

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-55562

(P2005-55562A)

(43) 公開日 平成17年3月3日(2005.3.3)

(51) Int.Cl.⁷

G02F 1/133

G09G 3/20

G09G 3/36

F I

G02F 1/133 525

G02F 1/133 550

G09G 3/20 623B

G09G 3/20 624C

G09G 3/20 670K

テーマコード (参考)

2H093

5C006

5C080

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-284616 (P2003-284616)

(22) 出願日 平成15年8月1日(2003.8.1)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(74) 代理人 100086298

弁理士 船橋 國則

(72) 発明者 西原 静夫

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ

ニー株式会社内

(72) 発明者 黒井 英伸

愛知県名古屋市西区康生通2丁目20番地

1 株式会社メイテック内

Fターム(参考) 2H093 NA16 NA32 NA33 NA79 NC18

NC34 NC35 NC49 NC65 ND12

ND35 ND39 ND58 ND60 NE03

NE04 NE06 NG02

最終頁に続く

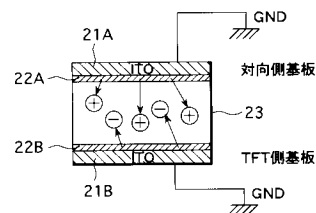
(54) 【発明の名称】 液晶表示装置およびその駆動方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 液晶パネルに強い光を長時間照射すると、光や熱で有機材料が分解してイオンが発生し、配向膜や電極界面に吸着して起る焼き付き現象を軽減し、液晶パネルの長寿命化を可能にした表示装置およびその駆動方法を提供する。

【解決手段】 画像表示を行う動作時以外、特に省電力を目的とするスタンバイモード状態のときに、画素における液晶セルの画素電極21Bおよび対向電極21Aの少なくとも一方の電位、好ましくは両方の電位をグランドレベルに落とすことで、焼き付き現象を起こす要因となるイオンを配向膜22A、22Bや電極界面から解離させるようにする。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液晶セルおよび画素トランジスタを含む画素が行列状に 2 次元配置されてなる画素アレイ部と、

画像表示を行う動作時以外のときに、前記液晶セルの画素電極および対向電極の少なくとも一方の電位をグラウンドレベルにする制御手段と
を備えたことを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 2】

前記制御手段は、画像表示を行う動作時以外のときに、前記液晶セルの対向電極に対して全画素共通に所定の電位を与える配線の電位をグラウンドレベルにする

10

ことを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示装置。

【請求項 3】

前記制御手段は、画像表示を行う動作時以外のときに、前記画素トランジスタを導通状態にするとともに、当該画素トランジスタに映像信号を供給する信号線の電位をグラウンドレベルにする

ことを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示装置。

【請求項 4】

液晶セルおよび画素トランジスタを含む画素が行列状に 2 次元配置されてなる画素アレイ部を備えた液晶表示装置の駆動方法であって、

画像表示を行う動作時以外のときに、前記液晶セルの画素電極および対向電極の少なくとも一方の電位をグラウンドレベルにする

20

ことを特徴とする液晶表示装置の駆動方法。

【請求項 5】

画像表示を行う動作時以外のときに、前記液晶セルの対向電極に対して全画素共通に所定の電位を与える配線の電位をグラウンドレベルにする

ことを特徴とする請求項 4 記載の液晶表示装置の駆動方法。

【請求項 6】

画像表示を行う動作時以外のときに、前記画素トランジスタを導通状態にするとともに、当該画素トランジスタに映像信号を供給する信号線の電位をグラウンドレベルにする

ことを特徴とする請求項 4 記載の液晶表示装置の駆動方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液晶表示装置およびその駆動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

液晶表示装置では、長時間、同じ画像や文字等を表示したままにしておくと、その部分が劣化し、次回にその部分がかすれたり、変色したりして正常に表示されなくなったりする「焼き付き」と称される現象が発生することが知られている。従来、この焼き付きを防止するために、全画面を 1 ラインずつ描画する通常の描画とは別に、通常の描画よりも短時間で焼き付き防止を目的とする市松パターンを描画するようにしていた（例えば、特許文献 1 参照）。

