

(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2020-109519
(P2020-109519A)

(43) 公開日 令和2年7月16日(2020.7.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2F 1/1368 (2006.01)	GO2F 1/1368	2H092
GO2F 1/1343 (2006.01)	GO2F 1/1343	2H189
GO2F 1/1339 (2006.01)	GO2F 1/1339 505	2H192
GO9F 9/00 (2006.01)	GO9F 9/00 338	5C094
GO9F 9/30 (2006.01)	GO9F 9/30 338	5F110
審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 40 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2020-28906 (P2020-28906)	(71) 出願人	000153878
(22) 出願日	令和2年2月24日 (2020.2.24)		株式会社半導体エネルギー研究所
(62) 分割の表示	特願2018-108592 (P2018-108592) の分割	(72) 発明者	山崎 舜平
原出願日	平成25年10月3日 (2013.10.3)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2012-227346 (P2012-227346)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成24年10月12日 (2012.10.12)	(72) 発明者	平形 吉晴
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	久保田 大介
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	山下 晃央
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
			最終頁に続く

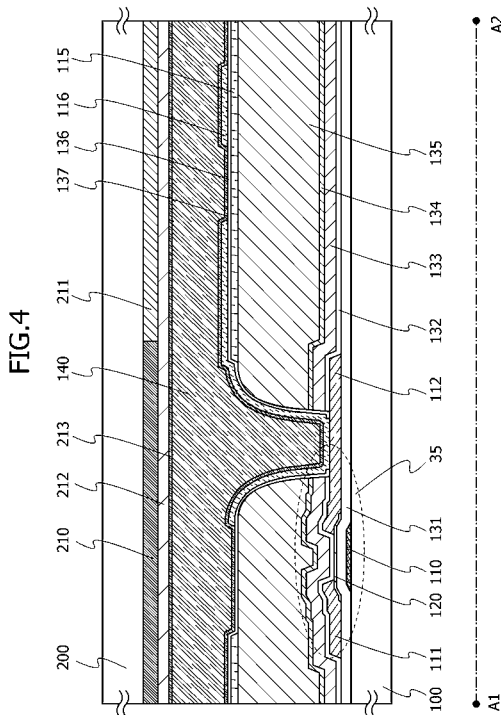
(54) 【発明の名称】 液晶表示装置の作製方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 結晶性の酸化物半導体でバックプレーンが作製され、高信頼性、高精細液晶表示装置及びタッチパネルを提供する。

【解決手段】 トランジスタ35の半導体層120は、結晶部を有する酸化物半導体膜で形成されている。トランジスタを覆って、有機樹脂膜135が形成されている。セル工程での有機樹脂膜への乾燥処理等により、水分が原因の酸化物半導体トランジスタのしきい値電圧の変動を抑えることができる。有機樹脂膜上には、絶縁膜136を介して対向している共通電極115及び画素電極116が形成されている。そのため、画素に保持容量用の配線がなくとも、液晶素子に容量を付加することができる。カラーフィルタ基板200の外側に帯電防止用の電極を設け、この電極及び共通電極間の静電容量を利用することで、液晶表示装置をタッチパネルとして機能させることができる。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の基板上に、第 1 の絶縁膜を形成し、
前記第 1 の絶縁膜上方に、トランジスタのチャンネル形成領域を含む半導体膜を形成し、
前記半導体膜上方に、第 2 の絶縁膜を形成し、
前記第 2 の絶縁膜上方に、第 3 の絶縁膜を形成し、
前記第 3 の絶縁膜上方に、第 1 の配向膜を形成し、
前記第 1 の配向膜の形成後に、減圧下で前記第 1 の基板を加熱し、
第 2 の基板上方に、第 2 の配向膜を形成し、
前記第 2 の配向膜の形成後に、減圧下で前記第 2 の基板を加熱し、
前記第 2 の基板の加熱後に、前記第 2 の配向膜上に液晶材料を滴下し、
前記液晶材料を間に挟んで、前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とを対向させ、
シール部材によって、前記第 1 の基板と、前記第 2 の基板との間に前記液晶材料を封止
する液晶表示装置の作製方法であって、
前記第 2 の絶縁膜は、有機樹脂を有し、
前記第 3 の絶縁膜は、前記第 2 の絶縁膜の側面と接する領域を有し、
前記第 1 の絶縁膜と前記第 3 の絶縁膜は、前記トランジスタと前記シール部材との間の
領域で接する領域を有する液晶表示装置の作製方法。

