

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A) (11)特許出願公開番号

特開2003 - 149682

(P2003 - 149682A)

(43)公開日 平成15年5月21日(2003.5.21)

(51) Int. Cl ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト [*] (参考)
G 0 2 F 1/137		G 0 2 F 1/137	2 H 0 8 8
	1/1335 510	1/1335 510	2 H 0 9 0
	520	520	2 H 0 9 1
	1/13363	1/13363	
	1/1337	1/1337	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 11数)

(21)出願番号 特願2001 - 351769(P2001 - 351769)

(22)出願日 平成13年11月16日(2001.11.16)

(71)出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社
東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72)発明者 氷治 直樹

神奈川県海老名市本郷2274番地 富士ゼロ
ックス株式会社海老名事業所内

(72)発明者 山本 滋

神奈川県海老名市本郷2274番地 富士ゼロ
ックス株式会社海老名事業所内

(74)代理人 100094330

弁理士 山田 正紀 (外1名)

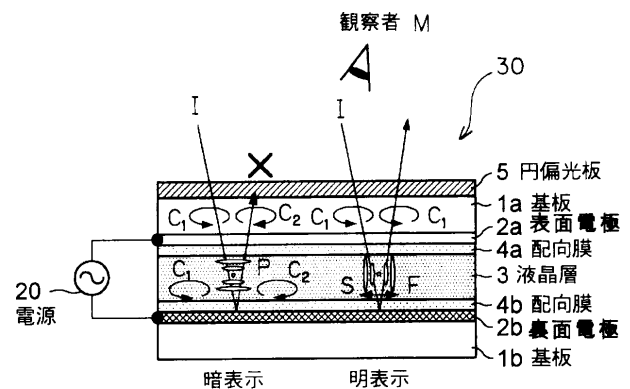
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 液晶表示素子

(57)【要約】

【課題】白黒表示が可能であって、しかも無電源で長時間にわたり画像を保存することが可能な液晶表示素子の提供を目的とする。

【解決手段】コレステリック液晶からなる液晶層と、光を円偏光する円偏光板とを積層してなる液晶表示素子であって、液晶層は、液晶層の厚さをd、コレステリック液晶の螺旋ピッチをpとしたときに、 $d/p > 1.5$ なる関係を有するものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】コレステリック液晶からなる液晶層と、光を円偏光する円偏光板とを積層してなる液晶表示素子であって、

該液晶層は、該液晶層の厚さを d 、該コレステリック液晶の螺旋ピッチを p としたときに、 $d/p > 1.5$ なる関係を有するものであることを特徴とする液晶表示素子。

【請求項2】前記液晶層は表面と裏面とを有する平面状のものであって、該表面と該裏面のうち少なくとも一方の界面の配向容易な軸に対するアンカリング強度が、 $1/10^4$ (J/m^2) 以下のものであることを特徴とする請求項1記載の液晶表示素子。

【請求項3】前記液晶層は表面と裏面とを有する平面状のものであって、該表面と該裏面のうち高々一方の界面は一軸配向性を有し、該一軸に対するアンカリング強度が、 $1/10^4$ (J/m^2) 以上のものであることを特徴とする請求項1記載の液晶表示素子。

【請求項4】前記液晶層は、入射する光を選択反射するものであって、その選択反射した光の振動面の回転方向が、前記円偏光板により吸収される光の振動面の回転方向と同じ方向のものであることを特徴とした請求項1記載の液晶表示素子。

【請求項5】前記液晶層は、表面と裏面とを有するものであって、該液晶層の表面側に前記偏光板を積層するとともに、該液晶層の裏面側に、光を反射する光反射層を積層したものであることを特徴とする請求項4記載の液晶表示素子。

【請求項6】前記液晶層は、該液晶層の表面側に表面電極を、裏面側に裏面電極をそれぞれ備え、前記光反射層が前記裏面電極を兼ねるものであることを特徴とする請求項5記載の液晶素子。

【請求項7】前記液晶層は、リタレーションが 220 nm 以上、 330 nm 以下のものであることを特徴とする請求項1記載の液晶素子。

【請求項8】前記液晶層が表面と裏面とを有するものであって、該液晶層の表面側と裏面側それぞれに互いに直交する円偏光板を積層したものであることを特徴とする請求項1記載の液晶表示素子。

【請求項9】前記液晶層は、リタレーションが 440 nm 以上、 660 nm 以下のものであることを特徴とする請求項8記載の液晶素子。

【請求項10】前記液晶層と前記円偏光板との間に、該円偏光板の法線に平行な異常光軸を有するものであって、該液晶層のダイレクタが作る平面と等価な正の一軸光学媒質により斜光に対するコントラストを光学補償する位相差補償板を積層してなるものであることを特徴とする請求項1記載の液晶素子。

【請求項11】前記円偏光板は、光を一軸方向に透過する直線偏光板と、光の振動面の位相を遅らせる $1/4$ 波

長板とを積層してなるものであって、該 $1/4$ 波長板の厚さ方向の屈折率が、該 $1/4$ 波長板の、該厚さ方向に交わる面方向の何れの方位の屈折率よりも大きいものであることを特徴とする請求項1記載の液晶表示素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、OA機器等に用いられる液晶表示素子に関し、特に外光を利用して表示を行う反射型液晶表示素子に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、情報技術の進展と環境問題への意識の高揚にともなって、低消費電力で視認性のよい表示装置の開発要請が強まっている。コレステリック液晶を用いた反射型液晶表示素子は、外光のみによる表示が可能のためバックライト用電力を不要とし消費電力の低減化が可能となり、携帯用途の情報機器等のディスプレイ用として好適であり期待が寄せられている。殊に、メモリー性液晶を用いた反射型液晶表示素子は、書き換え時に必要となる駆動電力を除けば、一旦書き込んだ表示は、電源なしで維持することができるため、リフレッシュ用電力が不要となり、その分さらに消費電力を低減化することが可能となる。他方、非メモリー性液晶を用いた反射型液晶表示素子は、単純マトリクス駆動する場合には、画素間のクロストークが問題となるため走査電極数の制限があり、その制限を回避するために薄膜トランジスタ、薄膜ダイオード、MIM (Metal-Insulator-Metal) 素子などの能動素子を用いると、リフレッシュ用電力消費に加えて、それらの能動素子を用いることによるコストアップの問題がある。これに対し、メモリー性液晶表示素子は、クロストークが問題とならないので、能動素子使用によるコストアップの問題もなく、表示容量が大きい液晶表示素子を低コストで製造できるという利点もある。

