

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5315136号

(P5315136)

(45) 発行日 平成25年10月16日(2013.10.16)

(24) 登録日 平成25年7月12日(2013.7.12)

(51) Int.Cl. F I
GO2F 1/1343 (2006.01) GO2F 1/1343
GO2F 1/139 (2006.01) GO2F 1/139
GO2F 1/1337 (2006.01) GO2F 1/1337

請求項の数 10 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2009-135743 (P2009-135743)
 (22) 出願日 平成21年6月5日(2009.6.5)
 (65) 公開番号 特開2010-282037 (P2010-282037A)
 (43) 公開日 平成22年12月16日(2010.12.16)
 審査請求日 平成23年6月7日(2011.6.7)

前置審査

(73) 特許権者 502356528
 株式会社ジャパンディスプレイ
 東京都港区西新橋三丁目7番1号
 (73) 特許権者 506087819
 パナソニック液晶ディスプレイ株式会社
 兵庫県姫路市飾磨区妻鹿日田町1-6
 (74) 代理人 100083552
 弁理士 秋田 収喜
 (74) 代理人 100103746
 弁理士 近野 恵一
 (72) 発明者 岡 真一郎
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
 式会社日立製作所 日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の基板と、第2の基板と、
 前記第1の基板と前記第2の基板に挟持された液晶層と、
 前記第1の基板に対して前記液晶層が配置された側の反対側に配置された第1の偏光板と、
 前記第2の基板に対して前記液晶層が配置された側の反対側に配置された第2の偏光板とを有し、
 前記第2の基板の液晶層が配置された側に、絶縁層を介して積層された画素電極と共通電極を有し、
 前記画素電極および前記共通電極のうちの、前記液晶層に近いほうの電極が櫛歯状であり、
 前記液晶層は、フレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} の両方が $\pm 7 \text{ pC/m}$ 以下であり、
 当該液晶層に近いほうの電極の歯の数を u 本としたときに、
 前記液晶層の誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ と前記歯の数 u との間に、下記数式1の関係があり、
 前記画素電極の電位と前記共通電極の電位との高低の関係を、あらかじめ定められたフ
 レーム期間毎に反転させる液晶表示装置であることを特徴とする液晶表示装置。

【数 1 1】

$$\Delta \varepsilon \leq \frac{7.5}{-0.36 \times \log_{10}(u) + 1.49} \quad \dots (数式1)$$

【請求項 2】

前記液晶層は、弾性定数 K_{11} 、 K_{33} の両方が 1.3 pN 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の液晶表示装置。

【請求項 3】

前記液晶層は、弾性定数 K_{11} 、 K_{33} の両方が 1.6 pN 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の液晶表示装置。

10

【請求項 4】

前記液晶層に近いほうの電極の外周部と、前記液晶層との間に、前記液晶層の比誘電率よりも低い誘電率を持つ誘電体キャップを有することを特徴とする請求項 1 に記載の液晶表示装置。

【請求項 5】

前記液晶層に近いほうの電極と前記誘電体キャップとの重畳領域の面積は、当該電極の面積に対して 10% 以上 90% 未満であることを特徴とする請求項 4 に記載の液晶表示装置。

【請求項 6】

前記液晶層は、前記第 1 の基板側の界面での極角アンカリング強度が、前記第 2 の基板側の界面での極角アンカリング強度よりも小さいことを特徴とする請求項 1 に記載の液晶表示装置。

20

【請求項 7】

前記液晶層に近いほうの電極の歯の幅を L 、歯の間隙を S としたときに、 $0.3 \leq L / (L + S) \leq 0.5$ であることを特徴とする請求項 1 に記載の液晶表示装置。

【請求項 8】

前記液晶層に近いほうの電極の歯の数を u としたとき、歯の上における透過率変動率 $TPP1$ 、および歯の間隙部分の上における透過率変動率 $TPP2$ が、それぞれ、下記数式 2 および下記数式 3 の関係を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の液晶表示装置。

【数 1 2】

$$TPP1 \leq 81 \times \log_{10}(u) - 44 \quad \dots (数式2)$$

$$TPP2 \leq 20 \times \log_{10}(u) + 7 \quad \dots (数式3)$$

【請求項 9】

前記液晶層は、誘電率異方性が正の値であることを特徴とする請求項 8 に記載の液晶表示装置。

【請求項 10】

前記液晶層は、誘電率異方性が負の値であることを特徴とする請求項 8 に記載の液晶表示装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液晶表示装置に関し、特に、IPS (In-Plane Switching) 方式の液晶表示装置に適用して有効な技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

液晶表示装置は、CRT (Cathode Ray Tube) や PDP (Plasma Display Panel) などに代表される自発光型の表示装置と異なり、光源からの光の透過光量または外光の反射光量あるいはその両方を調節することで映像や画像を表示する非発光型の表示装置である。

50

【 0 0 0 3 】

また、液晶表示装置は、薄型、軽量、低消費電力といった特徴を有し、近年、液晶テレビ、パーソナルコンピュータ用の液晶ディスプレイ、携帯電話端末などの携帯型電子機器の液晶ディスプレイなどに広く用いられている。

【 0 0 0 4 】

液晶表示装置は、液晶表示パネルと、当該液晶表示パネルを駆動させる駆動回路とを有する。液晶表示パネルは、一对の基板の間に液晶材料が封入された表示パネルであり、多数の画素の集合で構成される表示領域を有する。このとき、それぞれの画素は、画素電極、共通電極、および液晶層を有し、画素電極と共通電極との電位差によって液晶層（液晶分子）の配向を変化させることで、透過光量または反射光量あるいはその両方が変化する。またこのとき、画素電極と共通電極との配置方法は、画素電極と共通電極とを異なる基板に配置する方法と、同じ基板に配置する方法とに大別される。

10

【 0 0 0 5 】

画素電極と共通電極とを同じ基板に配置した液晶表示パネルは、一般に、IPS方式と呼ばれており、液晶分子を面内方向で回転させることで、実効的な光軸を面内で回転させ、透過光量または反射光量あるいはその両方を調節する。このIPS方式を適用した液晶表示パネルを有する液晶表示装置は、液晶層の配向方向が水平に近いので、視野角変化による液晶層のリタデーション変化が小さい。そのため、IPS方式の液晶表示装置は、広視野角を達成できることが知られている。

【 0 0 0 6 】

20

IPS方式の液晶表示パネルにおける画素電極と共通電極との配置方法は、絶縁層の同一面に対向させて配置する方法と、絶縁層を介して積層させて配置する方法とに大別される。画素電極と共通電極とを絶縁層の同一面に配置する方法では、画素電極および共通電極の平面形状を櫛歯状にし、たとえば、画素電極の歯の部分と共通電極の歯の部分とが交互に並ぶように配置する。また、画素電極と共通電極とを積層させて配置する方法では、たとえば、液晶層に近いほうの電極の平面形状を櫛歯状にし、他方の電極の平面形状を平板状にする。

【 0 0 0 7 】

ところで、液晶テレビや液晶ディスプレイなどの液晶表示装置では、通常、画素電極の電位と共通電極の電位との高低の関係を、あらかじめ定められたフレーム期間毎に反転させる。そのため、従来の液晶表示装置では、たとえば、画素電極に正電圧を印加したときと、負電圧を印加したときとで、透過率の面内分布が異なり、フリッカと呼ばれる現象が発生するという問題がある。なお、前記正電圧は、共通電極の電位よりも高い電位の電圧であり、前記負電圧は、共通電極の電位よりも低い電位の電圧である。

30

【 0 0 0 8 】

フリッカの発生要因としては、たとえば、TFT素子がオンからオフに切り替わる際の寄生容量を介した飛び込み電圧により画素電極の電位が変動し、直流電圧成分（DC電圧成分）が生じることが挙げられる。そのため、従来の液晶表示装置では、たとえば、画素電極に加える階調電圧に、当該画素電極の電位の変動により生じるDC電圧成分を打ち消す成分（以下、DCオフセット電圧という）を付加することで、フリッカを抑制している（たとえば、特許文献1を参照。）。

40

【 0 0 0 9 】

特許文献1および以下の説明で参照する先行技術文献は、下記の通りである。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 0 】

【 特許文献 1 】 特開平 0 7 - 0 2 0 4 4 0 号 公 報

【 非特許文献 】

【 0 0 1 1 】

【 非特許文献 1 】 チャンドラセカール著、「液晶の物理学」、吉岡書店、1995年9月25日

50

、p.235-240

【非特許文献2】T. Takahashi, et.al. Jpn. J. Appl. Phys. Vol.37, 1998, p.1865.

【非特許文献3】E.K.Tidey, et.al. Liq. Cryst. Vol.34, No.2, 2007, p.251.

【非特許文献4】Darren R. Link, et.al. Phys. Rev. E, Vol.65, 2001, 010701.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

I P S方式の液晶表示装置において、階調電圧にD Cオフセット電圧を付加する場合、D Cオフセット電圧に対するフリッカ強度を測定すると、当該フリッカ強度は、あるD Cオフセット電圧で最小値をとることが知られている。

10

【0013】

しかしながら、従来のI P S方式の液晶表示装置では、フリッカ強度が最小値になるようにD Cオフセット電圧を設定したとしても、フリッカ強度がゼロにならないことが多い。

【0014】

本発明の目的は、I P S方式の液晶表示装置におけるフリッカ強度を、表示品質に影響しない程度まで小さくすることが可能な技術を提供することにある。

【0015】

本発明の他の目的は、I P S方式の液晶表示装置におけるフリッカ強度を容易に小さくすることが可能な技術を提供することにある。

20

【0016】

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面によって明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概略を説明すれば、以下の通りである。

【0018】

(1) 第1の基板と、第2の基板と、前記第1の基板と前記第2の基板に挟持された液晶層と、前記第1の基板に対して前記液晶層が配置された側の反対側に配置された第1の偏光板と、前記第2の基板に対して前記液晶層が配置された側の反対側に配置された第2の偏光板とを有し、前記第2の基板の液晶層が配置された側に、画素電極と共通電極を有し、前記画素電極および前記共通電極のいずれか一方、もしくはその両方が櫛歯状の液晶表示装置であって、前記液晶層は、フレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} の両方が $\pm 7 \text{ pC/m}$ 以下である液晶表示装置。

30

【0019】

(2) 前記(1)の液晶表示装置において、前記液晶層は、弾性定数 K_{11} 、 K_{33} の両方が 13 pN 以上である液晶表示装置。

【0020】

(3) 前記(1)の液晶表示装置において、前記液晶層は、弾性定数 K_{11} 、 K_{33} の両方が 16 pN 以上である液晶表示装置。

40

【0021】

(4) 前記(1)の液晶表示装置において、前記画素電極および前記共通電極は、絶縁層を介して積層されており、かつ、前記液晶層に近いほうの電極が櫛歯状であり、当該液晶層に近いほうの電極の歯の数を u 本としたときに、前記液晶層の誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ と前記歯の数 u との間に、下記数式1の関係がある液晶表示装置。

【0022】

【数 1】

$$\Delta \varepsilon \leq \frac{7.5}{-0.36 \times \log_e(u) + 1.49} \quad \dots (数式1)$$

【0023】

(5) 前記(1)の液晶表示装置において、前記画素電極および前記共通電極は、絶縁層を介して積層されており、かつ、前記液晶層に近いほうの電極が櫛歯状であり、当該液晶層に近いほうの電極の外周部と、前記液晶層との間に、前記液晶層の比誘電率よりも低い誘電率を持つ誘電体キャップを有する液晶表示装置。

【0024】

10

(6) 前記(5)の液晶表示装置において、前記液晶層に近いほうの電極と前記誘電体キャップとの重畳領域の面積は、当該電極の面積に対して10%以上90%未満である液晶表示装置。

【0025】

(7) 前記(1)の液晶表示装置において、前記液晶層は、前記第1の基板側の界面での極角アンカリング強度が、前記第2の基板側の界面での極角アンカリング強度よりも小さい液晶表示装置。

【0026】

(8) 前記(1)の液晶表示装置において、前記画素電極および前記共通電極は、絶縁層を介して積層されており、かつ、前記液晶層に近いほうの電極が櫛歯状であり、前記液晶層に近いほうの電極の歯の幅をL、歯の間隙をSとしたときに、 $0.3 \leq L / (L + S) \leq 0.5$ である液晶表示装置。

20

【0027】

(9) 第1の基板と、第2の基板と、前記第1の基板と前記第2の基板に挟持された液晶層と、前記第1の基板に対して前記液晶層が配置された側の反対側に配置された第1の偏光板と、前記第2の基板に対して前記液晶層が配置された側の反対側に配置された第2の偏光板とを有し、前記第2の基板の液晶層が配置された側に、絶縁層を介して積層された画素電極と共通電極を有し、前記画素電極および前記共通電極のうちの、前記液晶層に近いほうの電極が櫛歯状であり、前記画素電極の電位と前記共通電極の電位との高低の関係を、あらかじめ定められたフレーム期間毎に反転させる液晶表示装置であって、前記液晶層に近いほうの電極の歯の数をuとしたとき、歯の上における透過率変動率TPP1、および歯の間隙部分の上における透過率変動率TPP2が、それぞれ、下記数式2および下記数式3の関係を満たす液晶表示装置。