【請求項 2】

第 1 の基板上に、第 1 の絶縁膜を形成し、
前記第 1 の絶縁膜上方に、トランジスタのチャンネル形成領域を含む半導体膜を形成し、
前記半導体膜上方に、第 2 の絶縁膜を形成し、
前記第 2 の絶縁膜上方に、第 3 の絶縁膜を形成し、
前記第 3 の絶縁膜上方に、第 1 の配向膜を形成し、
前記第 1 の配向膜の形成後に、減圧下で前記第 1 の基板を加熱し、
第 2 の基板上方に、第 2 の配向膜を形成し、
前記第 2 の配向膜の形成後に、減圧下で前記第 2 の基板を加熱し、
前記第 2 の基板の加熱後に、前記第 2 の配向膜上に液晶材料を滴下し、
前記液晶材料を間に挟んで、前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とを対向させ、
シール部材によって、前記第 1 の基板と、前記第 2 の基板との間に前記液晶材料を封止
する液晶表示装置の作製方法であって、
前記第 2 の絶縁膜は、有機樹脂を有し、
前記第 3 の絶縁膜は、前記第 2 の絶縁膜の側面と接する領域を有し、
前記第 1 の絶縁膜と前記第 3 の絶縁膜は、前記トランジスタと前記シール部材との間の
領域で接する領域を有し、
前記シール部材は、前記第 2 の絶縁膜を介さずに前記第 1 の基板と重なる領域を有する
液晶表示装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、酸化物半導体を用いたトランジスタを有する液晶表示装置、同液晶表示装置を備えたタッチパネルに関する。

【背景技術】

【0002】

液晶表示装置や有機 EL 表示装置において、それらの多くに用いられているトランジスタは、アモルファスシリコンや多結晶シリコン等のシリコン半導体膜によって作製されている。

【0003】

そのシリコン半導体膜に代わって、酸化物半導体膜をトランジスタに用いる技術が注目されている。

【0004】

例えば、酸化物半導体として、In-Ga-Zn酸化物膜で作製されたトランジスタを画素のスイッチング素子等に用いる技術が開示されている（特許文献1、2参照）。

【0005】

また、我々は、ガラス基板上に新しい結晶構造を有する酸化物半導体膜を作製する技術を開発している（非特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2006-165528号公報

10

【特許文献2】特開2007-096055号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】Yamazaki, S他、「Research, Development, and Application of Crystalline Oxide Semiconductor」、SID 2012 DIGEST、p. 183-186

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

酸化物半導体は、バンドギャップをシリコンよりも広く、かつ真性キャリア密度をシリコンよりも低くすることができる半導体材料である。そのため酸化物半導体膜を用いたトランジスタ（以下、酸化物半導体トランジスタと呼ぶ。）は、アモルファスシリコン膜及び多結晶シリコン膜を用いたものよりも著しくオフ電流を低くすることが可能である。従って、酸化物半導体トランジスタで液晶表示装置や有機EL表示装置のバックプレーン（回路基板）を作製することで、表示装置の低消費電力化が可能になる。

20

【0009】

さらに、結晶性を有する酸化物半導体膜をトランジスタにより、画素密度を向上させることが可能であり、高精細な表示装置を提供することが可能である（上記、非特許文献1参照）。

【0010】

30

化石燃料の枯渇、環境問題等により、あらゆる電子機器の電力消費の削減が求められており、液晶表示装置もその例外ではない。液晶表示装置の消費電力は、液晶層に電界を印加する方法（表示モード）で異なることが知られている。TN（Twisted Nematic）モード、VA（Vertical Alignment）モード等の縦電界モードよりも横電界方式の方が、液晶材料の配向を変化させる（画素のデータを書換える）ための消費電力が低い。

【0011】

また、横電界方式の液晶表示装置は、縦電界方式よりも広い視野角を得ることができるため、近年、テレビジョン装置、モバイル機器等の表示装置として、様々な画面サイズの液晶表示装置に採用されている。

40

【0012】

横電界方式の液晶表示装置は、トランジスタが作製される基板側に、画素電極と共通電極が共に設けられており、概ね横方向の電界が液晶分子に印加される。横電界方式としては、IPS（In-Plane-Switching）モード、及びFFS（Fringe Field Switching）モードが代表的である。なお、FFSモードは斜め電界方式に分類されることもある。