40

【0003】

【特許文献 1】特開 2000-131671 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、液晶の焼き付き現象には 2 つの要因がある。その一つは直流電圧の印加であり、もう一つはイオンである。直流電圧の印加に起因して起こる焼き付き現象を防止するために為されたのが、上記特許文献 1 記載の従来技術である。したがって、当該従来技術

50

では、イオンに起因して起こる焼き付き現象を防止することはできない。このイオンに起因して起こる焼き付き現象について以下に述べる。

【0005】

二枚のガラス基板間に液晶層を挟持してなる液晶パネルには、液晶、配向膜、シール剤といった有機材料が使われており、液晶パネルに強い光を長時間照射すると、当該パネル内に使用されている有機材料に劣化が起きる。すなわち、光により有機材料が分解され、イオンが発生する。発生したイオンは長時間の直流成分のため、配向膜あるいは電極界面にドリフトして付着する。エネルギー的に安定であれば、長い緩和時間を持って吸収される。したがって、電界を除去した後もイオンは界面にとどまる。そして、界面に停留したイオンは印加電界とは逆の電界を形成する。この逆電界は、液晶にかかる電圧を印加電圧よりも低くし、コントラストや表示品質に悪影響を及ぼす。 10

【0006】

特に、青色光は、他の色の光、即ち緑色光、赤色光に比べてエネルギーが大きい。したがって、例えば青色、緑色、赤色のそれぞれに対応して液晶パネルを配置してなる3板式液晶表示装置（液晶プロジェクタ）において、特に青色光が入射する液晶パネルに光による有機材料の劣化が起きる可能性が高い。通常の劣化過程としては、液晶パネルに焼き付き現象が起こった後、配向膜に起因する画質劣化が発生し、最終的に気泡に到る。

【0007】

図6に、焼き付き現象が発生する過程を示す。図6において、（A）対向側基板の内面に配された透明電極101および配向膜102と、TFT側基板の内面に配された透明電極103および配向膜104との間に液晶層105を挟持してなる液晶パネル100に光が入射すると、（B）光や熱で有機材料が分解してイオンが発生する。そして、（C）2枚の基板間に印加される直流成分により、発生したイオンが配向膜102、104の表面に吸着する。 20

【0008】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、光や熱で有機材料が分解してイオンが発生し、配向膜あるいは電極界面に吸着することに起因して発生する焼き付き現象を軽減し、液晶パネルの長寿命化が可能にした表示装置およびその駆動方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

30

【0009】

上記目的を達成するために、本発明では、液晶セルおよび画素トランジスタを含む画素が行列状に2次元配置されてなる画素アレイ部を備えた液晶表示装置において、画像表示を行う動作時以外のときに、液晶セルの画素電極および対向電極の少なくとも一方の電位をグラウンドレベルにする構成を採っている。

【0010】

液晶パネルにおいて、光や熱で有機材料が分解してイオンが発生し、当該イオンが配向膜や電極界面に吸着しても、液晶セルの画素電極および対向電極の少なくとも一方、好ましくは両方の電位をグラウンドレベルにすることで、配向膜や電極界面に吸着したイオンが解離する。 40

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、光や熱で有機材料が分解して発生して配向膜や電極界面に吸着したイオンを解離できることにより、当該イオンに起因して発生する焼き付き現象を軽減できるため、液晶パネルの長寿命化を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0013】

図1は、本発明の一実施形態に係る液晶表示装置を示す概略構成図である。図1におい 50

て、透明絶縁基板、例えばガラス基板 11 上には、画素 12 が行列状に 2 次元配置される画素アレイ部 13 が形成されている。ガラス基板 11 は、もう一枚のガラス基板と所定の間隙を持って対向配置され、両基板間に液晶材料を封止することで液晶パネル（LCD パネル）10 を構成している。

【0014】

画素 12 の各々は、画素トランジスタである TFT (Thin Film Transistor; 薄膜トランジスタ) 121 と、この TFT 121 のドレイン電極に画素電極が接続された液晶セル 122 と、TFT 121 のドレイン電極に一方の電極が接続された保持容量 123 とを有する構成となっている。ここで、液晶セル 122 は、画素電極とこれに対向して形成される対向電極との間で発生する液晶容量を意味する。

