

(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2001 - 264820

(P2001 - 264820A)

(43)公開日 平成13年9月26日 (2001.9.26)

(51)Int.Cl⁷

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 F 1/139

G 0 2 F 1/139

審査請求 未請求 請求項の数 32 O L (全 23数)

(21)出願番号 特願2001 - 30277(P2001 - 30277)

(22)出願日 平成13年2月6日 (2001.2.6)

(31)優先権主張番号 0002733.4

(32)優先日 平成12年2月8日 (2000.2.8)

(33)優先権主張国 イギリス(GB)

(31)優先権主張番号 0024636.3

(32)優先日 平成12年10月9日 (2000.10.9)

(33)優先権主張国 イギリス(GB)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 マイケル ジョン タウラー

イギリス国 オーエックス2 9エイエル,

オックスフォード, ボトレイ, ザ ガース 20

(72)発明者 エリザベス ジェーン アコスタ

イギリス国 オーエックス2 9エイエル,

オックスフォード, ボトレイ, ザ ガース 20

(74)代理人 100078282

弁理士 山本 秀策

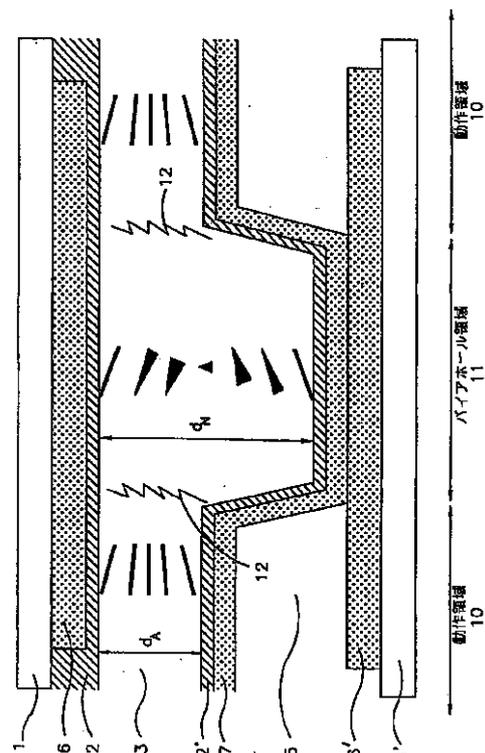
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 液晶表示デバイス

(57)【要約】

【課題】 高電圧の印加を必要とすることなく、液晶表示デバイスの操作を行う。

【解決手段】 第1および第2の基板(1、1')の間に配置されたキラル液晶層(3)と、液晶層(3)に電圧を印加するための手段とを含む液晶表示デバイスにおいて、液晶層の第1の領域(10)は表示のための動作領域であり、液晶層の第2の領域(11)は液晶層(3)へ電圧を印加する時に第1の領域(10)に所望の液晶状態を生成するための核形成領域であり、液晶層(3)の厚さdと液晶材料のピッチpとの比が第1の領域(10)において第1の値 $(d/p)_A$ を有し、第2の領域(11)において第2の値 $(d/p)_N$ を有し、第2の領域(11)における液晶層の厚さdと液晶材料のピッチpとの比の値 $(d/p)_N$ は、液晶層への印加電圧の非存在下で、第2の領域(11)において安定である液晶状態が所望の液晶状態と位相幾何学的に等価であるように選択される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1および第2の基板の間に配置されたキラル液晶材料の層、ならびに該液晶層に電圧を印加するための手段を含む液晶表示デバイスであって、該液晶層の第1の領域は、表示のための動作領域であり、該液晶層の第2の領域は、該液晶層へ電圧を印加する時に該第1の領域に所望の液晶状態を生成するための核形成領域であり、そして該液晶層の厚さdと、該液晶材料のピッチpとの比が、該液晶層の該第1の領域において第1の値 $(d/p)_A$ を有し、該液晶層の該第2の領域において該第1の値と異なる第2の値 $(d/p)_N$ を有し、該液晶層の前記第2の領域における該液晶層の厚さdと、該液晶材料のピッチpとの比の値 $(d/p)_N$ は、該液晶層への印加電圧の非存在下で、該液晶層の該第2の領域において安定である液晶状態が所望の液晶状態と位相幾何学的に等価であるように選択される、液晶表示デバイス。

【請求項2】 前記液晶層の前記第1および第2の領域における該液晶層の厚さdと前記液晶材料のピッチpとの比の値は、該液晶層への印加電圧の非存在下で、第1のねじれ角を有する第1の液晶状態が該液晶層の該第1の領域において安定であり、該第1のねじれ角と異なる第2のねじれ角を有する第2の液晶状態が該液晶層の該第2の領域において安定であるように選択される、請求項1に記載の液晶表示デバイス。

【請求項3】 前記第1のねじれ角は、前記第2のねじれ角と180°異なる、請求項2に記載の液晶表示デバイス。

【請求項4】 前記第2の領域における前記液晶層の厚さdと前記液晶材料のピッチpとの比の値 $(d/p)_N$ は、前記第1の領域における該液晶層の厚さdと該液晶材料のピッチpとの比の値 $(d/p)_A$ よりも大きい、請求項1、2または3に記載の液晶表示デバイス。

【請求項5】 前記第2の領域における前記液晶層の厚さdと前記液晶材料のピッチpとの比の値 $(d/p)_N$ は、前記第1の領域における該液晶層の厚さdと該液晶材料のピッチpとの比の値 $(d/p)_A$ よりも大きく、前記第1の液晶状態が0°ねじれ状態であり、前記第2の液晶状態が180°ねじれ状態である、請求項2に記載のデバイス。

【請求項6】 前記0°ねじれ状態がH状態である、請求項5に記載のデバイス。

【請求項7】 前記第1の基板の配向方向は前記第2の基板の配向方向に平行であり、前記液晶層の前記第1および第2の領域における該液晶層の厚さdと前記液晶材料のピッチpとの比の値は、 $(d/p)_A < 0.25$ および $0.25 < (d/p)_N < 0.75$ となるように選択される、請求項4、5または6に記載の液晶表示デバイス。

*【請求項8】 前記液晶層の前記第1の領域における該液晶層の厚さdと前記液晶材料のピッチpとの比の値は、 $(d/p)_A < 0.125$ を満たす、請求項7に記載の液晶表示デバイス。

【請求項9】 前記液晶層の前記第1の領域における該液晶層の厚さdと前記液晶材料のピッチpとの比の値は、 $(d/p)_A < 0.1$ を満たす、請求項8に記載の液晶表示デバイス。

【請求項10】 前記デバイスは、表面モード液晶表示デバイスである、前記いずれかの請求項に記載の液晶表示デバイス。

【請求項11】 前記デバイスは、パixelである、請求項10に記載の液晶表示デバイス。

【請求項12】 前記動作領域における所望の液晶状態は、V状態である、請求項11に記載の液晶表示デバイス。

【請求項13】 前記デバイスは、反射型液晶表示デバイスである、前記いずれかの請求項に記載の液晶表示デバイス。

【請求項14】 前記第2の領域はバイアホールに配置される、請求項13に記載の液晶表示デバイス。

【請求項15】 前記デバイスは、透過・反射両用型液晶表示デバイスである、請求項1~12のいずれかの請求項に記載の液晶表示デバイス。

【請求項16】 前記第2の領域は、前記透過・反射両用型液晶表示デバイスの透過領域に設けられる、請求項15に記載の液晶表示デバイス。

【請求項17】 前記核形成領域および前記動作領域は、前記透過・反射両用型液晶表示デバイスの表示領域に設けられる、請求項15に記載の液晶表示デバイス。

【請求項18】 前記液晶層の前記第2の領域における該液晶層のねじれは非ゼロであり、前記液晶分子の自然のねじれと反対であり、該液晶層の該第2の領域における該液晶層の厚さdと前記液晶材料のピッチpとの比の値 $(d/p)_N$ は、該液晶層の前記第1の領域における該液晶層の厚さdと該液晶分子のピッチpとの比の値 $(d/p)_A$ よりも小さい、請求項1または2に記載の液晶表示デバイス。

【請求項19】 前記第1の基板の配向方向は、前記第2の基板の配向方向に対して角度 ϕ であり、前記液晶層の前記第1および第2の領域における前記液晶層の厚さdと前記液晶分子のピッチpとの比の値は、

【数1】

$$\left(\frac{d}{p}\right)_A \leq \frac{\phi}{2\pi} - \frac{1}{4}$$

【数2】

$$\left(\frac{d}{p}\right)_N > \frac{\phi}{2\pi} - \frac{1}{4}$$

*50 であるように選択される、請求項18に記載の液晶表示

デバイス。

【請求項20】 前記液晶層の第1の領域における前記液晶材料のピッチ p_A は、該液晶層の前記第2の領域における該液晶材料のピッチ p_N に等しくない、前記いずれかの請求項に記載の液晶表示デバイス。

【請求項21】 前記液晶層の前記第1の領域における該液晶層の厚さ d_A は、該液晶層の前記第2の領域における該液晶層の厚さ d_N に等しくない、前記いずれかの請求項に記載の液晶表示デバイス。

【請求項22】 前記電圧印加手段は、前記第1および第2の領域に電圧を印加するように構成される、前記請求項のいずれかに記載の液晶表示デバイス。

【請求項23】 前記第1の領域は、前記第2の領域を囲む、請求項22に記載の液晶表示デバイス。

【請求項24】 前記電圧印加手段は、前記第2の領域に電圧を印加しないように構成される、請求項1~21のいずれかに記載の液晶表示デバイス。

【請求項25】 前記第2の領域は、画素間ギャップ中に配置される、請求項24に記載の液晶表示デバイス。

【請求項26】 前記核形成領域は、前記液晶表示デバイスの表示領域に電界が印加される時間と実質的に同じ時間電界が印加される、請求項1に記載の液晶表示デバイス。

【請求項27】 補助容量電極部をさらに有し、前記核形成領域は、該補助容量電極部近傍に設けられる、請求項1に記載の液晶表示デバイス。

【請求項28】 第1および第2の基板の間に配置された液晶層と、該液晶層に電圧を印加するための手段を含む液晶表示デバイスであって、

該液晶層は、第1の厚さを有する第1の領域と、該第1の領域に隣接し、第2の厚さを有する第2の領域とを備え、

所定の条件下で、該第1の領域における該液晶層の第1の状態と、該第2の領域における該液晶層の第2の状態とが共存しており、

該第1の状態は、該第2の状態とは位相幾何学的に異なっている、液晶表示デバイス。

【請求項29】 前記所定の条件は、前記液晶層への印加電圧が非存在であることである、請求項28に記載の液晶表示デバイス。

【請求項30】 前記第1の状態はH状態であり、前記第2の状態はT状態である、請求項28に記載の液晶表示デバイス。

【請求項31】 前記液晶層と前記第1の基板とによって該液晶層のチルト角が定義されており、前記第1の領域における該液晶層のチルト角と前記第2の領域における該液晶層のチルト角とが実質的に等しい、請求項28に記載の液晶表示デバイス。

【請求項32】 前記液晶層への印加電圧の存在下で、前記第1の状態および第2の状態は、ともにV状態であ

る、請求項28に記載の液晶表示デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶表示デバイスに関する。より詳細には、本発明は、パイセルデバイスまたはスプレイ-バンドデバイス(SBD)などの表面モードLCDに関する。

【0002】

【従来の技術】本明細書中において使用される「表面モードLCD」という用語は、液晶層にかかる電界を変化させることによって起こされる光学変化が主に基板近傍の液晶層において生じるLCDを意味する。表面モードLCDには、例えば、パイセルデバイス、スプレイ-バンドデバイスなどがあるが、公知の他のタイプの表面モードLCDもある。「Sov. J. Quantum Electronics」、1973年、第3巻、78~79頁に、表面モードLCDが開示される。

【0003】パイセル(あるいは、「光学補償複屈折デバイス」すなわち「OCB」として公知)は、「Mol. Cryst. Liq. Cryst.」、1984年、第113巻、329~339頁、および米国特許第4,635,051号に記載される。図1に、パイセルの構造を模式的に示す。デバイスは、配向層2および2'上に配置される透明基板1および1'を含む。ネマチック液晶層3が、基板1および1'の間に配置される。

【0004】配向層2および2'によって、液晶層3の液晶分子が、配向層2および2'との境界において平行配向する。これは、平行ラビングされたポリイミド配向層を用いることによってなされ得る。

【0005】基板1および1'上にアドレッシング電極(図示せず)が設けられることによって、液晶層の選択された領域に電界が印加される。液晶層3は、直線偏光板4および4'の間に配置される。直線偏光板4および4'の透過軸は、互いに交差し、液晶層の光軸に対して45°の角度を有する。

【0006】液晶層の光軸に直交する光軸を有する位相差板5を、必要に応じて設けることで、液晶層のリタデーションを補償し得る。位相差板によって、有限の印加電圧における液晶層のリタデーションを0にすることで、動作に必要な電圧レンジを下げる。

【0007】図1に、透過型LCDを示す。パイセルはまた、液晶層の下に反射板を設けることによって、おそらく下部基板上のアドレッシング電極を反射電極にすることによって、反射型デバイスとしても実施され得る。下部偏光板4'は、反射型パイセルには必要でない。

【0008】パイセルデバイスの動作原理を図2(a)~2(d)に示す。

【0009】液晶層への電界の非存在下で、液晶層はH状態(ホモジェニアス状態またはスプレイ状態)とな

る。この状態において、液晶層の中心付近の液晶分子は、基板に対して実質的に平行となる。この状態を図2(a)に示す。図中の短い線は、液晶分子のディレクタを表す。

【0010】閾値よりも大きい電界が液晶層に印加されると、液晶分子はV状態をとる(または、ベンド状態)。この状態において、液晶層の中心付近の液晶分子は、基板に対して実質的に垂直となる。図2(c)は、液晶層に低い電圧を印加した際に生じる第1のV状態を示し、図2(d)は、液晶層に高い電圧を印加した際に生じる第2のV状態を示す。パイセルは、液晶層を第1の低電圧V状態と第2の高電圧V状態の間でスイッチングすることによって動作される。

【0011】液晶層に印加される電界が閾値より低くなると、液晶層は、図2(a)のH状態に緩和する。デバイスの動作を開始するためには、液晶をV状態に戻す必要がある。これは、液晶分子のプレチルトが低いために、一般に大きな印加電圧を必要とする。プレチルトは、十分な光学変調および2つのV状態間的高速スイッチング(例えば、ミリ秒以下のオーダーである)を与えるように、通常は 45° より低く、典型的には $2\sim 10^\circ$ の間である。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】公知のOCBデバイスの問題の1つは、H状態と位相幾何学的に異なるV状態の核形成化および安定化が難しいことである。1つの従来技術が英国特許出願第9521043.1/2306228号に記載される。この従来技術において、V状態は高電圧の印加によって核形成化され、そして高電圧の印加状態でネットワーク状の重合化によって安定化される。しかし、この従来技術は、TFTパネルの要求する大きさの電圧を印加することが困難なため、アクティブマトリクスデバイスの使用には適さない。さらに、層内での重合化が液晶層のイオン混入を招き、イメージ焼付を生じるといった欠点がある。