30

【0028】

【数 2】

$$TPP1 \leq 81 \times \log_e(u) - 44 \quad \dots (数式2)$$

$$TPP2 \leq 20 \times \log_e(u) + 7 \quad \dots (数式3)$$

【0029】

40

(10) 前記(9)の液晶表示装置において、前記液晶層は、誘電率異方性が正の値である液晶表示装置。

【0030】

(11) 前記(9)の液晶表示装置において、前記液晶層は、誘電率異方性が負の値である液晶表示装置。

【発明の効果】

【0031】

本発明の液晶表示装置によれば、フリッカ強度を、表示品質に影響しない程度まで小さくすることができる。

【0032】

50

また、本発明の液晶表示装置によれば、フリッカ強度を容易に小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明に関わる液晶表示パネルにおける画素の平面構成の一例を示す模式平面図である。

【図2】図1のA - A'線における断面構成の一例を示す模式断面図である。

【図3】図1のB - B'線における断面構成の一例を示す模式断面図である。

【図4】画素電極の平面形状に関する第1の変形例を示す模式平面図である。

【図5】画素電極の平面形状に関する第2の変形例を示す模式平面図である。

10

【図6】走査信号線の信号入力端からの距離が異なる2つの画素における画素電極の電位の変動の様子の一例を示す模式図である。

【図7】DCオフセット電圧とフリッカ強度との関係の一例を示す模式図である。

【図8】液晶層の配向とフレクソ分極との関係の一例を示す模式図である。

【図9】液晶表示パネルに生じる電界とフレクソ分極との関係の一例を示す模式断面図である。

【図10】フレクソ分極と液晶分子の配向との関係の一例を示す模式平面図である。

【図11】フレクソ分極による液晶層の配向変化を調べるための画素構造のモデルを示す模式断面図である。

【図12】図11に示したモデルにおける画素電極の印加電圧と透過率の時間変化との関係の一例を示す模式図である。

20

【図13】図11に示したモデルにおける画素電極の印加電圧と透過率の面内分布との関係の一例を示す模式図である。

【図14】図11に示したモデルと同等の画素を有する液晶表示パネルにおける画素電極の印加電圧と透過率との関係の一例を示す模式図である。

【図15】IPS-Pro方式の液晶表示装置におけるフリッカ強度と透過率変動率との関係の一例を示す模式図である。

【図16】IPS-Pro方式の液晶表示装置における画素電極の歯の数と透過率変動率との関係の一例を示す模式図である。

【図17】フレクソ係数と透過率の面内分布との関係の一例を示す模式図である。

30

【図18】フレクソ係数とフリッカ強度との関係の一例を示す模式図である。

【図19】画素電極および共通電極の別の配置方法の一例を示す模式平面図である。

【図20】図19のC - C'線における液晶表示パネルの断面構成の一例を示すもいき断面図である。

【図21】電界を印加したときの液層分子の配向の変化の一例を示す模式断面図である。

【図22】本発明による実施例2の液晶表示パネルにおける断面構成の一例を示す模式断面図である。

【図23】図22に示した構成の液晶表示パネルにおける液晶層の誘電率異方性と透過率の面内分布との関係の一例を示す模式図である。

【図24】画素電極の歯の間隙の上における液晶層の誘電率異方性と透過率変動率との関係を示す模式図である。

40

【図25】画素電極の歯の数とフリッカ強度との関係の一例を示す模式図である。

【図26】本発明の実施例3の液晶表示パネルにおける主要部の平面構成の一例を示す模式平面図である。

【図27】図26のD - D'線における液晶表示パネルの主要部の断面構成の一例を示す模式断面図である。

【図28】本発明による実施例5の液晶表示装置の作用効果を説明するための模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0034】

50

以下、本発明について、図面を参照して実施の形態（実施例）とともに詳細に説明する。

なお、実施例を説明するための全図において、同一機能を有するものは、同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【0035】

図1乃至図5は、本発明に関わる液晶表示パネルの概略構成の一例を説明するための模式図である。

図1は、本発明に関わる液晶表示パネルにおける画素の平面構成の一例を示す模式平面図である。図2は、図1のA-A'線における断面構成の一例を示す模式断面図である。図3は、図1のB-B'線における断面構成の一例を示す模式断面図である。図4は、画素電極の平面形状に関する第1の変形例を示す模式平面図である。図5は、画素電極の平面形状に関する第2の変形例を示す模式平面図である。

10

【0036】

本発明は、前述のように、IPS方式の液晶表示装置におけるフリッカ強度を小さくすることを目的としている。液晶表示装置は、液晶表示パネルと、当該液晶表示パネルを駆動させるための駆動回路を有する。また、透過型と呼ばれる液晶表示装置は、液晶表示パネルおよび駆動回路に加え、照明装置（バックライトユニット）を有する。

【0037】

また、本発明は、液晶表示装置のうちの、液晶表示パネルの構成に関する。液晶表示パネルは、第1の基板と第2の基板の間に液晶材料が封入された表示パネルであり、多数の画素からなる表示領域を有する。このとき、それぞれの画素は、たとえば、TFT素子、画素電極、共通電極、および液晶層を有する。IPS方式の場合、それぞれの画素は、たとえば、図1乃至図3に示すような構成になっている。

20

【0038】

第1の基板1および第2の基板2は、たとえば、透明性と平坦性に優れ、かつ、イオン性不純物の含有が少ないホウケイサンガラスでなる。

【0039】

第1の基板1は、液晶層3（第2の基板2）と対向する面に、ブラックマトリクス4、カラーフィルタ5、平坦化膜6、および第1の配向膜7が形成されている。また、第1の基板1は、たとえば、液晶層3と対向する面とは反対側の面に、帯電防止用の裏面電極8が形成されており、当該裏面電極8の上に、第1の偏光板9が貼り付けられている。

30

【0040】

第2の基板2は、液晶層3（第1の基板1）と対向する面に、走査信号線10、第1の絶縁層11、映像信号線12、TFT素子13の半導体層、TFT素子13のソース電極13s、第2の絶縁層14、共通電極15、第3の絶縁層16、画素電極17、および第2の配向膜18が形成されている。また、第2の基板2は、液晶層3と対向する面とは反対側の面に、第2の偏光板19が貼り付けられている。

【0041】

このとき、共通電極15および画素電極17のうちの、液晶層3から近い位置にある画素電極17は、平面形状が櫛歯状になっており、コンタクトホールCHによりソース電極13sと接続している。なお、図1に示した平面構成の一例では、1つの画素電極17が、y方向に延伸する細長い部分（以下、歯という）を6本有し、当該6本の歯がx方向に並んでいる。また、液晶層3から遠い位置にある共通電極15は、複数の画素で共有される電極であり、平面形状が平板状または帯状になっている。

40

【0042】

液晶層3は、たとえば、屈折率異方性が正の液晶材料でなり、画素電極と共通電極との電位差がゼロのときにホモジニアス配向になる。

【0043】

画素電極17の歯の部分の延伸方向が、図1に示したように映像信号線12の延伸方向（y方向）と概略平行の場合、基板平面で見た液晶分子3Mの配向方向は、たとえば、走

50

査信号線 10 の延伸方向となす角 α を約 82.5 度にする。また、液晶分子 3M は、たとえば、図 3 に示したように、基板平面に対して数度傾いた状態で配向させる。このとき、液晶分子 3M の配向方向は、第 1 の配向膜 7 および第 2 の配向膜 18 に施す配向処理（ラビング処理）によって制御する。

【0044】

図 1 乃至図 3 に示した画素の構成は、IPS 方式の中でも、特に、IPS-Pro (IPS-Provectus) 方式と呼ばれる方式の構成の一例である。なお、本発明に関わる液晶表示パネルにおける第 1 の基板 1 の上のブラックマトリクス 4 など形成方法や、第 2 の基板 2 の上の走査信号線 10 などの形成方法は、従来の IPS-Pro 方式の液晶表示パネルで適用されている形成方法のいずれかであればよい。そのため、本明細書では、液晶表示パネルの構成や形成方法に関する詳細な説明は省略する。

10

【0045】

なお、IPS-Pro 方式の液晶表示パネルの場合、画素電極 17 の平面形状は、図 1 に示した形状に限らず、たとえば、図 4 または図 5 に示すように、複数の歯が映像信号線 12 の延伸方向に並んでいる櫛歯状であってもよい。

【0046】

図 4 に示した画素電極 17 は、平板状の電極の内部に、概略くの字型のスリットを複数形成することにより、複数の歯を設けている。このとき、1 つの画素電極 17 は、x 方向に対する歯（スリット）の延伸方向が反時計回りに角度 β だけ傾いている第 1 の領域と、時計回りに角度 β だけ傾いている第 2 の領域とを有し、当該 2 つの領域が、x 方向に並んでいる。

20

【0047】

一方、図 5 に示した画素電極 17 は、平板状の電極の内部に、第 1 の方向に延びる歯が複数設けられている第 1 の領域と、第 2 の方向に延びる歯が複数設けられている第 2 の領域とを有し、当該 2 つの領域が、y 方向に並んでいる。

【0048】

図 4 および図 5 に示したような平面形状の画素電極 17 を設ける場合、電界無印加時の液晶分子 3M の配向方向は、たとえば、走査信号線 10 の延伸方向（x 方向）と概略平行になるようにする。こうすると、電界を印加したときに、第 1 の領域の液晶分子と第 2 の領域の液晶分子とは、互いに逆の方向に回転する。すなわち、一方の領域の液晶分子が時計回りに回転する場合、他方の領域の液晶分子は反時計回りに回転する。このとき、1 つの画素には、ある視角方向から見たときに黄色い着色を示す領域と、水色の着色を示す領域とが生じるが、両者が重なって観察されるので、視角方向での着色が低減される。そのため、このような画素電極 17 を有する液晶表示装置は、視角方向において、より無着色の表示が得られ、かつ、より広い色再現範囲が確保される。

30

【0049】

図 6 乃至図 14 は、従来の液晶表示装置における問題点の一つを説明するための模式図である。

図 6 は、走査信号線の信号入力端からの距離が異なる 2 つの画素における画素電極の電位の変動の様子の一例を示す模式図である。図 7 は、DC オフセット電圧とフリッカ強度との関係の一例を示す模式図である。図 8 は、液晶層の配向とフレクソ分極との関係の一例を示す模式図である。図 9 は、液晶表示パネルに生じる電界とフレクソ分極との関係の一例を示す模式断面図である。図 10 は、フレクソ分極と液晶分子の配向との関係の一例を示す模式平面図である。図 11 は、フレクソ分極による液晶層の配向変化を調べるための画素構造のモデルを示す模式断面図である。図 12 は、図 11 に示したモデルにおける画素電極の印加電圧と透過率の時間変化との関係の一例を示す模式図である。図 13 は、図 11 に示したモデルにおける画素電極の印加電圧と透過率の面内分布との関係の一例を示す模式図である。図 14 は、図 11 に示したモデルと同等の画素を有する液晶表示パネルにおける画素電極の印加電圧と透過率との関係の一例を示す模式図である。

40

【0050】

50

従来のアクティブマトリクス型の液晶表示装置では、たとえば、走査信号線 10 の信号入力端から近い位置にある画素と、遠い位置にある画素について、TFT 素子 13 のゲート電極に加わる走査信号の電位 V_G や、画素電極 17 の電位 V_{PX} の変化の様子を調べると、たとえば、図 6 に示したような違いがある。なお、図 6 は、左側の V_{G1} 、 V_{PX1} が走査信号線 10 の信号入力端から近い位置にある画素における走査信号の電位および画素電極 17 の電位を示しており、右側の V_{G2} 、 V_{PX2} が走査信号線 10 の信号入力端から遠い位置にある画素における走査信号の電位および画素電極 17 の電位を示している。

【0051】

走査信号線 10 に加える走査信号の波形は、図 6 に点線で示したような矩形であるが、配線抵抗や配線容量などの影響により、歪みが生じる。このとき、走査信号の波形の歪みは、信号入力端から遠いほど大きくなる。そのため、信号入力端から遠い位置にある画素における走査信号の電位 V_{G2} の変化を示す波形は、近い位置にある画素における走査信号の電位 V_{G1} の変化を示す波形よりも歪み、すなわち点線で示した波形からのずれが大きい。

【0052】

また、画素電極 17 の電位 V_{PX1} 、 V_{PX2} は、それぞれ、TFT 素子 13 がオンになっている期間に、映像信号線 12 の電位 DATA1、DATA2 とほぼ同じ電位になるように変化する。またこのとき、画素電極 17 の電位 V_{PX1} 、 V_{PX2} は、TFT 素子 13 がオンからオフに変わる際に、たとえば、ゲート電極とソース電極との間に形成される寄生容量による飛び込み電圧の影響で変動する。この電位の変動量 V_{FT1} 、 V_{FT2} は、信号入力端から遠いほど小さくなる。一方、共通電極 15 の電位 V_{com} は、走査信号線 10 の信号入力端からの距離によらず、概ね一定である。そのため、これらの 2 つの画素に同じ電位の階調電圧を加えた場合、TFT 素子 13 がオンからオフになり画素電極 17 の電位を保持している期間の、画素電極 17 と共通電極 15 との電位差 $\Delta V1$ 、 $\Delta V2$ に違いが生じる。

【0053】

このように、複数の画素に同じ階調電圧を書き込んだときにそれぞれの画素における画素電極 17 と共通電極 15 との電位差に違いが生じると、その差が直流成分となり、フリッカと呼ばれる現象が発生する。

【0054】

したがって、従来の液晶表示装置では、階調電圧に、上記の直流成分を打ち消す成分（DC オフセット電圧）を付加することで、たとえば、フリッカの発生を抑制している。

【0055】

従来の IPS 方式の液晶表示装置において、DC オフセット電圧を付加してフリッカの発生を抑制する場合、付加する DC オフセット電圧 VOS とフリッカ強度 IFL との関係は、たとえば、図 7 に示すような関係になることが知られている。すなわち、フリッカ強度 IFL は、ある DC オフセット電圧（最適 DC オフセット電圧）を付加したときに最小値をとる。