10

【0015】

図 2 に、液晶パネル 10 の断面構造を示す。図 2 から明らかなように、液晶パネル 10 は、所定の間隙を持って対向配置された 2 枚のガラス基板 11A, 11B 間に、透明電極（例えば、ITO 膜）21A, 21B および配向膜 22A, 22B を介して液晶層 23 を挟持した構造となっている。ここで、透明電極 22A, 22B は、液晶セル 122 の対向電極および画素電極に相当する。

【0016】

この画素構造において、TFT 121 はゲート電極がゲート線（走査線）14 に接続され、ソース電極が信号線 15 に接続されている。液晶セル 122 は対向電極が VCOM 線 16 に対して各画素共通に接続されている。そして、液晶セル 122 の対向電極には、VCOM 線 16 を介してコモン電圧 VCOM (VCOM 電位) が各画素共通に与えられる。保持容量 123 は他方の電極（対向電極側の端子）が CS 線 17 に対して各画素共通に接続されている。

20

【0017】

ここで、1H (H は水平期間) 反転駆動または 1F (F はフィールド期間) 反転駆動を行う場合は、各画素に書き込まれる表示信号は、VCOM 電位を基準として極性反転を行うことになる。また、VCOM 電位の極性を一定周期、例えば 1H 周期または 1F 周期で反転させるコモン反転駆動を 1H 反転駆動または 1F 反転駆動と併用する場合には、CS 線 17 に与えられる CS 電位の極性も VCOM 電位に同期して反転する。ただし、本実施形態に係る液晶表示装置は、VCOM 反転駆動に限られるものではない。

30

【0018】

画素アレイ部 13 と同じガラス基板 11 上には、例えば、画素アレイ部 13 の左右に垂直駆動回路 18L, 18R が、画素アレイ部 13 の上側に水平駆動回路 19 がそれぞれ搭載されている。垂直駆動回路 18L, 18R は各々、シフトレジスタにより構成される。これら垂直駆動回路 18L, 18R において、シフトレジスタは、タイミングジェネレータ（図示せず）から供給される垂直スタートパルス VST に応答してシフト動作を開始し、同じくタイミングジェネレータから供給される垂直クロックパルス VCK に同期して 1 垂直期間に順次転送していく走査パルスを生成する。

【0019】

垂直駆動回路 18L, 18R で生成される走査パルスは、バッファ 20L, 20R を通して画素アレイ部 13 の左右両側からゲート線 14 に順次与えられることで、画素アレイ部 13 の各画素 12 を行単位で選択する。このように、ゲート線 14 に対して画素アレイ部 13 の左右両側から走査パルスを与えるのは、ゲート線 14 の配線抵抗や寄生容量に起因する伝搬遅延によって生ずる走査パルスの波形のなまりを抑えるためであり、水平方向の画素数が多くなる程その効果は大である。

40

【0020】

水平駆動回路 19 は、垂直駆動回路 18L, 18R による垂直走査により、画素アレイ部 13 の各画素 12 が行（ライン）単位で順に選択されると、この選択された 1 ライン分の画素 12 に対して、信号線 15 を介して 1 ライン分の映像信号を書き込む。このライン単位の映像信号の書き込み動作が繰り返して実行されることにより、1 画面分の画表示が

50

行われる。

【0021】

上記構成の液晶表示装置において、本発明では、当該液晶表示装置（以下、単に「装置本体」と記す場合もある）の画像表示を行う動作時以外、特に省電力を目的とするスタンバイモード状態のときに、画素12における液晶セル122の画素電極および対向電極の少なくとも一方の電位、好ましくは両方の電位をグラウンドレベルに落とすようにしたことを特徴としている。

【0022】

このように、液晶セル122の画素電極および対向電極の各電位をグラウンドレベルとすることにより、光や熱で有機材料が分解して発生して配向膜22A、22Bの表面に吸着し、焼き付き現象を起こす要因となるイオンが、図3に示すように、配向膜22A、22Bから解離する。その結果、配向膜22A、22Bあるいは電極21A、21Bの界面に吸着するイオンに起因して発生する焼き付き現象を軽減できる。この焼き付き現象の軽減により、液晶パネルの表示品質が従来比で約1.2～1.5倍程度に長寿命化できることが本願発明者によって確認されている。