【0013】また、表面モードデバイスであるSBDデバイスが英国特許出願第9712378.0/2326245号に記載される。一般に、SBDデバイスの構造は、パイセルの構造と同様であるが、SBDデバイスにおける配向層のプレチルトは大きく、他方パイセルにおける配向層のプレチルトは小さいところが異なる。SBDデバイスは、負誘電異方性を有する液晶材料を使用し、他方パイセルは、正誘電異方性を有する液晶材料を使用する。

【0014】SBDの動作原理は、パイセルの動作原理に類似する。SBDは、液晶層への印加電圧の非存在下で、V状態が安定な液晶状態である。閾値よりも大きな電界が液晶層に印加されると、H状態が安定となる。SBDは、液晶層への低電圧の印加状態で生じる第1のH状態と液晶層への高電圧の印加状態で生じる第2のH状

態との間での液晶のスイッチングによって動作される。液晶層にかかる電界が閾値より低くなると、液晶はV状態に緩和するので、動作を再開する前には液晶をH状態に戻す必要がある。

【0015】SBDが必要とする高プレチルト配向層は、例えば、反応性メソゲンの混合物を光重合することによって製造され得る。

【0016】SID97 Digest、739頁に、パイセルにおけるV状態の核形成化を促進する方法が開示される。20Vのオーダーの電圧を液晶層に印加し、液晶層をH状態からV状態にスイッチングする。しかし、TFT(薄膜トランジスタ)基板においてこの大きさの電圧を与えることは困難である。

【0017】日本国特許出願公開番号平9-90432(Toshiba)は、パイセルパネル内における核形成部位を設けることを開示する。核形成部位は、パイセルパネル内にスペーサボールまたはピラーを含ませ、パネルに電界を印加しながら液晶材料を等方相からネマチック相へ冷却することによって設けられる。その結果、スペーサボール/ピラーのいくつかは、V状態を既存のH状態中へ成長させるための核形成部位として機能する。この従来技術は、多くの欠点を有する。まず、パネルの製造過程においてさらなる工程を要することである。なぜなら、印加電界の影響下で液晶分子を配向させる必要があるからである。これらのさらなる工程は、パネルの製造を複雑にする。さらに、スペーサボール/ピラーのいくつかは所望のV状態中にH状態を形成させるので、パネルの動作状態を不安定にする。

【0018】IDW 97-Digest、85頁においてMiwaらは、パイセル中のV状態の安定性を維持する方法を開示する。各フレームにリセット期間が設定され、かつこの期間に高電圧V状態が与えられる。これにより、液晶層が低駆動電圧を印加した際にH状態に緩和しないようにするが、H状態からV状態への初期核形成化は与えられない。

【0019】米国特許第4,566,758号は、液晶層がキラルドーパントを含む表面モードネマチック液晶表示デバイスを開示する。液晶層への印加電圧の非存在下で、液晶は、H状態でなくねじれ状態に緩和する。ねじれ状態は位相幾何学的にV状態に等価であるので、V状態を核形成化することに関連する問題は軽減または完全に排除される。しかし、このアプローチでは、液晶層の厚さ d と液晶分子のねじれのピッチ p との比が $d/p > 0.25$ でなければならず、そのような高い d/p の値は、表示の輝度を低減することが知られている。 d/p を 0.25 より低くすることはできない。なぜなら、 180° ねじれを得るためには、液晶分子を 0° のねじれ角より 180° のねじれ角となりやすいようにピッチを十分に偏らせる必要がある、このためには、 d/p の値が 0.25 より大きくなる必要があるからである。2

つの基板上的配向膜のラビング方向に液晶を整合させ、パイセル形状の液晶層が 0° 、 180° 、 360° などのねじれを有するように拘束される必要がある。

【0020】同時係属中の英国特許出願第9822762.2号(GB2343011)の開示する表面モード液晶表示デバイスは、液晶層が、所望の動作状態が安定となるような核形成領域を含む。これらの核形成領域は、少なくとも1つの基板上に異なるプレチルト角を有する領域を設けることによって得られる。そのようなデバイスは、核形成領域を生成する異なったプレチルト角を有する領域を設けるためのさらなる工程が必要となる欠点を有する。

【0021】液晶の分野で周知のように、パイセルのHおよびV状態は、互いに位相幾何学的に等価でないという性質を有する、すなわち、H状態のパイセルに電圧を印加してもパイセルからV状態へ(またはその逆)の滑らかかつ連続な状態変化を生成できない。その代わりに、液晶中において、状態変化が起こり得る前に配向欠陥が形成されなければならない。H状態からV状態への状態変化を起こすパイセルを観察すると(例えば、偏光光学顕微鏡を使用する)、このような欠陥の核形成がはっきりと観察することができ、V状態がH状態に戻る場合、それらの液晶層における移動が観察される。

【0022】HおよびT状態(ねじれ状態)はまた、位相幾何学的に等価でなく、すなわち、T状態からH状態への状態変化は、液晶層内の欠陥の核形成および移動を必要とする。

【0023】位相幾何学的に等価でない状態間の状態変化を生成するために必要な、液晶配向における欠陥の核形成は、確実に獲得および制御することは困難であり得る。本発明の目的は、ある状態(例えば、H状態)から別の状態(V状態またはT状態)へのパイセルの状態変化を確実に制御可能に達成することである。

【0024】パイセルのV状態およびT状態は、位相幾何学的に等価である。例えば、初期T状態におけるようなパイセル上の電圧がなめらかに増加すると、パイセルは、欠陥の核形成および移動を必要とせず、一様かつ連続なV状態への状態変化を起こす。異なる電圧での2つのV状態の構成はまた、位相幾何学的に等価である。すなわち、いずれかの電圧でのV状態構成は、印加電圧を変化させることによって、第2の電圧でのV状態構成へ連続に状態変化され得る。

【0025】

【課題を解決するための手段】本発明の液晶表示デバイスは、第1および第2の基板の間に配置されたキラル液晶層、ならびにその液晶層に電圧を印加するための手段を含む。液晶層の第1の領域は、表示のための動作領域である。液晶層の第2の領域は、液晶層へ電圧を印加する時に第1の領域に所望の液晶状態を生成するための核形成領域である。液晶層の厚さ d の液晶材料のピッチ p

に対する比が、液晶層の第1の領域において第1の値 $(d/p)_A$ を有し、液晶層の第2の領域において第1の値と異なる第2の値 $(d/p)_N$ を有する。

【0026】第2の領域は、核形成領域として機能する。液晶層への印加電圧の非存在下での第2の領域における安定状態は、液晶層へ電圧を印加した場合、動作領域において所望の安定状態が容易に、かつ、繰り返し可能に生成されるように、選択される。

【0027】液晶層の第2の領域における液晶層の厚さ d と液晶材料のピッチ p との比の値 $(d/p)_N$ は、液晶層への印加電圧の非存在下で、液晶層の第2の領域において安定である液晶状態が所望の液晶状態と位相幾何学的に等価であるように選択されてもよい。これによって、動作領域における所望の安定状態を核形成化するプロセスを容易にする。

【0028】液晶層の第1および第2の領域における液晶層の厚さ d と液晶材料のピッチ p との比の値は、液晶層への印加電圧の非存在下で、第1のねじれ角を有する第1の液晶状態が液晶層の第1の領域において安定であり、第1のねじれ角と異なる第2のねじれ角を有する第2の液晶状態が液晶層の第2の領域において安定であるように選択されてもよい。

【0029】液晶層の第2の領域における液晶層の厚さ d と液晶材料のピッチ p との比の値 $(d/p)_N$ は、液晶層の第1の領域における液晶層の厚さ d と液晶分子のピッチ p との比の値 $(d/p)_A$ よりも大きくてもよい。第1の液晶状態が 0° ねじれ状態であり、第2の液晶状態が 180° ねじれ状態でもよい。 0° ねじれ状態がH状態でもよい。

【0030】上記のように、 180° ねじれ状態は、パイセルの所望の動作状態と位相幾何学的に等価である。本発明をパイセルに適用する場合、液晶層への印加電圧の存在下では、所望の動作状態が、核形成領域に含まれる 180° ねじれ状態から成長する。

【0031】第1の基板の配向方向は、第2の基板の配向方向に平行でもよく、液晶層の第1および第2の領域における液晶層の厚さ d と液晶材料のピッチ p との比の値は、 $(d/p)_A < 0.25$ および $0.25 < (d/p)_N < 0.75$ となるように選択されてもよい。これらの配向方向は、第1の領域における 0° ねじれ状態および核形成領域における 180° ねじれ状態を安定化する。

【0032】液晶層の第1の領域における液晶層の厚さ d と液晶材料のピッチ p との比の値 $(d/p)_A$ は、 0.125 よりも小さくてもよく、 0.1 よりも小さくてもよい。低い d/p 比を使用することは、動作領域の輝度が著しくは低減されないことを意味する。

【0033】デバイスは、表面モード液晶表示デバイスでもよい。デバイスは、パイセルでもよい。動作領域における所望の液晶状態は、V状態でもよい。

【0034】デバイスは、反射型液晶表示デバイスでもよい。第2の液晶層領域は、バイアホールに配置され得る。通常、反射型液晶表示デバイスは、例えば、反射電極への電氣的接続を可能にするためのバイアホールを含む。バイアホール領域における液晶層の厚さは、液晶層の他の領域の厚さよりも大きいので、厚さ対ピッチ比は、バイアホール領域が他の領域よりも大きい。したがって、バイアホール領域は、本発明の液晶表示デバイスにおける核形成領域として良好に使用され得る。この実施形態においては、核形成領域として働くように液晶層の厚さ対ピッチ比を増加させた領域を得るためのさらなる工程を必要としない。

【0035】液晶層の第2の領域の液晶層のねじれは、非ゼロでもよく、液晶分子の自然のねじれと反対でもよい。さらに、第2の液晶領域における液晶層の厚さdと液晶分子のピッチpとの比の値 $(d/p)_N$ は、液晶層の第1の領域における液晶層の厚さdと液晶分子のピッチpとの比の値 $(d/p)_A$ よりも小さくてもよい。

【0036】第1の基板の配向方向は、第2の基板の配向方向に対して角度 ϕ であってもよく、液晶層の第1および第2の領域における液晶層の厚さdと液晶分子のピッチpとの比の値は、

【0037】

【数3】

$$\left(\frac{d}{p}\right)_A \leq \frac{\phi}{2\pi} - \frac{1}{4}$$

【0038】

【数4】

$$\left(\frac{d}{p}\right)_N > \frac{\phi}{2\pi} - \frac{1}{4}$$

のように選択され得る。

【0039】液晶層の第1の領域における液晶分子のピッチ p_A は、液晶層の第2の領域における液晶分子のピッチ p_N に等しくなくてもよい。

【0040】液晶層の第1の領域における液晶層の厚さ d_A は、液晶層の第2の領域における液晶層の厚さ d_N に等しくなくてもよい。

【0041】電圧印加手段は、第1および第2の領域に電圧を印加するように構成されてもよい。例えば、第1の領域は、第2の領域を囲ってもよい。あるいは、電圧印加手段は、第2の領域に電圧を印加しないように構成されてもよい。例えば、第2の領域は、画素間ギャップ中に配置されてもよい。

【0042】本発明の液晶表示デバイスは、第1および第2の基板の間に配置されたキラル液晶材料の層、ならびに該液晶層に電圧を印加するための手段を含む液晶表示デバイスであって、該液晶層の第1の領域は、表示のための動作領域であり、該液晶層の第2の領域は、該液晶層へ電圧を印加する時に該第1の領域に所望の液晶状態を生成するための核形成領域であり、そして該液晶層

の厚さdと、該液晶材料のピッチpとの比が、該液晶層の該第1の領域において第1の値 $(d/p)_A$ を有し、該液晶層の該第2の領域において該第1の値と異なる第2の値 $(d/p)_N$ を有し、該液晶層の前記第2の領域における該液晶層の厚さdと、該液晶材料のピッチpとの比の値 $(d/p)_N$ は、該液晶層への印加電圧の非存在下で、該液晶層の該第2の領域において安定である液晶状態が所望の液晶状態と位相幾何学的に等価であるように選択される。

【0043】前記液晶層の前記第1および第2の領域における該液晶層の厚さdと前記液晶材料のピッチpとの比の値は、該液晶層への印加電圧の非存在下で、第1のねじれ角を有する第1の液晶状態が該液晶層の該第1の領域において安定であり、該第1のねじれ角と異なる第2のねじれ角を有する第2の液晶状態が該液晶層の該第2の領域において安定であるように選択されてもよい。

【0044】前記第1のねじれ角は、前記第2のねじれ角と180°異なってもよい。

【0045】前記第2の領域における前記液晶層の厚さdと前記液晶材料のピッチpとの比の値 $(d/p)_N$ は、前記第1の領域における該液晶層の厚さdと該液晶材料のピッチpとの比の値 $(d/p)_A$ よりも大きくてもよい。

【0046】前記第2の領域における前記液晶層の厚さdと前記液晶材料のピッチpとの比の値 $(d/p)_N$ は、前記第1の領域における該液晶層の厚さdと該液晶材料のピッチpとの比の値 $(d/p)_A$ よりも大きく、前記第1の液晶状態が0°ねじれ状態であり、前記第2の液晶状態が180°ねじれ状態であってもよい。

【0047】前記0°ねじれ状態がH状態であってもよい。

【0048】前記第1の基板の配向方向は前記第2の基板の配向方向に平行であり、前記液晶層の前記第1および第2の領域における該液晶層の厚さdと前記液晶材料のピッチpとの比の値は、 $(d/p)_A < 0.25$ および $0.25 < (d/p)_N < 0.75$ となるように選択されてもよい。