【0056】

しかしながら、従来の IPS 方式の液晶表示装置では、最適 DC オフセット電圧を付加した場合でも、フリッカ強度 IFL がゼロにならないことが多い。この原因としては、たとえば、液晶層 3 に存在するイオンの影響が考えられる。すなわち、従来の液晶表示装置では、液晶層 3 におけるイオンの移動によって液晶内部で DC 電圧が発生し、フリッカとなる可能性が考えられる。しかしながら、一般的な液晶表示装置に用いられる液晶材料の比抵抗は、 $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以上であり、実際の液晶表示装置でイオンの影響によりフリッカが発生していることはない。

【0057】

上記のようなことから、液晶表示装置において最適 DC オフセット電圧を付加した場合でもフリッカ強度がゼロにならない原因について、本願発明者らが改めて検討したところ

10

20

30

40

50

、液晶層 3 に電界を印加したときに生じるスプレイ変形やバンド変形にともなうフレクソエレクトリック効果による分極が関係していることを見出した。

【 0 0 5 8 】

液晶分子は、構成原子の電気陰性度の違いにより、何らかの分極を有する。したがって、液晶層 3 のような液晶分子の集合体においては、各液晶分子の分極を相殺するように配向したほうがエネルギー的に安定する。また、ネマティック相では、配向方向に対する液晶分子の前後の区別がないため、液晶層全体において分極が現れない。しかしながら、急激な配向変化が生じた場合には、各液晶分子の分極が相殺されずに顕在化することがある。このような配向変化に起因する分極は、フレクソ分極と呼ばれており、その詳細については、たとえば、非特許文献 1 に記載されている。なお、非特許文献 1 では、配向変化に起因する分極 (flexoelectricity) を撓電性と訳しているが、本明細書では今日においてより一般的なフレクソ分極という名称を用いる。

10

【 0 0 5 9 】

フレクソ分極が生じる例としては、液晶分子の形状が楔形であり、楔形の先端を尾、その反対側を頭とすると、分極方向が尾または頭の一方である場合が挙げられる。このような楔形の液晶分子の集合体でなる液晶層 3 において、配向変形が生じていない場合は、たとえば、図 8 の (a) に示すように、分極方向が右方向の分子と、左方向の分子とが概ね同じ割合で存在している。そのため、個々の液晶分子の分極は相殺され、巨視的な分極が現れない。

【 0 0 6 0 】

20

これに対して、配向変形が生じた場合には、個々の液晶分子の形状の非対称性とその排除体積効果により、配向方向を向く頭と尾の割合が異なるようになる。すなわち、液晶層 3 に、たとえば、図 8 の (b) に示すような、右側から左側に向けて扇形に広がる急峻なスプレイ変形が生じた場合は、分極方向が右方向の分子の割合が、左方向の分子の割合よりも高くなる。その結果、分極が相殺されずに顕在化し、スプレイ変形が生じている部分には、巨視的な分極 F P が現れる。

【 0 0 6 1 】

さて、IPS - Pro 方式の液晶表示装置において、画素電極 1 7 と共通電極 1 5 との間に電位差が生じると、たとえば、図 9 に示すように、液晶層 3 を通るアーチ状の電気力線 EF が生じる。このとき、液晶層 3 が正の誘電率異方性を有すると、電気力線 EF が生じる部分の液晶分子の配向方向は、基板平面内で回転するとともに、電気力線 EF の方向に近づくように変化しようとする。

30

【 0 0 6 2 】

またこのとき、液晶層 3 の、第 2 の配向膜 1 8 との界面では、第 2 の配向膜 1 8 の配向規制力により液晶分子の配向方向を配向処理方向に固定するような力が働く。

【 0 0 6 3 】

このように、液晶層 3 の、第 2 の配向膜 1 8 との界面およびその近傍 (図 9 の領域 B L 1) では、相反する 2 つの効果が競合するため、第 2 の配向膜 1 8 の界面から電界の存在する部分に向けて急激な配向変化 (スプレイ変形) が生じる。またこのとき、画素電極 1 7 の 2 本の隣接する歯の間には、図 9 に示したように、それぞれ逆向きのスプレイ変形が生じる。したがって、液晶層 3 には、図 9 に白抜きの矢印で示したような方向のフレクソ分極 F P が生じる。

40

【 0 0 6 4 】

なお、図 9 から明らかなように、液晶層 3 では、厚さ方向の中央付近から第 1 の配向膜 7 との界面にかけての領域 B L 2 にもスプレイ変形が生じる。しかし、この領域 B L 2 のスプレイ変形は、領域 B L 1 に比べて配向変形が比較的緩やかであり、なおかつ電界が集中している第 2 の基板 2 (第 2 の配向膜 1 8) からより離れている。そのため、領域 B L 2 のスプレイ変形は、領域 B L 1 のスプレイ変形に比較して重要ではないので、以下の説明では、領域 B L 2 のスプレイ変形を考慮しないことにする。

【 0 0 6 5 】

50

液晶層 3 にフレクソ分極 F P が生じた場合は、フレクソ分極自体が電界（電気力線 E F）に
 1 7 の電位を共通電極 1 5 の電位よりも高くしたとき電界（電気力線 E F）の方向とフレ
 クソ分極 F P の方向との関係は、たとえば、図 1 0 の（a）に示すような関係になる。な
 お、図 1 0 の（a）では、誘電率異方性による配向変形と、フレクソ分極 F P による配向
 変形とを分離することにより、後者の効果を明らかにすることを試みている。そのため、
 図 1 0 の（a）におけるフレクソ分極 F P は、誘電率異方性による配向変形のみを考慮し
 た配向状態におけるフレクソ分極としており、フレクソ分極自身の電界応答を考慮してい
 ない状態のものである。

【 0 0 6 6 】

10

電圧印加時における液晶層 3 の配向方向の変化は、フレクソ分極 F P を考慮しない場合
 には、図 1 0 の（a）における時計回りの回転で表される。また、I P S - P r o 方式で
 は、画素構造や駆動条件を最適化することにより、現状においても最適値にほぼ近い回転
 角が実現されていると思われる。

【 0 0 6 7 】

これに対してフレクソ分極 F P による配向変化は、フレクソ分極が電界方向に対して平
 行となる状態に近づくような回転で表される。その結果、図 1 0 の（a）に示すように、
 時計回りの回転が生じる部分と、反時計回りの回転が生じる部分が交互に現れる。図 1 0
 の（a）では、画素電極 1 7 の隣接する 2 本の歯の間隙部分（スリット上）において反時
 計回りの回転が生じている。この場合、画素電極 1 7 のスリット上にある液晶分子の配向
 は、電圧無印加時の状態に半ば戻るような変化になり、透過率が変化する。画素電極 1 7
 上では時計回りの回転が生じるために、同様に透過率が変化する。

20

【 0 0 6 8 】

また、画素電極 1 7 の電位を共通電極 1 5 の電位よりも低くしたときには、図 1 0 の（
 b）に示したように、画素電極の歯の間隙部分（スリット上）で時計回りの回転が生じ、
 画素電極上で反時計回りの回転が生じる。この場合にもフレクソ分極 F P の電界応答によ
 り、前述と同様にして透過率が変化する。

【 0 0 6 9 】

したがって、極性、すなわち画素電極 1 7 の電位と共通電極 1 5 の電位との高低の関係
 を、あらかじめ定められたフレーム期間毎に反転させながら液晶表示パネルを駆動させる
 場合、そのいずれのフレーム期間（極性）においても透過率の変動が観測されることにな
 る。

30

【 0 0 7 0 】

以上をまとめると、I P S - P r o 方式の液晶表示装置では、電圧印加にともない急峻
 なスプレイ変形が発生するので、たとえば、分子形状が楔形でその頭または尾の方向に分
 極を示す液晶分子を液晶層 3 に含む場合などには、フレクソ分極 F P が発生する。また、
 フレクソ分極 F P が発生すると、フレクソ分極自体が電界に
 1 7 の電位を共通電極 1 5 の電位よりも低くしたとき電界（電気力線 E F）の方向とフレ
 クソ分極 F P の方向との関係は、たとえば、図 1 0 の（a）に示すような関係になる。な
 お、図 1 0 の（a）では、誘電率異方性による配向変形と、フレクソ分極 F P による配向
 変形とを分離することにより、後者の効果を明らかにすることを試みている。そのため、
 図 1 0 の（a）におけるフレクソ分極 F P は、誘電率異方性による配向変形のみを考慮し
 た配向状態におけるフレクソ分極としており、フレクソ分極自身の電界応答を考慮してい
 ない状態のものである。

40

【 0 0 7 1 】

そこで、本願発明者らは、上記のフレクソ分極 F P による透過率の変動がフリッカ強度
 にどの程度影響するかについて調べた。液晶層 3 の配向は、下記数式 4 で表されるフラン
 クの弾性自由エネルギーから求めることができることがよく知られている。

【 0 0 7 2 】

【数 3】

$$f_{\text{elas}} = \frac{1}{2} \left[K_{11} (\nabla \cdot \mathbf{n})^2 + K_{22} (\mathbf{n} \cdot \nabla \times \mathbf{n})^2 + K_{33} (\mathbf{n} \times \nabla \times \mathbf{n})^2 \right] \quad \cdots \text{(数式 4)}$$

【 0 0 7 3 】

なお、数式 4 において、 $\mathbf{n}$ は配向ベクトルであり、 K_{11} 、 K_{22} 、および K_{33} は、

50

それぞれスプレイ変形、ツイスト変形、およびベンド変形に対応した弾性定数である。

【 0 0 7 4 】

液晶層 3 の配向を求めるときにフレクソ分極 F_P を考慮する場合は、フレクソ分極 F_P によって誘起された電気分極 P を組み込めばよい。電気分極 P と配向ベクトル n の歪みの間には、下記数式 5 で表される関係がある。

【 0 0 7 5 】

【 数 4 】

$$P = e_{11}(\nabla \cdot n)^2 + e_{33}(n \times \nabla \times n)^2 \quad \dots (数式5)$$

【 0 0 7 6 】

なお、数式 5 において、 e_{11} および e_{33} は、それぞれスプレイ変形およびベンド変形に対するフレクソ係数である。

【 0 0 7 7 】

フレクソ係数は、液晶材料によって異なり、たとえば、非特許文献 2 乃至非特許文献 4 に記載された方法を使用することで測定することができる。したがって、数式 5 から得られる電気分極 P を数式 4 に組み込むことにより、フレクソ分極 F_P (フレクソエレクトリック効果) を導入した液晶層 3 の配向を計算することができる。

【 0 0 7 8 】

数式 1 および数式 2 により液晶層 3 の配向を計算するにあたり、本願発明者らは、図 1 1 に示すような、平板状の共通電極 1 5、層間絶縁膜 (第 3 の絶縁膜 1 b)、および櫛歯状の画素電極 1 7 が積層された第 1 の基板 1 と、第 2 の基板 2 との間に液晶層 3 を配置したモデルを使用した。このとき、画素電極 1 7 の歯の幅 L (電極幅) は $4 \mu m$ とし、歯の間隙 S は $5 \mu m$ とした。また、第 3 の絶縁膜 1 6 の厚さ T_1 は $400 \mu m$ とし、液晶層 3 の厚さ T_2 は $3.5 \mu m$ とした。また、液晶層 3 は、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ が 6.5 、リタレーション $\Delta n \cdot d$ が $380 \mu m$ の液晶材料でなるとし、プレチルト角を 2 度にした。

【 0 0 7 9 】

また、液晶層 3 の配向の計算には、2次元シミュレーションが可能であり、かつ、数式 5 で表される電気分極 P を組み込むことが可能な L C D - M a s t e r (Shintech製) を使用した。

【 0 0 8 0 】

本願発明者らが、上記のシミュレータを用いた計算で得られた液晶層 3 の配向に基づき、画素電極 1 7 に所定の交流電圧を印加したときの透過率の時間変化を算出したところ、図 1 2 に示すような結果が得られた。なお、図 1 2 の (a) および (b) は、それぞれ、横軸が時間 $T i m e (m s e c)$ であり、縦軸が透過率 $T P$ (単位は任意) のグラフである。また、図 1 2 の (a) は、フレクソ係数を $e_{11} = e_{33} = 10 p C / m$ とし、画素電極 1 7 に $\pm 5 V$ の交流電圧を印加したときの透過率 $T P$ の変化を示しており、実線がフレクソエレクトリック効果を考慮した場合の変化である。また、図 1 2 の (b) は、フレクソ係数を $e_{11} = e_{33} = 10 p C / m$ とし、画素電極 1 7 に $\pm 5 V$ の交流電圧を印加したとき、 $\pm 4 V$ の交流電圧を印加したとき、および $\pm 3 V$ の交流電圧を印加したときの透過率 $T P$ の変化を示している。

【 0 0 8 1 】

図 1 2 の (a) からわかるように、フレクソエレクトリック効果を考慮した場合、画素電極 1 7 に印加する電圧の極性に応じた透過率 $T P$ の変動が観測される。これに対し、フレクソエレクトリック効果を考慮せずに計算した場合の透過率 $T P$ は、たとえば、図 1 2 の (a) に示した破線のような変化になった。