【0003】このようなメモリー性液晶表示素子の一方式として、Bistable Twisted Nematic (BTN) 方式が知られている。

【0004】特開平11-344730号公報には、この方式を利用した反射型液晶表示装置が開示されている。

【0005】図1は、BTN型液晶表示素子の断面構造を示す図である。

【0006】図1に示す液晶表示素子11は、平面状の液晶層3と、その液晶層3の表面側および裏面側からその液晶層3を挟持する、基板1a上に形成された透明な表面電極2aおよび基板1b上に形成された、光を反射する裏面電極2bとを備え、表面電極2aと液晶層3および、裏面電極2bと液晶層3との間には相互にアンチパラレル配向するようにラビング処理された配向膜4aおよび配向膜4bが積層されている。また、基板1aの表面側には、 $1/4$ 波長板と直線偏光子とからなる円偏

光板 5 が設けられ、表面電極 2 a と裏面電極 2 b との間には電源 2 0 が接続され、表面電極 2 a と裏面電極 2 b との間には電源 2 0 から所定の電圧が印加される。

【0007】液晶層 3 は、螺旋構造を有するコレステリック液晶からなり、液晶層 3 の厚み d の、螺旋ピッチ p に対する比 d/p が 0.5 に設定され、液晶の初期配向としては、 180° ねじれ配向が安定であるが、電源 2 0 から一旦高電圧が印加されて、液晶分子の長軸が基板 1 a, 1 b に対して垂直となる方向に配向させるリセットを行なった後、電源 2 0 から所定のセレクト電圧を与えると、セレクト電圧の値に応じて、双安定な 0° ねじれ配向状態 A と 360° ねじれ配向状態 B とが出現する。この 2 つの配向状態 A, B を利用して表示を行うことができる。

【0008】セレクト電圧が閾値電圧より低い場合には、バックフロー効果によって複屈折効果を有しない 360° ねじれ配向状態 B に遷移するが、セレクト電圧が閾値電圧より高い場合には、複屈折効果を有する 0° ねじれ状態 A に遷移する。

【0009】 360° ねじれ配向状態 B では、液晶層 3 の厚み d と複屈折との積 (リタデーション) を光の波長より小さく設定すればモーガン条件が満たされないの、光学的に等方状態として扱うことができる。したがって、外部からの入射光 I は円偏光板 5 を透過した円偏光 C 1 となり、反射電極 2 b で鏡像反転して逆回転の円偏光 C 2 となるため、反射電極 2 b での反射光 C 2 は円偏光板 5 で吸収され暗表示となる。一方、 0° ねじれ配向状態 A では、液晶層 3 のリタデーションが $1/4$ 波長であれば、外部からの入射光 I は円偏光板 5 を透過した円偏光 C 1 となり、液晶層を通過すると直線偏光 S となり、反射電極 2 b で反射したその直線偏光 S は再び液晶層を通過すると円偏光 C 1 となり、円偏光板を通過し明表示となる。

【0010】しかしながら、BTN方式で利用される双安定状態は、数百ms程度であるため、無電源で長時間にわたる画像保存ができないという難点がある。

【0011】一方、メモリー性液晶表示素子の他の方式として、コレステリック液晶の選択反射を用いる方式も知られている。

【0012】図 2 は、選択反射機能を有する液晶素子の断面構造を示す図である。

【0013】図 2 に示す液晶表示素子 1 2 は、コレステリック液晶よりなる液晶層 3 と、その液晶層 3 の表面側および裏面側からその液晶層 3 を挟持する、基板 1 a 上に形成された透明な表面電極 2 a および基板 1 b 上に形成された透明な裏面電極 2 b と、基板 1 b の裏面側には、光を吸収する光吸収層 7 とを備えている。また、電極 2 a と液晶層 3 との間には配向膜 4 a、電極 2 b と液晶層 3 との間には配向膜 4 b をそれぞれ備えており、表面電極 2 a と裏面電極 2 b との間には電源 2 0 が接続さ

れ、表面電極 2 a と裏面電極 2 b との間には電源 2 0 から所定の電圧が印加される。

【0014】ここで、この液晶表示素子 1 2 における配向膜 4 a、4 b は、表示の均一性、明表示時の反射率、コントラストの改善のため設けられる。配向膜 4 a と配向膜 4 b の双方にラビング等による一軸配向処理を行なった配向膜を用いると、液晶層 3 によるメモリー性が損なわれたり、コントラストが低下するため、通常一軸配向処理を行なった配向膜を液晶層 3 の両面に使用することはない。

【0015】液晶の螺旋ピッチは、BTN方式の場合には数 μm から数十 μm であるのに対して、選択反射方式の場合は 0.2 μm から 0.5 μm とし、液晶層の厚み d の螺旋ピッチ p に対する比 d/p を、5 から 20 程度とする必要がある。 d/p が、これより小さくなると明表示時の反射率が低下し、これより大きくなると駆動電圧を高くする必要があるので駆動回路に要するコストが著しく高くなる。

【0016】コレステリック液晶は、螺旋ピッチ p と等しい波長で、螺旋と同じ回転方向を有する円偏光をブラック反射する、選択反射と呼ばれる性質を持つ。したがって、螺旋ピッチ p を可視波長域内の特定波長と等しくすれば、その特定波長と同じ色の光を反射する。

【0017】図において、このコレステリック液晶は、螺旋軸が基板の法線とほぼ平行なプレーナ配向 (P 配向) P と、螺旋軸が基板の法線と垂直なフォーカルコニック配向 (F 配向) F とが双安定状態をなす。P 配向では液晶層 3 に入射した光 I は、選択反射して呈色するが、F 配向では入射した光 I を透過するので、基板 1 b の裏面側の光吸収層 7 が黒色を吸収すれば黒色を表示する。この場合、P 配向と F 配向とのスイッチングは、まず、電源 2 0 から高電圧を印加して液晶分子が基板に垂直に配向するようにリセットし、その後所定のセレクト電圧を印加する。すると印加したセレクト電圧に応じて、P 配向または F 配向に遷移する。

【0018】このスイッチング手順は図 1 に示した BTN方式の場合と類似しているが、機構が異なっている。

【0019】セレクト電圧が所定の閾値電圧より低い場合には、高電圧印加による垂直配向状態とはトポロジカルに連続な P 配向に遷移する。この P 配向への遷移は、液晶層 3 と配向膜 4 a、4 b との界面におけるアンカリングの有無に拘わらず生じるので、特定のアンカリングに依存するバックフロー効果によるものとは相異なる。一方、セレクト電圧がある閾値電圧より高い場合には、螺旋構造が回復するとともに、誘電異方性に起因した回転トルクが働いて螺旋軸の回転が生じるため F 配向に遷移する。