【0023】

次に、スタンバイモード状態のときに、液晶セル122の画素電極および対向電極の各電位をグラウンドレベルに設定するための制御手段の具体的な構成について述べる。

【0024】

先ず、液晶セル122の対向電極の電位をグラウンドレベルに落とす手法の一例について説明する。液晶セル122の対向電極には、先述したように、VCOM線16を介してVCOM電位が各画素共通に与えられるようになっている。そこで、例えば図1に示すように、VCOM線16の電位供給端16AにスイッチSW1の可動接点aを接続する。このスイッチSW1は、2入力切り替えスイッチであり、VCOM電位を一方の固定接点bの入力とするとともに、グラウンドレベルを他方の固定接点cの入力としている。

【0025】

このスイッチSW1において、画像表示を行う装置本体の動作時には、可動接点aを固定接点b側に切り替えてVCOM電位を選択することで、当該VCOM電位がVCOM線16を介して画素12の対向電極に対して各画素共通に与えられる。これにより、映像信号に応じて画素12の画素電極に書き込まれる電位に応じた通常の画像表示が行われる。一方、スタンバイモード状態では、スタンバイモード信号に応答して可動接点aを固定接点c側に切り替えてグラウンドレベルを選択することで、当該グラウンドレベルがVCOM線16を介して画素12の対向電極に対して各画素共通に与えられる。これにより、液晶セル122の対向電極の電位がグラウンドレベルとなり、対向電極側の配向膜あるいは電極界面に吸着したイオンが解離するため、焼き付き現象を軽減できる。

【0026】

続いて、液晶セル122の画素電極の電位をグラウンドレベルに落とす手法の一例について説明する。先ず、垂直駆動回路18L、18Rの各々とゲート線14との間に介在するバッファ20L、20Rは、例えば図4に示すように、ゲート電極およびドレイン電極がそれぞれ共通に接続されたPchMOSトランジスタQpおよびNchMOSトランジスタQnからなるCMOSインバータによって構成されている。

【0027】

PchMOSトランジスタQpのソース電極には、電源電圧VDDが印加されている。NchMOSトランジスタQnのソース電極は、スイッチSW2の可動接点aに接続されている。このスイッチSW2は、2入力切り替えスイッチであり、グラウンドレベルを一方の固定接点bの入力とするとともに、画素トランジスタであるTF122を導通状態にする電位、例えば電源電圧VDDを他方の固定接点cの入力としている。

【0028】

このバッファ20L、20Rにおいて、画像表示を行う装置本体の動作時には、スイッチSW2は可動接点aを固定接点b側に切り替えてグラウンドレベルを選択する。この状態

において、垂直駆動回路 18 L, 18 R から低レベルの走査パルスが出力され、バッファ 20 L, 20 R に入力すると、PchMOS トランジスタ Qp が導通状態となるため、VDD レベルの走査パルスがゲート線 14 に印加され、行の選択が行われる。垂直駆動回路 18 L, 18 R から低レベルの走査パルスが出力されないときは、NchMOS トランジスタ Qn が導通状態となるため、ゲート線 14 の電位がグラウンドレベルに固定される。これにより、選択対象の行以外の行の画素が選択されるという誤動作を防止できる。

【0029】

一方、垂直駆動回路 18 L, 18 R から走査パルスが出力されることのないスタンバイモード状態では、スイッチ SW2 はスタンバイモード信号に応答して可動接点 a を固定接点 c 側に切り替えて VDD レベルを選択する。この状態では、NchMOS トランジスタ Qn のソース電位が VDD レベルになるため、バッファ 20 L, 20 R の入力電位、即ち NchMOS トランジスタ Qn のゲート電位が高レベル状態であっても、当該 MOS トランジスタ Qn が導通し、全てのゲート線 14 の電位が VDD レベルになるため、全ての画素 12 の TFT 121 が導通状態になる。