【 0 0 8 2 】

また、非特許文献 2 からわかるように、一般に、フレクソ係数を測定する場合は、 e_{11} と e_{33} の和または差の形で測定される。また、非特許文献 2 によれば、一般的な液晶材料のフレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} は、絶対値がおよそ $10 p C / m$ であるとされる。したがって、一般的な液晶材料を使用している液晶表示パネルでは、画素電極に印加する

10

20

30

40

50

電圧の極性に応じて、図 1 2 の (a) に示したような透過率 T_P の変動が生じる。

【 0 0 8 3 】

また、フレクソエレクトリック効果を考慮した場合の透過率 T_P の変動について、画素電極 1 7 に印加する電圧の大きさを変えて調べたところ、図 1 2 の (b) に示すような結果が得られた。

【 0 0 8 4 】

図 1 2 の (b) からわかるように、画素電極 1 7 に印加する電圧が大きくなるにつれて、印加電圧の極性に応じた透過率 T_P の変動幅が大きくなる。フレクソエレクトリック効果は、前述のように、液晶層 3 の配向の歪みによって誘導される分極である。したがって、高電圧を印加することによって、発生する分極が大きくなり、透過率 T_P の変動が大きくなると言える。

10

【 0 0 8 5 】

また、上記のシミュレータを用いて、図 1 1 に示した $x = 0$ から $x = X$ の区間における透過率 T_P の面内分布を計算しところ、図 1 3 に示すような結果が得られた。なお、図 1 3 の (a) および (b) は、それぞれ、横軸が $x = 0$ から $x = X$ の区間における x 方向の位置 x_p であり、縦軸が透過率 T_P (単位は任意) のグラフである。また、図 1 3 の (a) は、画素電極 1 7 に正電圧 (5 V) を印加したときの透過率 T_P の面内分布を示しており、実線がフレクソエレクトリック効果を考慮した場合の面内分布である。また、図 1 3 の (b) は、画素電極 1 7 に負電圧 (- 5 V) を印加したときの透過率 T_P の面内分布を示しており、実線がフレクソエレクトリック効果を考慮した場合の面内分布である。また、図 1 3 の (a) および (b) に示した破線の分布は、それぞれ、フレクソエレクトリック効果を考慮せずに計算した場合の透過率 T_P の面内分布である。

20

【 0 0 8 6 】

図 1 3 の (a) および (b) からわかるように、フレクソエレクトリック効果を無視した場合の透過率 T_P の面内分布は、画素電極 1 7 に印加する電圧の極性によらず、概ね同じ分布になる。

【 0 0 8 7 】

これに対し、フレクソエレクトリック効果を考慮した場合は、画素電極 1 7 に印加される電圧の極性に応じて面内での透過率 T_P の変動が観測された。正電圧を印加したときには、図 1 3 の (a) に示したように、画素電極 1 7 の歯の上における透過率 T_P が低くなり、歯の間隙の上における透過率 T_P が高くなる。また、負電圧を印加したときには、図 1 3 の (b) に示したように、画素電極 1 7 の歯の上における透過率 T_P が高くなり、画素電極 1 7 の間隙の上における透過率 T_P が低くなる。

30

【 0 0 8 8 】

本願発明者らは、このフレクソエレクトリック効果による面内での透過率 T_P の変動が、図 7 に示したような、最適 DC オフセット電圧を付加したときに残留するフリッカ強度の主な成分であると考える。同様の現象は、たとえば、液晶中のイオンの影響によっても生じる可能性があるが、前述のように、液晶の比抵抗が十分に高いため、本発明に関わる IPS - P r o 方式の液晶表示装置では、イオンの影響は無視できるほど小さいといえる。

40

【 0 0 8 9 】

次に、本願発明者らが、上記のシミュレーションの結果の妥当性を調べるために、シミュレーションで使用したモデルと同等の画素 (液晶セル) を有する液晶表示パネルを作製し、画素電極に 3 0 H z の交流電圧を印加したときの透過率を測定したところ、図 1 4 に示すような結果が得られた。なお、図 1 4 の (a) は、作製した液晶表示パネルにおける画素電極 1 7 の平面形状を示している。また、図 1 4 の (b) は、画素電極 1 7 に正電圧 (5 V) を印加したときの画素の画像であり、図 1 4 の (c) は、画素電極 1 7 に負電圧 (- 5 V) を印加したときの画素の画像である。なお、図 1 4 の (b) および (c) では、画素電極 1 7 の輪郭を白線で示している。また、図 1 4 の (b) および (c) は、それぞれ、画素電極 1 7 の電圧が切り替わって 8 m s e c 後の画像である。

50

【 0 0 9 0 】

画素電極 1 7 に正電圧を印加した場合は、図 1 4 の (b) に示したように、画素電極 1 7 の歯の上の部分に暗線が発生している。一方、画素電極 1 7 に負電圧を印加した場合は、図 1 4 の (c) に示したように、画素電極 1 7 の歯の間隙部分の上に暗線が発生している。すなわち、シミュレーションで得られた、図 1 3 に示した透過率 T_P の面内分布は、実際の液晶表示装置における透過率の面内分布をよく再現していると言える。したがって、フレクソエレクトリック効果は、IPS 方式の液晶表示装置におけるフリッカの原因として、無視できない効果であるといえる。

【 0 0 9 1 】

以上のようなことから、IPS 方式の液晶表示装置において残留するフリッカ強度を小さくするには、フレクソエレクトリック効果による透過率 T_P の変動を抑制すればよいと言える。

10

【実施例 1】

【 0 0 9 2 】

実施例 1 では、IPS - Pro 方式の液晶表示パネルにおいて残留するフリッカ強度を小さくするために、液晶層 3 のフレクソ係数 e_{11} , e_{33} の絶対値を 7 pC/m 以下にし、フレクソエレクトリック効果による透過率 T_P の変動を抑制する。以下、その根拠について説明する。

【 0 0 9 3 】

なお、実施例 1 の液晶表示パネルは、図 1 乃至図 3 に示したような構成の画素を有するものとし、液晶層 3 以外は、従来の液晶表示パネルと同じ構成であるとする。

20

【 0 0 9 4 】

図 1 5 乃至図 1 8 は、本発明による実施例 1 の液晶表示パネルにおける透過率の変動の抑制方法を説明するための模式図である。

図 1 5 は、IPS - Pro 方式の液晶表示装置におけるフリッカ強度と透過率変動率との関係の一例を示す模式図である。図 1 6 は、IPS - Pro 方式の液晶表示装置における画素電極の歯の数と透過率変動率との関係の一例を示す模式図である。図 1 7 は、フレクソ係数と透過率の面内分布との関係の一例を示す模式図である。図 1 8 は、フレクソ係数とフリッカ強度との関係の一例を示す模式図である。

【 0 0 9 5 】

30

IPS - Pro 方式の液晶表示装置における、フレクソエレクトリック効果による透過率 T_P の変動を抑制するために、本願発明者らは、まず、フリッカ強度と透過率 T_P の変動との関係について考察した。

【 0 0 9 6 】

本願発明者らが、フリッカ強度と面内での透過率変動率との関係を調べところ、図 1 5 に示すような結果が得られた。なお、図 1 5 の (a) および (b) は、それぞれ、横軸がフリッカ強度 IFL (%) であり、縦軸が透過率変動率 TPP (%) のグラフである。また、図 1 5 は、(a) が画素電極 1 7 の歯の上におけるフリッカ強度 IFL と透過率変動率 TPP との関係を示しており、(b) が歯の間隙部分の上におけるフリッカ強度 IFL と透過率変動率 TPP との関係を示している。

40

【 0 0 9 7 】

また、歯の上というのは、歯の幅方向 (配列方向) の中心の上であり、歯の間隙部分の上というのは、隣接する 2 本の歯の間隙の中点の上である。

【 0 0 9 8 】

また、透過率変動率 TPP は、画素電極 1 7 に所定の交流電圧を印加したときの、画素内のある場所における最大透過率と最小透過率の比であり、変動率 0 % というのは、画素電極 1 7 に印加される電圧の極性によって透過率 T_P が全く変動しないことを意味する。

【 0 0 9 9 】

また、フリッカ強度 IFL は、画素電極 1 7 の歯の数によって変化するため、図 1 5 の (a) および (b) には、それぞれ、歯の数が 4 本の場合、8 本の場合、および 12 本の

50

場合のフリッカ強度 I F L と透過率変動率 T P P との関係を示している。

【 0 1 0 0 】

I P S - P r o 方式の液晶表示装置において、階調電圧に最適 D C オフセット電圧を付加したときにフリッカが観測されないようにするには、たとえば、フレクソエレクトリック効果に起因するフリッカ強度 I F L (残留するフリッカ強度) を 3 % 以内にする必要があり、1 % 以内にするのが望ましい。そのため、画素電極 1 7 の歯の数が 4 本の場合、たとえば、フリッカ強度 I F L を許容範囲内 (3 % 以内) にするには、歯の上における透過率変動率 T P P を 4 5 0 % 以下、歯の間隙部分の上における透過率変動率 T P P を 8 0 % 以下にする必要がある。

【 0 1 0 1 】

10

また、図 1 5 の結果から、フリッカ強度 I F L を 1 % にする場合の、画素電極 1 7 の歯の数と透過率変動率 T P P との関係は、たとえば、図 1 6 に示すような関係になる。なお、図 1 6 は、横軸が画素電極 1 7 の歯の数 u 、縦軸が透過率変動率 T P P (%) のグラフである。また、図 1 6 において、黒塗りの菱形は歯の上における透過率変動率 T P P の測定結果であり、白塗りの菱形は間隙部分の上における透過率変動率 T P P の測定結果である。

【 0 1 0 2 】

また、図 1 6 において、曲線 F 1 は歯の上における透過率変動率 T P P の回帰曲線であり、曲線 F 2 は間隙部分の上における透過率変動率 T P P の回帰曲線である。回帰曲線 F 1 および回帰曲線 F 2 は、それぞれ、画素電極 1 7 の歯の数 u を変数とする関数であり、下

20

記数式 6 および数式 7 のようになる。

【 0 1 0 3 】

【 数 5 】

$$F1=81\times\log_e(u)-44 \quad \cdots \text{(数式6)}$$

$$F2=20\times\log_e(u)+7 \quad \cdots \text{(数式7)}$$

【 0 1 0 4 】

したがって、最適 D C オフセット電圧を付加する場合に残留するフリッカ強度 I F L を 1 % 以内にするためには、歯の上における透過率変動率 T P P 1 および間隙部分の上における透過率変動率 T P P 2 が、それぞれ、下記数式 2 および数式 3 を満たすようにすればよい。

30

【 0 1 0 5 】

【 数 6 】

$$TPP1\leq 81\times\log_e(u)-44 \quad \cdots \text{(数式2)}$$

$$TPP2\leq 20\times\log_e(u)+7 \quad \cdots \text{(数式3)}$$

【 0 1 0 6 】

すなわち、実施例 1 の液晶表示装置では、液晶層 3 として、画素電極 1 7 の歯の上における透過率変動率 T P P 1 および間隙部分の上における透過率変動率 T P P 2 が、それぞれ、数式 2 および数式 3 を満たすようなフレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} を有する液晶材料を用いる。

40

【 0 1 0 7 】

本願発明者らが、液晶層 3 のフレクソ係数と透過率 T P の面内分布との関係を調べたところ、図 1 7 に示すような結果が得られた。なお、図 1 7 の (a) および (b) は、それぞれ、横軸が図 1 1 に示した $x = 0$ から $x = X$ の区間における位置 x_p であり、縦軸が透過率 T P のグラフである。また、図 1 7 は、(a) が画素電極 1 7 に正電圧 (5 V) を印加したときの透過率 T P の面内分布のフレクソ係数依存性を示しており、(b) が画素電極に負電圧 (- 5 V) を印加したときの透過率 T P の面内分布のフレクソ係数依存性を示

50

示している。

【0108】

また、図17の(a)および(b)には、それぞれ、フレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} を10 pC/m、20 pC/m、1 pC/m、および5 pC/mにした場合の分布曲線を示している。

【0109】

図17からわかるように、フレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} を小さくすることで、正電圧を印加したときの透過率TPの分布と負電圧を印加したときの透過率TPの分布との差が小さくなり、面内での透過率変動率が小さくなる。したがって、液晶層3にフレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} が小さい液晶材料を用いることで、フレクソエレクトリック効果に起因するフリッカ強度IFLを小さくすることができる。

10

【0110】

また、図17に示した透過率TPの面内分布の測定結果に基づいて、フレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} と透過率変動率TPPとの関係を求めると、たとえば、図18のようになる。なお、図18の(a)および(b)は、それぞれ、横軸がフレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} (pC/m)であり、縦軸が透過率変動率TPP (%)である。また、図18は、(a)が画素電極17の歯の上における透過率変動率TPPのフレクソ係数依存性を示すグラフであり、(b)が歯の間隙部分の上における透過率変動率TPPのフレクソ係数依存性を示すグラフである。

【0111】

20

また、図18の(a)の曲線F3および(b)の曲線F4は、それぞれ、フレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} が10 pC/m、20 pC/m、1 pC/m、および5 pC/mのときの透過率変動率TPPから算出した回帰曲線である。

【0112】

画素電極17の歯の数uが4本の場合、残留するフリッカ強度IFLを3%以内に抑えるには、前述のように、歯の上における透過率変動率TPP1が450%以下になり、間隙部分の上における透過率変動率TPP2が80%以下になるようにする必要がある。したがって、実施例1の液晶表示装置において、画素電極17の歯の数uを4本にする場合、液晶層3には、図18の(a)および(b)から、フレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} の絶対値が7 pC/m以下である液晶材料を用いることが望ましいといえる。