【0013】

従って、横電界方式と結晶性酸化物半導体膜でなるトランジスタの組み合わせにより、液晶表示装置の高精細化、低消費電力化の実現が可能であり、また高性能のタッチパネルの実現も可能になる。

50

【0014】

一方で、バックプレーンに酸化物半導体トランジスタを使った液晶表示装置の量産化に向けての大きな課題として、信頼性の向上がある。

【0015】

そこで、本発明の一形態は、バックプレーンが結晶性酸化物半導体膜で作製された高信頼の液晶表示装置を提供することを課題の1つとする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

我々の研究において、酸化物半導体トランジスタの電気特性の変動の大きな原因の1つが、酸化物半導体膜への水の侵入であることが明らかになっている。酸化物半導体膜に水が侵入することでキャリア密度が増加し、トランジスタの電気特性が変動するのである。

【0017】

そのため、可能な限り水を含まない材料で、かつ可能な限り水を侵入させない構造及び作製方法で、液晶表示装置を作製することが信頼性の低下の解決につながる。

【0018】

しかしながら、材料の制約は液晶表示装置の表示品位を低下させる、液晶表示装置の製造工場の既存の設備が使用できなくなるという新たな問題を生み、酸化物半導体を用いた液晶表示装置の早期実用化を阻むことになる。

【0019】

例えば、液晶分子の配向不良を抑えるために画素電極の下地膜として、平坦化膜を形成することが望ましい。平坦化膜は、トランジスタの凹凸を無くするように厚く形成する必要があるため、有機樹脂膜が平坦化膜として一般的に用いられている。しかしながら、有機樹脂膜は無機絶縁膜と比較して吸湿性が高いため、酸化物半導体膜トランジスタとの組み合わせに問題がある。

【0020】

そこで、本発明の一形態は、一对の基板の間に液晶層が封入されており、画素電極及び共通電極が有機樹脂膜上に形成されており、配向膜の形成後、一对の基板は液晶層を封入する前に乾燥処理がされており、乾燥処理から液晶層を封入するまでの工程は大気開放せずに行われている液晶表示装置である。

【0021】

本発明の他の形態は、上記形態に係る液晶表示装置を備えたタッチパネルにある。

【発明の効果】

【0022】

本明細書に開示された技術により、酸化物半導体トランジスタでバックプレーンを作製した実用化レベルの高い信頼性の液晶表示装置を提供することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】液晶パネルの構成例を示す平面図。

【図2】液晶パネルの構成例を示す断面図であり、図1のB1-B2による断面図。

【図3】画素の構成例を示す平面図。

【図4】図3の切断線A1-A2による画素の断面図。

【図5】図3の切断線A3-A4による画素の断面図。

【図6】共通電極と端子部との接続構造の一例を示す断面図。

【図7】液晶パネルの配線（電極）の接続構造の一例を示す断面図。

【図8】A-D：トランジスタの作製方法の一例を示す断面図。

【図9】A-C：図8Dに続く工程の一例を示す断面図。

【図10】A：液晶パネルの構成例を示すブロック図。B：画素の構成例を示す回路図。

【図11】液晶パネルの仕様の一例を示す表。

【図12】図1の液晶パネルを備えたタッチパネルの構成例を示す断面図。

【図13】図12のタッチパネルのタッチセンサの構成例を示す平面図。

10

20

30

40

50

【図 1 4】A：図 1 3 の切断線 C 1－C 2 による断面図。B：図 1 3 の領域 2 4 0 の構成例を示す平面図。

【図 1 5】A：タッチセンサの構成例を示す分解斜視図。B：タッチセンサの電極の構成例を示す平面図。

【図 1 6】タッチセンサの構成例を示す断面図。

【図 1 7】タッチセンサの 2 つの電極の交差部分の等価回路図。

【図 1 8】タッチセンサの構成例を示すマスク用図面。

【図 1 9】図 1 の液晶パネルを備えた液晶表示装置の構成例を示すブロック図。

【図 2 0】図 1 9 の液晶表示装置の駆動方法の一例を説明するタイミングチャート。

【図 2 1】A－F：液晶パネル又はタッチパネルを備えた電子機器の構成例を示す外観図
。

【図 2 2】T D S により、液晶パネルの回路基板（有機樹脂膜を含む）から分離された質量電荷比（ m/z ）が 1 8 である気体分子の強度を示すグラフ。

【図 2 3】T D S により、液晶パネルの回路基板（有機樹脂膜を含まない）から分離された、質量電荷比（ m/z ）が 1 8 である気体分子の強度を示すグラフ。

