのパルス電圧が印加される。図8に示すように、コレステリック液晶に所定の低電圧VF100b(例えば、24V)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T2になると、第1行目の走査電極17bには、例えば+28V/+4Vの電圧が選択期間T1の1/2の周期で印加され、データ電極19bには、所定のデータ信号電圧Vd(例えば+24V/8V)の電圧が選択期間T1の1/2の周期で印加される。このため、Bピクセル12b(1, 1)のB用液晶3bには、非選択期間T2の間に、-4V/+4Vのパルス電圧が印加される。これにより、非選択期間T2の間では、Bピクセル12b(1, 1)のB用液晶3bに生じる電界はほぼゼロになる。

[0070] 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VF100b(±24V)からVF0(±4V)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17b、19b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ピクセル12b(1, 1)のB用液晶3b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8に示すように、VP100(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。

[0071] 上記駆動電圧、駆動方法は一例であり、室温で、両電極間に30～35Vのパルス状電圧を実効時間20～100msの間印加すると、B用液晶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、15～22Vのパルス上の電圧を実効時間20～100ms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。

[0072] 上述のBピクセル(1, 1)の駆動と同様にして緑(G)ピクセル(1, 1)及び赤(R)ピクセル(1, 1)を駆動することにより、3つのB、G、Rピクセル(1, 1)を積層したピクセル(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m行までの走査電極をいわゆる線順次駆動させて1行毎に各データ電極1データ電圧を書き換えること(デー

タ走査)により、ピクセル(1, 1)からピクセル(m, n)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。

[0073] なお、コレステリック液晶に図8の2つの枠A、B内の電圧を印加して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的な状態となり、フルカラーの表示が可能となる。

[0074] 次に、本実施の形態の液晶表示装置1の製造方法について具体的に説明する。
(実施例)

縦横の長さが例えば10(cm)×8(cm)の大きさに切断した2枚のPCフィルム基板上にスパッタリング法を用いてITO透明電極を形成する。次に、フォトリソグラフィ工程によりITO電極をパターンニングし、0.24mmピッチのストライプ状の電極(走査電極17又はデータ電極19)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フィルム基板上にそれぞれストライプ状の電極が形成される。

[0075] 次に、2枚のPCフィルム基板上のそれぞれのストライプ状の透明電極上にポリイミド系の配向膜材料をスピコートにより約70nmの厚さに塗布する。次に、配向膜材料が塗布された2枚のPCフィルム基板を90℃のオーブン中で1時間のベーク処理を行い、配向膜を形成する。

[0076] 次に、一方のPCフィルム基板上の周縁部にエポキシ系のシール材をディスペンサを用いて塗布する。次いで、他方のPCフィルム基板9又は7に粒径のスペーサ(積水ファインケミカル社製)を散布して、パネルギャップ(液晶層厚)が約4 μ mになるように調整する。次いで、2枚のPCフィルム基板7、9を貼り合わせて160℃で1時間加熱し、シール材21を硬化させる。次に、真空注入法によりB用コレステリック液晶LCbを注入した後、エポキシ系の封止材で注入口を封止し、B用液晶表示素子6bを作製する。同様の方法により、G、R用液晶表示素子6g、6rを作製する。

[0077] 注入する液晶は、反射する所定の光の波長が短い表示素子に用いられる液晶材料の誘電率異方性を、反射する所定の光の波長が長い表示素子に用いられる液晶材料の誘電率異方性よりも大きくする。例えば、 $\Delta \epsilon_R = 9.5$ 、 $\Delta \epsilon_G = 13.5$ 、 $\Delta \epsilon_B = 21$ とすることで、複数のパネルの駆動電圧及びパネルギャップを揃えることが可能となり、製造性の向上と低コスト化が可能となる。

- [0078] 次に、図5に示すように、表示面側からB、G、R用液晶表示素子6b、6g、6rをこの順に積層する。次いで、R用液晶表示素子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用液晶表示素子6b、6g、6rの走査電極17の端子部及びデータ電極19の端子部にTCP構造の汎用のSTN用ドライバICを圧着し、さらに電源回路及び制御回路部23を接続する。こうしてQVGA表示が可能な液晶表示装置1が完成する。
- [0079] 本実施の形態によれば、異なる波長の光を選択的に反射する複数の液晶表示素子のパネルギャップをほぼ同一に揃えることが可能となる。従って、液晶を封止する工程までの液晶表示素子の製造工程は、封止すべき各色の液晶材料に依存せずに同一工程を用いることができる。例えば、液晶の封止を真空注入法で行う場合には、液晶注入前の空パネルを全工程同一で1種類だけ製造すればよいので、パネルギャップの異なる3種類の空パネルを準備する必要のあった従来の煩雑な製造工程と比較して、製造の容易性を実現すると共に製造コストの低減を達成できる。
- [0080] また、本実施の形態によれば、異なる波長の光を選択的に反射する複数の液晶表示素子の駆動電圧をほぼ同一に揃えることができる。従って、複数の液晶表示素子に対して走査電極駆動回路を1つにまとめることができるので、複数の液晶表示素子に対してそれぞれ走査電極駆動回路を取り付ける必要のあった従来の煩雑な製造工程と比較して、製造の容易性を実現すると共に製造コストの低減を達成できる。
- [0081] 完成された液晶表示装置1に入出力装置及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。図9は、本実施の形態による液晶表示装置1を備えた電子ペーパーEPの具体例を示している。図9(a)は、本実施の形態による液晶表示装置1内に、画像データを予め格納した不揮発性メモリ1mを挿抜して用いる構成を備えた電子ペーパーEPを示している。例えば、パーソナル・コンピュータ等に記憶された画像データを不揮発性メモリ1mに格納し、電子ペーパーEPに装着することにより画像表示をすることができる。
- [0082] 図9(b)は、本実施の形態による液晶表示装置1内に不揮発性メモリ1mが内蔵された構成を備えた電子ペーパーEPを示している。例えば、画像データを記憶した端末1t(端末1tは電子ペーパーEPの一部を構成していてもよい)から有線で不揮発性メ