【0020】この選択反射方式は、P と F の双安定状態が恒久的で、画像の長期保存が可能である上、偏光板が不要なため表示が明るく、カラーフィルタを用いないで

鮮やかな着色表示ができるとともに、P配向とF配向との混合状態を安定に存在させることにより中間調表示も可能であるという利点がある。しかしながら、特定波長の色に着色されるため白黒表示が困難であり、 d/p が10以上にならないと十分な反射率が得られないので、高い駆動電圧を必要とするという難点がある。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記事情に鑑み、白黒表示が可能であって、しかも無電源で長時間にわたり画像を保存することが可能な液晶表示素子の提供を目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成する本発明の液晶表示素子は、コレステリック液晶からなる液晶層と、光を円偏光する円偏光板とを積層してなる液晶表示素子であって、該液晶層は、該液晶層の厚さを d 、該コレステリック液晶の螺旋ピッチを p としたときに、 $d/p > 1.5$ なる関係を有するものであることを特徴とする。

【0023】ここで、上記液晶層は表面と裏面とを有する平面状のものであって、該表面と該裏面のうち少なくとも一方の界面の配向容易な軸に対するアンカリング強度が、 $1/10^4$ (J/m^2) 以下のものであることが好ましい。

【0024】また、上記液晶層は表面と裏面とを有する平面状のものであって、該表面と該裏面のうち高々一方の界面は一軸配向性を有し、該一軸に対するアンカリング強度が、 $1/10^4$ (J/m^2) 以上のものであることが好ましい。

【0025】また、上記液晶層は、入射する光を選択反射するものであって、その選択反射した光の振動面の回転方向が、上記円偏光板により吸収される光の振動面の回転方向と同じ方向のものであることが好ましい。

【0026】また、上記液晶層は、表面と裏面とを有するものであって、該液晶層の表面側に上記偏光板を積層するとともに、該液晶層の裏面側に、光を反射する光反射層を積層したものであってもよい。

【0027】また、上記液晶層は、該液晶層の表面側に表面電極を、裏面側に裏面電極をそれぞれ備え、上記光反射層が上記裏面電極を兼ねるものであってもよい。

【0028】さらに、上記液晶層は、リタレーションが220nm以上、330nm以下のものであることが好ましい。

【0029】また、上記液晶層が表面と裏面とを有するものであって、該液晶層の表面側と裏面側それぞれに互いに直交する円偏光板を積層したものであることが好ましい。

【0030】さらに、上記液晶層は、リタレーションが440nm以上、660nm以下のものであることが好ましい。

【0031】また、上記液晶層と上記円偏光板との間に、該円偏光板の法線に平行な異常光軸を有するものであって、該液晶層のダイレクタが作る平面と等価な正の一軸光学媒質により斜光に対するコントラストを光学補償する位相差補償板を積層してなるものであることが好ましい。

【0032】さらに、上記円偏光板は、光を一軸方向に透過する直線偏光板と、光の振動面の位相を遅らせる $1/4$ 波長板とを積層してなるものであって、該 $1/4$ 波長板の厚さ方向の屈折率が、該 $1/4$ 波長板の、該厚さ方向に交わる面方向の何れの方位の屈折率よりも大きいものであることも好ましい態様である。

【0033】

【発明の実施の形態】以下に本発明の液晶表示素子の実施形態について説明する。

【0034】図3は、本発明の第1の実施形態の液晶表示素子の断面を模式的にあらわす概略構成図である。

【0035】図3に示す液晶表示素子30は、コレステリック液晶からなる平面状の液晶層3と、その液晶層3の表面又は裏面からその液晶層3を挟持する、基板1a上に形成された透明な表面電極2a又は基板1b上に形成された光を反射する裏面電極2bとを備え、表面電極2aと液晶層3、および裏面電極2bと液晶層3との間には配向膜4aおよび配向膜4bが積層されている。また、基板1aの表面側には、 $1/4$ 波長板と直線偏光子とにより構成される円偏光板5が設けられ、表面電極2aと裏面電極2bとの間には電源20が接続され、表面電極2aと裏面電極2bとの間にはその電源20から所定の電圧が印加されるように構成されている。

【0036】ここで、本実施形態の液晶層3は、液晶層の厚みを d 、液晶の螺旋ピッチを p とそたときに、 d/p が 1.5 を越えるように形成され、選択反射方式の液晶表示素子と同様に、P配向とF配向とが経時的に安定となるように構成されているので、画像の長期保存が可能である。

【0037】また、螺旋ピッチと複屈折との積が光学波長より十分に小さくなるように設定されており、螺旋軸を異常光軸とする負の光学媒質と見なすことができるので、P配向時の複屈折効果がほぼゼロである一方、F配向時には複屈折効果があらわれる。ここでは、液晶層3の厚み d は、リタレーションが光の波長の $1/4$ になるように調整されている。したがって、P配向時には、入射した光Iが円偏光板5を透過した後の円偏光C1は、液晶層3をそのまま透過し、反射電極2bにより鏡像反転するので、円偏光板5を透過した円偏光C1とは反対回りの円偏光C2となり、円偏光板5で吸収され暗表示となる。一方、F配向時には、入射した光Iが円偏光板5を透過した後の円偏光C1は、 $1/4$ の厚みに調整された液晶層3の複屈折効果により直線偏光Sとなり、反射電極2bにより反射した直線偏光は、液晶層3

の複屈折効果により再び円偏光C1となるので、円偏光板5をそのまま透過して明表示となる。

【0038】本実施形態の液晶表示素子30は、選択反射によらず複屈折効果を用いているため、リタデーションを適切に設定すれば白黒表示が可能となる。

【0039】ここで、F配向時の複屈折率の差を n_f 、液晶膜厚を d 、波長を λ とすれば、透過型の液晶表示素子の透過率 T は、 $\sin^2(\pi n_f \cdot d / \lambda)$ に比例するものとして求めることができる。したがって、透過光を白色化するためには、視感度がもっとも高い波長域440~660nmにおいて透過率が最大となるように $n_f \cdot d$ (リタデーション)を設定すればよい。

【0040】すなわち、 $\sin^2(\pi n_f \cdot d / \lambda)$ が1になるよう、リタデーション $n_f \cdot d$ を、 $\lambda/2 = 220 \sim 330 \text{ nm}$ に設定してやれば透過光を白色化することができる。

【0041】ここで、実際に n_f を直接測定することは困難である。しかし、螺旋ピッチより十分に小さなスケールでコレステリック液晶を観察すると、局所的にネマチック液晶と同様に正の1軸性光学媒質と考えることができる。この常光および異常光に対する屈折率の差を n_0 とすれば、F配向した液晶分子の半分は垂直配向し、残り半分は水平配向していると考えられることから、 $n_0 = 2 \cdot n_f$ という関係式が成立する。この n_0 は、液晶層に電圧を印加して螺旋を解き一軸配向させることにより測定することができる。したがって、 $n_0 \cdot d = 440 \sim 660 \text{ nm}$ が成立する液晶層を選別して用いれば透過光を白色化させることが可能となる。なお、反射型の場合には、光路長が2倍となるため、 $n_0 \cdot d$ を、半分の220~330nmにすれば白黒表示させることができる。