【図 2 4】走査線駆動回路（乾燥処理あり）の動作時間に対する動作マージン幅（電圧）の変化を示すグラフ。

【図 2 5】走査線駆動回路（乾燥処理なし）の動作時間に対する動作マージン幅（電圧）の変化を示すグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0 0 2 4】

以下に、図面を用いて、本発明の実施の形態について詳細に説明する。ただし、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは、当業者であれば容易に理解される。したがって、本発明は、以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0 0 2 5】

また、発明の実施の形態の説明に用いられる図面において、同一部分又は同様な機能を有する部分には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略することがある。

【0 0 2 6】

（実施の形態 1）

<液晶パネルの構成>

図 1－図 6、並びに図 1 0 A 及び図 1 0 B を用いて、本実施の形態の液晶パネルを説明する。

【0 0 2 7】

図 1 0 A は、液晶パネル 1 0 の構成の一例を示すブロック図である。液晶パネル 1 0 は、表示部 3 0、走査線駆動回路 4 1、走査線駆動回路 4 2、及びデータ線駆動回路 4 3 を有する。液晶パネル 1 0 は、駆動回路（4 1～4 3）と表示部 3 0 が同一基板 1 0 0 上に形成されており、液晶モジュールと呼ばれることもある。筐体に、液晶パネル 1 0、その制御回路、電源回路、及びバックライトモジュール等を組み込むことで液晶表示装置が構成される。

【0 0 2 8】

表示部 3 0 は、走査線 1 1 0 及びデータ線 1 1 1 に接続された複数の画素 3 1 を有する。図 1 0 B は、画素 3 1 の構成例を示す回路図である。

【0 0 2 9】

画素 3 1 は、トランジスタ 3 5、液晶素子 3 6 を有する。トランジスタ 3 5 は、液晶素子 3 6 とデータ線 1 1 1 との電氣的接続を制御するスイッチング素子であり、走査線 1 1 0 を介して、そのゲートから入力される走査信号によりオン、オフが制御される。

【0 0 3 0】

図 1 は、液晶パネル 1 0 の構成の一例を示す平面図である。図 2 は、液晶パネル 1 0 の構成例の一例を示す断面図であり、図 1 の B 1－B 2 による断面図に対応する。液晶パネ

10

20

30

40

50

ル 1 0 は、表示部 3 0、走査線駆動回路 4 1、走査線駆動回路 4 2、データ線駆動回路 4 3 及び端子部 6 0 を有する。

【0031】

図 3 は、画素 3 1 の構成例を示す平面図である。図 4 は、画素の構成の一例を示す断面図であり、図 3 の切断線 A 1 - A 2 による断面図である。図 5 は、画素の構成の一例を示す断面図であり、図 3 の切断線 A 3 - A 4 による断面図である。ここでは、液晶パネル 1 0 に FFS モードの画素 3 1 を適用している。

【0032】

表示部 3 0、走査線駆動回路 4 1、走査線駆動回路 4 2、データ線駆動回路 4 3 は、それぞれ、酸化物半導体を用いたトランジスタが形成されている。図 2 には、データ線駆動回路 4 3 のトランジスタ 4 5 を示し、図 4 には、画素 3 1 のトランジスタ 3 5 を示している。表示部 3 0、駆動回路（4 1 ~ 4 3）には、同じ構造のトランジスタが作製されている。表示部 3 0、及び駆動回路（4 1 ~ 4 3）のトランジスタには、ボトムゲート型であり、かつ半導体層が結晶部を有する酸化物半導体で構成されているトランジスタが用いられる。

【0033】

走査線駆動回路 4 1、走査線駆動回路 4 2 の一方は奇数行の走査線 1 1 0 が接続され、他方は偶数行の走査線 1 1 0 が接続されている。データ線駆動回路 4 3 はデータ線 1 1 1 が接続されている。画素 3 1 のトランジスタ 3 5 は、走査線 1 1 0 及びデータ線 1 1 1 に接続されている。