メモリ1mに画像データを記憶させて画像表示をすることができる。

[0083] 図9(c)は、端末1t及び液晶表示装置1とが無線送受信システム(例えば、無線LANやブルートゥース)を有している例を示している。画像データを記憶した端末1tから無線通信1wlで不揮発性メモリ1mに画像データを記憶させて画像表示をすることができる。

[0084] 以下、本実施の形態による液晶表示装置の優位性を具体的に示すために比較例を用いて説明する。

(比較例1)

上記の実施例と同様にパネルギャップが約 $4\mu\text{m}$ となる3枚の空パネルを作製した。誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ がほぼ等しい赤、緑、青用の3種類の液晶を用意した。より具体的には、 $\Delta\epsilon_R=15.9$ 、 $\Delta\epsilon_G=15.3$ 、 $\Delta\epsilon_B=14.7$ である。各色用の液晶を3枚の空パネル毎に注入して液晶表示素子を作製した。それぞれの液晶の駆動電圧(HT電圧)を測定したところ、赤色用液晶表示素子では約19V、緑色用液晶表示素子では約25V、青色用液晶表示素子では約31Vであった。本比較例1の構成では、各色毎に別個に駆動回路を設ける必要が生じてしまい、本実施の形態のような製造コストの低減は実現できなかった。

[0085] (比較例2)

上記比較例1と同様の誘電率異方性 $\Delta\epsilon_R=15.9$ 、 $\Delta\epsilon_G=15.3$ 、 $\Delta\epsilon_B=14.7$ の赤、緑、青用の3種類の液晶を用意した。それぞれの液晶の駆動電圧を例えば約31Vに同一にするには、赤、緑、青の空パネルのパネルギャップをそれぞれ約 $6.5\mu\text{m}$ 、約 $5\mu\text{m}$ 、約 $4\mu\text{m}$ に変える必要があった。本比較例2の構成では、従来の煩雑な製造工程で空パネルを製造せざるを得ず、本実施の形態のような製造の容易性や製造コストの低減は実現できなかった。

産業上の利用可能性

[0086] 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。

上記実施の形態では、ドットマトリクス方式の液晶表示装置を例にとって説明したが、本発明はこれに限られず、セグメント方式の液晶表示装置にももちろん適用可能である。

[0087] 上記実施の形態では、B、G、R用液晶表示素子6b、6g、6rが積層された3層構造の液晶表示装置を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限られず、2層又は4層以上の積層構造の液晶表示装置にも適用できる。

また、走査電極駆動回路を共通としたが、駆動回路の共通化は必要に応じて行えばよく、複数のパネルそれぞれが走査電極駆動回路を有していてもよいことは言うまでもない。

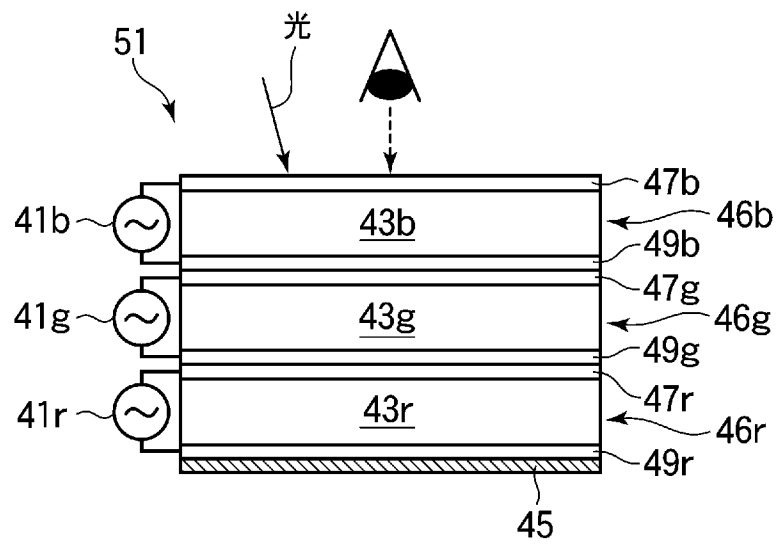
[0088] また、上記実施の形態では、プレーナ状態で青、緑又は赤色の光を反射する液晶3b、3g、3rを備えた液晶表示素子6b、6g、6rを有する液晶表示装置を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限られず、プレーナ状態でシアン、マゼンタ又はイエローの光を反射する液晶をそれぞれ封止した複数の液晶表示素子を積層した液晶表示装置にも適用できる。