【0042】本実施形態では、F配向時には、液晶層のリタデーションは $1/4$ 波長となるので、入射した光Iが円偏光板5を透過した後の円偏光C1は、反射電極2b上で直線偏光Sとなり、円偏光板5でこれを透過する円偏光C1となるため、白色化を実現させることができるとともに最大の反射率を得ることができる。

【0043】次に、本実施形態の液晶表示素子30の各構成要素について説明する。

【0044】基板1a、1bとしては1)ガラス、2)ポリカーボネート、ポリエチレンテレフタレート、ポリエーテルスルホンなどの樹脂、3)PLZTなどのセラミック、など透光性誘電体を使用することができる。

【0045】透明な表面電極1aとしては、ITO(Indium Tin Oxide)、 SnO_2 、 $\text{ZnO}:\text{Al}$ 等の導電性酸化物や、ポリピロールやポリアニリン等導電性樹脂などの透光性導電部材が用いられる。これら部材は、蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法、ゾルゲル法、コーティング法、印刷法、電着法などで成膜することができ、成膜後にリソグラフ

法などを用いて所望の形状に加工して用いることができる。

【0046】光を反射する裏面電極2bとしては、Al、Ag、Cr、Ti等のような導電性と光反射性とを有する材料が用いられる。また、反射電極2bにより偏光が解消されるとコントラストが低下するので、反射電極2bの表面は鏡面状であるか、それに近い状態であることが望ましい。

【0047】なお、反射型液晶表示素子で鏡面状の反射電極を用いる場合には、一般に外界の映り込みを防ぐために光拡散板を併用するか、反射電極2bの表面を粗面にして光拡散性を付与する。しかし、本実施形態においては、明表示時には、F配向した液晶層3が光拡散性を有するため、光拡散板を用いなくても外界の映り込みが回避できる。

【0048】コレステリック液晶は、F配向時に数 μm から数十 μm サイズのドメイン構造をとり、各々のドメインで螺旋軸が基板と平行な面内でランダムに配向している。それゆえ、反射電極を用いる場合は、入射光と反射光が反射前後で同じドメインを通過し、生ずる位相差は液晶層3を1回透過する場合にくらべて単純に2倍になるが、電極2bを透明電極とし、基板1bの外側に光反射層を設ける構成の場合は、入射光と反射光が反射前後で異なるドメインを通過し、生ずる位相差は、通過するドメインの螺旋軸の方向による確率的分布を持つので、スペクトルを平坦化させて白色化させる一助にはなるが、反面円偏光板5によって吸収される光量が増加するので反射率はやや低下する。

【0049】本実施形態では、裏面電極2bが光反射層を兼ねる構成を採っているため、視差による二重像の防止が図れるほか、反射率の低下も防止することができる。

【0050】配向膜4a、4bとしてはポリイミド、ポリエステルなどの樹脂や、シラン系やアミン系の界面活性剤、 SiO 斜方蒸着膜などの無機膜など、公知の配向膜材料を用いることができる。配向膜4a、4bの配向性は、垂直配向性、水平配向性いずれであってもよい。本実施形態における配向膜4a、4bの役割はBTN方式の場合と異なり、配向方向を一方に規定するためのものではなく、表示の均一性、明表示時の反射率、コントラストを改善するために設けられる。

【0051】ここで、表面側および裏面側両方の配向膜4a、4bにラビング配向膜のような水平一軸配向性の強い配向膜を用いると、P配向が著しく安定となるため、双安定性が損なわれる。したがって、配向膜4a、4bのうちのいずれか一方もしくは両方によって、液晶層3との界面に $1/10^4 (\text{J}/\text{m}^2)$ 以下の弱い方位角アンカリング強度(基板面と平行な面内における一軸方向に配向しようとするエネルギーの強さ)を持たせれば、F配向における表示の長期安定保存を確保すること

ができる。

【0052】一方、P配向時において、暗表示を確かなものとするためには、螺旋軸が基板に平行になっている必要がある。しかし、通常の液晶表示素子は、螺旋軸が基板法線に対して±数度程度のばらつきで傾斜した状態に配向していることが知られている。螺旋軸が傾斜していると液晶層3に複屈折効果が生じるので、暗表示時においても一部の光が円偏光板を透過し、暗表示時と明表示時とのコントラストが低下する。

【0053】双安定性を損なうことなく螺旋軸の傾斜を低減させる手段としては、配向膜4a、4bの一方によって、液晶層3との界面に $1/10^4$ (J/m^2)以上の方位角アンカリング強度を持たせる方法が有効である。したがって、配向膜のいずれか一方に強アンカリング配向膜、具体的にはラビング配向膜を用いることが好ましい。

【0054】液晶層3に用いるコレステリック液晶材料としては、シアノビフェニル系、フェニルシクロヘキシル系、フェニルベンゾエート系、シクロヘキシルベンゾエート系、アゾメチン系、アゾベンゼン系、ピリミジン系、ジオキサソ系、シクロヘキシルシクロヘキサソ系、スチルベン系、トラン系など公知のネマチック液晶組成物に、コレステロール誘導体や2-メチルブチル基など光学活性基を含む化合物などの光学活性化化合物等からなるカイラル剤を添加した液晶組成物を利用できる。むしろ、液晶組成物自身が光学活性化化合物であってもよい。また、液晶材料に色素、微粒子などの添加剤を加えても利用してもよい。コレステリック液晶は高分子や無機材料からなるマトリクス中に分散したものや、架橋性高分子や水素結合性ゲル化剤などを用いてゲル化したものや、マイクロカプセル化したものなど複合材料の形態であってもよい。また、高分子液晶、中分子液晶、低分子液晶のいずれでもよく、またこれらの混合物でもよい。

【0055】液晶層3の厚みdは、 $1\mu m$ から $20\mu m$ 程度の範囲とする。これより薄いと、異物混入などによる電極2a、2b間の短絡機会が増加して歩留まりが低下し、これより厚いと、駆動電圧が上昇して駆動回路のコストが高くなる。また、液晶層3の厚みdと螺旋ピッチpとの比 d/p は、1以下ではF配向が不安定となり双安定性が得にくいので $d/p > 1.5$ となるようにする必要があるのである。

【0056】以上の観点からは、螺旋ピッチは、 $p < 0.6\mu m \sim 1.3\mu m$ にする必要がある。

【0057】一方、F配向において、モーガン条件が破られ、複屈折効果が生じないようにする必要があり、波長を λ 、コレステリック液晶の平均屈折率をnとすれば、 $n_o \cdot p < \lambda/n$ なる関係を満たす必要がある。一般に、nは1.5程度、 λ は $0.4\mu m \sim 0.8\mu m$ であり、また、 n_o は $0.5 \sim 0.25$ である。