30

【0113】

また、フリッカ強度IFLを1%以内に抑えるには、図15に示したように、歯の上における透過率変動率TPP1、および間隙部分の上における透過率変動率TPP2を、さらに小さくする必要がある。また、フリッカ強度IFLが1%になる透過率変動率TPP1、TPP2は、画素電極17の歯の数uによって異なる。そのため、実施例1の液晶表示装置において、液晶層3として使用する液晶材料のフレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} は、画素電極17の歯の数uに応じて、図15および図18に示したような関係に基づいて適宜変更すればよい。

【0114】

液晶層3のフレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} は、主として、液晶の形状と液晶分子の分極率によって決まる。液晶層3のフレクソ係数を小さくするためには、たとえば、液晶分子の形状が、より棒状に近い分子構造を持つ液晶材料を使用すればよい。また、液晶分子の分極率を低下させるためには、液晶として誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ の絶対値が小さい液晶材料を使用すれば良く、特に、 $\Delta\epsilon = 0$ であることが望ましい。しかしながら、誘電率異方性が小さい液晶を使用する場合は、駆動電圧が高くなる欠点を有する。

40

【0115】

そのため、液晶層3のフレクソ係数を小さくするには、たとえば、誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ が1以下($\Delta\epsilon < 1$)の液晶材料と、1より大きい($\Delta\epsilon > 1$)液晶材料とを混合することが望ましい。このとき、液晶層3として使用する液晶材料は、たとえば、誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ が1以下($\Delta\epsilon < 1$)の液晶材料の含有率を40%以上にすることが望ましい。

50

【0116】

以上説明したように、実施例1の液晶表示装置によれば、液晶層3のフレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} の絶対値を 7 pC/m 以下にすることで、画素電極17に正電圧を印加したときと負電圧を印加したときとの透過率の面内分布の差を小さくすることができる。そのため、IPS-Pro方式の液晶表示装置において、最適DCオフセット電圧を付加しても残留するフリッカ強度IFLを小さくすることができる。

【0117】

また、フレクソ分極が発生するのは、液晶層3にスプレイ変形やベンド変形が発生したときである。そのため、スプレイ変形に対応する弾性定数 K_{11} 、ベンド変形に対応する弾性定数 K_{33} を大きくし、それぞれの変形が発生しないようにすることでフレクソ分極を低減することも可能である。この場合、フリッカ強度を許容範囲にするためには、たとえば、弾性定数 K_{11} 、 K_{33} とともに 13.0 pN 以上にすることが望ましい。またさらに、フリッカ強度を1%以内にするためには、弾性定数 K_{11} 、 K_{33} とともに 16.0 pN 以上にすることが望ましい。

10

【0118】

また、実施例1では、画素電極17の平面形状が、図1に示したような形状であるIPS-Pro方式を例に挙げたが、これに限らず、画素電極17の平面形状が、たとえば、図5や図6に示したような形状であっても、液晶層3のフレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} の絶対値を 7 pC/m 以下にすることで、残留するフリッカ強度IFLを小さくすることができることはもちろんである。

20

【0119】

図19乃至図21は、実施例1の応用例を説明するための模式図である。

図19は、画素電極および共通電極の別の配置方法の一例を示す模式平面図である。図20は、図19のC-C'線における液晶表示パネルの断面構成の一例を示す模式断面図である。図21は、電界を印加したときの液層分子の配向の変化の一例を示す模式断面図である。

【0120】

実施例1では、たとえば、図1乃至図3に示したような、櫛歯状の画素電極と平板状の共通電極とが第3の絶縁層を介して積層されているIPS-Pro方式の液晶表示パネルにおいて、面内の透過率変動率TPPを低減し、フリッカ強度IFLを小さくする方法について説明した。

30

【0121】

しかしながら、IPS方式の液晶表示パネルには、たとえば、図19および図20に示すように、画素電極および共通電極がともに櫛歯状であり、かつ、第2の絶縁層の同一面に配置させたAS-IPS(Advanced Super-IPS)方式と呼ばれるもある。このとき、画素電極17の歯と共通電極15の歯とが、走査信号線10の延伸方向に交互に並んでいると、画素電極17に正電圧を印加したときの電気力線EFは、たとえば、図21に示したようなアーチ状になる。

【0122】

IPS-Pro方式の液晶表示パネルの場合、第3の絶縁層16の上には、画素電極17の歯のみが並んでおり、隣接する2つの歯の間に生じるフリンジ電界は2つである。これに対し、AS-IPS方式の液晶表示パネルの場合、第2の絶縁層14の上には、画素電極17の歯および共通電極15の歯が交互に並んでおり、隣接する2つの歯の間に生じるフリンジ電界は1つである。そのため、AS-IPS方式の液晶表示パネルの場合、第2の絶縁層14の上に形成された画素電極17および共通電極15の歯の総数を u とすると、数式2および数式3に相当する透過率変動率 TPP_1 、 TPP_2 の関係は、それぞれ、下記数式2'および数式3'のように書き換えられる。

40

【0123】

【数 7】

$$TPP1 \leq 81 \times \log_e(2u) - 44 \quad \dots (\text{数式2'})$$

$$TPP2 \leq 20 \times \log_e(2u) + 7 \quad \dots (\text{数式3'})$$

【実施例 2】

【0124】

実施例 2 では、IPS-Pro 方式の液晶表示パネルにおいて残留するフリッカ強度を小さくするために、画素電極 17 の歯の数 u に応じて液晶層 3 の誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ を変えることでフレクソエレクトリック効果による透過率 TP の変動を抑制する。

10

【0125】

なお、実施例 2 の液晶表示パネルは、図 1 乃至図 3 に示したような構成の画素を有するものとし、液晶層 3 以外は、従来の液晶表示パネルと同じ構成であるとする。

【0126】

図 2 2 乃至図 2 5 は、本発明による実施例 2 の液晶表示パネルの概略構成を説明するための模式図である。

図 2 2 は、本発明による実施例 2 の液晶表示パネルにおける断面構成の一例を示す模式断面図である。図 2 3 は、図 2 2 に示した構成の液晶表示パネルにおける液晶層の誘電率異方性と透過率の面内分布との関係の一例を示す模式図である。図 2 4 は、画素電極の歯の間隙の上における液晶層の誘電率異方性と透過率変動率との関係を示す模式図である。図 2 5 は、画素電極の歯の数とフリッカ強度との関係の一例を示す模式図である。

20

【0127】

IPS-Pro 方式の液晶表示パネルにおいて、たとえば、図 2 2 に示すように画素電極 17 の歯の数 u が 4 本である場合、 $x = 0$ から $x = XX$ までの透過率 TP の面内分布と、液晶層 3 の誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ との関係を調べると、たとえば、図 2 3 に示すような結果が得られる。なお、図 2 3 の (a)、(b)、および (c) は、それぞれ、横軸が図 2 2 の $x = 0$ から $x = XX$ までの区間の位置 x_p 、縦軸が透過率 TP の相対値のグラフである。また、図 2 3 の (a)、(b)、および (c) は、それぞれ、液晶層 3 の誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ を 4.4、7.0、および 10.3 にしたときの透過率 TP の面内分布を示している。また、図 2 3 の (a)、(b)、および (c) は、それぞれ、実線が画素電極 17 に正電圧を印加した場合の面内分布を示しており、点線が画素電極に負電圧を印加したときの面内分布を示している。

30

【0128】

図 2 3 からわかるように、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ が大きくなるにつれて、画素電極 17 の極性が切り替わったときの透過率 TP の面内分布の差が大きくなるとともに、面内での透過率変動率が大きくなっている。

【0129】

このとき、図 2 3 に示した各グラフから、歯の間隙の上における面内の透過率変動率と誘電率異方性との関係を調べると、たとえば、図 2 4 に示すような関係になる。なお、図 2 4 は、横軸が誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ 、縦軸が透過率変動率 $TPP(\%)$ のグラフである。

40

【0130】

画素電極 17 の歯の数が 4 本の液晶表示パネルにおいて、たとえば、間隙部分の上におけるフリッカ強度を 1% 以下にするには、数式 3 から、透過率変動率 TPP が 3.5% 以下になるようにする必要がある。したがって、液晶層 3 の誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ と透過率変動率 TPP との間に、図 2 4 に示した関係がある場合、液晶層 3 の誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ が 7.5 以下であれば、フリッカ強度を 1% 以下にすることができる。このように、液晶層 3 の誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ を小さくすることによってフリッカ強度を軽減することができるのは、前述のように、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ を小さくすることにより液晶分子の分極率が小さくなり、フレクソ係数 e_{11} 、 e_{33} が小さくなるからである。

【0131】

50

また、フリッカ強度 IFL は、画素電極 17 の歯の数 u に依存し、歯の数 u が多いほど、フリッカ強度 IFL は低減する。本願発明者らが、IPS-Pro方式の液晶表示パネルにおいて、画素電極 17 の歯の数 u と、画素電極 17 に所定の交流電圧（たとえば、 $\pm 5V$ ）を印加したときのフリッカ強度との関係を調べたところ、図 25 に示すような結果が得られた。なお、図 25 は、横軸が画素電極 17 の歯の数 u 、縦軸がフリッカ強度 IFL のグラフである。また、図 25 は、歯の数 u が 4 本の場合、8 本の場合、および 12 本の場合のフリッカ強度の測定結果と、それらの結果から求めた回帰曲線 F5 を示している。また、図 25 は、歯の数 u が 4 本の場合のフリッカ強度を 1 としている。

【0132】

図 25 に示した回帰曲線 F5 は、画素電極 17 の歯の数 u とフリッカ強度 IFL との関係を表しており、歯が 4 本の場合のフリッカ強度を 1 としたときの、歯が u 本の場合のフリッカ強度比 PFL は、下記数式 8 で表される。

【0133】

【数 8】

$$PFL = F5 = -0.36 \times \log_e(u) + 1.49 \quad \dots (数式 8)$$

【0134】

また、歯が 4 本の場合、フリッカ強度が 1% になる誘電率異方性 $\Delta \varepsilon$ の大きさは 7.5 である。したがって、歯が u 本の場合、フリッカ強度が 1% になる誘電率異方性 $\Delta \varepsilon$ の値 PFL_{max} は、下記数式 9 で表される。

【0135】

【数 9】

$$PFL_{max} = \frac{7.5}{-0.36 \times \log_e(u) + 1.49} \quad \dots (数式 9)$$

【0136】

すなわち、画素電極の歯が u 本の場合、液晶層 3 として、誘電率異方性 $\Delta \varepsilon$ が数式 9 から求まる値 PFL_{max} よりも小さい ($\Delta \varepsilon < PFL_{max}$) 液晶材料を用いることで、フリッカ強度を 1% 以内にすることができる。

【0137】

また、誘電率異方性 $\Delta \varepsilon$ が負の場合は、電界を印加しても液晶分子が立ち上がることがないので、スプレイ変形やベンド変形が発生しない。そのため、誘電率異方性 $\Delta \varepsilon$ が負の場合は、フレクソ分極も小さくなる。

【0138】

以上説明したように、実施例 2 の液晶表示装置によれば、画素電極の歯の数 u に応じて液晶層 3 の誘電率異方性 $\Delta \varepsilon$ を小さくすることで、フレクソ係数 e_{11} , e_{33} を小さくできる。そのため、IPS-Pro方式の液晶表示装置において、最適 DC オフセット電圧を付加しても残留するフリッカ強度 IFL を小さくすることができる。

【0139】

また、実施例 2 では、IPS-Pro方式の液晶表示装置を挙げているが、これに限らず、AS-IPS方式の液晶表示装置でも、液晶層 3 の誘電率異方性 $\Delta \varepsilon$ を小さくすることでフリッカ強度を容易に小さくすることができる。

【0140】

ただし、AS-IPS方式の液晶表示装置の場合は、前述のように、隣接する 2 つの歯（画素電極 17 の歯と共通電極 15 の歯）の間に生じるフリンジ電界が 1 つになる。そのため、AS-IPS方式の液晶表示パネルの場合、絶縁層の上に形成された画素電極 17 および共通電極 15 の歯の総数を u 本とすると、数式 8 に相当する誘電率異方性 $\Delta \varepsilon$ の値 PFL_{max} は、下記数式 9' のように書き換えられる。

【0141】

10

20

30

40

【数 10】

$$PFL_{\max} = \frac{7.5}{-0.36 \times \log_e(2u) + 1.49} \quad \dots (\text{数式9'})$$

【実施例 3】

【0142】

実施例 1 および実施例 2 では、液晶層 3 のフレクソ係数 e_{11} , e_{33} を小さくすることで、フリッカ強度を小さくしている。これに対し、実施例 3 では、急峻な電界分布を緩和することでフレクソ分極を弱め、フリッカ強度を小さくする。

【0143】

10

図 26 および図 27 は、本発明による実施例 3 の液晶表示パネルの概略構成の一例を説明するための模式図である。

図 26 は、本発明の実施例 3 の液晶表示パネルにおける主要部の平面構成の一例を示す模式平面図である。図 27 は、図 26 の D - D' 線における液晶表示パネルの主要部の断面構成の一例を示す模式断面図である。

【0144】

実施例 3 の液晶表示パネルでは、急峻な電界分布を緩和するために、たとえば、図 26 および図 27 に示すように、画素電極 17 の外周部に誘電体キャップ 20 を配置する。