【0034】

基板 1 0 0 と基板 2 0 0 の間には、シール部材 2 1 5 により封止された液晶層 1 4 0 が存在している。液晶パネル 1 0 のセルギャップは、基板 2 0 0 に形成されたスペーサ 2 4 1 に維持されている（図 5 参照）。図 3 及び図 5 に示すように、スペーサ 2 4 1 は、走査線 1 1 0 及びデータ線 1 1 1 が重なる領域に形成されている。このような領域は、液晶材料の配向が乱れる領域であり表示に寄与しない。このような領域に形成することで、画素 3 1 の開口率を高くすることができ、その開口率を 5 0 % 以上とすることが可能である。

【0035】

基板 1 0 0 には、シール部材 2 1 5 の外側に FPC 6 1 との接続用の端子部 6 0 が形成されている。端子部 6 0 は、上層が共通電極 1 1 5 と同じ透明導電膜から形成された電極 1 6 2 が形成されており、異方性導電膜 6 5 により FPC 6 1 と電極 1 6 2 が電氣的に接続される。配線 1 6 1 は、表示部 3 0、駆動回路（4 1 ~ 4 3）等に電氣的に接続された配線であり、データ線 1 1 1 を構成する導電膜から形成される。なお、電極 1 6 2 と表示部 3 0 及び駆動回路（4 1 ~ 4 3）とを接続する配線として、走査線 1 1 0 と同じ導電膜から形成した配線を形成することもできる。

【0036】

<画素について>

画素 3 1 において、有機樹脂膜 1 3 5 上に、共通電極 1 1 5 及び画素電極 1 1 6 が絶縁膜 1 3 6 を挟んで対向している。共通電極 1 1 5 は、表示部 3 0 において 1 つの電極として構成されており、各画素 3 1 の画素電極 1 1 6 とトランジスタ 3 5 との接続部に、開口が形成されている。

【0037】

画素電極 1 1 6 は、画素 3 1 毎に分割して形成されており、ここでは、画素電極 1 1 6 に楕円状の領域を設けている。画素 3 1 の液晶素子 3 6（図 1 0 B 参照）は、共通電極 1 1 5、画素電極 1 1 6 及び液晶層 1 4 0 で構成される。共通電極 1 1 5 と画素電極 1 1 6 間に形成される電界の作用により液晶層 1 4 0 の液晶材料の配向が変化される。

【0038】

なお、共通電極 1 1 5 において、画素電極 1 1 6 と重なる部分にスリット状の開口を形成することもできる。

【0039】

10

20

30

40

50

また、画素電極 116 と共通電極 115 が絶縁膜 136 を介して重なる領域は、容量 C1 を構成する（図 10B 参照）。そのため、画素 31 に補助容量線を別途作製することで形成される保持容量 C2 が不要である。つまり、液晶素子 36 の保持容量としては、画素電極 116、共通電極 115 及び絶縁膜 136 でなる容量 C1 (> 0 [fF]) が設けられ、補助容量配線を電極とする容量 C2 が設けられていない。つまり、容量値は、C1 は 0 [fF] を超え、百乃至数百 [fF] 程度とすることができ。他方、C2 は 0 [fF] である。

【0040】

よって、画素 31 に開口率を低下させる補助容量線を形成することがなく、液晶素子 36 に並列に容量 C1 が付加されているため、開口率を高くすることができる。そのため、開口率を 50% 以上にすることが可能であり、さらに 60% 以上にすることも可能である。

10

【0041】

基板 200 には、ブラックマトリクス 210、カラーフィルタ 211、オーバーコート 212、配向膜 213 が形成されている。カラーフィルタ 211 は画素電極 116 と重なる領域に形成されている。ブラックマトリクス 210 は有機樹脂膜で形成されており、走査線 110 及びデータ線 111 等の表示に寄与しない領域を隠すように設けられている。

【0042】

図 6 に示すように、共通電極 115 は、絶縁膜 131 上の配線 117 に電氣的に接続されている。配線 117 は、表示部 30 の外側に形成されており、配線 117 は、図 2 の配線 161 と同様に、端子部 60 の電極 162 に電氣的に接続されている。このような構造により、共通電極 115 の液晶パネル 10 外部から一定電位を印加することができる。

20

【0043】

図 3 に示すように画素 31 を FFS モードの画素構造としたが、IPS モード等他の横電界方式の画素構造にしてもよい。また、基板 200 側に共通電極を設ける縦電界方式の画素構造にしてもよい。指等で画面を押したときの電界の乱れが、縦電界方式よりも横電界方式の方が少ないため、タッチパネル用の液晶パネルとしては、横電界方式の液晶パネルの方がより適している。