【0058】以上の観点からは、螺旋ピッチは、 $p < 50$

$1.1\mu m \sim 11\mu m$ にする必要がある。

【0059】したがって、螺旋ピッチに関する2つの条件を満たすためには、螺旋ピッチを約 $1\mu m$ 以下とすれば、 n 、 n_o に依存することなく液晶表示素子を機能させることができる。

【0060】なお、使用する液晶表示素子における n 、 n_o が定まっている場合には、それに合わせて螺旋ピッチpを約 $1 \sim 10\mu m$ の範囲で設定することもできるし、 n_o は所望のリタデーションが得られる範囲で任意に選ぶこともできる。

【0061】本発明の液晶表示素子30は、選択反射方式の場合とくらべて n_o が小さい、低粘度の液晶を用いることができるため、応答速度の面で有利である。また、液晶層3のリタデーション $n_o \cdot d$ が、反射型の場合には $220 \sim 330nm$ 、透過型の場合には $440 \sim 660nm$ である範囲にときに白黒表示が可能となるが、その範囲から外れるリタデーションの場合には明表示時に呈色する。

【0062】なお、その呈色作用を利用して液晶表示素子30の着色表示を行うこともできる。

【0063】円偏光板5は、右円偏光または左円偏光のいずれか一方を透過し、他方を吸収する性質を有し、光を一軸方向に透過する直線偏光板と、光の振動面の位相を遅らせる $1/4$ 波長板(以下、「位相差板」と称する)とを積層してなり、直線偏光板の偏光軸と位相差板の光学軸とは角度が $\pi/4$ をなしている。暗表示時に完全な黒色を得るためには可視波長域全域で $1/4$ 波長のリタデーションを生ずるような位相差板が要求される。一般に位相差板に用いる延伸高分子フィルムは長波長ほどリタデーションが小さくなるような波長分散を有するので、波長分散が異なる2種類の延伸高分子フィルムを直交して貼り合わせるによりその要求を満たすことができる。

【0064】本実施形態では、そのような位相差板を用いて構成された円偏光板が好適に利用される。

【0065】P配向時のコレステリック液晶は、異常光軸が基板法線方向と平行な負の光学媒質であるので、斜め方向から観察したときに複屈折効果が生じ、コントラストが低下する場合がある。これを防止するためには、異常光軸が円偏光板5の法線と平行で、コレステリック液晶のダイレクタが作る平面と等価な正の一軸光学媒質からなる位相補償フィルムを液晶層3と円偏光板との間に積層することにより光学的に補償することができる。また、この位相補償フィルムを $1/4$ 波長板と組み合わせ、 $1/4$ 波長板の厚さ方向の屈折率が、その $1/4$ 波長板の、直線偏光板と接する面上の何れの方向の屈折率よりも大きくなるように設定し、斜めから見たときにP配向したコレステリック液晶に生じる位相差と、位相補償フィルムに生じる位相差との符号が逆になるため、相互に相殺し、コントラストの低下を抑制することがで

きる。

【0066】つぎに本実施形態の液晶表示素子30のスイッチング動作を説明する。

【0067】図4は、液晶層に一定電圧を印加・除去後に測定した電圧-反射率特性を示す模式図である。

【0068】図4において、縦軸は液晶層の反射率、横軸は印加電圧をあらわし、図中の点線Pは、初期配向がP配向の場合、実線Fは、初期配向がF配向の場合を表わしている。なお、ここでは、液晶層が反射型のため縦軸が反射率となっているが、液晶層が透過型の場合には、反射率に替えて透過率とすれば全く同様に適用される。

【0069】印加電圧がV1以下の場合には、コレステリック液晶の配向は変化しないので、初期配向の如何に関わらず反射率は変化しない。印加電圧がV2以上、V3以下ではF配向が安定となるため明表示となる。電圧がV4以上ではP配向が安定となり暗表示となる。電圧V4はコレステリック-ネマチック相転移しきい値電圧に相当する。したがって、V3~V4の電圧を印加するか、またはP配向に初期化した後にV1~V2の電圧を与えることで明暗を制御できる。

【0070】印加電圧VがV3<V<V4の場合や、V1<V<V2の場合には中間調を得ることができる。このとき液晶層3はP配向のドメインとF配向のドメインとが微視的に混在する状態となる。この状態は経時的に安定に存在し得るため、本発明の液晶表示素子は、中間調表示を長期間保存することも可能である。

【0071】ここで、コレステリック-ネマチック相転移のしきい値電圧V_{cn}は、電圧印加時間が十分に長い場合にはV4に等しく、螺旋ピッチをp、ツイスト配向弾性係数をK₂₂、真空の誘電率をε₀、誘電率異方性をε₂₂とすればV_{cn}= $\left(\frac{2 \cdot d}{p}\right) \cdot \left(\frac{K_{22}}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_{22}}\right)$ で与えられる。したがって、駆動電圧を低減するためには、d/pを小さく、K₂₂を小さく、ε₂₂を大きく設定する。

【0072】本実施形態の液晶表示素子は、暗表示時に光拡散性が弱いP配向で、明表示時に光拡散性が強いF配向となる。反射型表示の場合、明表示時に光拡散性がある程度強い方が表示が明るく見えるので好ましく、コントラストを高める効果を果たしている。

【0073】また、本実施形態の液晶表示素子は、セグメント表示素子、単純マトリクス表示素子、アクティブマトリクス表示素子のいずれの形態で使用してもよく、白黒表示だけでなく、カラーフィルタと組み合わせることによりカラー表示を行ってもよい。コレステリック液晶の螺旋ピッチは、選択反射した光が可視波長域になるように設定しても構わないが、暗表示時には色づきが生ずる。また、素子を正面から見たときの選択反射光が近赤外波長域になるように螺旋ピッチを設定した場合、正面方向から見た場合は色づきは生じないが、斜め方向が

ら見た場合に、選択反射波長の短波長シフトによって色づくことがある。しかし、コレステリック液晶が選択反射する円偏光成分と、観察者側の円偏光板が吸収する円偏光成分とが、同じ回転方向となるように設定することにより、これらの色づきを回避することができる。

【0074】次に、本発明の第2の実施形態の液晶表示素子について説明する。

【0075】本実施形態は、第1の実施形態と較べて、裏面電極が半透過型反射電極であり、その外側に円偏光板が設けられ、その円偏光板の外側にバックライトを備えている点が相違するが、それ以外は共通するので、相違点について説明する。