【0145】

この誘電体キャップ 20 は、誘電率が液晶層 3 の比誘電率よりも低い誘電体（絶縁体）で形成する。また、誘電体キャップ 20 は、画素電極 17 の歯のエッジ部分のみに形成し、歯の部分の中央付近、および歯の間隙部分の中央付近には給電体キャップ 20 が無いようにする。また、実施例 3 の液晶表示パネルは、たとえば、図 1 乃至図 3 に示した構成の液晶表示パネルに誘電体キャップ 20 を設けるだけであり、それ以外は、従来の液晶表示パネルと同じ構成であるとする。

20

【0146】

このようにすると、画素電極 17 に正電圧を印加したときに生じる電界（電気力線 EF）は、たとえば、図 28 に実線の矢印で示したような分布になる。一方、誘電体キャップ 20 を設けていない場合の電界は、図 28 に点線の矢印で示したような分布になる。すなわち、誘電体キャップ 20 を設けた液晶表示パネルでは、画素電極 17 の歯のエッジ付近における電界がゆがめられ、基板面法線方向の電界成分が弱められる。

30

【0147】

また、図示は省略するが、画素電極 17 に負電圧を印加したときに生じる電界（電気力線 EF）は、矢印の向きが反転するだけである。

【0148】

誘電体キャップ 20 を設けることにより法線方向の電界成分が弱められると、スプレイ変形やベンド変形が抑制される。フレクソ分極は、液晶がスプレイ変形やベンド変形をしたときに発生するので、スプレイ変形やベンド変形を抑制することにより、フレクソ分極が低減し、面内の透過率変動率が低減する。したがって、実施例 3 の液晶表示パネルは、実施例 1 および実施例 2 の液晶表示パネルと同様に、フレクソエレクトリック効果による透過率の変動を抑制でき、フリッカ強度を小さくすることができる。

40

【0149】

誘電体キャップ 20 を形成するには、たとえば、有機レジストなどの比誘電率が低い有機膜を用いればよい。なお、誘電体キャップ 20 は、上記の有機膜に限らず、比誘電率が液晶材料よりも低く、かつ、誘電体を示す材料であればどんなものでもよい。

【0150】

また、誘電体キャップ 20 によりフリッカ強度を低減するには、図 26 および図 27 に示したように、画素電極 17 の歯のエッジ部分のみに誘電体キャップ 20 を形成し、歯の部分の中央付近、および歯の間隙部分の中央付近には誘電体キャップ 20 が無いようにする必要がある。このとき、図 26 の平面で見た画素電極 17 の歯と誘電体キャップ 20 と

50

の重畳面積は、歯の面積に対して 10% 以上 90% 未満にすることが望ましい。

【0151】

以上説明したように、実施例 3 の液晶表示装置によれば、誘電体キャップ 20 を設けることでフレクソ分極を小さくし、フリッカ強度を容易に小さくすることができる。

【0152】

また、実施例 3 の液晶表示装置では、液晶層 3 に、たとえば、従来の一般的な IPS - Pro 方式の液晶表示装置と同じ液晶材料を用いることが可能である。そのため、実施例 3 の液晶表示装置は、実施例 1 や実施例 2 の液晶表示装置に比べて、フリッカ強度を小さくすることがさらに容易になる。

【実施例 4】

【0153】

実施例 4 では、IPS - Pro 方式の液晶表示パネルにおいて残留するフリッカ強度を小さくするために、液晶層 3 と第 1 の配向膜 7 との界面における極角アンカリング強度を低減させることで、フレクソエレクトリック効果による透過率 TP の変動を抑制する。極角アンカリング強度は、液晶分子が第 1 の配向膜 7 などの他の物質との界面にどれだけ固定されているかを表しているパラメータであり、この値が大きければ大きいほど、液晶分子が界面により強く固定されていることになる。

【0154】

第 1 の配向膜 7 との界面における極角アンカリング強度を弱くした場合は、極角アンカリング強度が強い場合に比べて、より極角方向へ回転しやすくなる。フレクソ分極は、スプレイ変形やベンド変形が発生したときに生じる分極である。そのため、第 1 の配向膜側の液晶配向が容易に極角方向へ回転することによって、急峻なスプレイ変形やベンド変形の発生が低減される。すなわち、第 1 の配向膜 7 との界面における極角アンカリング強度を弱くすると、たとえば、図 9 に示した領域 BL2 にある液晶分子の傾きが大きくなる。その結果、領域 BL1 におけるスプレイ変形が相対的に緩和され、フレクソ分極が小さくなり、フリッカ強度が小さくなると考えられる。

【0155】

極角アンカリング強度を弱くするには、たとえば、第 1 の配向膜 7 のラビング強度を、第 2 の配向膜 18 のラビング強度よりも小さくすればよい。また、第 1 の配向膜 7 の形成に使用する材料を選択することでも容易に極角アンカリング強度を低減させることが可能である。

【0156】

以上説明したように、実施例 4 の液晶表示装置によれば、画素電極 17 および共通電極 15 から遠い位置にある第 1 の配向膜 7 の極角アンカリング強度を、近い位置にある第 2 の配向膜 18 の極角アンカリング強度よりも弱くすることで、フリッカ強度を容易に小さくすることができる。

【0157】

また、実施例 4 の液晶表示装置では、液晶層 3 に、従来の一般的な IPS 方式の液晶表示装置に用いられている液晶材料を用いることが可能である。そのため、実施例 4 の液晶表示装置は、実施例 1 や実施例 2 の液晶表示装置に比べて、フリッカ強度を小さくすることがさらに容易になる。

【0158】

また、実施例 4 の液晶表示装置は、液晶の配向変形が容易になるために、透過率の向上も期待できる。

【実施例 5】

【0159】

実施例 5 では、画素電極 17 の歯の幅 L と、間隙の寸法 S との関係により、透過率変動率を、フリッカとして観測できなくなる程度まで小さくする。すなわち、実施例 5 の液晶表示装置では、たとえば、図 11 に示した画素電極の歯の幅 L と、間隙の寸法 S との関係を最適化することによって、面内の透過率変動率を、フリッカとして観測できなくなる程

10

20

30

40

50

度まで小さくする。

【0160】

図28は、本発明による実施例5の液晶表示装置の作用効果を説明するための模式図である。

【0161】

画素電極の歯の幅 L と、間隙の寸法 S との関係を最適化するために、本願発明者らは、画素電極17の歯が無限に並んでいると仮定した場合の、 $L/(L+S)$ とフリッカ強度 IFL との関係についてのシミュレーションを行った。その結果を図28に示す。なお、図28は、画素電極に $\pm 5V$ の方形波であり、かつ、 $30Hz$ の交流電圧を印加したときの、 $L/(L+S)$ とフリッカ強度 IFL との関係を示すグラフである。また、図28において、曲線F6は、フレクソ係数を $e_{11} = e_{33} = -10pC/m$ とした場合のシミュレーション結果であり、曲線F7は、フレクソ係数を数式2および数式3を満たす小さな値にした場合のシミュレーション結果である。

10

【0162】

図28からわかるように、フレクソ係数がいずれの場合も、 $L/(L+S)$ が約0.4であるときに、フリッカ強度 IFL が最小値をとる。これは、 $L/(L+S)$ を約0.4にすると、画素電極17に正電圧を印加したときと、負電圧を印加したときとで、面内の透過率の分布が概ね等しくなり、透過率変動率が小さくなるからであると考えられる。

【0163】

また、液晶層3として、数式2および数式3を満たす小さいフレクソ係数を持つ液晶材料を使用した場合は、最適な $L/(L+S)$ の幅が広くなり、 $0.3 \leq L/(L+S) \leq 0.5$ であればフリッカ強度 IFL が1%以下になり、フリッカとして観測できなくなる。

20

【0164】

したがって、実施例5の液晶表示装置では、画素電極の幅 L と、歯の間隙 S との関係が、 $L/(L+S) \approx 0.4$ となるようにすることで、フリッカ強度を小さくすることができる。

【0165】

また、実施例1や実施例2で説明したようなフレクソ係数が小さい液晶材料を使用すると、画素電極の幅 L と、歯の間隙 S との関係の自由度が高くなり、フリッカ強度を小さくすることが容易になる。

30

【0166】

以上、本発明を、前記実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、種々変更可能であることはもちろんである。

【0167】

たとえば、前記実施例で挙げたIPS-Pro方式の液晶表示パネルでは、第1の基板1と第1の偏光板9との間に裏面電極8が設けられているが、これに限らず、裏面電極8が無い構成であってもよいことはもちろんである。

【0168】

また、前記実施例1乃至実施例3、および実施例5で挙げた構成は、たとえば、第1の配向膜7および第2の配向膜18が無いIPS-Pro方式の液晶表示パネルにも適用可能である。

40

【0169】

また、前記実施例で挙げた液晶表示パネルは、第1の偏光板9と第2の偏光板19との間に、第1の基板1、液晶層3、および第2の基板2が配置されているが、これに限らず、たとえば、液晶層3と第2の基板2との間に第2の偏光板19が配置されていてもよい。

【符号の説明】

【0170】

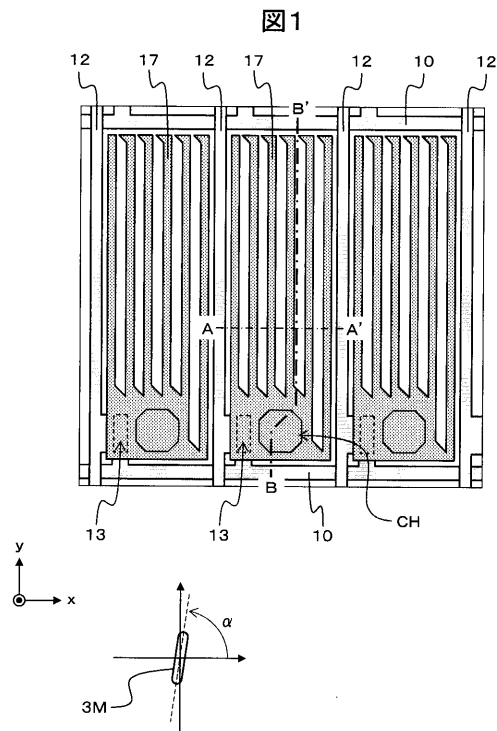
50

- 1 第1の基板
- 2 第2の基板
- 3 液晶層
- 3M 液晶分子
- 4 ブラックマトリクス
- 5 カラーフィルタ
- 6 平坦化膜
- 7 第1の配向膜
- 8 裏面電極
- 9 第1の偏光板
- 10 走査信号線
- 11 第1の絶縁層
- 12 映像信号線
- 13 TFT素子
- 13s ソース電極
- 14 第2の絶縁層
- 15 共通電極
- 16 第3の絶縁層
- 17 画素電極
- 18 第2の配向膜
- 19 第2の偏光板
- 20 誘電体キャップ
- E F 電気力線
- F P フレクソ分極