【0049】前記液晶層の前記第1の領域における該液晶層の厚さdと前記液晶材料のピッチpとの比の値は、 $(d/p)_A < 0.125$ を満たしてもよい。

【0050】前記液晶層の前記第1の領域における該液晶層の厚さdと前記液晶材料のピッチpとの比の値は、 $(d/p)_A < 0.1$ を満たしてもよい。

【0051】前記デバイスは、表面モード液晶表示デバイスであってもよい。

【0052】前記デバイスは、パイセルであってもよい。

【0053】前記動作領域における所望の液晶状態は、V状態であってもよい。

【0054】前記デバイスは、反射型液晶表示デバイス

10

20

30

40

50

であってもよい。

【0055】前記第2の領域はバイアホールに配置されてもよい。

【0056】前記デバイスは、透過・反射両用型液晶表示デバイスであってもよい。

【0057】前記第2の領域は、前記透過・反射両用型液晶表示デバイスの透過領域に設けられてもよい。

【0058】前記核形成領域および前記動作領域は、前記透過・反射両用型液晶表示デバイスの表示領域に設けられてもよい。

【0059】前記液晶層の前記第2の領域における該液晶層のねじれは非ゼロであり、前記液晶分子の自然のねじれと反対であり、該液晶層の該第2の領域における該液晶層の厚さ d と前記液晶材料のピッチ p との比の値 $(d/p)_N$ は、該液晶層の前記第1の領域における該液晶層の厚さ d と該液晶分子のピッチ p との比の値 $(d/p)_A$ よりも小さくてもよい。

【0060】前記第1の基板の配向方向は、前記第2の基板の配向方向に対して角度 ϕ であり、前記液晶層の前記第1および第2の領域における前記液晶層の厚さ d と前記液晶分子のピッチ p との比の値は、

【0061】

【数5】

$$\left(\frac{d}{p}\right)_A \leq \frac{\phi}{2\pi} - \frac{1}{4}$$

【0062】

【数6】

$$\left(\frac{d}{p}\right)_N > \frac{\phi}{2\pi} - \frac{1}{4}$$

であるように選択されてもよい。

【0063】前記液晶層の第1の領域における前記液晶材料のピッチ p_A は、該液晶層の前記第2の領域における該液晶材料のピッチ p_N に等しくなくてもよい。

【0064】前記液晶層の前記第1の領域における該液晶層の厚さ d_A は、該液晶層の前記第2の領域における該液晶層の厚さ d_N に等しくなくてもよい。

【0065】前記電圧印加手段は、前記第1および第2の領域に電圧を印加するように構成されてもよい。

【0066】前記第1の領域は、前記第2の領域を囲んでもよい。

【0067】前記電圧印加手段は、前記第2の領域に電圧を印加しないように構成されてもよい。

【0068】前記第2の領域は、画素間ギャップ中に配置されてもよい。

【0069】前記核形成領域は、前記液晶表示デバイスの表示領域に電界が印加される時間と実質的に同じ時間電界が印加されてもよい。

【0070】補助容量電極部をさらに有し、前記核形成領域は該補助容量電極部近傍に設けられてもよい。

【0071】本発明の液晶表示デバイスは、第1および

第2の基板の間に配置された液晶層と、該液晶層に電圧を印加するための手段を含む液晶表示デバイスであって、該液晶層は、第1の厚さを有する第1の領域と、該第1の領域に隣接し、第2の厚さを有する第2の領域とを備え、所定の条件下で、該第1の領域における該液晶層の第1の状態と、該第2の領域における該液晶層の第2の状態とが共存しており、該第1の状態は、該第2の状態とは位相幾何学的に異なっている。

【0072】前記所定の条件は、前記液晶層への印加電圧が非存在であることであってもよい。

【0073】前記第1の状態はH状態であり、前記第2の状態がT状態であってもよい。

【0074】前記液晶層と前記第1の基板とによって該液晶層のチルト角が定義されており、前記第1の領域における該液晶層のチルト角と前記第2の領域における該液晶層のチルト角とが実質的に等しくてもよい。

【0075】前記液晶層への印加電圧の存在下で、前記第1の状態および第2の状態は、ともにV状態であってもよい。

【0076】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の好ましい実施形態を添付の図面を参照しながら例示的な実施例を用いて説明する。

【0077】ここで、本発明の原理を説明する。本発明の対象となる液晶は印加電圧の大きさにより4つの異なる液晶状態を取り得る。ここで、4つの異なる液晶状態を、一般的な環境下で印加電圧が低くても存在し得る順番に第1の状態、第2の状態、第3の状態、第4の状態とよぶ。所定の条件下で、位相幾何学的に異なる第1の状態と第2の状態とが隣接した領域において共存するように構成する。所定の条件とは、例えば、電圧を印加しない場合を含む特定の電圧が印加されている場合を示す。この構成により、上記特定の電圧以上の電圧を印加すると、第2の状態は、第3の状態または第4の状態に転移する。この第2の状態の転移に誘因されて、第1の状態は、電圧の存在下で第3の状態または第4の状態に転移する。液晶表示デバイスは、第3の状態および第4の状態間で表示の切り換えを行う。本発明によれば、第1の状態と第2の状態を隣接して共存させるために、液晶層の液晶材料のピッチおよび液晶層の厚さの少なくとも一方を制御する。

【0078】図2は、本発明による液晶表示デバイスの具体例としてOCBデバイスの動作を示す。上記のように、動作状態は、図2(c)および(d)に示す2つのV状態(上記、第3の状態および第4の状態に対応)であり、デバイスは、これら2つのV状態の間で液晶状態をスイッチングすることによって動作される。2つのV状態のいずれかを得るためには、有限電圧を液晶層に印加する必要がある。印加電圧が臨界閾値よりも低い場合、液晶は、図2(a)に示すH状態(上記、第1の状

態に対応)に緩和する。デバイスの動作を再開するためには、液晶層をV状態に戻さなければいけない。

【0079】液晶層への印加電圧が閾値電圧よりも低減する場合は、まず図2(b)に示す180°ねじれ状態(上記、第2の状態に対応)が現れ、その後、図2(a)に示すH状態が現れる。180°ねじれ状態(T状態)は、図2(c)および(d)に示すV状態に位相幾何学的に等価であるが、図2(a)のH状態とは位相幾何学的に異なる。180°ねじれ状態が安定なのは、印加電圧の微小範囲においてのみであり、印加電圧がゼロに低減されると、180°ねじれ状態はH状態にとってかわられる。なお、180°ねじれ状態はT状態の一例である。

【0080】V状態からH状態への転移の間に存在する180°ねじれ状態は、パイセルの動作との関連性とか、またはそれに有用であるとは、一般に考えられてこなかった。しかし、本発明は、所定の条件下で、液晶層の第1の状態(例えば、H状態)をとる領域に隣接する領域に第2の状態(例えば、T状態)を共存させることを目的とする。上記所定の条件時の電圧(電圧非存在状態を含む)以上の電圧を液晶層へ印加することで、第2の状態が存在していた領域は、核形成領域として働き、デバイスの動作領域に成長し得る第3および第4の状態(例えば、V状態)を生成する(核形成領域が動作領域内に配置されるならば、動作領域の残りの部分に成長する)。ここで、第1の状態としてH状態、第2の状態としてT状態を説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0081】また、上述したOCBデバイスでは、ゼロ印加電圧下で、2つの状態(H状態およびT状態)をとる例を説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、長時間置かれた後のようなバージン状態で全面スプレイ(H状態)にある状態であっても、一度高い電圧でV状態にした後、印加電圧を0または有限の低い電圧にすることで、核形成領域がT状態に戻るような状態であってもよい。このような構成であれば、さらに大きな電圧下では、核形成領域の液晶がT状態からV状態への転移することに起因して、動作領域の液晶は印加電圧の存在下でV状態に転移する。

【0082】図3(a)および(b)に、本発明をOCBデバイスに適用した具体例を模式的に示す。図3(a)および(b)には、それぞれゼロ印加電圧状態および非ゼロ印加電圧状態における本発明の実施形態による液晶表示デバイスを示す。図3(a)および(b)に示されるOCBデバイスは、動作領域10(第1の領域)と核形成領域として機能するパイアホール領域11(第2の領域)を含む。

【0083】本発明は、ねじれ液晶材料を含む液晶層を使用する。これは、ネマチック液晶材料などの液晶材料およびキラルドーパントの組合せであるか、またはコレ

ステリック液晶材料などの内在的にキラルが存在する液晶材料であり得る。

【0084】本発明によれば、液晶層の厚さと液晶材料のピッチとの比(以下、「厚さ対ピッチ比」と称する)は、全液晶層にわたっては一定でない。好ましくは、動作領域10の厚さ対ピッチ比が、 $(d/p)_A < 0.25$ を満たすように選択される。ここで、 $(d/p)_A = d_A/p_A$ 、 d_A は動作領域10における液晶層の厚さ、および p_A は動作領域10における液晶層の液晶材料のピッチである。したがって、動作領域中の液晶状態は、ねじれ状態でなく、従来のパイセルと同様にH状態である。

【0085】図3(a)および3(b)の実施形態において、核形成領域11は、動作領域の厚さ対ピッチ比 $(d/p)_A$ よりも大きな厚さ対ピッチ比 $(d/p)_N$ を有する。比 $(d/p)_N = d_N/p_N$ である。ここで、 d_N は核形成領域11における液晶層の厚さであり、 p_N は核形成領域11における液晶層の液晶材料のピッチである。

【0086】好ましくは、核形成領域11における液晶層の厚さ d_N および核形成領域における液晶材料のピッチ p_N は、 $0.25 < (d/p)_N < 0.75$ であるように選択される。その結果、180°ねじれ状態は、液晶層への印加電圧の非存在下で、核形成領域内で安定化される。ディスクリネーション12は、核形成領域11の180°ねじれ状態と動作領域10のH状態との間の境界に存在する。

【0087】図3(a)および3(b)の実施形態において、動作領域10における液晶材料のピッチは、核形成領域11における液晶材料のピッチに等しい。すなわち、 $p_A = p_N$ であり、厚さ対ピッチ比の変化は、 d_A/d_N とすることによって得られる。

【0088】図3(a)のデバイスを動作状態にするためには、H状態およびV状態のギブス自由エネルギーが等価である閾値電圧よりも大きな電圧を液晶層へ印加する必要がある。この閾値電圧に等価な電圧を印加すると、状態の相対的な安定性は、H状態よりもV状態のほうが安定であるように変化する。次に、変形したねじれ状態とみなされ得るV状態は、核形成領域11における180°ねじれ状態から動作領域10に成長し、動作領域全体にわたってH状態を置き換える。

【0089】図3(a)および3(b)の実施形態をアクティブマトリクスTFDデバイスに適用する場合は、核形成領域11をデバイスのブラックマスクの下に配置にしてもよい。

【0090】図3に示すタイプのデバイスの動作領域10にV状態を核形成させるために必要な閾値電圧は通常、約2Vである。これは、核形成領域を設けない従来のパイセルにV状態を核形成させるのに必要な電圧に比べてかなり低い。

【0091】図3(a)および3(b)に示す液晶デバイスの動作領域の厚さ対ピッチ比は通常、約0.1に低減され得る。好ましくは、図3(a)および3(b)に示す液晶デバイスの動作領域の厚さ対ピッチ比は、0.25より低く、より好ましくは0.125より低く、さらに好ましくは0.1よりも低い。したがって、デバイスの動作領域の輝度は、動作領域において180°ねじれ状態を安定化するためにd/p比が少なくとも0.25でなければいけない米国特許第4,566,758号に開示されるタイプのデバイスの動作領域の輝度よりも大きい。

【0092】特に、本発明は、反射型液晶表示デバイスに容易に適用される。なぜなら、このデバイスの液晶層は、反射電極を、例えば、スイッチング要素に接続できるようにバイアホールを設ける必要に応じて厚さを増加させた領域を含むからである。バイアホールを核形成領域として使用することによって、核形成領域の製造におけるさらなる処理工程は、必要でなくなる。

【0093】図3(a)ではゼロ印加電圧状態において、2つの状態(H状態およびT状態)をとる場合を説明したが、本発明は、ゼロ印加電圧状態の場合にのみ2つの状態(H状態、T状態)をとることに限定されるものではない。たとえ、ゼロ印加電圧状態で1つの状態(例えば、H状態)であっても、小さな印加電圧状態において2つの状態(例えば、H状態およびT状態)をとるような場合も上述したのと同様な効果を得ることができる。

【0094】図4は、本発明の実施形態である液晶表示デバイスの断面図である。図4は、動作領域10内に配置されたバイアホール領域11を示す。図4は、所定の条件下、具体的には、液晶層への印加電圧非存在下、または、小さな印加電圧存在下の液晶表示デバイスを示す。動作領域における液晶層の厚さは、 d_A であり、バイアホール領域においては、 d_N である。動作領域10における液晶材料のピッチは、核形成領域11における液晶材料のピッチに等しい。本発明のこの実施形態において、バイアホール領域は、より大きな厚さ対ピッチ比を有し、そのため核形成領域として使用され得る。

【0095】図4に示すデバイスは、上部および下部基板1および1'を含む。上部電極6は、上部基板1上に配置され、これは、上部配向層または膜2によって覆われる。電極6は、例えばインジウムスズ酸化物(ITO)から形成される透明電極である。上部配向層2は、従来の配向層であり、例えば上部配向膜2に接する液晶分子の配向方向およびプレチルト角度を定義するように1方向にラビングされた1層の重合材料から形成される。

【0096】反射電極層7は、下部基板1'上に配置される。下部配向層2'は、下部電極の上方に配置される。電極6'、例えばアクティブマトリクス表示デバイ

スの場合のスイッチング要素(図示せず)の出力電極は、下部基板1'上に配置される。デバイスの動作領域において、反射電極7は、絶縁材料の層5によって電極6'から分離される。しかし、バイアホール領域において、絶縁層5は設けられないため、反射電極7が電極6'に電氣的に接する。バイアホール領域11において絶縁層5が存在しない結果、バイアホール領域における液晶層の厚さは、動作領域10における液晶層の厚さよりも大きい。

【0097】図4の実施形態において、上部配向膜2のラビング方向は、下部配向膜2'のラビング方向と平行である。したがって、液晶層は、0°、180°、360°などのねじれ角を有する状態をとるように拘束される。

【0098】図4の実施形態において、液晶層は、ネマチック液晶およびキラルドーパントを含む。ネマチック液晶は、内在的なねじれを有さないが、キラルドーパントが存在すると液晶材料においてねじれを誘導する。適切な液晶材料は、例えば、材料ZLI6000-100であり、適切なキラルドーパントは、ドーパントCB15(Germany、Darmstadt所在のMerckの製造による)である。

【0099】液晶層中のキラルドーパント量は、動作領域10における厚さ対ピッチ比が0.25より小さくなるように選択される。これは、液晶材料を180°ねじれ状態に偏らせるのに十分でないので、動作領域における安定な液晶状態は、0°ねじれ状態に拘束される。したがって、図4の動作領域は、従来のOCBデバイスのように挙動し、安定な状態はH状態である。