【0076】図5は、第2の実施形態の液晶表示素子を模式的に示す概略断面構成図である。

【0077】図5に示す液晶表示素子31は、表面と裏面とがある平面状の液晶層3と、その液晶層3の表面側には透明な表面電極2aを設けた基板1aと、裏面側には光反射層を兼ね半透過性の反射電極2bを設けた基板1bとが積層され、さらに、電極2aと液晶層3との間には配向膜4a、電極2bと液晶層3との間には配向膜4bがそれぞれ積層されている。また、基板1aの外表面には円偏光板5a、基板1bの外表面には円偏光板5bがそれぞれ設けられ、円偏光板5aと円偏光板5bとは偏光軸が相互に直交している。さらに、液晶層3の表面側の観察者Mとは反対側で、液晶層3の裏面側にはバックライト10が配置されている。

【0078】液晶層3のリターデーションn_o・dは、220~330nmに設定する。それによって、本液晶表示素子31が反射型表示素子として機能する場合における表示の白色化条件を満たす。しかし、透過型表示素子として機能する場合の白色化条件は満たさないことになるので、明表示が若干青みの白色となる。ただし、この色味の相違はバックライト10の光源色を若干赤味にすることで調整することができる。

【0079】半透過性の反射電極2bには、Al、Ag、Cr、Tiなどの導電性と光反射性の双方を有する材料を、光を透過する程度に薄く成膜したり、エッチング加工などを行って部分的に透過窓を設けるなどの方法により半透過性を与えることができる。

【0080】本実施形態における液晶表示素子31は、バックライトを消灯したときは反射型表示素子として機能し、点灯したときは透過型表示素子として機能する。

【0081】バックライト10を点灯したときは、バックライトが点灯する裏面側から入射した光Iは、円偏光板5bを透過すると円偏光C1となり、液晶層3がP配向の場合には複屈折効果が無いのでそのまま透過し、透過した円偏光C1は、円偏光板5bと直交する円偏光板5aにより吸収されて暗表示となる。一方、液晶層3がF配向の場合には1/4波長に相当する液晶層3の複屈折効果により、直線偏光Sとなり、一部の光が円偏光板

5 aを透過するので明表示となる。

【0082】なお、バックライト10を消灯したときの反射型表示素子としての作用は、第1の実施形態と同様であることから、説明は省略する。

【0083】このような構成とすることにより、液晶表示素子は暗所でも表示を視認することが可能となり、また、フロントライトによらずバックライトを用いているのでコントラスト低下の問題は回避できる。

【0084】次に、本発明の第3の実施形態の液晶表示素子について説明する。

【0085】図6は、第3の実施形態の液晶表示素子を模式的に示す概略断面構成図である。

【0086】本実施形態の液晶表示素子は、第2の実施形態の液晶表示素子と較べて、裏面電極が透明な電極であり、裏面側の円偏光板の外側に半透過型反射板を備える点は相違するが、それ以外は共通するので、同一構成要素には同一符号を付し相違点について説明する。

【0087】図6に示す液晶表示素子32は、表面と裏面とがある平面状の液晶層3と、その液晶層3の表面側には透明な表面電極2 aを設けた基板1 aと、裏面側には透明な裏面電極2 bを設けた基板1 bとが積層され、さらに、電極2 aと液晶層3との間には配向膜4 a、電極2 bと液晶層3との間には配向膜4 bがそれぞれ積層されている。また、基板1 aの外表面には円偏光板5 a、基板1 bの外表面には円偏光板5 bがそれぞれ設けられ、円偏光板5 aと円偏光板5 bとは偏光軸が相互に直交している。さらに、円偏光板5 bの外表面には1/4波長板9および半透過型反射板8とを備え、液晶層3の表面側の観察者Mとは反対側で、半透過型反射板8の外側にはバックライト10が配置されている。

【0088】液晶層3のリタレーション $n_o \cdot d$ は、440 nm ~ 660 nmに設定する。また、半透過型反射板は、第2の実施形態における裏面電極と同様の材料を用いることができる。ただし、導電性は不要なので、誘電体多層膜などを用いることができる。

【0089】本実施形態における液晶表示素子32は、バックライトを消灯したときは反射型表示素子として、バックライトを点灯したときは透過型表示素子として機能する。

【0090】バックライト10を点灯したときは、バックライトが点灯する裏面側から入射した光Iは、バックライト10は無偏光なので1/4波長板9を通っても無偏光のままであり、円偏光板5 bを透過すると円偏光C2となり、液晶層3がP配向の場合には複屈折効果が無いのでそのまま透過し、透過した円偏光C2は、円偏光板5 bと直交する円偏光板5 aにより吸収されて暗表示となる。一方、液晶層3がF配向の場合には1/2波長に相当する液晶層3の複屈折効果により、円偏光C1となり、円偏光板5 aを透過するので明表示となる。

【0091】図7は、バックライトを消灯したときの反

射型表示素子としての作用を示す図である。

【0092】図7に示す液晶表示素子は、図6に示した液晶表示素子と全く同じものであり、バックライトが消灯している点が相違する。

【0093】液晶層3の表面の観察者側Mから入射した光Iは、円偏光板5 aを透過すると円偏光C1となり、液晶層3がP配向の場合には、そのまま液晶層3を透過した光C1は、円偏光板5 aと直交する円偏光板5 bにより吸収されてしまうので、観察者側には光が届かず暗表示となる。一方、液晶層3がF配向の場合には、1/2波長に相当する液晶層3の複屈折効果により円偏光板5 aを透過した円偏光C1は円偏光C2となるので、円偏光板5 bを透過し、1/4波長板9により直線偏光Sとなる。直線偏光Sは、半透過反射板8でそのまま反射し、円偏光板5 bを一部の光が透過して円偏光C2となり、液晶層3で円偏光C1となるので、円偏光板5 aを透過して明表示となる。

【0094】

【実施例】次に、本発明の液晶表示素子の実施例について説明する。

【0095】(第1の実施例)市販のITO電極付ガラス基板を基板1 aおよび表面電極2 aとして用いた。一方、ガラス基板1 bにAlを0.5 μmスパッタリング法で成膜して光を反射する裏面電極2 bとした。なお、配向膜4 a、4 bは省略した。基板1 b上に直径1.6 μmの球状シリカペースを湿式散布して、開口部を設けて塗布したシール剤で基板1 aと貼り合わせた。つぎに、 n が0.20となるように調整したネマチック液晶を7.3質量%と、カイラル剤S811(メルク社製)を21.6重量%と、カイラル剤S1011(メルク社製)を5.4質量%とを混合して、右円偏光を選択反射する螺旋ピッチ0.22 μmのコレステリック液晶を調整し、これを上記ガラス基板間に注入した。1/4波長板SEF-1/4(住友化学社製)と直線偏光板SH-1852AP(住友化学社製)を積層した、左円偏光を透過する円偏光板を基板1 a上に貼付した。 $n_o = 0.15$ 、 $d = 1.67 \mu\text{m}$ であり $n_o \cdot d = 0.25 \mu\text{m}$ であった。また $d/p = 7.3$ であった。