請求の範囲

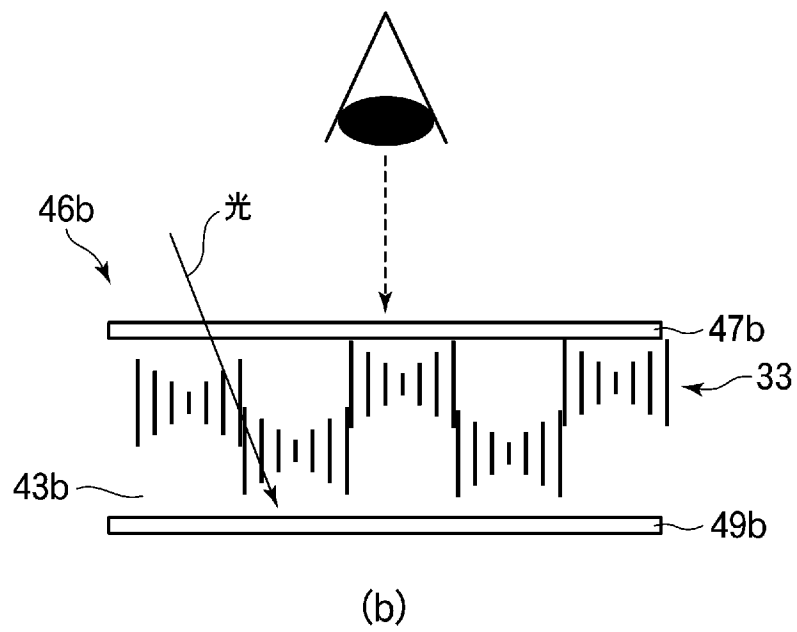
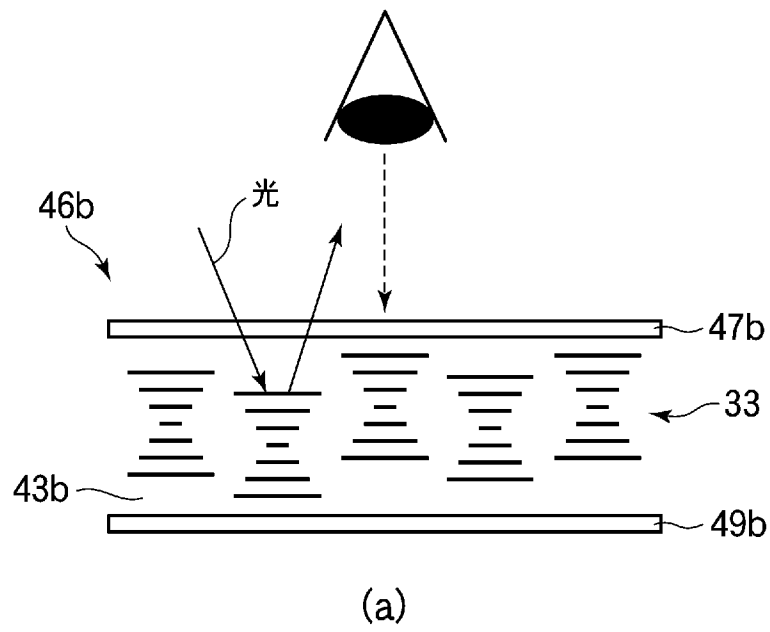
- [1] 異なる波長の光を選択的に反射する複数の液晶をそれぞれ対向基板間に封止した複数の液晶表示素子が積層された液晶表示装置であって、
波長の相対的に短い光を選択的に反射する液晶の誘電率異方性の大きさは、波長の相対的に長い光を選択的に反射する液晶の誘電率異方性の大きさより大きいこと
と
を特徴とする液晶表示装置。
- [2] 請求項1記載の液晶表示装置であって、
前記複数の液晶表示素子のパネルギャップはほぼ同一であること
を特徴とする液晶表示装置。
- [3] 請求項1記載の液晶表示装置であって、
前記複数の液晶の駆動電圧範囲はほぼ同一であること
を特徴とする液晶表示装置。
- [4] 請求項1乃至3のいずれか1項に記載の液晶表示装置であって、
前記複数の液晶は、コレステリック相を形成する液晶を含むこと
を特徴とする液晶表示装置。
- [5] 請求項4記載の液晶表示装置であって、
青色光を選択的に反射する青色用液晶を対向基板間に封止した青色用液晶表示素子と、
緑色光を選択的に反射する緑色用液晶を対向基板間に封止した緑色用液晶表示素子と、
赤色光を選択的に反射する赤色用液晶を対向基板間に封止した赤色用液晶表示素子と、
が積層され、
前記青色用液晶の誘電率異方性の大きさを $\Delta \epsilon_B$ とし、
前記緑色用液晶の誘電率異方性の大きさを $\Delta \epsilon_G$ とし、
前記赤色用液晶の誘電率異方性の大きさを $\Delta \epsilon_R$ とすると、
$$\Delta \epsilon_B > \Delta \epsilon_G > \Delta \epsilon_R$$

- の関係を満たすこと
を特徴とする液晶表示装置。
- [6] 請求項5記載の液晶表示装置であって、
前記青色用液晶表示素子と、前記緑色用液晶表示素子と、前記赤色用液晶表示素子とは、表示面側からこの順に積層されていること
を特徴とする液晶表示装置。
- [7] 請求項6記載の液晶表示装置であって、
前記緑色用液晶の旋光性は、前記青色用液晶及び前記赤色用液晶の旋光性と異なること
を特徴とする液晶表示装置。
- [8] 画像を表示する電子ペーパーであって、
請求項1乃至7のいずれか1項に記載の液晶表示装置を備えていることを特徴とする電子ペーパー。