【0100】液晶層への印加電圧非存在下で図4の構成をとる場合、液晶材料のねじれのピッチはまた、バイアホール領域11における厚さ対ピッチ比が0.25以上であるが0.75より小さくなるように選択され、バイアホール領域における液晶材料が180°ねじれ状態に偏らされる。このように、バイアホール領域は、核形成領域として働く。

【0101】上記のように、液晶層の輝度は、キラルドーパント量が増加するにつれて低減するので、核形成領域において180°ねじれ状態を安定化するために核形成領域のd/p比が $(d/p)_N$ 0.25でありながら、キラルドーパントの使用量をできるかぎり小さくするのに好ましい。

【0102】ディスクリネーション12は、バイアホール領域の180°ねじれ状態と動作領域のH状態との間の境界に存在する。

【0103】図5は、図4の液晶表示デバイスに、より大きな電圧を印加した場合を示す。上記の臨界閾値電圧より大きな電圧が印加されると、V状態13は、バイアホール領域11から動作領域10へ成長する。ディスクリネーション12は、バイアホール領域と動作領域との

間の境界から離れるように伝播し、やがてV状態は、動作領域10の全体にわたる安定状態となる。バイアホール領域11から動作領域へV状態を核形成させるには、原理的には、印加電圧が閾値電圧をちょうど超えるだけで十分である。しかし、V状態を核形成する成長速度は、閾値電圧をちょうど超えただけの電圧では非常に遅い。したがって、V状態が動作領域10に核形成するのにかかる時間を低減するためには、閾値電圧より著しく大きな電圧を使用するのが好ましい。

$$(d/p)_A = d_A/p < 0.25 \quad (1)$$

$$0.25 < (d/p)_N = d_N/p < 0.75 \quad (2)$$

しかし、上記のように、キラルドーパント量をできるだけ低減し、かつ動作領域の輝度を向上させるには、動作領域におけるd/p比が小さいのが好ましい。例えば、バイアホール領域11における液晶層の厚さが6μm、液晶分子のピッチが24μmであり、 d_N/p 比が0.25であってもよい。画素の動作領域における液晶層の厚さが3μmならば、動作領域におけるd/p比は0.125である。

【0106】簡単のため、本発明は、1つの動作領域および1つの核形成領域を含む液晶表示デバイスを参照して上で説明されたが、本発明はこのような簡単な例に限定されない。実用的な表示デバイスは一般に、多くの動作領域を含み、各動作領域は、本発明によって核形成領域とともに設けられ得る。

【0107】図6は、本発明による液晶表示デバイスの平面図である。図からわかるように、デバイスは、独立にアドレッシング可能な複数の動作領域10を含む。例えば、動作領域は、独立にアドレッシング可能な(独立アドレッシング可能)電極を設けるように反射電極7をパターンニングすることによって生成され得る。各反射電極7は、液晶表示デバイスの独立アドレッシング可能領域または画素を定義する。各動作領域10における反射電極7にはバイアホール11が設けられ、スイッチング要素との電気的接続を可能にする。このように、図6のデバイスは、核形成時間の短い反射型ピクセル化アクティブマトリクス液晶表示デバイスである。例えば、デバイスは、プロジェクション装置またはヘルメット装着表示デバイスとして使用され得る。

【0108】本発明のさらなる利点は、動作領域に印加される電圧が、H状態を安定な状態にするような値に低減された場合に、H状態のランダムに核化された領域が動作領域に逆戻りに成長する速度は、従来のピクセルにおけるものよりも遅いことである。これは図7に示される。図7は、厚さ6.2μmの液晶層を有するピクセルにおいて25℃の温度で成長するH状態の境界の伝播速度を示す。図7は、液晶材料ZLI6000-100に関し、液晶材料のd/p比がキラルドーパントCB15の添加によって変化される場合の境界速度の変化を示す。

【0104】一旦V状態が動作領域に核形成すると、デバイスは、図2(c)および2(d)を参照して説明された従来例のように低電圧V状態と高電圧V状態との間で動作可能となる。

【0105】動作領域10の厚さ d_A 、バイアホール領域11の厚さ d_N 、および液晶材料のねじれのピッチpは、以下の制限を満たすような任意の値を与えるように選択され得る：

$$(1)$$

$$(2)$$

【0109】図7からわかるように、d/p比を増加させるとH状態の境界の伝播速度が低減する。したがって、図4のデバイスの動作領域10におけるH状態領域の境界の伝播速度は、 $d/p > 0$ の場合に、d/p比が0である従来のピクセルにおける伝播速度よりも遅い。

【0110】図8および9に示す本発明のさらなる実施形態は、配向膜のラビング方向によって誘導されるねじれに対して反対方向のねじれを誘導するキラルドーパントを含む液晶層を有する液晶表示デバイスを含む。このようなデバイスは、同時係属中である1999年12月27日出願の日本国特許出願番号BH11-371963に開示され、その内容は本明細書中にて参考として援用される。

【0111】図8に示すデバイスは、反射型単偏光板タイプであり、例えば、ピクセル化液晶ディスプレイとして使用してもよい。デバイスは、上部および下部基板1および1'を含む。上部基板1は、その内側表面上に電極6および配向層2を搭載する。配向層2は、例えば、ラビングされたポリイミドである。

【0112】下部基板1'は、その内側表面上に反射電極6'を搭載する。あるいは、別個の電極および反射板が設けられてもよい。配向層2'は、例えば上部基板1上の配向層2と同じタイプであり、反射電極6'上に形成される。上部基板1および下部基板1'ならびに関連する層は、例えばスペーサボール(図示せず)によって間隔をあけられ、液晶層3を含むセルを定義する。層3は、キラル液晶材料を含む。層3は、内在的なキラル液晶材料でもよく、または、キラルドーパントを添加されたネマチック液晶からなるものでもよい。

【0113】図9に示すように、偏光板4は、直線偏光方向15を有する。上部配向層2は、偏光板4の偏光方向15に対して時計回りに角度θの方向を向く配向方向16を有する。下部配向層2'は、時計回りに角度(θ+φ)の方向を向く配向方向17を有するので、液晶層3は、時計回りに、すなわち、正の方向に、ねじれを有する。

【0114】層3のネマチック液晶に付加されるキラルドーパントは、図8に示すデバイスにおいて反時計回り、すなわち、負の方向にねじれ効果を有するようなも

のである。したがって、層3の液晶材料が配向層2および2'によって拘束されなければ、キラルドーパントのために反時計回りのねじれをとり得る。しかし、配向層2および2'は、層3における液晶材料上で90°よりも小さい正、すなわち、時計回りのねじれを誘導する。

【0115】液晶に添加されたキラルドーパントが多すぎて液晶層3のd/pの値があまりにも小さいと、液晶層3の材料のねじれエネルギーが配向層2および2'によって誘導されるねじれ状態のねじれエネルギーよりも大きくなり、 $\phi > 0$ なので液晶層3のねじれ角が ϕ °から $(\phi - \theta)$ °に変化し得る。添加され得るキラルドーパント量は、ねじれ角度に依存し、ねじれ角度が90°に近づくにつれて0に近づく。臨界d/p比 $(d/p)_c$ は、以下に与えられる。

【0116】

【数7】

$$\left(\frac{d}{p}\right)_c \leq \frac{\phi}{2\pi} - \frac{1}{4}$$

第1および第2の位相差板20および21は、偏光板4と液晶層3との間の光学経路に配置される。図8において、位相差板20および21は、デバイスの動作電圧に影響をあたえないように基板1と電極6との間に配置される。しかし、原理的には、位相差板20および21のいずれかまたは両方を電極6と配向層2との間に配置することも可能であり、この場合、デバイスの動作電圧は、増加し得る。あるいは、位相差板20および21のいずれかまたは両方を偏光板4と基板1との間に配置することも可能であり、この場合、ディスプレイの許容角度は低減され得る。

【0117】位相差板20は、偏光板4の偏光方向15に対して角度 θ で位置される光軸22を有し、他方、位相差板21は、偏光方向15に対して角度 θ で位置される光軸23を有する。

【0118】図10は、図8および9に示すタイプの表示デバイスの反射率を示す。図10の結果は、第1の位相差板20が偏光板4の偏光方向15に対して15°の遅相軸、およびリタレーション $n \cdot d = 260 \text{ nm}$ を有するディスプレイについて得られたものである。第2の位相差板は、偏光板4の偏光方向15に対して75°の遅相軸、およびリタレーション $n \cdot d = 95 \text{ nm}$ を有する。液晶層3は、ねじれ角 $\phi = 70^\circ$ を有し、偏光方向15と上部配向層2のラビング方向との間の角度は、 $\theta = 40^\circ$ である。液晶層のリタレーションは、 $n \cdot d = 200 \text{ nm}$ である。液晶層の厚さは、 $3 \mu\text{m}$ である。

【0119】図10からわかるように、最小反射率より上の特定の反射率を得るのに必要な電圧は、液晶層のd/p比が0から低減されるにつれて低減される。最小反射率は、d/p比によって著しくは変化しない。

【0120】配向層2および2'によって液晶層に誘導されるプレチルトの非存在下では、液晶層のねじれ角 ϕ °から $(\phi - \theta)$ °に変化するようなドーパントの限度は、上記式(3)によって与えられる。配向層が、配向層に隣接する液晶分子に非ゼロプレチルトを誘導すると、 $(d/p)_c$ の大きさが増加する。

【0121】本実施形態は、所望の動作状態が $0 < \phi < 90^\circ$ であるねじれ角 ϕ を有する液晶表示デバイスに関する(は、配向層2および2'の配向方向によって定義される)。図10からわかるように、配向層によって誘導されるねじれに対して反対方向にねじれを誘導するキラルドーパントを添加すると(すなわち、ピッチpが負であるキラルドーパントを添加すると)、反射率電圧が小さくなる。しかし、図10からわかるように、ドーパント濃度が高いと(したがって、pが負なのでd/pの値がゼロよりもずっと小さいと)、反射率電圧はより小さくなる。このように、高いドーパント濃度により、ゼロ印加電圧で望ましくない $(\phi - \theta)$ °ねじれ状態が安定化する。したがって、デバイスを動作する前に、 ϕ °ねじれ状態を核形成させる必要があり、この核形成は、 ϕ °ねじれ状態が核形成領域から動作領域へ広がり、動作領域から望ましくない $(\phi - \theta)$ °ねじれ状態を置きかえるような核形成領域を設けることによって容易になる。

【0122】 $\phi = 70^\circ$ に対して、厚さ対ピッチ比の臨界値は、 $(d/p)_c = -0.055$ である。液晶層がこの限度を超えて負の方向にドーブされると、印加電圧の非存在下で安定なねじれ状態は、ねじれ $(\phi - \theta)$ ° $= -110^\circ$ を有する。液晶層が臨界値を超えて負の方向にドーブされるようなデバイスにおいてねじれ ϕ を有する所望の動作状態をとるためには、液晶層に対する閾値電圧より大きな電圧を印加することによって、まず ϕ °ねじれ状態を核形成させ、ゼロ印加電圧で $(\phi - \theta)$ °ねじれ状態が安定である動作領域に伝播しなければならない。

【0123】本発明のさらなる実施形態によると、図8および9に示すデバイスは、 ϕ °ねじれ状態を核形成させるための核形成領域が設けられる。核形成領域における液晶層の厚さ対ピッチ比は、動作領域における液晶層の厚さ対ピッチ比と異なるが、この実施形態においては、核形成領域における液晶層の厚さ対ピッチ比は、動作領域における液晶層の厚さ対ピッチ比より低い。動作領域における液晶材料のピッチが核形成材料中の液晶材料のピッチと等しいデバイスにおいては、核形成領域と動作領域との間の厚さ対ピッチ比の必要な変化には、核形成領域における液晶層の厚さを動作領域における液晶層の厚さより小さくすることによって得られる。

【0124】核形成領域における液晶層の厚さを小さくするには、例えば、感光性のポリマーを小さなバンプまたはピラーを付加して動作領域よりも小さい厚さを有す

る核形成領域を生成することによってなされてもよい。ドーピング量は、 d/p 値が動作領域における臨界値（負値）と同じかまたはより低い（すなわち、より大きな負値）であるが、核形成領域における臨界値より大きいように選択され得る。

【0125】 $d_A = 3 \mu\text{m}$ を有する上記デバイスに対して、核形成領域は、配向膜のうちの1つの上に高さ $2 \mu\text{m}$ の表面レリーフ(re relief)を付加することによって設けられる。これによって、液晶層にほんの厚さ $1 \mu\text{m}$ だけの領域を生成する。ドーピング量は、核形成領域における -0.055 の臨界値（すなわち、 -0.054 以上）よりも大きな d/p 値を有するように選択され、ここで、厚さ $3 \mu\text{m}$ の液晶層の領域の d/p 値の3倍に等しい d/p が与えられる。その結果、液晶層への印加電圧の非存在で、 $= 70^\circ$ のねじれ状態が核生成領域において安定し、他方、 $(\quad)^\circ = -110^\circ$ のねじれ状態が動作領域において安定となる。液晶層への印加電圧の存在下で、核形成領域における $= 70^\circ$ のねじれ状態は、動作領域中に伝播し、 $(\quad)^\circ$ 状態を置きかえる。

【0126】本発明は、動作領域に比べて核形成領域の厚さが小さいために $(d/p)_c$ よりも高い値の d/p を有する核形成領域を設けることによって、液晶層への適切な電圧の印加時に $= 70^\circ$ のねじれ状態の核形成を確実にする。

【0127】本発明のさらなる用途は、マイクロ反射構造(MRS)を含む反射型表示デバイスである。MRSは、アルミニウムなどの反射材料でコーティングされた滑らかに変化する表面レリーフからなる。この表面レリーフは、デバイス中に核形成領域を設けるために使用し

てもよい。

【0128】1例として、Sharp Corporationによって製造されるスーパーモバイルHRTFT反射型LCDは、液晶層に隣接するデバイスの後部基板上に設けられるMRSを含む。MRSを設ける効果は、液晶層の厚さを $2.4 \mu\text{m} \sim 3.6 \mu\text{m}$ の間で変化させる。核形成領域を設けるために、液晶材料の d/p 比の値は、液晶層の厚さが $2.4 \mu\text{m}$ での $(d/p)_c$ よりも大きい値（より小さな負値）に設定されるべきである。これにより、ディスプレイの通常の厚さ（ $3 \mu\text{m}$ ）での $(d/p)_c$ よりも約 1.25 倍大きな負値である d/p 値を与えられる。このように、液晶層への印加電圧の存在下で、核形成領域において安定な状態である $= 70^\circ$ のねじれ状態が表示デバイスの動作領域中へ伝播する。