【0044】

また、FFS モードの液晶パネルは、IPS モードの液晶パネルよりも広い視野角、高いコントラストが得られ、また、IPS モードのものよりも低電圧駆動が可能であるため、酸化物半導体でなるトランジスタを適用することにより、モバイル型電子機器の高精細表示装置として非常に好適である。

30

【0045】

<トランジスタの作製>

以下、図 1 に示す液晶パネル 10 の回路基板の作製方法を示す。

【0046】

まず、図 8A 乃至図 9C を用いて、表示部 30、駆動回路 (41~43) のトランジスタの作製方法を説明する。図 8A 乃至図 9C は、表示部 30 のトランジスタ 35 の作製方法の一例を示す断面図であるが、駆動回路 (41~43) のトランジスタも同様の構成で同時に基板 100 上に作製される。

40

【0047】

図 8A に示すように、基板 100 上に、第 1 層目の配線及び電極を構成する導電膜 301 を形成する。

【0048】

基板 100 としては、例えば、ガラス基板、セラミック基板、石英基板、サファイア基板等が用いられる。基板 200 についても、同様である。

【0049】

また、基板 100 として、ガラス基板が好適である。例えば、第 5 世代 (1000 mm × 1200 mm 又は 1300 mm × 1500 mm)、第 6 世代 (1500 mm × 1800

50

mm)、第7世代(1870mm×2200mm)、第8世代(2200mm×2500mm)、第9世代(2400mm×2800mm)、第10世代(2880×3130mm)等の大型ガラス基板を用いる場合、液晶表示装置の作製工程における加熱処理等で生じる基板100の縮みによって、微細な加工が困難になる場合がある。そのため、前述したような大型ガラス基板を基板100として用いる場合、加熱処理による縮みの小さいものを用いることが好ましい。例えば、基板100として、400℃、好ましくは450℃、さらに好ましくは500℃の温度で1時間加熱処理を行った後の縮み量が10ppm以下、好ましくは5ppm以下、さらに好ましくは3ppm以下である大型ガラス基板を用いるとよい。

【0050】

導電膜301としては、アルミニウム、チタン、クロム、コバルト、ニッケル、銅、イットリウム、ジルコニウム、モリブデン、ルテニウム、銀、タンタル及びタングステンを一種以上含む導電性材料でなる膜を1層又は2層以上形成するとよい。例えば、導電膜301として、窒化タングステン膜上に銅膜を積層した膜や、タングステン単層膜を形成することができる。

【0051】

次に、フォトリソグラフィ工程とエッチング工程により、トランジスタのゲート電極を形成する。第1のフォトリソマスクを用いて、レジストからなるマスク(以下、レジストマスクと呼ぶ。)を導電膜301上に形成する。導電膜301をエッチングして、走査線110を形成する。そして、レジストマスクを除去する(図8B)。

【0052】

また、図7に示す配線171も形成される。図7は、表示部30の外部に形成される配線(電極)の接続構造の一例を示す断面図であり、第1層目の配線/電極と、第2層目の配線/電極との接続構造を示している。このような接続構造は、駆動回路(41~43)や、引き回し配線等に適用される。

【0053】

走査線110(第1層目の配線、電極)を覆って、絶縁膜131を形成し、絶縁膜131上に、ここでは、3層構造の酸化物半導体膜(311~313)を形成する。ここでは、酸化物半導体膜311~313として、スパッタリング法によりIn-Ga-Zn酸化物膜を形成する。

【0054】

絶縁膜131は、トランジスタのゲート絶縁膜を構成する。絶縁膜131としては、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、酸化ガリウム、酸化ゲルマニウム、酸化イットリウム、酸化ジルコニウム、酸化ランタン、酸化ネオジム、酸化ハフニウム、及び酸化タンタルを一種以上含む絶縁膜を、単層で、又は積層して用いればよい。

【0055】

例えば、2層構造の絶縁膜131とする場合、1層目を窒化シリコン膜とし、2層目を酸化シリコン膜とした多層膜とすればよい。2層目の酸化シリコン膜は酸化窒化シリコン膜にすることができる。また、1層目の窒化シリコン膜を窒化酸化シリコン膜とすることができる。