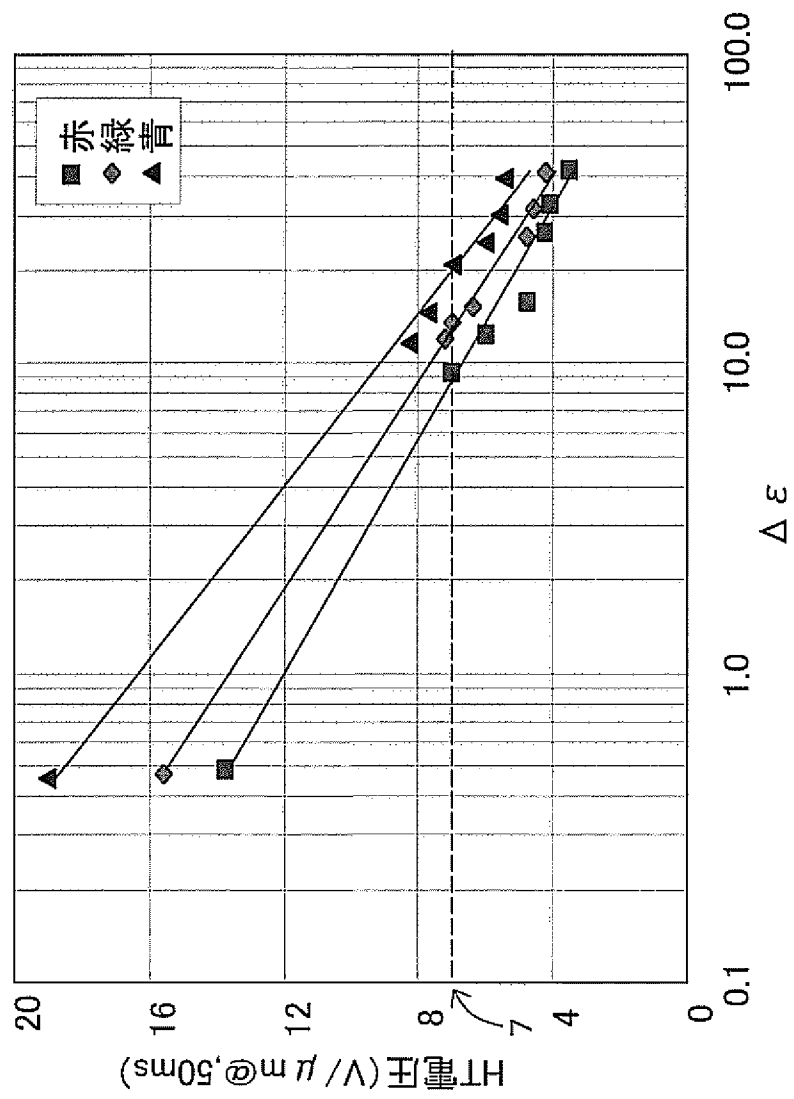
[図1]



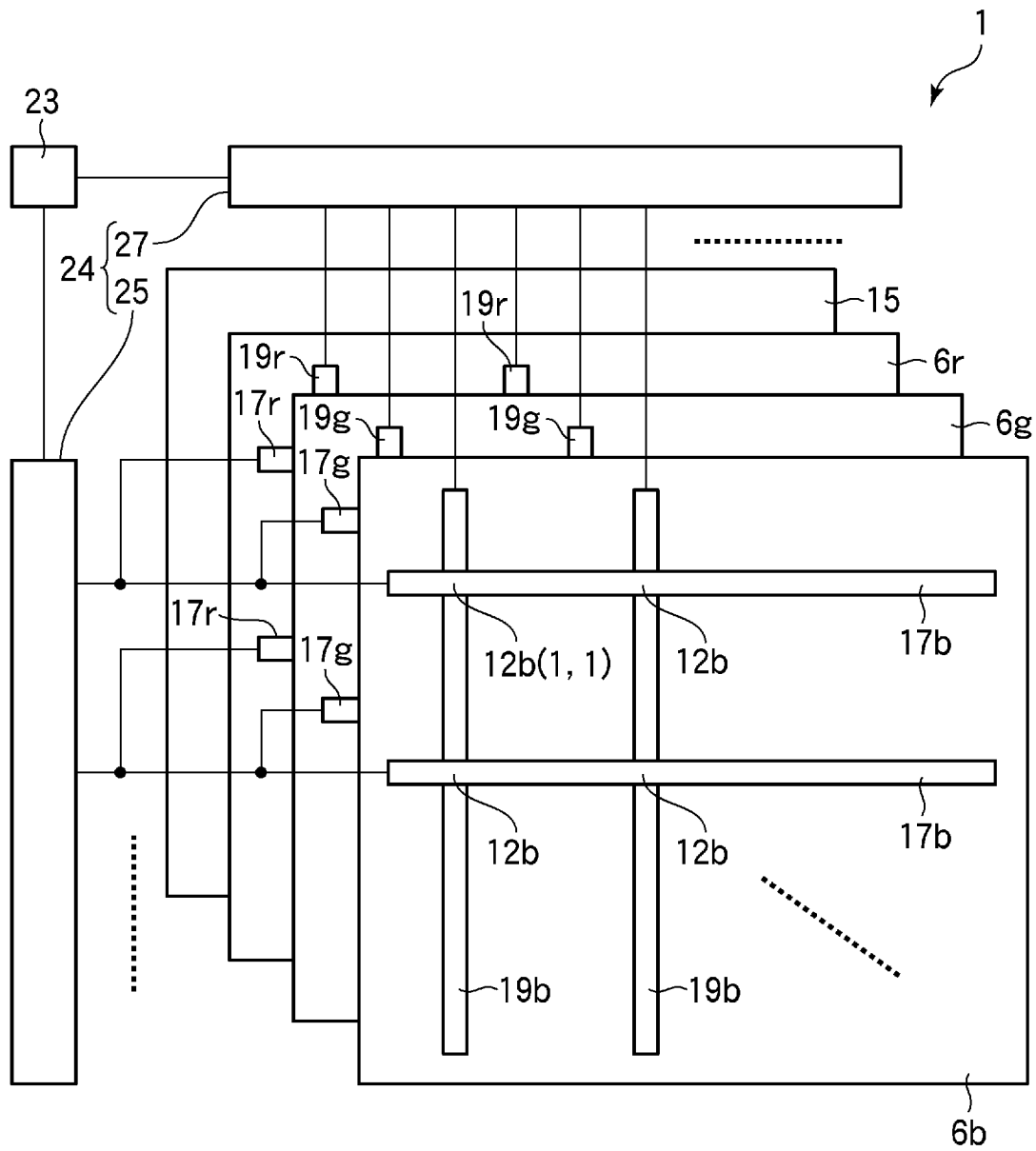
[図2]