【0129】上記の実施形態において、核形成領域と動作領域との間の厚さ対ピッチ比の変更は、動作領域における液晶層の厚さを核形成領域における液晶層の厚さと異ならせることによって得られる。上記の実施形態において、核形成領域における液晶材料のピッチは、動作領

域における液晶材料のピッチに等しい。しかし、本発明は、これに限定されず、動作領域における液晶材料のピッチが核形成領域における液晶材料のピッチと異なることも可能である。このような本発明の実施形態において、動作領域における液晶層の厚さは、核形成領域における液晶層の厚さと同じでもよく、液晶材料のピッチにおける違いは、液晶層の動作領域における厚さ対ピッチ比を核形成領域における液晶層の厚さ対ピッチと異ならせる。

【0130】図11(c)に、一定の厚さを有する液晶層を有するデバイスを示す。このデバイスにおいて、1つの領域における液晶層のピッチは、別の領域における液晶材料のピッチと異なる。図11(a)および11(b)に、このようなデバイスの製造方法を示す。

【0131】まず、液晶層25は、上部基板24および下部基板24'の間に配置される。上部基板24上の配向方向は、下部基板24'上の配向方向と平行である。

【0132】液晶層は、液晶材料およびキラルドーパントを含む。図11(a)において、参照符号26は液晶分子を示し、参照符号27はキラルドーパントを示す。キラルドーパント量は、液晶材料の厚さ対ピッチ比が 0.25 より大きく 0.75 より小さく、液晶材料が 180° のねじれ角を有するように選択される。

【0133】図11(a)~11(c)において、キラル材料は、キラルプレポリマー材料である。キラルプレポリマー材料は、適切な光イニシエータ材料が存在する場合、適切な波長の放射光に露光されてポリマーネットワークを形成するように架橋され得る特徴を有する。

【0134】図11(b)において、選択的照射プロセスが実行される。ここで、液晶層の1つの領域が照射され、液晶層の別の領域は照射されない。例えば、これは、液晶層25を適切なマスク28を介して照射することによってなされ得る。これにより、液晶層の一部は、マスク28によって保護され、放射光を受けない。

【0135】図11(b)の選択的放射プロセスは、空間的に変化するようキラルプレポリマー材料27の選択的に重合させる。放射光を受ける領域中に拡散するキラルプレポリマー材料のいずれの分子も重合され、照射される領域内で固定して留まる。その結果、キラルドーパントの濃度は、照射されなかった領域よりも放射光によって照射された領域のほうが大きくなる。

【0136】図11(c)に、図11(b)の選択的照射プロセスによって製造されたデバイスを示す。図11(c)からわかるように、照射された液晶層の領域Aは、照射工程においてマスク28によって保護された液晶層の領域Bよりも、ずっと高い濃度のキラルドーパント（この段階ですでに重合化されている）を有する。液晶層の領域Aにおけるキラルドーパントの濃度が増加することは、液晶材料のピッチが領域Bよりも低く、厚さ対ピッチ比が領域Bよりも領域Aのほうが大きいことを

意味する。このように、キラルドーパントが、配向膜によって誘導されるねじれと同じ方向にねじれを誘導する場合、図3(a)のデバイスにおける厚さ対ピッチ比の増加した領域11が核形成層として機能するのと同じように、厚さ対ピッチ比が増加した領域Aは核形成領域として機能し、領域Bは動作領域として機能する。

【0137】液晶材料のピッチを変化させるような本発明の実施形態の製造のために適切なキラルプレポリマーの1つの例は、BASFによって製造される光重合可能ジアクリレート材料LC589である。この材料は、約 $67 \mu\text{m}^{-1}$ のらせんねじれ力を有することが測定された。本実施形態のための適切なネマチック液晶材料は、Merckによって製造される液晶材料E7であり得る。適切な光イニシエータ材料の例は、Ciba Speciality Chemicals LimitedからのIrgaCure369である。

【0138】1つの実施形態において、これらの材料は、100:0.04:0.0004(E7:LC589:IrgaCure369)の比で一緒に混合される。これにより、数十ミクロンのピッチを有するキラル液晶混合物が与えられ得る。この混合物は、紫外光を用いた選択的照射によって重合され得る。

【0139】図11(b)の照射工程において、マスク28は、実質的に放射光をブロックし、マスク28によって保護される液晶の部分は、放射光を実質的に全く受けない。しかし、原理的に、マスク28は、液晶層の保護された部分が受ける放射光の強度が液晶層の保護されない部分の放射光の強度よりも十分に低い場合は、完全に放射光をブロックする必要はない。

【0140】あるいは、原理的に、選択的照射プロセスは、断面面積の小さい放射光ビームを用いて液晶層を照射し、照射したい液晶層の領域をそのビームで走査することによって実行され得る。

【0141】図11(a)~11(c)を参照して説明された方法において、選択的照射プロセスは、液晶層内のキラルドーパントの濃度を空間的に変化させ、キラルドーパントの濃度のこの変化が、液晶材料のピッチを変化させる。ピッチの変化を含む液晶層を生成する別の方法において、らせんねじれ力が照射によって選択的に変更され得るキラルドーパントを使用する。この方法において、選択的照射プロセスは、選択的照射プロセスは、液晶層の照射部分におけるキラルドーパントのらせんねじれ力を変更する効果がある。このようなキラルドーパントを含む液晶層を選択的に照射することによってキラルドーパントのらせんねじれ力の空間的变化を生成し、これにより、液晶層の厚さ対ピッチ比の空間的变化を生成する。

【0142】図11(a)~(c)はまとめると以下のようである。図11(a)は、キラルドーパントプレポリマーをドーピングした180°ねじれ状態LC(細い棒)

である。いずれの領域でも $d/p > 0.25$ である。

【0143】図11(b)は、これらのキラル分子の重合を引き起こすフォトマスクを介するUV露光によりUV露光の領域を拡散させる。

【0144】図11(c)は、UV露光の後、セルの右側部分のキラルドーパント濃度の減少により、ネジレのない構成に形成される。

【0145】らせんねじれ力が照射によって選択的に変更され得るキラルドーパントの1つの例は、第18回国際液晶会議、日本、仙台(2000年)の要約集P536におけるT.Yamaguchiら、「Photo switching of helical twisting power of a chiral diarylethane dopant in chiral nematic liquid crystal」によって記載されるようなジアリールエタンキラルドーパントである。

【0146】上記の実施形態において、動作領域の厚さ対ピッチは、液晶層の厚さまたは液晶材料のピッチのいずれかを動作領域と核形成領域で異ならせることによって、核形成領域の厚さ対ピッチ比と異ならせる。しかし、原理的に、厚さおよびピッチの両方を、核形成領域と動作領域との間で変化させることが可能である。

【0147】らせんねじれ力が照射によって選択的に変更されるキラルドーパントを使用することによってピッチの変化を誘導させる実施形態において、照射によって誘導される液晶材料のピッチの空間的变化が所定の方向構成を安定化するポリマーネットワークによって安定化され得る。ポリマーネットワークの重合は、ピッチの変化を誘導するために使用されるものと同じ照射工程によってなされてもよいし、または別個の照射工程を必要としてもよい。

【0148】パイスル液晶デバイスの厚さの変化の点からパイスル核形成を実証するために、テストセルを構築した。ここで、厚さを段階的に変化させた。セルは、ネガティブフォトレジスト材料(SU-8, Microlithography Chemical Corporation)を使用した。1層のフォトレジストを1400rpmの速度で25秒間きれいなガラス基板上にスピニングし、実質的に一様な3μm厚の膜を生成した。このガラス基板は、前もって1層の薄い透明な導電材料であるインジウムスズ酸化物(「ITO」)を用いて一様にコーティングしてあった。膜を65で1分間、その後さらに95で1分間ベーキングし、溶媒をすべて除去した。次に、適切なフォトマスクを介して、選択された領域をUV光に70秒間さらすことによって架橋した。その後、50で1分間第2のベーキングを行い、つづいて95で2分間ベーキングした後、溶媒溶液「EC」(Microlithography Chemical Corporation)に60秒

間浸した。その後、新しいEC溶媒でさらに30秒間洗浄した。この溶媒は、これらの部分からUV光に露光されたマスクであるSU8膜を除去し、これにより、これらの領域のガラス基板を再度露出させる。最後に、架橋されたフォトリソの3μm厚の階段状の領域を、180°で1時間硬化させる。

【0149】テストセルにおける液晶の挙動を調べるために、上記のように調製された基板を配向材料(SE7792、Nissan Chemicals)の薄い1層を用いてコーティングした。配向材料を溶媒中に溶解し、2000rpmで25秒間スピニングして、約50nm厚の膜を生成した。第2のきれいな、一様なITOコーティングされたガラス板をまた、この配向材料を用いてコーティングした。次に、両方のガラス板(一様なガラス板、およびパターニングされた階段状領域のSU8を有するガラス板)を180°で2時間ベーキングして配向層を硬化した。一旦冷却し、両方の基板を柔らかな布で一方にラッピングし、液晶の配向方向を規定した。次に、配向方向を平行になるように基板を組み立て(パイセルを製造し)、基板の周辺に1トラックの接着剤に溶着されるガラススペーサボールを使用して10μmの間隔をあけた。最後に、基板間のギャップを市販の液晶E7(Merck)を用いて充填した。基板間のギャップ(したがって、LC層の厚さ)は、10μmであった。但し、高さ3μmのSU8のフォトリソパターンが存在するところは、層厚は、7μmに低減された。液晶E7を、市販のドーパント材料R1011(Merck)を使用してキラルドーパントをドーピングし、 $28\mu\text{m} < p < 40\mu\text{m}$ の範囲のピッチを生成した。その結果、液晶層の厚さが10μmであるセルのこれらの領域は、 $0.357 > d/p > 0.25$ のd/p値を有した。これにより、0Vで180°ねじれの領域が安定化した。比較すると、セルの厚さが7μmのこれらの領域では、 $0.25 > d/p > 0.175$ であり、安定な0V状態は、スプレイ(またはH)状態であった。この発明によると、完成したパイセルに電圧を印加すると、安定化されたねじれを有するより厚い領域が、H状態のより薄い領域の境界での核形成を促進する領域として機能することが実験的に観察された。

【0150】以下に、本発明をTFT(薄膜トランジスタ)液晶パネルに適用する場合について、詳細を説明する。この場合、核形成領域がすぐにV状態(バンド状態)になり、表示領域のH状態からV状態への転移(バンド転移)を助けることが望まれる。したがって、核形成領域は、基本的に画素を取り囲むように位置付けられる。

【0151】TFT液晶パネルは、TFT基板(すなわち、下側基板)と、対向基板(すなわち、上側基板)と、一对の基板の間に挿入される液晶層を含む。対向基板上には、画素開口部のカラーフィルタおよび非画素領

域が形成される。TFT基板上には、TFT、TFTを制御するゲート電極、画素に信号を送るソース電極、画素電極(図示せず)、画素電極に電荷を送るドレイン電極が形成される。

【0152】図12は、TFT液晶パネルの画素部を拡大した上面図である。画素の開口部分には、画素開口部111が設けられる。画素開口部111には、カラーフィルタ(図示せず)が形成される。1つの画素が、1つの画素開口部111と対応してもよいし、または、複数の画素開口部111と対応してもよい。逆に、複数の画素が1つの画素開口部111と対応してもよい。画素開口部111の周りには、非画素領域112が設けられる。非画素領域112は、通常、黒色の遮光膜から形成される。

【0153】図12において、対向基板の遮光領域112の輪郭だけを示し、輪郭線を通してTFT基板上に形成される電極、TFTを示す。

【0154】ゲート電極113に電圧が印加されると、ソース電極114に印加された電荷はTFT117からドレイン電極115に流れ、画素電極(図示せず)に流れこむ。液晶層を介して対向基板上には透明電極が形成され、TFT基板上の画素電極と対向基板上の透明電極とに挟まれた液晶層は流れこむ電荷によって生じる電界により、動作が行われる。

【0155】TFT液晶パネルを駆動する方法として、ソース電極114に信号を出力した後に、ゲート電極113を順次ONにして、各画素に信号を書き込む方法、または、先にゲート電極113に信号を送り、ゲート電極113がONになった後に、ソース電極114を介して画素に信号を書き込む方法がある。ゲート電極113は、1フィールド時間内に複数のTFT117を順次ONにしていくため、実際に電圧が印加されている時間は概ね1フィールドを表示する時間を垂直走査線の数で割った時間にほぼ等しい。一方、ソース電極114は、一水平期間ごとに書きこまれるので、電圧が印加される時間はソース電極114の方が長くなる。ただし、ソース電極114にかかる電圧は信号電圧に対応するので、1つの画素に対して、例えば、バンド状態の場合、一画素近傍のソース電極114に表示期間である1フィールド期間2.5V-6Vの範囲の電圧が印加されることになる。

【0156】いずれの場合も一画素の観点では、液晶を動作させるための電荷の充電時間は、画素表示期間である1フィールド期間をパネルの画素数で割った時間である。したがって、画素に信号が書きこまれる時間は、画素表示時間と比較すると非常に短時間であり、TFTがOFFになってからも液晶層が動作する間は、液晶に印加される電圧を保持しておく必要がある。そのため、TFT基板上には、TFT117がOFFになった後も、画素にかかる電圧を維持するための補助容量電極116

が設けられる。

【0157】補助容量電極116は、ソース電極114およびゲート電極113とは異なり、本質的に、次の信号が書きこまれるまで印加電圧を保持するために設けられるため、補助容量電極116は、画素に電圧が印加されるタイミングと連動して電圧が印加される。液晶層が応答する期間は、画素電極に電圧が印加されている期間である。この期間に、動作領域である表示領域および非表示領域である核形成領域の両方に電圧が印加されることが好ましい。したがって、本発明の核形成領域を、補助容量電極部116の近傍に形成することは、バンド状態を得るためには有用である。

【0158】もちろん、ソース電極114およびゲート電極113は、間欠的に電圧が印加されるため、ソース電極114およびゲート電極113近傍の領域を核形成領域として用いることは有効である。ソース電極114およびゲート電極113近傍の領域だけでなく、さらに補助容量電極116近傍の領域を核形成領域とすればさらに有効である。

【0159】図13(a)~(c)は、TFT液晶パネルの核形成領域を模式的に説明するための上面図である。図13(a)~(c)に示される核形成領域を図12と比較して説明する。

【0160】図13(a)は、画素開口部111、非表示領域である遮光部(ブラックマトリクス)120に対して、補助容量電極116が形成される位置にのみに核形成領域121が形成された構成を示す。上記のように、補助容量電極116は、核形成領域120として有効に機能する。しかし、画素全体にV状態に転移させる領域が足りない場合、以下に説明するように、ソース電極114またはゲート電極113に対応する位置にも核形成領域を設けることができる。