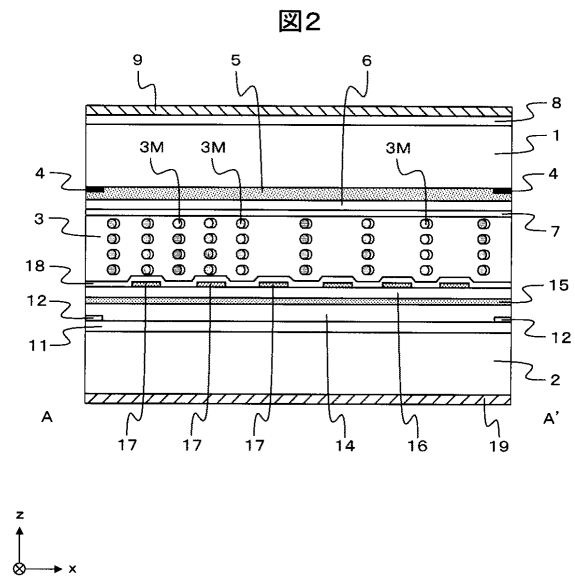
10

20

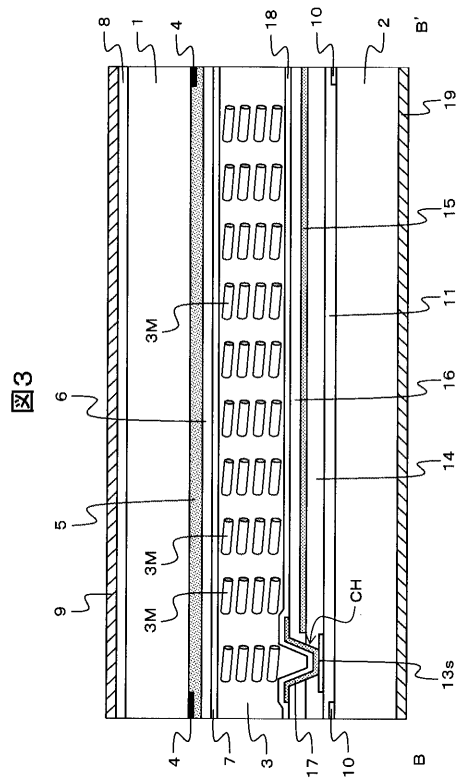
【図1】



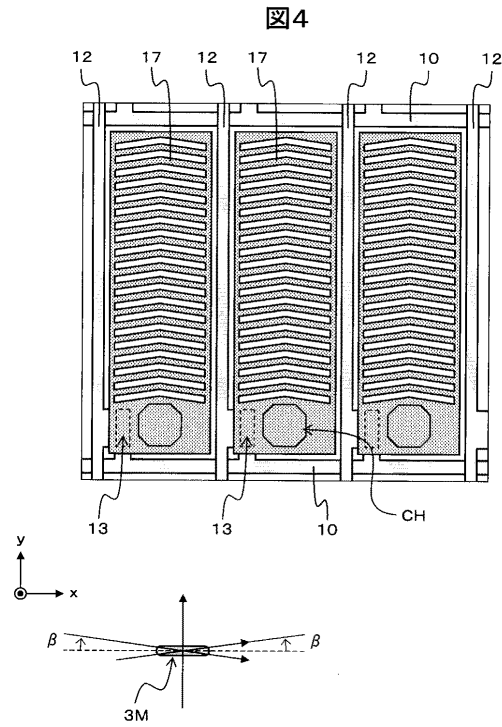
【図2】



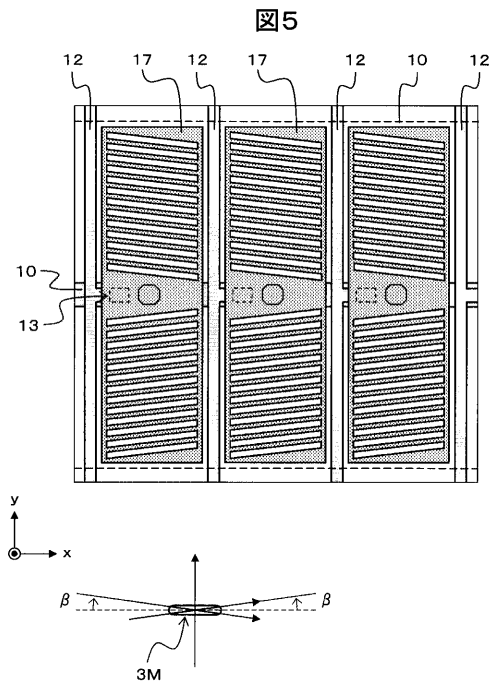
【 図 3 】



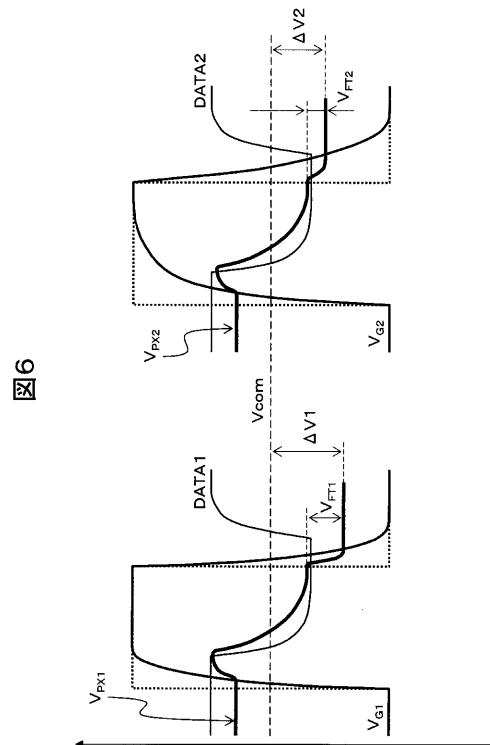
【 図 4 】



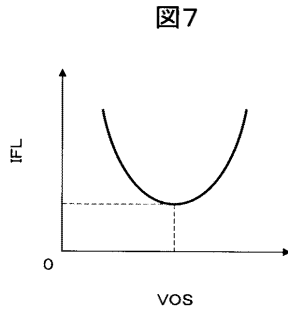
【 図 5 】



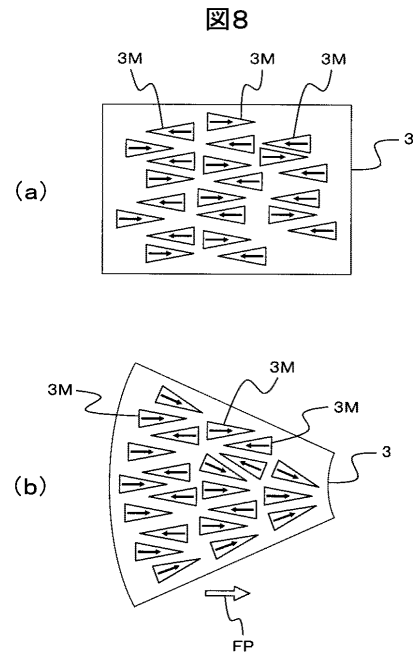
【 図 6 】



【図 7】

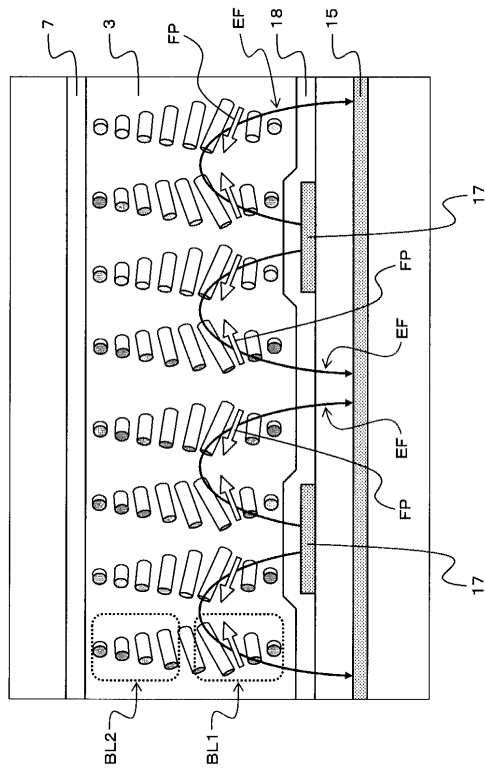


【図 8】



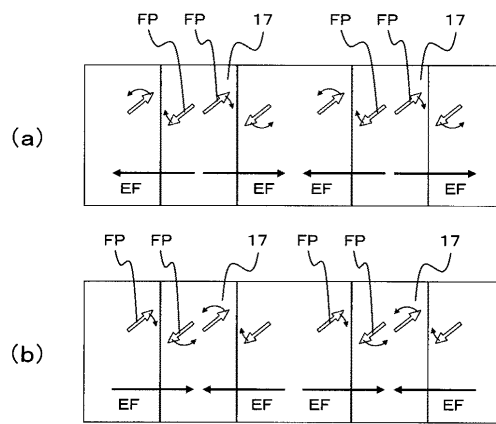
【図 9】

図 9



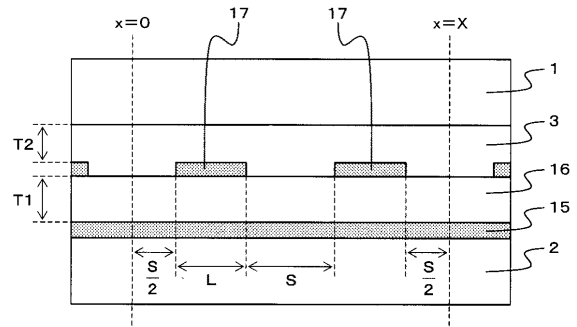
【図 10】

図 10



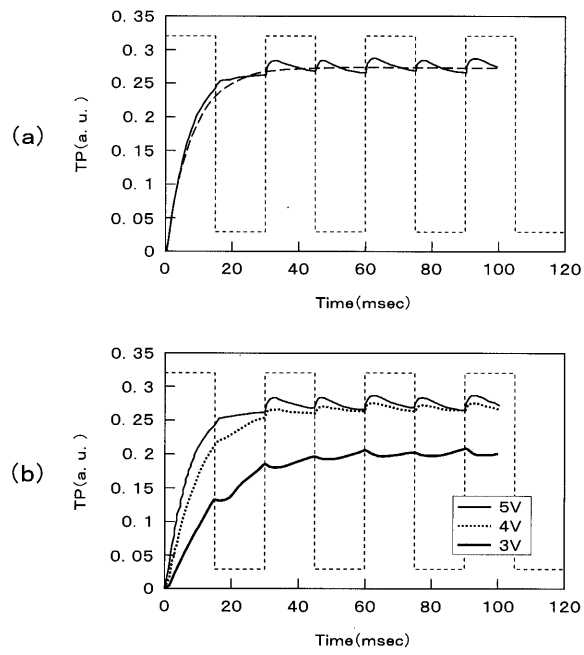
【図 11】

図 11



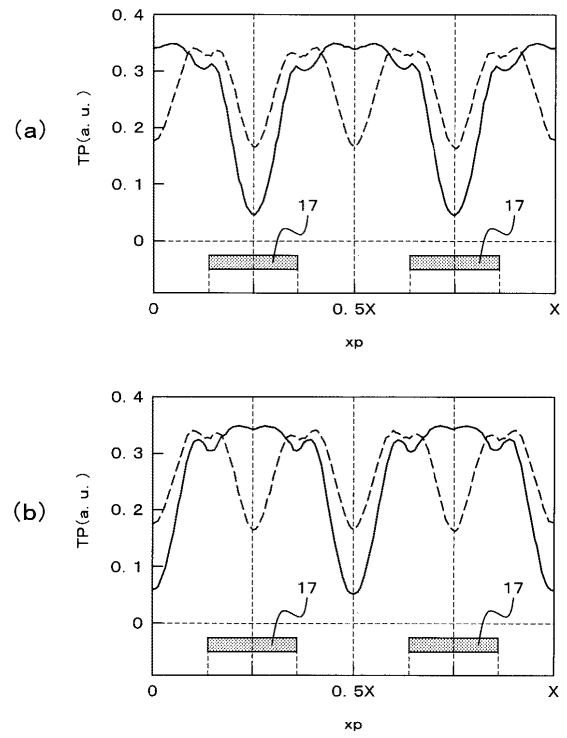
【図 12】

図12



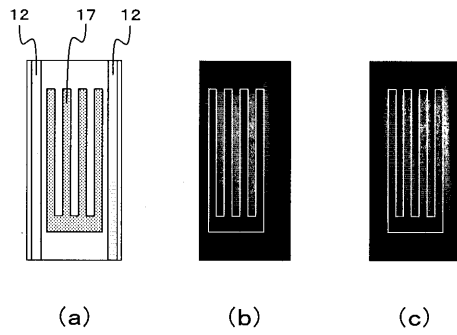
【図 13】

図13



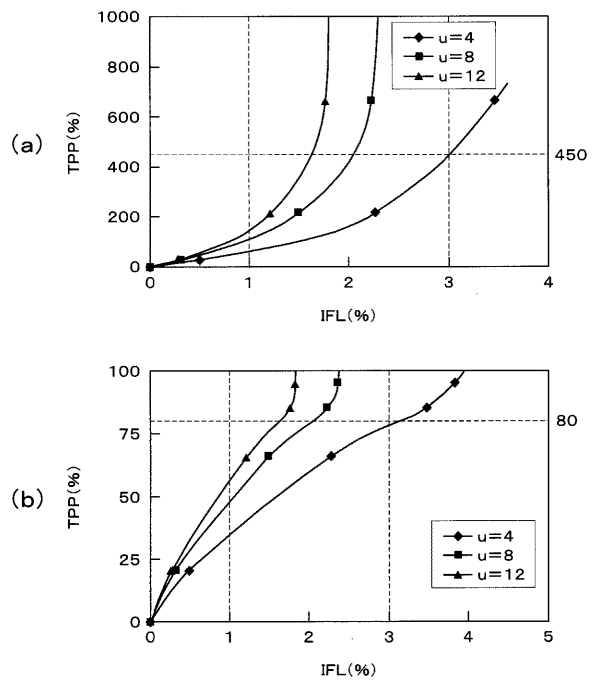
【図 14】

図14



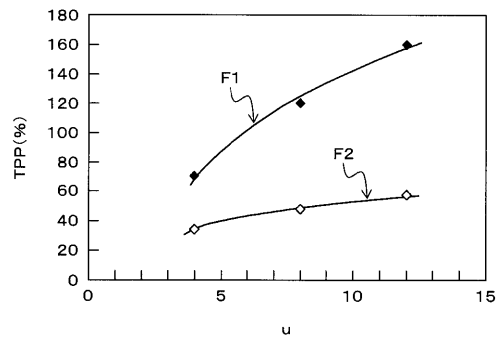
【図 15】

図15



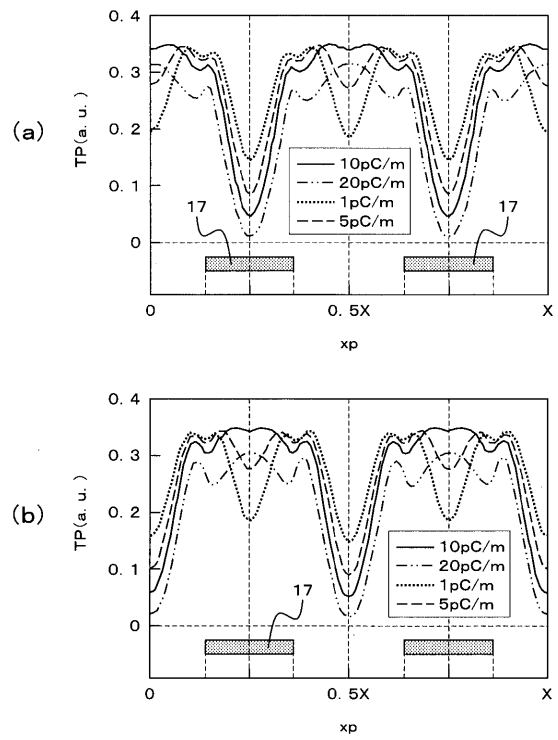
【図16】

図16



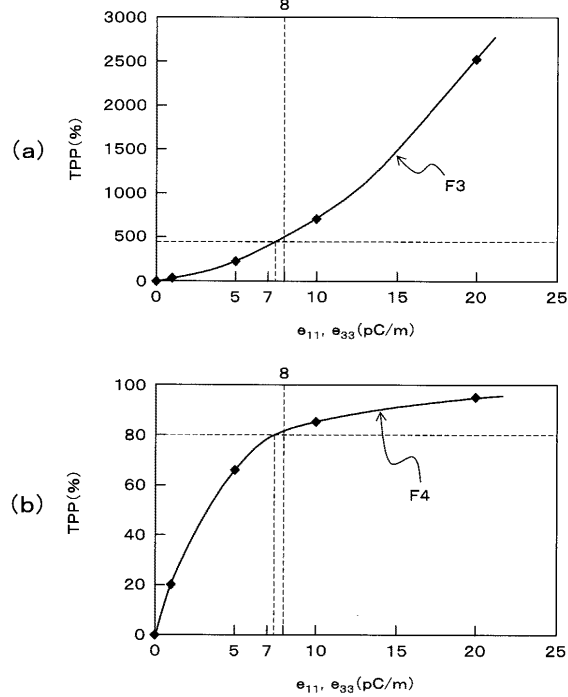
【図17】

図17



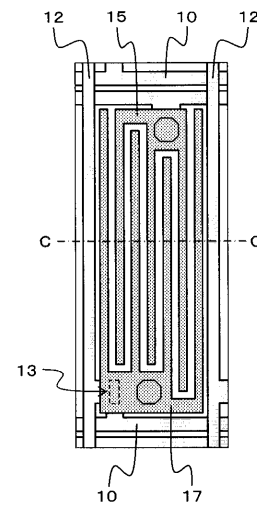
【図18】

図18

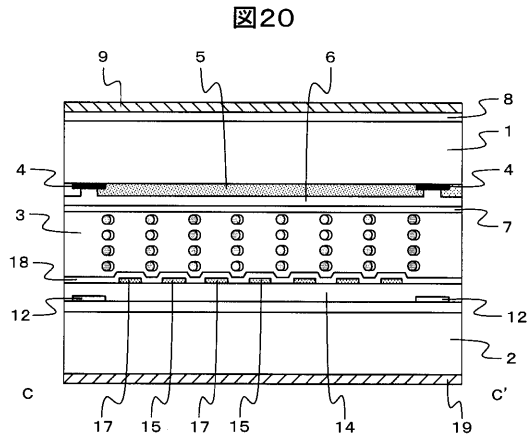


【図19】

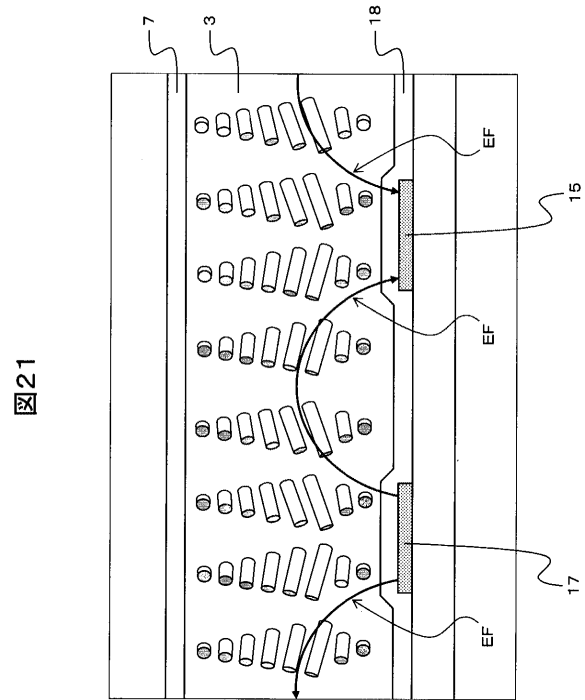
図19



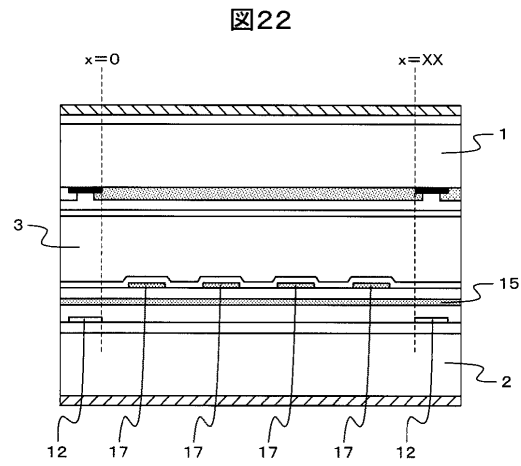
【図20】



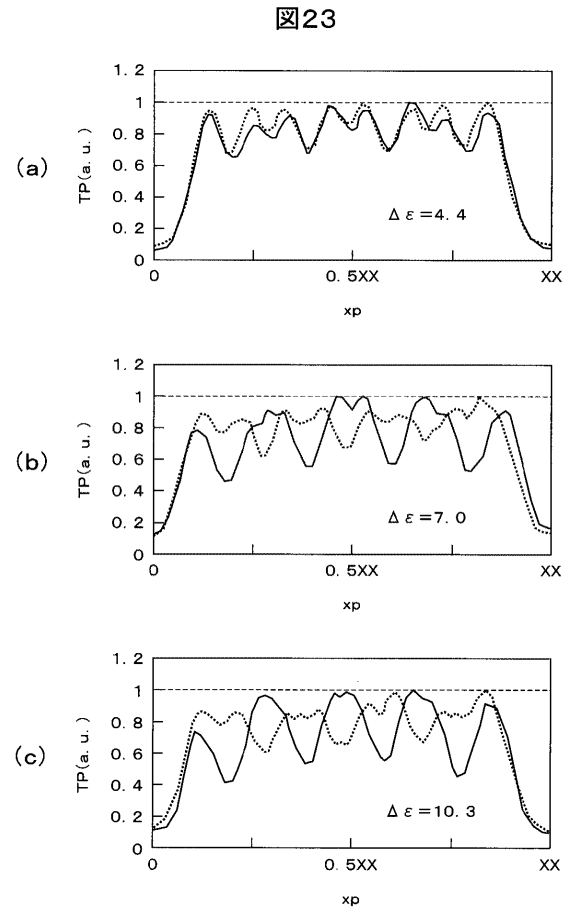
【図21】



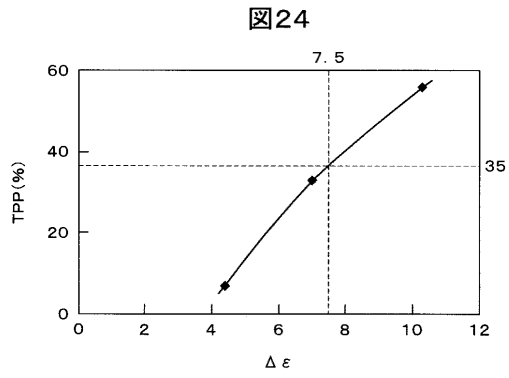
【図22】



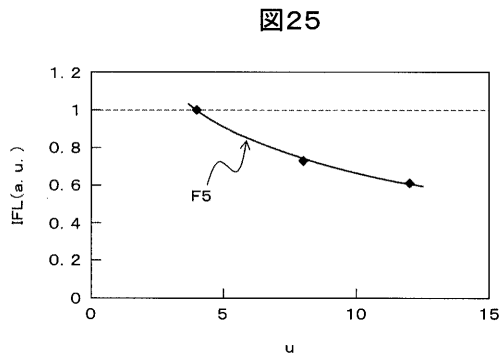
【図23】



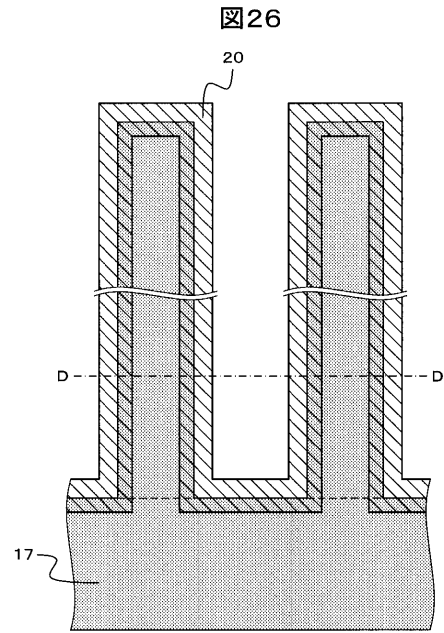
【図24】



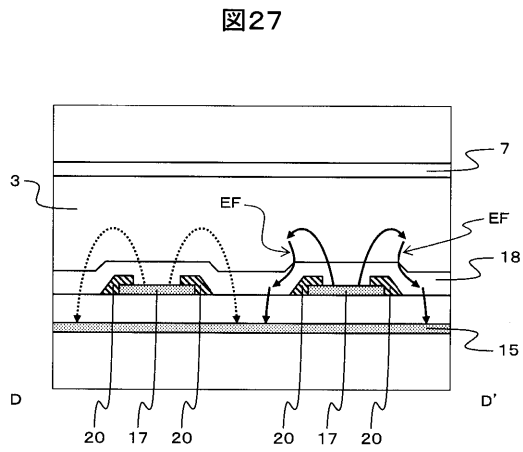
【図25】



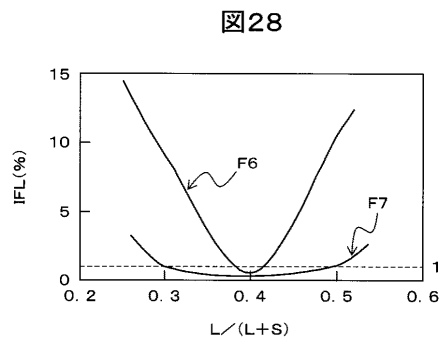
【図26】



【図27】



【図28】



フロントページの続き

- (72)発明者 小村 真一
千葉県茂原市早野 3 3 0 0 番地 株式会社日立ディスプレイズ内
- (72)発明者 今山 寛隆
千葉県茂原市早野 3 3 0 0 番地 株式会社日立ディスプレイズ内
- (72)発明者 佐藤 健史
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内
- (72)発明者 伊東 理
茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内

審査官 右田 昌士