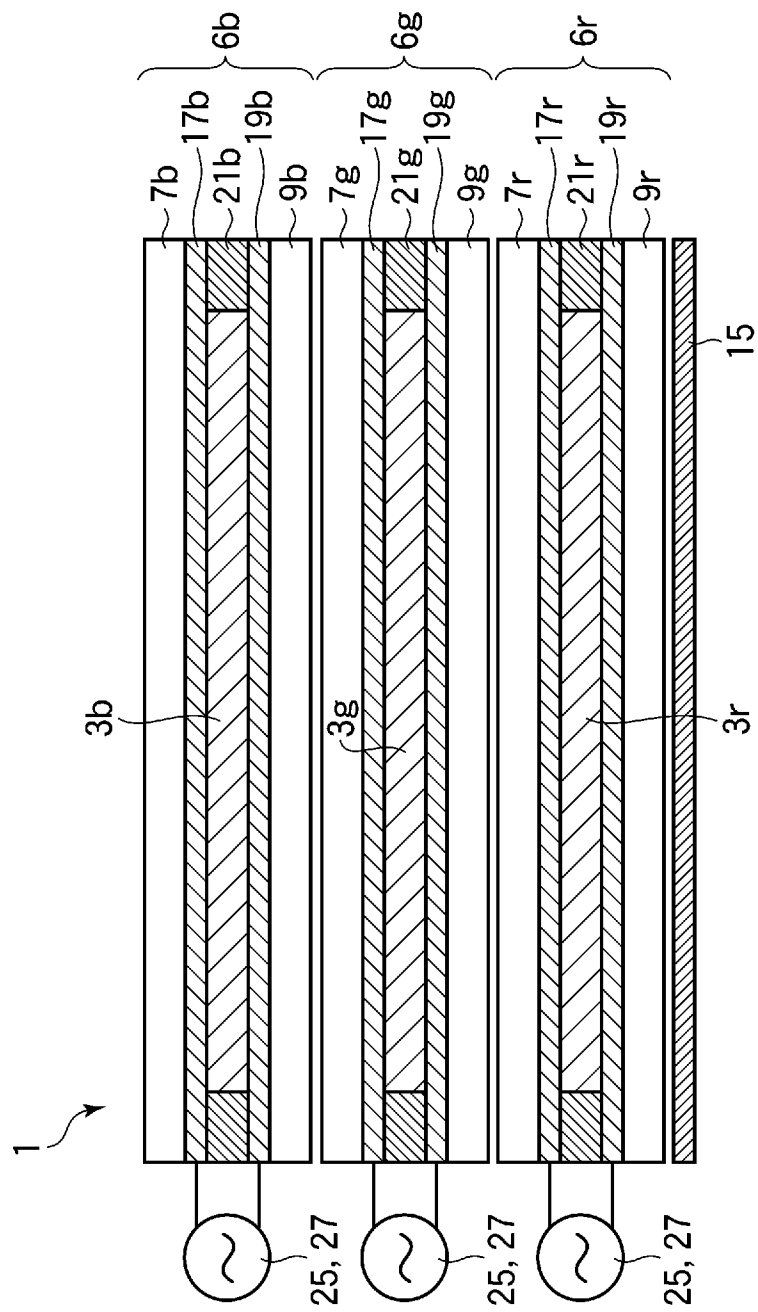
[図3]