【0161】図13(b)は、ソース電極114が形成される位置に対応した核形成領域122と、補助容量電極116が形成される位置に対応する核形成領域121とが形成される構成を示す。

【0162】図13(c)は、ゲート電極113が形成される位置に対応した核形成領域123と、補助容量電極116が形成される位置に対応する核形成領域121とが形成される構成を示す。

【0163】このように、核形成領域は、ゲート電極113、ソース電極114または補助容量電極116の領域の近傍に形成することができる。また、これらを任意に組み合わせてもよい。

【0164】図14は、本発明による高開口率TFT液晶パネル1400の上面図を示す。上面図の構成において、高開口率TFT液晶パネル1400の構成は、例えば、特開平9-152625号公報に開示されているものと類似している。

【0165】画素の表示部分である画素電極132は、

ソース電極133およびゲート電極135で囲まれる。図14は、1つの画素を中心に図示しているが、高開口率TFT液晶パネル1400は複数の画素を備える。画素電極132は、透明電極(例えば、インジウムスズ酸化物(ITO))で形成される。ソース電極133およびゲート電極135とが交差する交差部の近傍にTFT131が設けられる。画素電極132を囲む2つのソース電極133の間に、補助容量電極134が設けられる。補助容量電極134は、画素電極132の容量を補助するための電極である。補助容量電極134は、TFT131のドレイン電極137からは、透明電極136が補助容量電極134の方向に伸び、補助容量電極134上で画素電極132と接続されている。

【0166】図15は、高開口率TFT液晶パネル1400の図14におけるA-A'に沿った断面構造である。TFT基板148と対向基板149との間に、液晶層147が配置される。TFT基板148上において、ソース電極133(図14)、ゲート電極135、TFT131(図14)を覆うように、樹脂平坦化層141が設けられる。樹脂平坦化層141上に画素電極132が形成される。TFT131のドレイン電極137(図14)と接続する透明電極136は、補助容量電極134と層間絶縁膜145を介して、補助容量を形成すると同時に、コンタクトホール144において、画素電極132と接続されている。

【0167】この構造では、TFT131(図14)上に樹脂平坦化層141を設けることで、ソース電極133およびゲート電極135を考慮することなく隣接する画素電極をできるだけ近接させることができ、高開口率が実現される。

【0168】このように形成される高開口率TFT液晶パネル1400は、画素電極132が隣接する画素電極132と数ミクロン以下の距離まで近接しているため、画素間に核形成領域を十分設けることができない。

【0169】しかし、この構造では、補助容量電極134と画素電極132との接触領域の樹脂平坦化層141が除かれ、コンタクトホール144が設けられている。図15に示すように、コンタクトホール144の液晶層147の厚みを、予め上述の核形成領域のd/pの条件を満たす厚さに設定しておく。補助容量電極134は、 T_a 、 T_i または T_a と T_i と A_l との積層等により形成される非光透過性電極である。このため、コンタクトホール144に設けられる核形成領域は、この補助容量電極134により光が遮られ、核形成領域が表示に影響を及ぼすことはない。そして、画素電極132に電界が印加される時は、同時に補助容量電極134にも電界が印加されるため、核形成領域をV状態にさせつつ、画素電極に対応する領域でもH状態からV状態への転移が進む。

【0170】また、通常、補助容量電極134の線幅

は、画素長手方向（すなわち、ソース電極133に平行な方向）の長さの数%~20%であるように設定されることが多いため、十分な核形成領域が確保される。このように、画素間に核形成領域を設けることのできない構造においても、補助容量電極134を用いて、有効な核形成領域としての機能を有効に果たすことができる。

【0171】V状態への転移を助けるための、180°ねじれ（T状態）領域とH状態領域とを含む、液晶表示デバイスの例を図16に示す。図16(a)では、電圧が印加されない状態で、動作領域210の液晶分子はH状態を示し、核形成領域220の液晶分子は180°ねじれ状態を示す。図16(b)は、動作領域210の断面を示す。

【0172】図16(a)、(b)に示される液晶表示デバイスは、上側基板201aと下側基板201bとの間に液晶材料205が配置される。上側基板201a上に透明電極202aが設けられ、その上に配向膜203aが設けられる。動作領域210において、下側基板201b上には段差材料204が設けられ、動作領域210と核形成領域220との間に段差 d_1 が設けられる。さらにそれらを覆うように透明電極202bが設けられ、透明電極202b上に配向膜203bが設けられる。ここで、液晶セルの厚さは d_2 であり、核形成領域220の幅がWである。

【0173】図16(b)に示されるように、チルト角 θ_1 および θ_2 を有するように上側基板201a上の配向膜203aおよび下側基板201b上の203bを配向処理する。ここで、配向処理は、例えば、ラビング、紫外線による配向、SiOなどの斜方蒸着などを用いてもよい。ここでは、例として、図16(b)に矢印で示す方向にラビング処理を行った。配向膜203a、203bとチルト角 θ_1 、 θ_2 との関係を保つことが重要であり、配向の方向は任意に選択され得る。ここで、上側基板201a（または配向膜203a）と液晶層とによって決定される、動作領域の液晶層のチルト角と核形成領域の液晶層のチルト角とが実質的に等しくてもよい。また、同様に、下側基板201b（または配向膜203b）と液晶層とによって決定される、動作領域の液晶層のチルト角と核形成領域の液晶層のチルト角とが実質的に等しくてもよい。少なくとも上記のいずれかを満たす場合、上側基板201a全体および/または下側基板201b全体を同じように配向処理すればよいため、製造コストを削減することができる。

【0174】液晶表示デバイスに電圧を印加すると、動作領域210におけるスプレイ（H状態）領域がバンド状態（V状態）への転移は、180°ねじれ状態している核形成領域220に接する領域から起こる。表示領域として使用される動作領域210は、電圧印加時にバンド状態に転移していることが必要であるので、この転移の移動速度が速いことが望ましい。

【0175】図16のように、初期配向において、180°ねじれ状態とH状態とを共存させるためには、液晶材料に添加するキラル濃度とセル厚 d_2 と段差 d_1 の値が重要である。上述したように、キラルを添加した後の液晶材料の自然ピッチをpとすると、180°ねじれ領域では、 $(d_1 + d_2) / p > 0.25$ 、スプレイ（H状態）領域では、 $d_2 / p < 0.25$ である必要がある。キラル材料としてCN（コレステリルノナノエイト）を用い、液晶材料として、フッ素系の液晶ZLI-4792を用い、180°ねじれ状態とH状態とが共存可能である場合を検討した。

【0176】図17は、段差 d_1 と $(d_1 + d_2) / p$ とによる共存可能領域の変化を示すグラフである。ここで、配向膜でのチルト角は約4°である。 $(d_1 + d_2) / p$ はキラル濃度を変化させることで調整することができる。図17に示されるように、H状態と180°ねじれ状態とが安定に共存するためには、ある程度の段差が必要であるが、段差の大きさは製造プロセスを容易にするためなるべく小さいことが望ましい。また、キラル濃度が大きいと、液晶表示デバイスがノーマリーホワイトである場合、明るい場合の透過率が小さくなるので、良好な電圧-透過率特性を得るために、キラル濃度が小さいことが望ましい。これらのことを考慮して、 $(d_1 + d_2) / p$ は0.25以上0.75以下、段差の大きさ d_1 は0.4 μm 以上が好ましく、さらに好ましくは、 $(d_1 + d_2) / p$ は約0.28、 d_1 は約1.6 μm である。

【0177】なお、図22に示すようにチルト角 θ_1 および θ_2 が大きい場合、 $(d_1 + d_2) / p < 0.25$ を満たしても、180°ねじれ状態とH状態とが共存可能な範囲が存在可能な範囲がある。しかし、ここでは、チルト角が安定する角度を選択している。

【0178】さらに、図16(a)のWの大きさによっても180°ねじれ状態とH状態の共存状態が変化する。具体的には、180°ねじれ状態の領域幅Wが小さいと、 $(d_1 + d_2) / p$ を0.25以上0.75以下、段差 d_1 は0.4 μm 以上を満たしても共存できない場合がある。図18は、 $(d_1 + d_2) / p = 0.28$ 、 $d_1 = 1.6\mu\text{m}$ としたとき、Wの値による共存の可否を示している。この結果では、共存させるためには、Wが10 μm 以上必要であり、好ましくは、約20 μm 以上必要である。

【0179】本発明を透過型液晶表示装置に適用する場合、V状態への転移を助けるために180°ねじれ状態の領域（すなわち、核形成領域）を遮光することで、表示領域として使用しないことを示した。これは、動作領域と核形成領域の双方の領域で液晶層の厚さが異なることから、両領域における位相差がことなるため、あえて180°ねじれ状態の領域、すなわち、核形成領域を非表示領域にした。しかし、バンド状態および180°ね

じれ状態の両方を表示領域として使うこともできる。表示部分にしめる180°ねじれ状態領域の割合は任意である。最初に透過・反射両用型パネルに適用した場合の例を示す。

【0180】透過・反射両用型液晶表示デバイスとして、反射表示領域と透過表示領域が1画素内に形成されたものが提案されている。このパネルを図19に示す。この構造は、1つの画素の中に段差により厚さの異なる領域(例えば、パイアホール)を設け、液晶層の厚さの薄い領域に反射電極を設けて反射領域とし、段差部、すなわち、液晶層の厚い領域を透過表示領域とする。この構成により、周囲が暗い場合には、バックライトの光を使用して透過型液晶表示デバイスと同様に機能する。逆に周囲が明るい場合には、反射型液晶表示デバイスとしてバックライト無しでも表示が可能となる。

【0181】本実施例では、液晶層の厚い部分の厚さ d_2 を6 μm 、段差 d_1 を3 μm とした画素の上面図を図20に示す。1つの画素の大きさは、縦 $H_p = 300\mu\text{m}$ 、横 $W_p = 100\mu\text{m}$ とし、180°ねじれ(T状態)状態の領域 H_T とH状態領域 H_S は、 $H_T = H_S = 150\mu\text{m}$ としたところ、良好な表示特性が得られることが分かった。なお、画素の大きさ、段差の大きさは、上で示した条件を満たせば任意である。

【0182】次に、透過型液晶表示デバイスにおいて、180°ねじれ状態領域とH状態領域を共に表示領域とした場合を示す。この場合、上記のように、液晶層の厚さの変化に対し、位相差が異なる。またバンド状態のような配向を表示に用いる複屈折モードでは、例えば、電圧を印加して黒状態を表示する場合、印加可能な最大電圧で黒を表示するような光学補償板を用いる。つまり、最大印加電圧での液晶の位相差をちょうど相殺する位相差を有する位相差板により黒表示を行う。

【0183】しかし、このような方式を使用する場合、黒表示を行う最適電圧を上回っても、下回っても位相差が生じる為、コントラストが下がる。一般に、所望のコントラスト以上を表示する電圧範囲を黒表示のためのマージン(暗電圧許容幅)とよぶが、このような複屈折モードにおいて、一般にマージンは狭い。

【0184】このとき、180°ねじれ領域を共存させることにより、このマージンを広げることができる。図20は、ある画素における180°ねじれ領域とH状態領域を模式的に示した上面図であり、これにより、 H_S / H_p はある画素に対して180°ねじれ領域の割合を示す。図21は、コントラスト200:1以上を満たす暗電圧マージンと、画素に対する180°ねじれ領域の割合 H_S / H_p とを示すグラフである。

【0185】段差 d_1 の大きさに依存するが、 $d_1 = 1.0\mu\text{m}$ の場合、180°ねじれ領域を50%設け、 $d_1 = 0.5\mu\text{m}$ の場合、180°ねじれ領域を20%以上設けることで、約0.1V暗電圧マージンを広げること

*ができる。

【0186】したがって、180°ねじれ(T状態)領域とH状態領域とを共存させながら、暗電圧マージンを増やすことができるため、あえて180°ねじれ領域を表示領域に作成し、印加電圧のバラツキにたいするコントラストの変化を抑えることができる。さらに、H状態のみの暗電圧マージンを変えないように、段差領域を形成して、T状態領域を作ることも可能であるため、双方の領域を表示領域に設けることが可能となる。

【0187】

【発明の効果】本発明による液晶表示デバイスは、第1および第2の基板の間に配置されたキラル液晶材料の層を含む。液晶層の動作領域は、厚さ対ピッチ(d/p)_Aを有する。液晶層はまた、液晶層の厚さ対ピッチ比が、(d/p)_Aではなく(d/p)_Nである核形成領域を含む。動作領域と核形成領域との間の液晶層の厚さ対ピッチ比の違いの結果、印加電圧の非存在下、または、小さな電圧の印加時で動作領域において安定である液晶状態は、核形成領域における安定状態と同じでない。

【0188】本発明の1つの実施形態において、液晶層の厚さ対ピッチ比は、動作領域より核形成領域のほうが大きい。この実施形態は、核形成領域としてパイアホールを使用するパイアホールが設けられる反射型表示デバイスにおいて容易に実現され得る。

【0189】本発明による液晶表示デバイスにより、高電圧の印加を必要とすることなく、液晶表示デバイスの操作を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】OCBデバイス(パイセル)の模式図である。

【図2】図2の(a)~(d)は、OCBデバイスの動作原理を示す模式図である。

【図3】図3の(a)および(b)は、本発明の動作を示す模式断面図である。

【図4】本発明の実施形態による液晶表示デバイスの、液晶層への印加電圧の非存在下、または、小さな印加電圧下における、模式断面図である。

【図5】図4の液晶表示デバイスの、液晶層への印加電圧の存在下、または、より大きな電圧の印加時における、模式断面図である。

【図6】本発明の実施形態による液晶表示デバイスの模式平面図である。

【図7】液晶材料における転位の伝播速度の依存性を d/p 比の関数として示す図である。

【図8】本発明のさらなる実施形態による液晶表示デバイスの模式断面図である。

【図9】図8の液晶表示デバイスの主な光学構成要素の模式斜視図である。

【図10】種々の d/p 比について、反射型液晶表示の印加電圧対反射率の特性曲線を示す図である。

【図11】図11(a)および(b)は、本発明の実施

形態による液晶表示デバイスの製造方法を示す図であり、図11(c)は、図11(a)および(b)の方法によって製造された液晶表示デバイスを示す図である。

【図12】TF T液晶パネルの画素部を拡大した上面図である。

【図13】図13(a)~(c)は、TF T液晶パネルの核形成領域を模式的に説明するための上面図である。

【図14】本発明による高開口率TF T液晶パネル1400の上面図を示す。

【図15】高開口率TF T液晶パネルの図14におけるA-A'に沿った断面構造である。

【図16】図16(a)および(b)は、180°ねじれ領域とH状態領域とを含む、液晶表示デバイスを示す。

【図17】チルト角が小さい場合の段差d₁と(d₁+d^{*}

^{*}₂)/pとによる共存可能領域の変化を示すグラフである。

【図18】ねじれ領域幅とH状態-180°ねじれの共存状態の関係を示す表である。

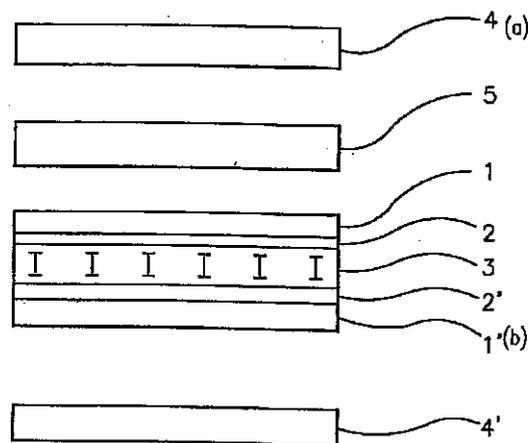
【図19】透過・反射両用型液晶表示デバイスとして、反射表示領域と透過表示領域が1画素内に形成された構成を示す。