10

【0030】

このとき、全ての信号線 15 に対して水平駆動回路 19 からグラウンドレベルを与えるようにする。これにより、画素アレイ部 13 の全ての画素 12 において、導通状態にある TFT 121 を通して液晶セル 122 の画素電極にグラウンドレベルが書き込まれる。すなわち、全ての画素 12 において、液晶セル 122 の画素電極の電位がグラウンドレベルとなることで、画素電極側の配向膜あるいは電極界面に吸着したイオンが解離するため、焼き付き現象を軽減できる。

20

【0031】

なお、本例では、スタンバイモード状態のときに、バッファ 20 L, 20 R のグラウンド側にグラウンドレベルに代えて VDD レベルを与えることによって全てのゲート線 14 の電位を VDD レベルにするとしたが、これは一例に過ぎず、この手法に限られるものではなく、要は、スタンバイモード状態のときに全てのゲート線 14 の電位を、画素トランジスタを導通状態にする電位に設定できる手法であれば良い。例えば、一般的には、スタンバイモード状態では、垂直駆動回路 18 L, 18 R から走査パルスが出力されることはないが、敢えて、スタンバイモード状態のときに垂直駆動回路 18 L, 18 R から走査パルスを全ラインに対して一斉に、あるいは順次に出力的ようにすれば、スタンバイモード状態のときに全てのラインの画素トランジスタを導通状態にすることができる。

30

【0032】

(適用例)

以上説明した本実施形態に係る液晶表示装置は、例えば 3 板式液晶プロジェクタ装置に用いて好適なものである。

【0033】

図 5 に、液晶プロジェクタ装置の構成の概略を示す。図 5 において、光源 31 から発せられる白色光は、第 1 のビームスプリッタ 32 で特定の色成分、例えば一番波長の短い青色光 (B) の光成分のみが透過し、残りの色の光成分は反射される。第 1 のビームスプリッタ 32 を透過した青色光の光成分は、ミラー 33 で光路が変更され、レンズ 34 を通して青色用の LCD パネル (液晶パネル) 35 B に照射される。

40

【0034】

第 1 のビームスプリッタ 32 で反射された光成分については、第 2 のビームスプリッタ 36 で例えば緑色光 (G) の光成分が反射され、赤色光 (R) の光成分が透過する。第 2 のビームスプリッタ 36 で反射された緑白光の光成分は、レンズ 37 を通して緑色用の LCD パネル 35 G に照射される。第 2 のビームスプリッタ 36 を透過した赤色光の光成分は、ミラー 38, 39 で光路が変更され、レンズ 40 を通して赤色の LCD パネル 35 R に照射される。

【0035】

LCD パネル 35 R, 35 G, 35 B は各々、複数の画素がマトリクス状に配置されて

50

なる第1の基板と、この第1の基板に対して所定の間隔をもって対向配置された第2の基板と、これら基板間に保持された液晶層と、各色に対応したフィルタ層とを有する構成となっている。これらLCDパネル35R, 35G, 35Bを経た赤色、緑色、青色の各光は、クロスプリズム41で光合成される。そして、このクロスプリズム41から出射される合成光は、投射プリズム42によってスクリーン43に投射される。

【0036】

かかる構成の3板式液晶プロジェクタ装置において、LCDパネル35R, 35G, 35Bとして先述した実施形態に係る液晶表示装置を用いることで、当該液晶表示装置では光や熱で有機材料が分解してイオンが発生し、当該イオンが配向膜や電極界面に吸着することに起因して発生する焼き付き現象を軽減できるため、LCDパネル35R, 35G, 35Bの寿命を延命できるとともに、焼き付き現象に起因する画質不良を解消できる。青色光は、緑色光、赤色光に比べてエネルギーが大きいため、青色用のLCDパネル35Bに光による有機材料の劣化が起きる可能性が高いが、3板式液晶プロジェクタ装置において、特に青色用のLCDパネル35Bに先述した実施形態に係る液晶表示装置を適用することで、イオンによる焼き付き現象の軽減効果が大きい。 10

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明の一実施形態に係る液晶表示装置を示す概略構成図である。