- (56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 2 0 6 4 8 5 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 0 2 8 0 6 7 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 2 0 2 7 3 6 (J P , A)
特表 2 0 1 0 - 5 1 9 5 8 7 (J P , A)
特表 2 0 0 7 - 5 1 6 4 6 4 (J P , A)
特開平 0 9 - 2 0 3 8 8 7 (J P , A)
特開平 1 1 - 1 8 3 9 3 1 (J P , A)
特許第 3 6 9 1 8 5 4 (J P , B 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 3 0 3 3 7 6 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 F	1 / 1 3 4 3
G 0 2 F	1 / 1 3 3 7
G 0 2 F	1 / 1 3 9
G 0 2 F	1 / 1 3 6 8
G 0 2 F	1 / 1 3 5 0 0

专利名称(译)	液晶表示装置		
公开(公告)号	JP5315136B2	公开(公告)日	2013-10-16
申请号	JP2009135743	申请日	2009-06-05
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
申请(专利权)人(译)	日立显示器有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	有限公司日本显示器 松下液晶显示器有限公司		
[标]发明人	岡真一郎 小村真一 今山寛隆 佐藤健史 伊東理		
发明人	岡 真一郎 小村 真一 今山 寛隆 佐藤 健史 伊東 理		
IPC分类号	G02F1/1343 G02F1/139 G02F1/1337		
CPC分类号	C09K19/0258 G02F1/134363		
FI分类号	G02F1/1343 G02F1/139 G02F1/1337		
F-TERM分类号	2H088/HA01 2H088/HA02 2H088/HA03 2H088/HA04 2H088/HA06 2H088/HA08 2H088/HA12 2H088/HA14 2H088/HA18 2H088/HA28 2H088/JA04 2H088/KA08 2H088/KA14 2H088/KA26 2H088/KA30 2H088/MA20 2H092/GA14 2H092/NA01 2H092/NA25 2H092/NA27 2H290/AA73 2H290/BA04 2H290/BA12 2H290/BA32 2H290/BA42 2H290/BB63 2H290/BF14		
其他公开文献	JP2010282037A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：使用IPS（面内切换）系统的液晶显示装置中的闪烁强度降低到不影响显示质量的程度。
ŽSOLUTION：液晶显示装置包括：第一基板；第二基板；液晶层保持在第一基板和第二基板之间；第一偏振片，设置在第一基板的与设置液晶层的一侧相对的一侧；第二偏振片，设置在第二基板的与设置液晶层的一侧相对的一侧；在第二基板一侧设置有液晶层的像素电极和公共电极，其中像素电极或公共电极或它们两者都是叉指形式。液晶层显示出挠曲电系数e 11 和e 33 ，均在±7 pC / m内。Ž

クの弾性自由エネルギーから求めることができることがよく知られている。

【0072】

【数3】

$$f_{elas} = \frac{1}{2} \left[K_{11} (\nabla \cdot \mathbf{n})^2 + K_{22} (\mathbf{n} \cdot \nabla \times \mathbf{n})^2 + K_{33} (\mathbf{n} \times \nabla \times \mathbf{n})^2 \right] \dots \text{(数式4)}$$