【0096】初期配向をP配向として、1 KHzの対称矩形波を100 ms間印加した後に測定した電圧-反射率特性を図8に示す。反射率および反射スペクトルの測定にはミノルタ社の分光光度計CM-2022を用いた。結果としてV4=1.1 Vと極めて低電圧で駆動できた。また、D65光源下での反射スペクトルを図9に示す。視感反射率のコントラスト比は5.1であり、明表示時のXY色度座標は(0.31, 0.35)でほぼ白色が得られた。明暗を表示した素子は3ヶ月間保存後もほとんど表示に変化は見られなかった。

【0097】(第2の実施例)市販のITO電極付ガラス基板を基板1 aおよび表面電極2 aとして用いた。一

方、ガラス基板1bにAlを0.5μmスパッタリング法で成膜して光を反射する裏面電極2bとした。配向膜4a、4bとしてポリビニルアルコールを用い、配向膜4aをラビング処理した。基板1b上に直径3.5μmの球状シリカペースを湿式散布して、開口部を設けて塗布したシール剤で基板1aと貼り合わせた。nが0.094のネマチック液晶ZLI-4792を90質量%と、カイラル剤S811(メルク社製)を8質量%と、カイラル剤S1011(メルク社製)を2質量%とを混合して、螺旋ピッチ0.89μmの右円偏光を選択反射するコレステリック液晶を調整した。これを上記と同様にガラス基板間に注入した。基板1a上に1/4波長板SEF-1/4(住友化学社製)と直線偏光板SH-1852AP(住友化学社製)を積層した、左円偏光を透過する円偏光板を貼付した。n_o=0.085、d=3.5μm、n_o・d=0.30μm、d/p=4.0であった。実施例1と同様の反射率および反射スペクトルの測定を行った結果、視感反射率のコントラスト比7.5であり、明表示時のXY色度座標は(0.35、0.37)でほぼ白色が得られた。明暗を

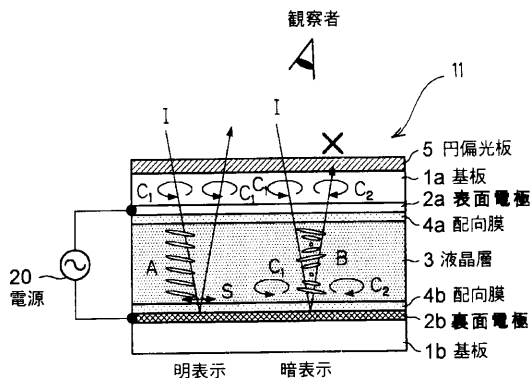
表示した素子は3ヶ月間保存後もほとんど表示に変化は見られなかった。
 【0098】
 【発明の効果】本発明によれば、長時間の画像保存が可能で、かつ白黒表示が可能な液晶表示素子を提供できる。
 【図面の簡単な説明】
 【図1】BTN型液晶表示素子の断面構造を示す図である。
 【図2】選択反射機能を有する液晶素子の断面構造を示す図である。
 【図3】本発明の第1の実施形態の液晶表示素子の断面

を模式的にあらわす概略構成図である。
 【図4】液晶層に一定電圧を印加・除去後に測定した電圧-反射率特性を示す模式図である。
 【図5】第2の実施形態の液晶表示素子を模式的に示す概略断面構成図である。
 【図6】第3の実施形態の液晶表示素子を模式的に示す概略断面構成図である。
 【図7】バックライトを消灯したときの反射型表示素子としての作用を示す図である。
 【図8】電圧-反射率特性を示す図である。
 【図9】D65光源下での反射スペクトルを示す図である。

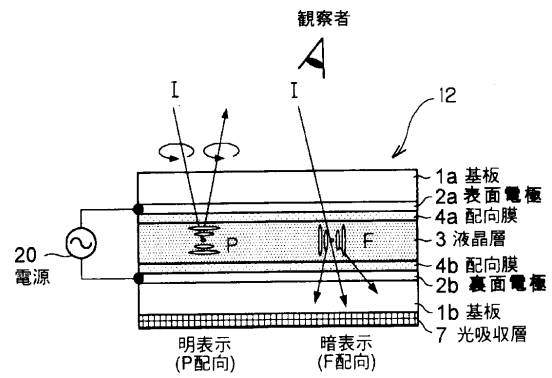
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 電極
- 3 液晶層
- 4 配向膜
- 5 円偏光板
- 7 光吸収層
- 8 半透過型反射板
- 9 1/4波長板
- 10 バックライト
- 11, 12, 30, 31, 32 液晶表示素子
- 20 電源
- A 0°ねじれ配向状態
- B 360°ねじれ配向状態
- I 入射する光
- C1, C2 円偏光
- S 直線偏光
- P プレーナ配向
- F フォーカルコニック配向
- M 観察者