【図2】液晶パネルの断面構造図である。

【図3】配向膜からイオンが解離する様子を示す図である。 20

【図4】バッファの構成の一例を示す回路図である。

【図5】本発明が適用される液晶プロジェクタ装置の構成の一例を示すブロック図である。

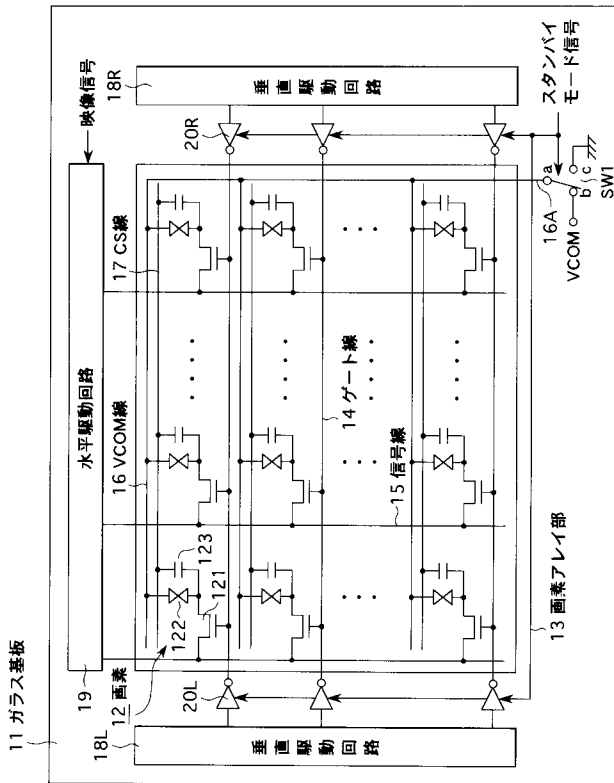
【図6】焼き付き現象が発生する過程を示す図である。

【符号の説明】

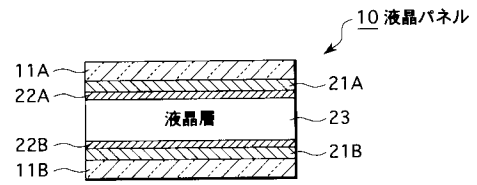
【0038】

10…液晶パネル、11, 11A, 11B…ガラス基板、12…画素、13…画素アレイ部、14…ゲート線、15…信号線、18L, 18R…垂直駆動回路、19…水平駆動回路、20L, 20R…バッファ、21A, 21B…透明電極、22A, 22B…配向膜、23…液晶層、121…TFT（画素トランジスタ）、122…液晶セル、123…保持容量 30