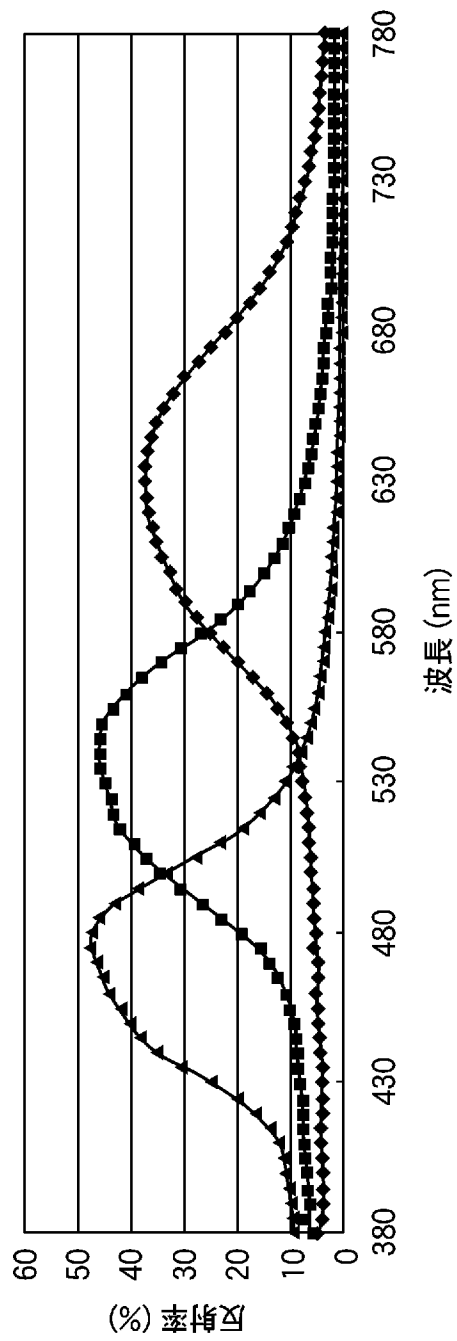
[図4]



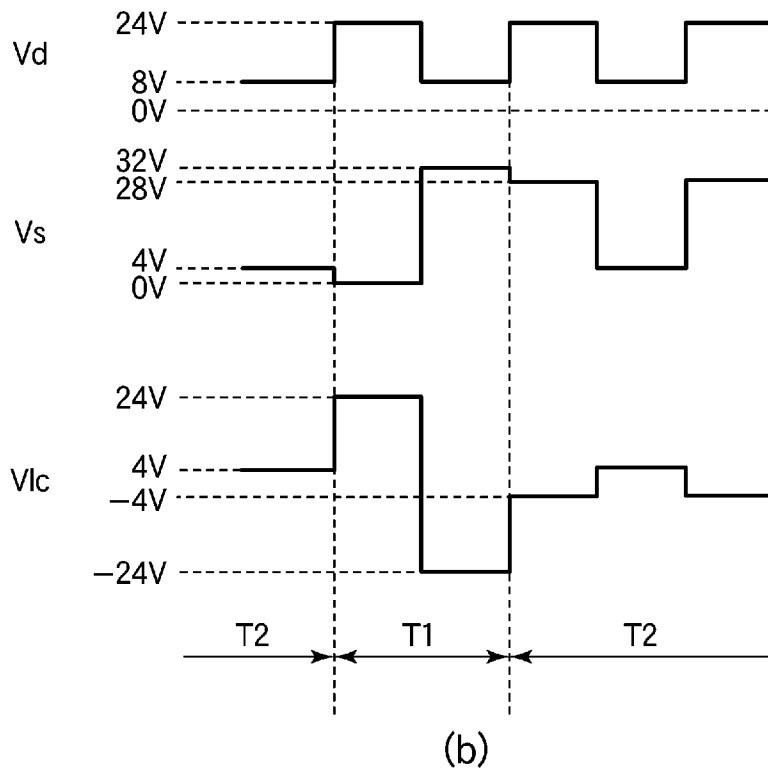
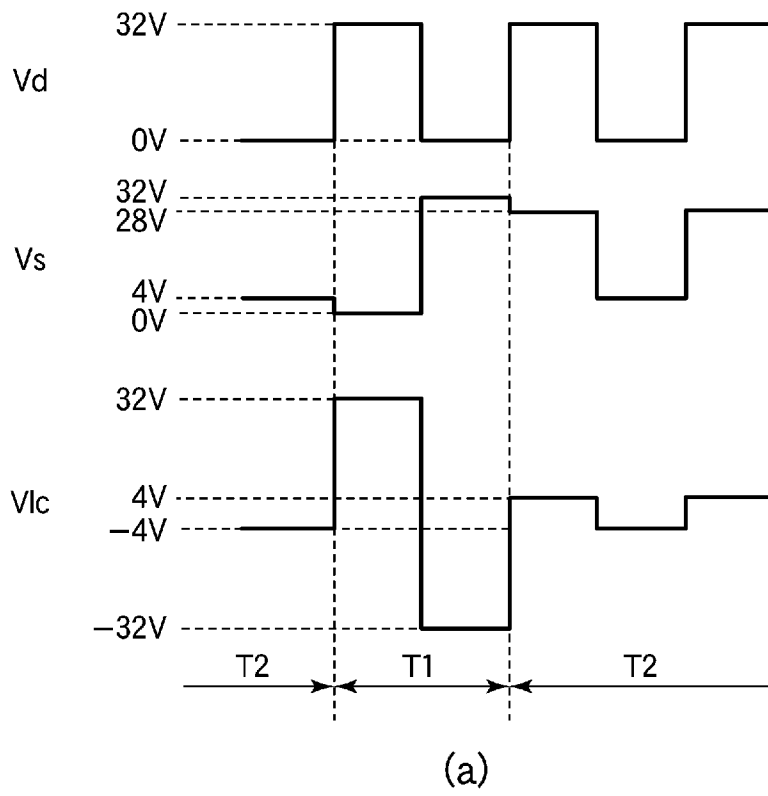
[図5]