【図20】ある画素における180°ねじれ領域とスプレイ領域を模式的に示した上面図である。

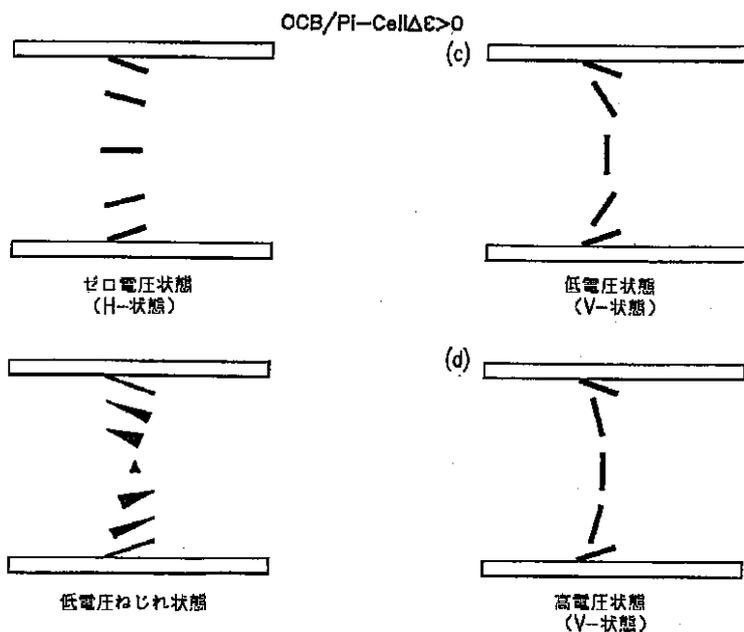
【図21】コントラスト200:1における180°ねじれ領域の割合と暗表示の電圧許容幅を示すグラフである。