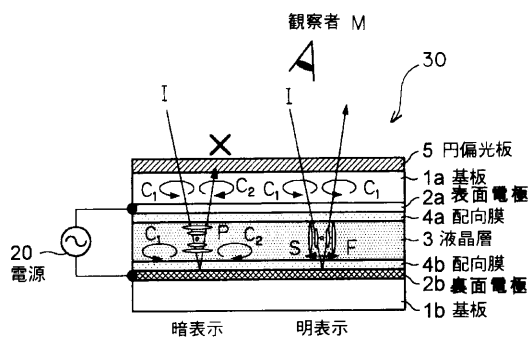
【図1】



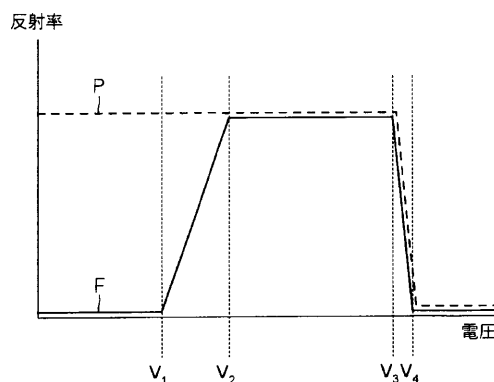
【図2】



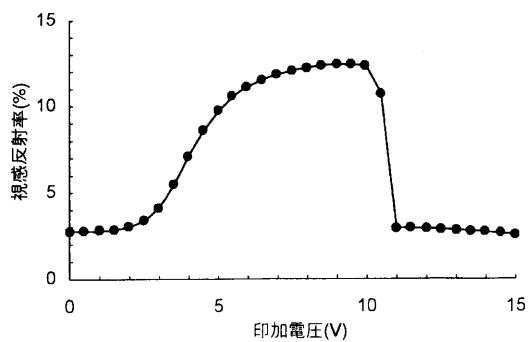
【図3】



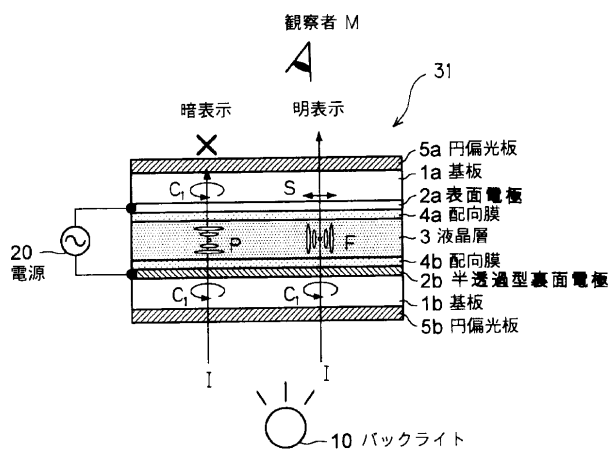
【図4】



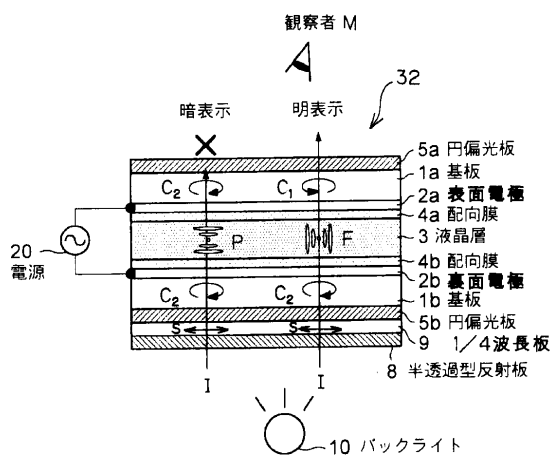
【図5】



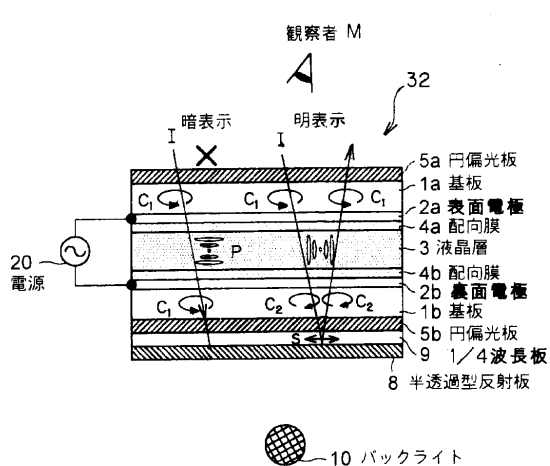
【図6】



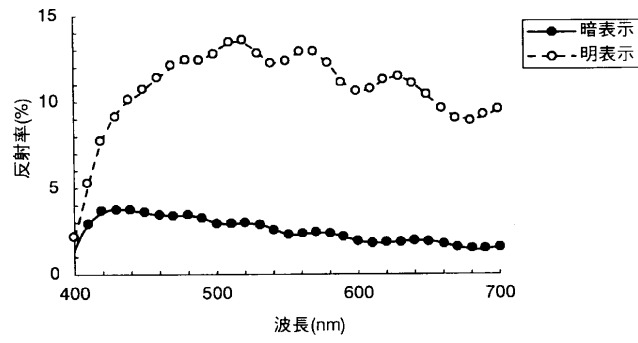
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H088 GA03 HA03 HA17 HA18 JA15
KA07 KA13 LA09 MA20
2H090 KA18 MA05 MA17 MB01
2H091 FA08X FA08Z FA11X FA11Z
FA14Y FA15Z FD05 FD07
FD10 HA18 JA10 KA02 KA04
LA30

专利名称(译)	液晶显示元件		
公开(公告)号	JP2003149682A	公开(公告)日	2003-05-21
申请号	JP2001351769	申请日	2001-11-16
[标]申请(专利权)人(译)	富士施乐株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士施乐株式会社		
[标]发明人	冰治直樹 山本滋		
发明人	冰治 直樹 山本 滋		
IPC分类号	G02F1/1335 G02F1/13363 G02F1/1337 G02F1/137		
CPC分类号	G02F1/13718 G02F1/133528 G02F2001/133638 G02F2203/02		
FI分类号	G02F1/137 G02F1/1335.510 G02F1/1335.520 G02F1/13363 G02F1/1337		
F-TERM分类号	2H088/GA03 2H088/HA03 2H088/HA17 2H088/HA18 2H088/JA15 2H088/KA07 2H088/KA13 2H088/LA09 2H088/MA20 2H090/KA18 2H090/MA05 2H090/MA17 2H090/MB01 2H091/FA08X 2H091/FA08Z 2H091/FA11X 2H091/FA11Z 2H091/FA14Y 2H091/FA15Z 2H091/FD05 2H091/FD07 2H091/FD10 2H091/HA18 2H091/JA10 2H091/KA02 2H091/KA04 2H091/LA30 2H191/FA13Z 2H191/FA22X 2H191/FA22Z 2H191/FA30X 2H191/FA30Z 2H191/FA31Y 2H191/FA32Y 2H191/FA32Z 2H191/FA33Z 2H191/FA34Y 2H191/FA81Z 2H191/FB14 2H191/FC02 2H191/FC07 2H191/FC21 2H191/FD08 2H191/FD09 2H191/FD12 2H191/GA08 2H191/HA16 2H191/JA02 2H191/KA02 2H191/KA05 2H191/LA27 2H191/LA40 2H191/NA03 2H191/NA43 2H191/NA48 2H191/PA10 2H191/PA44 2H191/PA62 2H191/PA65 2H191/PA68 2H290/AA03 2H290/AA33 2H290/AA83 2H290/BE04 2H290/CA03 2H290/CA32 2H290/CB02 2H290/CB03 2H291/FA13Z 2H291/FA22X 2H291/FA22Z 2H291/FA30X 2H291/FA30Z 2H291/FA31Y 2H291/FA32Y 2H291/FA32Z 2H291/FA33Z 2H291/FA34Y 2H291/FA81Z 2H291/FB14 2H291/FC02 2H291/FC07 2H291/FC21 2H291/FD08 2H291/FD09 2H291/FD12 2H291/GA08 2H291/HA16 2H291/JA02 2H291/KA02 2H291/KA05 2H291/LA27 2H291/LA40 2H291/NA03 2H291/NA43 2H291/NA48 2H291/PA10 2H291/PA44 2H291/PA62 2H291/PA65 2H291/PA68		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：即使电源关闭，也能提供能够进行黑白显示并长时间存储图像的液晶显示元件。解决方案：液晶显示元件通过层叠由胆甾型液晶和圆偏振片组成的液晶层形成，用于圆偏振光，当液体厚度为液体层时，液晶层具有 $d/p > 1.5$ 的关系晶体层和胆甾型液晶的螺旋间距分别定义为d和p。