【0056】

酸化シリコン膜は、欠陥密度の小さい酸化シリコン層を用いると好ましい。具体的には、電子スピン共鳴(ESR:Electron Spin Resonance)にて測定された信号から得られる、g値が2.001を持つスピンのスピン密度が 3×10^{17} spins/cm³以下、好ましくは 5×10^{16} spins/cm³以下である酸化シリコン層を用いる。酸化シリコン層は、過剰酸素を有する酸化シリコン層を用いると好ましい。窒化シリコン層は水素及びアンモニアの放出量が少ない窒化シリコン層を用いる。水素、アンモニアの放出量は、TDS(Thermal Desorption Spectroscopy:昇温脱離ガス分光法)分析にて測定すればよい。

10

20

30

40

50

【0057】

なお、窒化酸化シリコンとは、窒素の含有量が酸素より大きい絶縁材料であり、他方、酸化窒化シリコンとは、酸素の含有量が窒素より大きな絶縁材料のことをいう。

【0058】

3層構造の酸化物半導体膜（311～313）は、トランジスタの半導体層120を構成する膜である。ここでは、3層構造の酸化物半導体（311～313）を形成したが、半導体層120は多層膜でも、単層膜でもよく、多層膜の場合、3層構造に限定されるものではない。（図8C）。

【0059】

次に、フォトリソグラフィ工程とエッチング工程により、トランジスタの半導体層120を形成する。第2のフォトマスクを用いて、レジストマスクを酸化物半導体膜311上に形成し、酸化物半導体膜（311～313）をエッチングして、半導体層120を形成する。そして、レジストマスクを除去する（図8D）。

【0060】

トランジスタの半導体層120については、実施の形態2で説明する。ここでは、トランジスタのチャンネルが、半導体層120のうち、主として酸化物半導体膜312に形成されるように、酸化物半導体膜（311～313）を設けている。

【0061】

図9Aに示すように、基板100全体に、第2層目の配線及び電極を構成する導電膜302を形成する。導電膜302は、導電膜301と同様に形成することができる。ここでは、導電膜302を3層構造とする。1層目、3層目をチタン膜で形成し、2層目をアルミニウム膜で形成する。チタン膜、アルミニウム膜はスパッタリング法で形成する。

【0062】

次に、第3のフォトマスクを用いてレジストマスクを導電膜302及び絶縁膜131上に形成する。このレジストマスクを用いて、導電膜302をエッチングして、半導体層120に接続されるデータ線111、及び電極112を形成する（図9B）。データ線111、電極112は、トランジスタのソース電極、ドレイン電極として機能する。

【0063】

また、導電膜302からは2層目の配線／電極として、図2に示す配線161、図6に示す配線117、及び図7に示す配線172等も形成される。図6の配線117は、共通電極115を端子部60に接続するための引き回し配線である。

【0064】

次に、基板100全体を覆って、無機絶縁膜を形成する。ここでは、3層の無機材料となる絶縁膜132～134を形成する。特に、絶縁膜132及び絶縁膜133は酸化物膜とし、絶縁膜133は窒化物膜とすることが好ましい。また、絶縁膜133を窒化物絶縁膜とすることで外部から水素や水等の不純物がトランジスタの半導体層に入ることを抑制できる。なお、絶縁膜132は設けない構造であってもよい。

【0065】

また、絶縁膜132及び絶縁膜134の一方又は双方を酸化物膜とした場合、化学量論的組成よりもより多くの酸素を含むことが好ましい。このようにすることで、酸化物半導体膜311～313からの酸素の脱離を防止するとともに、酸素過剰領域に含まれる該酸素を酸化物半導体膜に移動させ、酸素欠損を補填することが可能となる。

【0066】

例えば、昇温脱離ガス分析（以下、TDS（Thermal Desorption Spectroscopy）による分析とする。）によって測定される酸素分子の放出量が、 1.0×10^{18} 分子/cm³以上ある酸化絶縁膜を用いることで、該酸化物半導体膜に含まれる酸素欠損を補填することができる。なお、絶縁膜132及び絶縁膜133の一方又は双方において、化学量論的組成よりも過剰に酸素を含む領域（酸素過剰領域）が部分的に存在していてもよく、少なくとも酸化物半導体膜（311～313）でなる半導体層120と重畳する領域に酸素過剰領域が存在することで、酸化物半導体膜（311～