【図22】チルト角が大きい場合の段差d₁と(d₁+d₂)/pとによる共存可能領域の変化を示すグラフである。

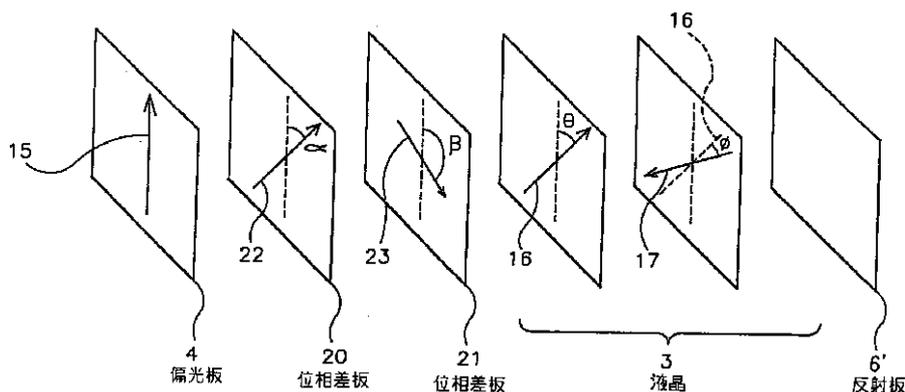
【図1】



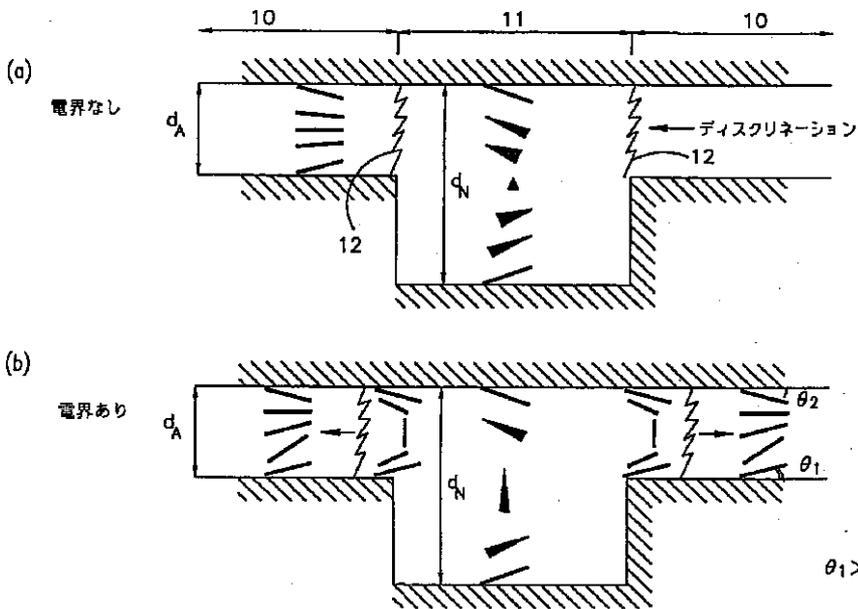
【図2】



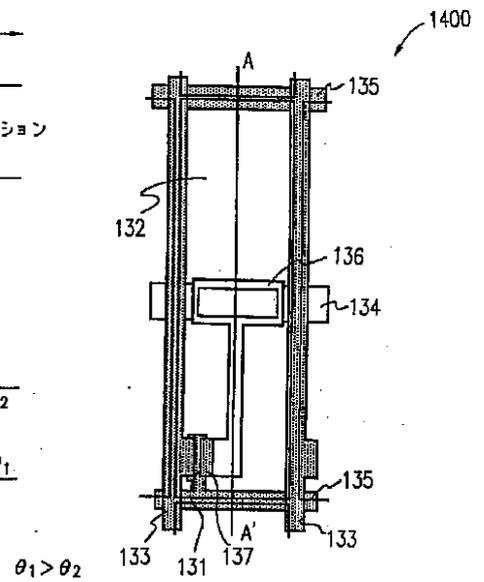
【図9】



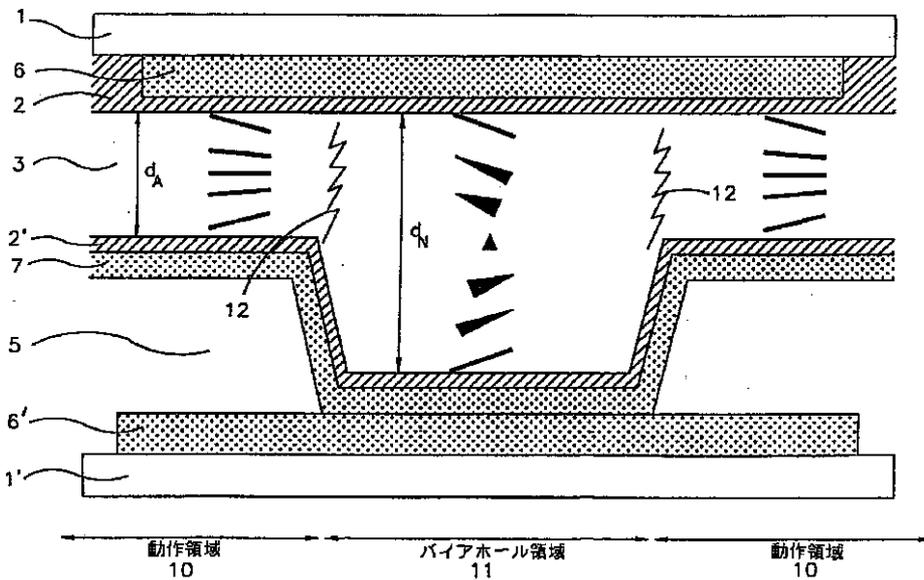
【図3】



【図14】



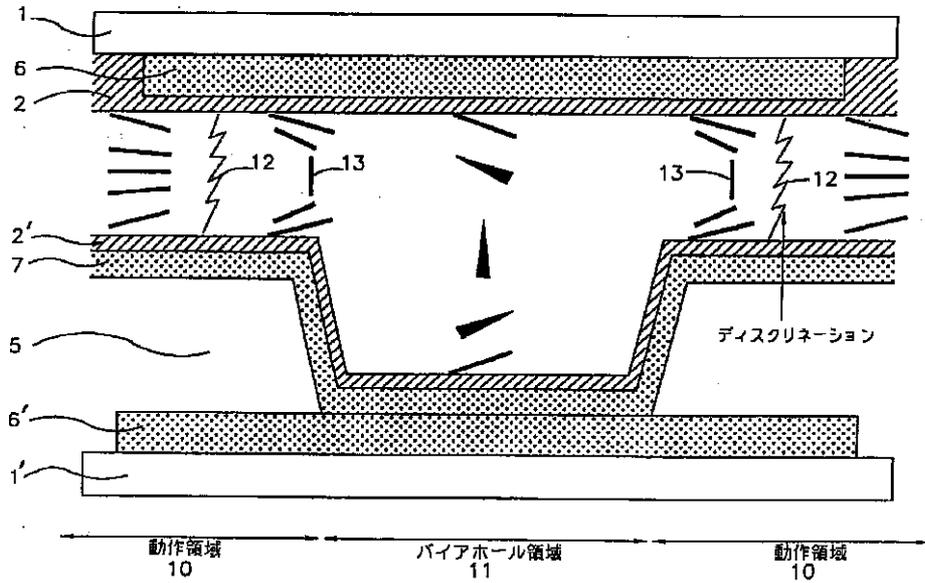
【図4】



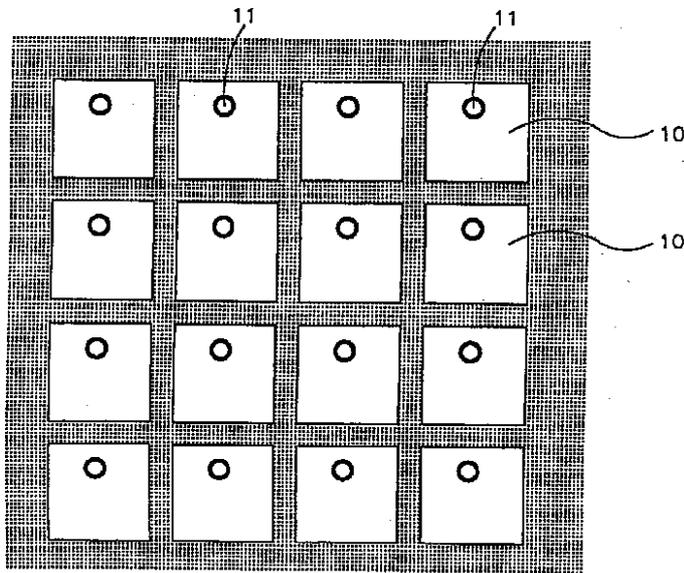
【図18】

ねじれ領域幅 W(μm)	5	10	15	20	25	30	50
スプレー180° ねじれ共存の可否	×	○	○	○	○	○	○

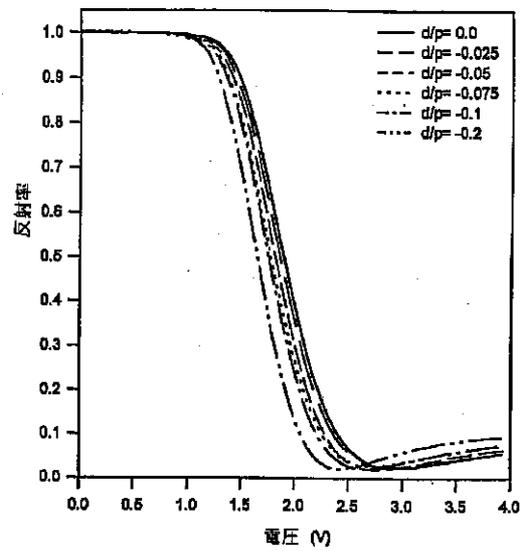
【図5】



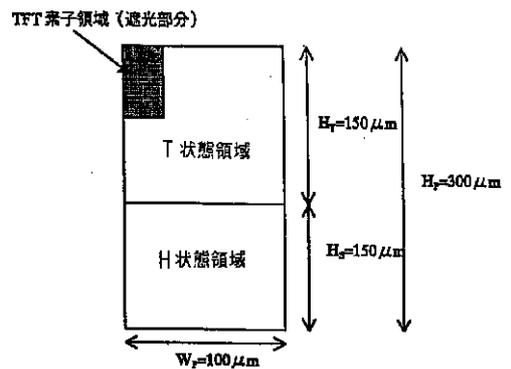
【図6】



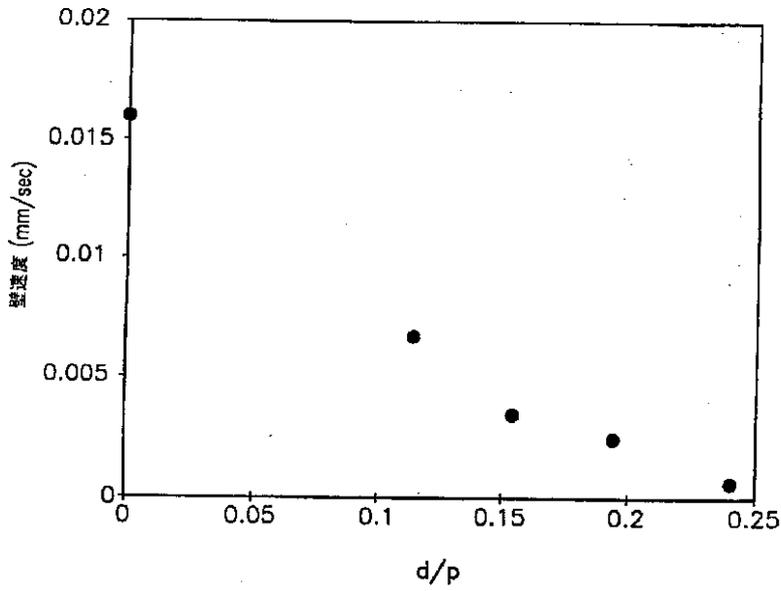
【図10】



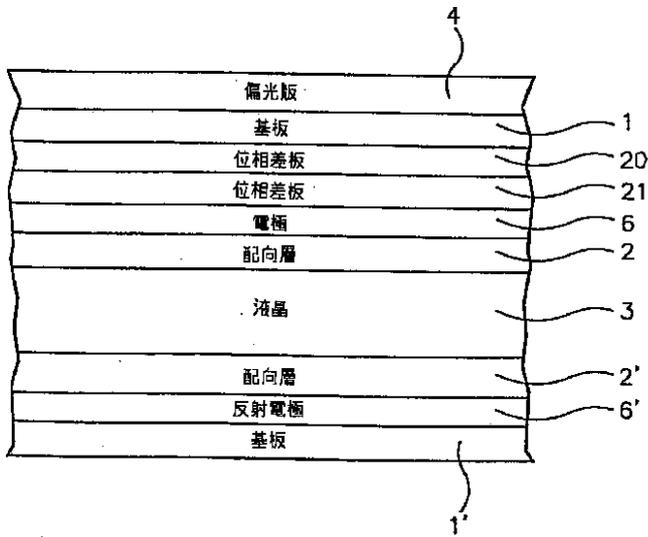
【図20】



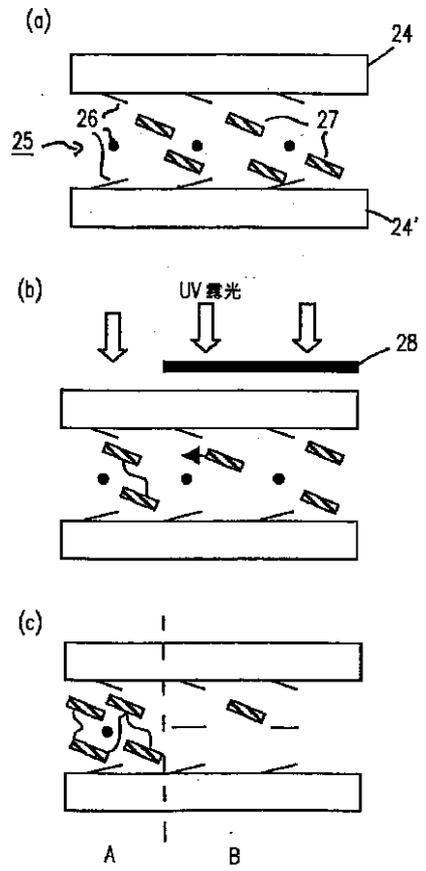
【圖7】



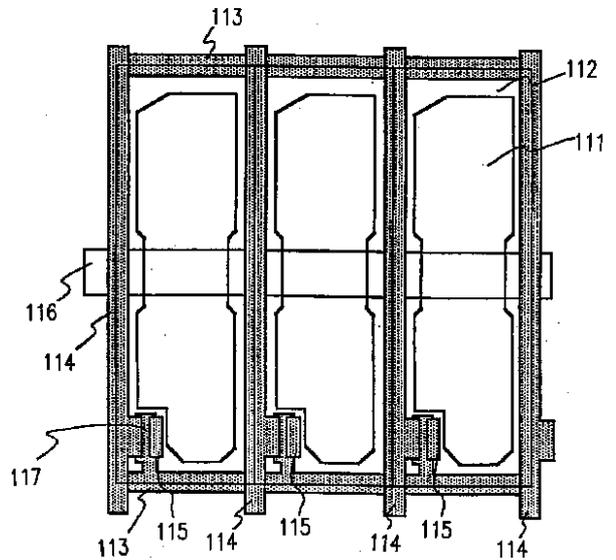
【圖8】



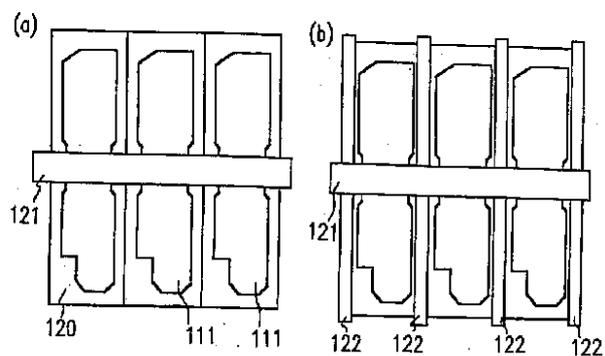
【圖11】



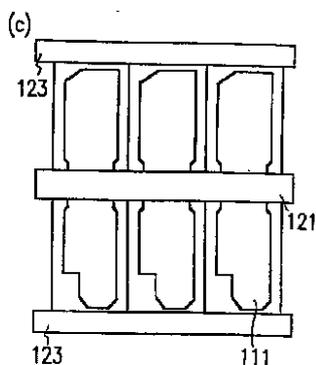
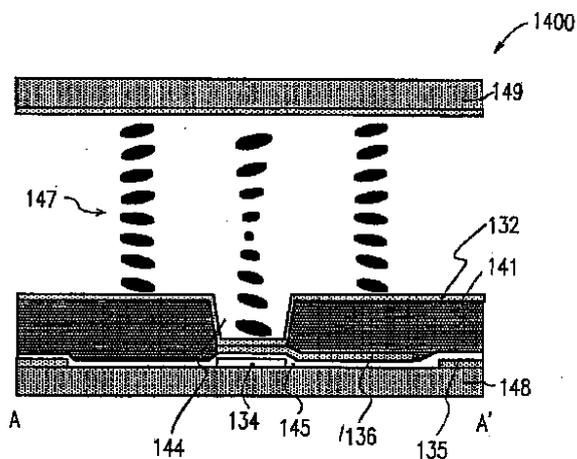
【圖12】



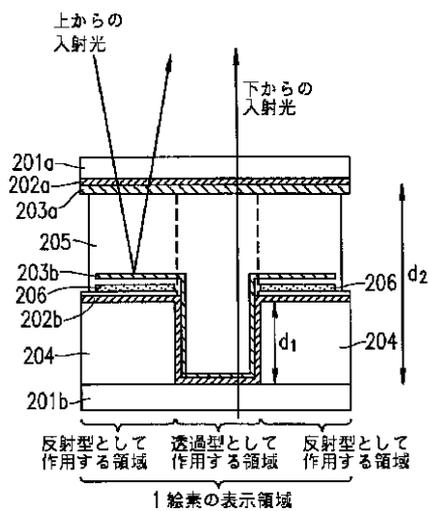
【図13】



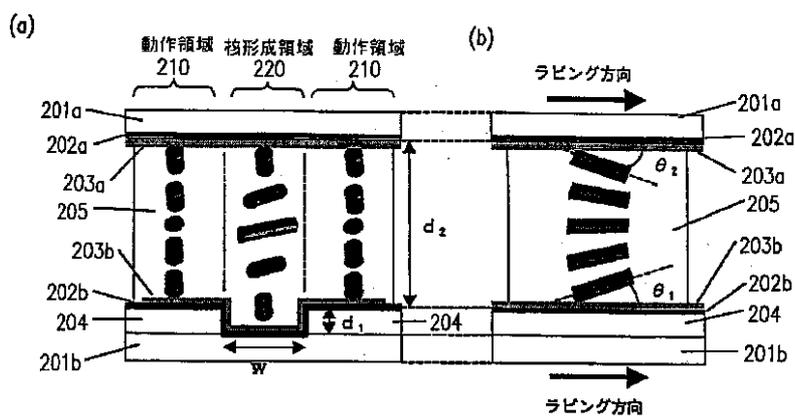
【図15】



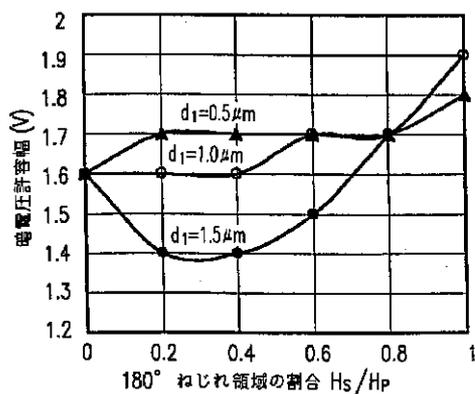
【図19】



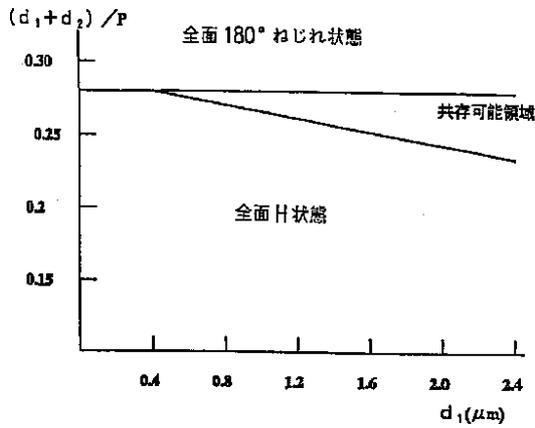
【図16】



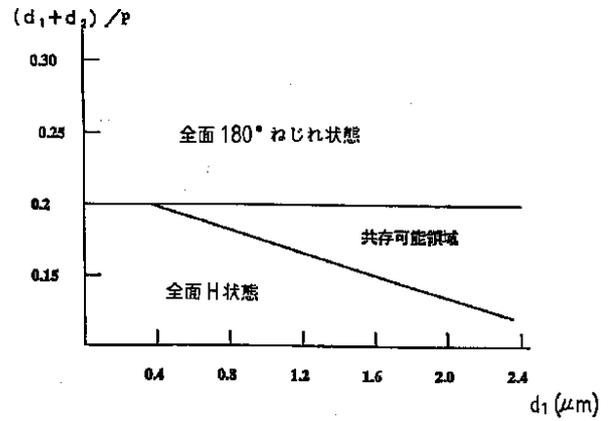
【図21】



【図17】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 ハリー ガース ウォルトン
 イギリス国 オーエックス4 3エヌイ
 ー, オックスフォード, カウリー,
 ビューチャンプ レーン, ビューチャン
 プ プレイス 45

(72)発明者 クレイグ トムプリ
 イギリス国 オーエックス44 7ユーアー
 ル, オックスフォードシャー, スタッ
 ドハンプトン, ベアー レーン, ベイ
 クハウス ヤード, ジャスミン コテー
 ジ

(72)発明者 マーティン デイビッド ティリン
 イギリス国 オーエックス14 2ピージ
 ー, オックスフォードシャー, アピン
 ドン, サマー フィールズ 11

(72)発明者 ブライアン ヘンリー
 イギリス国 オーエックス7 3エスエッ
 クス, オックスフォードシャー, ノー
 トン, チッピング, チャールバリー,
 スタート ロード 22

(72)発明者 川村 忠史
 奈良県天理市櫛本町2613 - 1ラポール天理
 1044

(72)発明者 藤井 暁義
 奈良県奈良市左京三丁目2 - 17

(72)発明者 山田 祐一郎
 愛知県名古屋市緑区ほら貝三丁目57番地

(72)発明者 エマ ジェーン ウォルトン
 イギリス国 オーエックス4 3エヌイ
 ー, オックスフォード, カウリー,
 ビューチャンプ レーン, ビューチャン
 プ プレイス 45

专利名称(译)	液晶显示装置		
公开(公告)号	JP2001264820A	公开(公告)日	2001-09-26
申请号	JP2001030277	申请日	2001-02-06
[标]申请(专利权)人(译)	夏普株式会社		
申请(专利权)人(译)	夏普公司		
[标]发明人	マイケルジョンタウラー エリザベスジェーンアコスタ ハリーガースウォルトン クレイグトム布林 マーティンデイビッドテイリン ブライアンヘンリー 川村忠史 藤井暁義 山田祐一郎 エマジェーンウォルトン		
发明人	マイケル ジョン タウラー エリザベス ジェーン アコスタ ハリー ガース ウォルトン クレイグ トム布林 マーティン デイビッド テイリン ブライアン ヘンリー 川村 忠史 藤井 暁義 山田 祐一郎 エマ ジェーン ウォルトン		
IPC分类号	G02F1/1337 G02F1/1333 G02F1/139		
CPC分类号	G02F1/1395 G02F1/133371		
FI分类号	G02F1/139 G02F1/1335.520		
F-TERM分类号	2H088/EA16 2H088/HA03 2H088/HA15 2H088/KA12 2H191/FA02Y 2H191/FA14Y 2H191/FA22X 2H191/FA30X 2H191/FA31Y 2H191/FC02 2H191/FC10 2H191/FD12 2H191/FD22 2H191/GA08 2H191/HA13 2H191/JA03 2H191/KA02 2H191/KA04 2H191/KA05 2H191/KA06 2H191/LA13 2H191/LA40 2H191/NA13 2H191/NA30 2H191/NA34 2H191/NA43 2H191/PA64 2H291/FA02Y 2H291/FA14Y 2H291/FA22X 2H291/FA30X 2H291/FA31Y 2H291/FC02 2H291/FC10 2H291/FD12 2H291/FD22 2H291/GA08 2H291/HA13 2H291/JA03 2H291/KA02 2H291/KA04 2H291/KA05 2H291/KA06 2H291/LA13 2H291/LA40 2H291/NA13 2H291/NA30 2H291/NA34 2H291/NA43 2H291/PA64		
优先权	2000002733 2000-02-08 GB 2000024636 2000-10-09 GB		
其他公开文献	JP3910370B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

液晶显示装置无需施加高压就可以工作。一种液晶显示装置，包括：手性液晶层（3），其设置在第一基板和第二基板（1、18#39;）之间；以及用于向液晶层（3）施加电压的装置。其中，当向液晶层（3）施加电压时，液晶层的第一区域（10）是用于

显示的操作区域，并且液晶层的第二区域（11）是第一区域（10）。）
 是用于产生期望的液晶状态的成核区域，并且液晶层（3）的厚度 d 与液晶材料的间距 p 之比在第一区域（10）中为第一值 $(d/p)_1$ 和第二值 $(d/p)_2$ 在第二区域（11）中以及液晶层的厚度在第二区域（11）中。 d 与液晶材料的间距 p 之比的值 $(d/p)_2$ 是在不向液晶层施加电压的情况下在第二区域（11）中稳定的液晶状态。选择它在拓扑上等效于液晶状态。