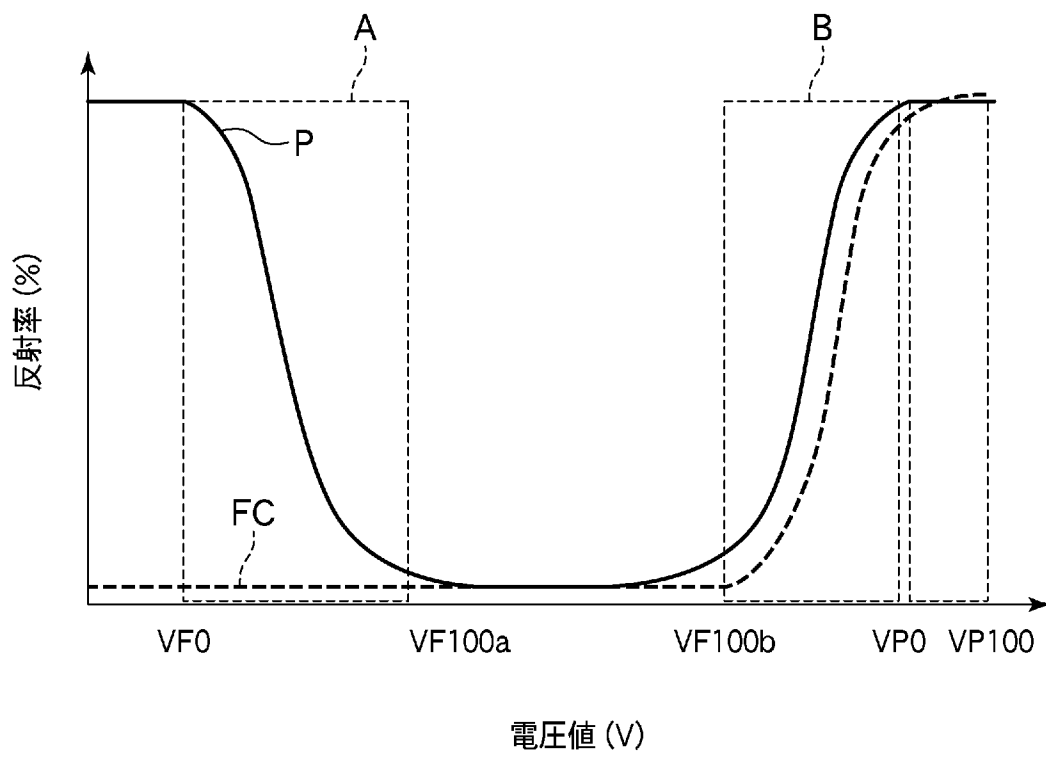
[図6]



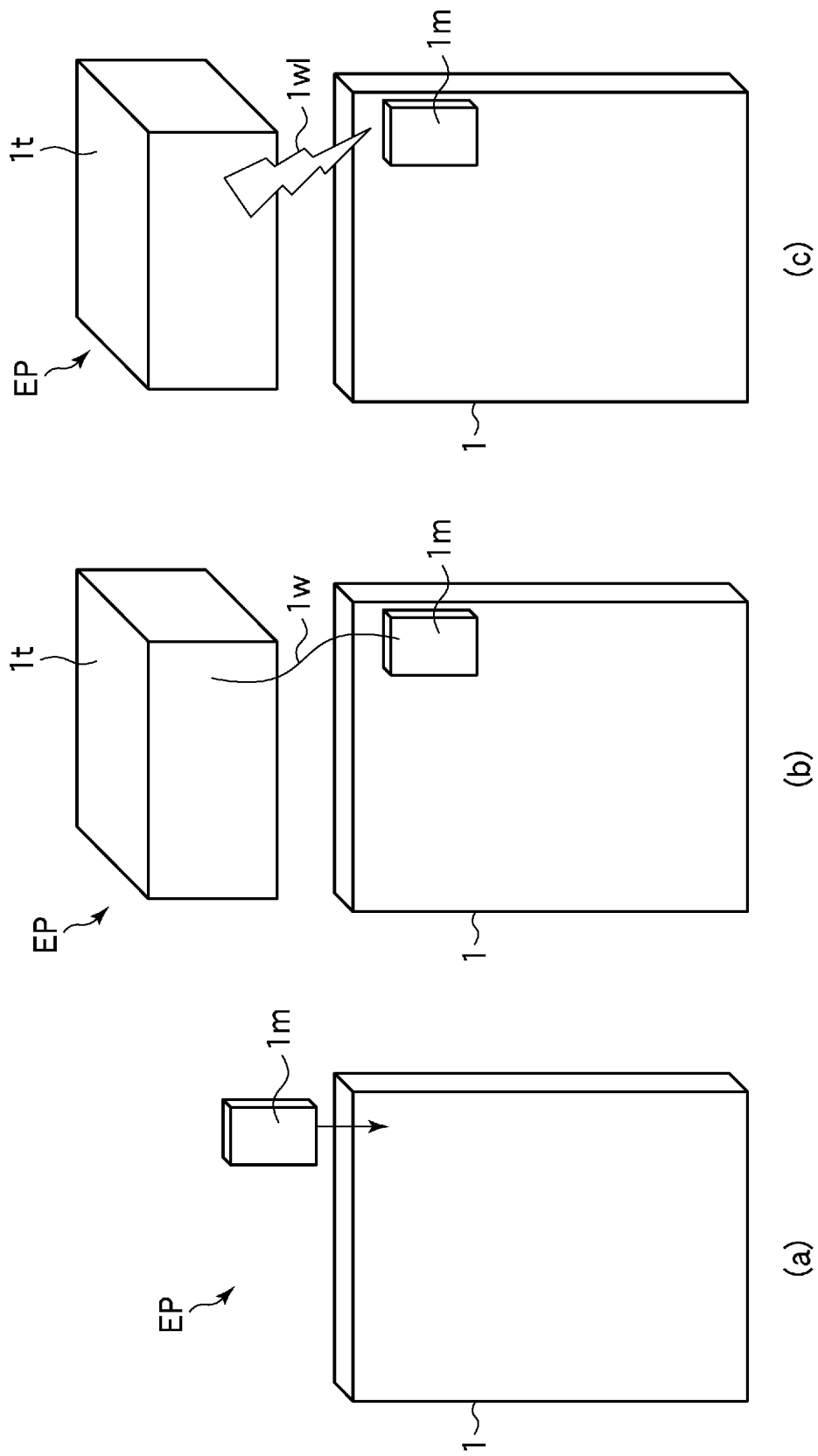
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/055082