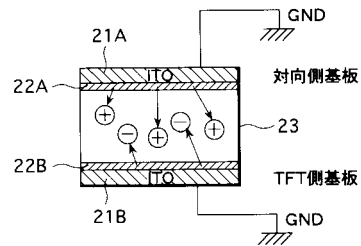
【図 1】



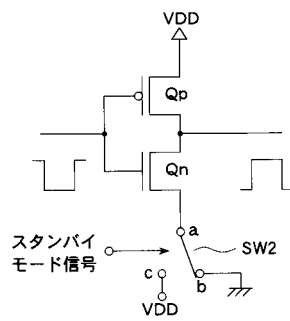
【図 2】



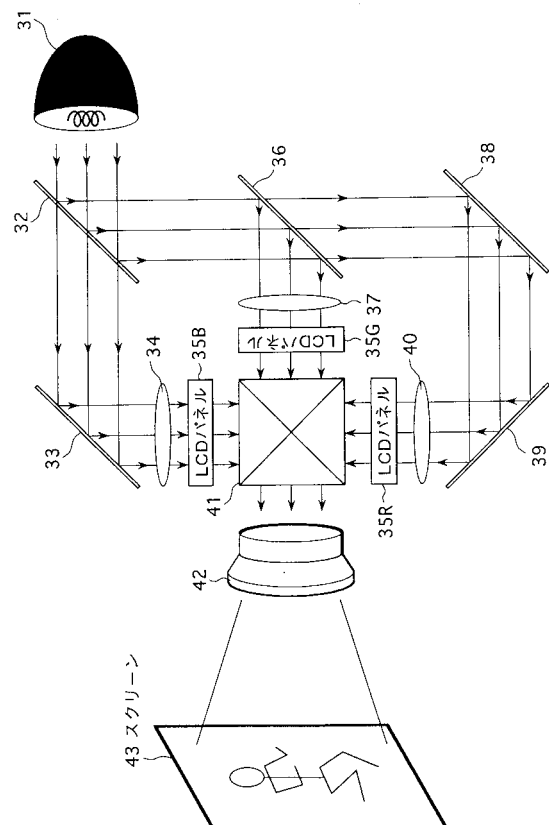
【図 3】



【図 4】

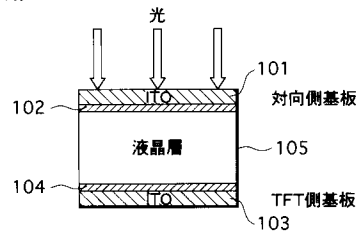


【図 5】

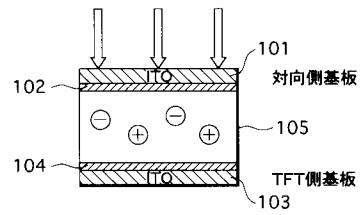


【図 6】

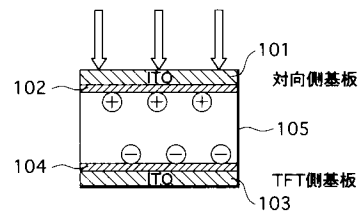
(A) パネルに光が入射



(B) 光・熱で有機材料が分解、イオン発生



(C) 印加DC成分によりイオンが配向膜表面に吸着



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

G 0 9 G 3/20 6 8 0 C

G 0 9 G 3/36

Fターム(参考) 5C006 AC21 AC25 AF59 AF68 BB16 BC11 BC16 EC11 FA34
5C080 AA10 BB05 DD18 EE32 FF11 JJ02 JJ03 JJ06 KK43

专利名称(译)	液晶显示装置及其驱动方法		
公开(公告)号	JP2005055562A	公开(公告)日	2005-03-03
申请号	JP2003284616	申请日	2003-08-01
[标]申请(专利权)人(译)	索尼公司		
申请(专利权)人(译)	索尼公司		
[标]发明人	西原静夫 黑井英伸		
发明人	西原 静夫 黑井 英伸		
IPC分类号	G02F1/133 G02F1/1362 G09G3/20 G09G3/36 H04N9/31		
CPC分类号	H04N9/312 G02F1/1362 G09G3/3648 G09G2320/046		
FI分类号	G02F1/133.525 G02F1/133.550 G09G3/20.623.B G09G3/20.624.C G09G3/20.670.K G09G3/20.680.C G09G3/36		
F-TERM分类号	2H093/NA16 2H093/NA32 2H093/NA33 2H093/NA79 2H093/NC18 2H093/NC34 2H093/NC35 2H093/NC49 2H093/NC65 2H093/ND12 2H093/ND35 2H093/ND39 2H093/ND58 2H093/ND60 2H093/NE03 2H093/NE04 2H093/NE06 2H093/NG02 5C006/AC21 5C006/AC25 5C006/AF59 5C006/AF68 5C006/BB16 5C006/BC11 5C006/BC16 5C006/EC11 5C006/FA34 5C080/AA10 5C080/BB05 5C080/DD18 5C080/EE32 5C080/FF11 5C080/JJ02 5C080/JJ03 5C080/JJ06 5C080/KK43 2H193/ZA04 2H193/ZA07 2H193/ZB08 2H193/ZB09 2H193/ZB14 2H193/ZC02 2H193/ZC04 2H193/ZC15 2H193/ZC16 2H193/ZE37 2H193/ZF24 2H193/ZF59 2H193/ZH40 2H193/ZP03 2H193/ZP04 2H193/ZR02 2H193/ZR04		
代理人(译)	船桥 国则		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：减少长时间用强光照射液晶面板时有机材料被光或热分解而产生离子时发生的残留现象，该现象会粘附在取向膜或电极界面上。
(EN) 提供一种具有长寿命的显示装置及其驱动方法。为了省电，除了在图像显示操作期间，将像素中的液晶单元的像素电极21B和对电极21A中的至少一个的电位，优选地将两个电位都设置为待机模式状态。通过下降到地平面，引起老化现象的离子从取向膜22A和22B以及电极界面离解。[选择图]图3