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/1347(2006.01) i, G02F1/137(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02F1/1347, G02F1/137

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2007

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 10-177191 A (Fuji Xerox Co., Ltd.),	1
Y	30 June, 1998 (30.06.98), Par. Nos. [0045] to [0047]; Fig. 5 (Family: none)	2
Y	JP 2004-13121 A (Optrex Corp.), 15 January, 2004 (15.01.04), Par. Nos. [0001] to [0008], [0081] to [0082], [0085] (Family: none)	2

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 May, 2007 (17.05.07)Date of mailing of the international search report
29 May, 2007 (29.05.07)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/055082

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The document 1: JP 10-177191 A describes a liquid crystal display device provided with a plurality of stacked cholestric liquid crystal layers to reflect light with different wavelengths, wherein (a) phase change threshold voltages V_{th} of the cholestric liquid crystals are set to be the same (see paragraphs [0045] and [0047]), (b) the threshold voltage V_{th} can be expressed by a function of p^{-1} and $\Delta\epsilon^{-1/2}$ where p is a helical pitch of the cholestric liquid crystal and $\Delta\epsilon$ is an anisotropic dielectric constant of the cholestric liquid crystal (see paragraph [0046]), (c) pitches of the cholestric liquid crystals are set to be $p_r > p_g > p_b$ and reflective central wavelengths of the cholestric liquid crystals are set to be $\lambda_r > \lambda_g > \lambda_b$ (continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1 - 2 .

Remark on Protest
the

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/055082

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

(see paragraph [0047]). These descriptions are deemed to show the relationship of the anisotropic dielectric constants: $\Delta\epsilon_r < \Delta\epsilon_g < \Delta\epsilon_b$. Thus, the invention in claim 1 is not novel because of the document 1.

As a result, since there is no matter common to claims 1-8 to make a contribution over the prior art, no special technical feature prescribed in PCT Rule 13.2 exists between claims [1-2], and claims [3], [4-7], and [8].

Therefore, since no technical relationship in the meaning of PCT Rule 13 can be found between claims [1-2] and claims [3], [4-7], and [8], this international application does not comply with the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G02F1/1347(2006.01)i, G02F1/137(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G02F1/1347, G02F1/137			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 0 7 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 0 7 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 0 7 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X	JP 10-177191 A（富士ゼロックス株式会社）1998.06.30,	1	
Y	【0045】－【0047】、図5（ファミリーなし）	2	
Y	JP 2004-13121 A（オプトレックス株式会社）2004.01.15, 【0001】－【0008】、【0081】－【0082】、【0085】 (ファミリーなし)	2	
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 1 7 . 0 5 . 2 0 0 7		国際調査報告の発送日 2 9 . 0 5 . 2 0 0 7	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 日夏 貴史 電話番号 03-3581-1101 内線 3255	2 L 9 4 1 1

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときの国際調査機関は認めた。

文献1: JP 10-177191 Aには、異なる波長の光を選択的に反射する複数のコレステリック液晶が複数積層された液晶表示装置において、(a)前記複数のコレステリック液晶の相変化しきい値電圧 V_{th} を同一にすること（【0045】、【0047】を参照。）、(b)コレステリック液晶の螺旋ピッチを p 、コレステリック液晶の誘電異方性 $\Delta\epsilon$ としたとき、前記しきい値電圧 V_{th} は、 p^{-1} 、 $\Delta\epsilon^{-1/2}$ の関数で表されること（【0046】を参照。）、(c)前記複数のコレステリック液晶の螺旋ピッチを、 $p_r > p_g > p_b$ として、前記複数のコレステリック液晶の反射中心波長 λ_r 、 λ_g 、 λ_b を $\lambda_r > \lambda_g > \lambda_b$ の関係としたこと（【0047】を参照。）が記載されている。これらの記載から、前記複数のコレステリック液晶の誘電異方性は、 $\Delta\epsilon_r < \Delta\epsilon_g < \Delta\epsilon_b$ とされていると認められる。したがって、請求の範囲1に係る発明は、文献1により、新規でない。
(以下、特別ページに続く。)

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

1-2

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☒ 追加調査手数料の納付を伴う異議申立てがなかった。

第Ⅲ欄の続き

その結果、請求の範囲 1-8 に共通する、先行技術に対して行う貢献は存在しないことになるため、請求の範囲[1-2]と請求の範囲[3][4-7][8]との間には、PCT 規則 13.2 に規定される特別な技術的特徴は存在しない。

よって、請求の範囲[1-2]と請求の範囲[3][4-7][8]との間に PCT 規則 13 の意味における技術的な関連を見い出すことはできないので、この国際出願は発明の単一性の要件を満たしていない。