10

20

30

40

50

313)からの酸素の脱離を防止するとともに、酸素過剰領域に含まれる酸素を酸化物半導体膜(311~313)に移動させ、酸素欠損を補填することが可能となる。

【0067】

絶縁膜133が化学量論的組成よりも多くの酸素を含む酸化物膜である場合、絶縁膜132は、酸素を透過する酸化物膜であることが好ましい。なお、絶縁膜132において、外部から絶縁膜132に入った酸素の一部は膜中にとどまる。また、予め絶縁膜132に含まれている酸素が外部へ拡散する場合もある。そのため、絶縁膜132は酸素の拡散係数が大きい酸化絶縁膜であることが好ましい。

【0068】

絶縁膜132の厚さは、5nm以上150nm以下、好ましくは5nm以上50nm以下、好ましくは10nm以上30nm以下とすることができる。絶縁膜131の厚さは、30nm以上500nm以下、好ましくは150nm以上400nm以下とすることができる。

【0069】

絶縁膜134を窒化物絶縁膜とする場合、絶縁膜132及び絶縁膜134の一方又は双方が窒素に対するバリア性を有する絶縁膜であることが好ましい。例えば、緻密な酸化物絶縁膜とすることで窒素に対するバリア性を有することができ、具体的には、25℃において0.5重量%のフッ酸を用いた場合のエッチング速度が10nm/分以下である酸化絶縁膜とすることが好ましい。

【0070】

なお、絶縁膜132及び絶縁膜134の一方又は双方を、酸化窒化シリコン又は窒化酸化シリコン等、窒素を含む酸化絶縁膜とする場合、SIMS(Secondary Ion Mass Spectrometry)より得られる窒素濃度は、SIMS検出下限以上 $3 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 未満、好ましくは $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすることが好ましい。このようにすることで、トランジスタ35に含まれる酸化物半導体でなる半導体層120への窒素の移動量を少なくすることができる。また、このようにすることで、窒素を含む酸化絶縁膜自体の欠陥量を少なくすることができる。

【0071】

絶縁膜132は次の条件にて形成することができる。PE-CVD装置の真空排気された処理室内に載置された基板を180℃以上400℃以下、さらに好ましくは200℃以上370℃以下に保持する。処理室に原料ガスのシリコンを含む堆積性気体及び酸化性気体を導入して処理室内における圧力を20Pa以上250Pa以下、さらに好ましくは40Pa以上200Pa以下とし、処理室内に設けられた電極に高周波電力を供給する条件である。

【0072】

シリコンを含む堆積性気体の代表例としては、シラン、ジシラン、トリシラン、フッ化シラン等がある。酸化性気体としては、酸素、オゾン、一酸化二窒素、及び二酸化窒素等がある。

【0073】

絶縁膜134として、水素含有量が少ない窒化物絶縁膜を設けてもよい。該窒化物絶縁膜としては、例えば、TDS分析によって測定される水素分子の放出量が、 $5.0 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 未満であり、好ましくは $3.0 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 未満であり、さらに好ましくは $1.0 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 未満である窒化物絶縁膜である。

【0074】

絶縁膜134は、外部から水素や水等の不純物がトランジスタに侵入することを抑制する機能を奏する厚さとする。例えば、50nm以上200nm以下とすればよい。また、その厚さは、好ましくは50nm以上150nm以下であり、さらに好ましくは50nm以上100nm以下である。

10

20

30

40

50

【0075】

絶縁膜132～134は、PE-CVD法又はスパッタリング法等の各種成膜方法を用いて形成することができる。また絶縁膜132～134は真空中で連続して形成することが好ましい。このようにすることで、絶縁膜132、絶縁膜133、及び絶縁膜133のそれぞれの界面に不純物が混入することを抑制することができる。絶縁膜132と絶縁膜133に用いる材料が同種の組成である場合、絶縁膜132と絶縁膜133の界面が明確に分からない場合がある。

【0076】

例えば、絶縁膜132を、PE-CVD法で酸化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜を形成する場合は、以下の成膜条件で成膜することができる。基板を180℃以上400℃以下、さらに好ましくは200℃以上370℃以下に保持し、処理室に原料ガスのシリコンを含む堆積性気体及び酸化性気体を導入して処理室内における圧力を20Pa以上250Pa以下、さらに好ましくは40Pa以上200Pa以下とし、処理室内に設けられた電極に高周波電力を供給する条件である。

【0077】

シリコンを含む堆積性気体の代表例としては、シラン、ジシラン、トリシラン、及びフッ化シラン等がある。酸化性気体としては、酸素、オゾン、一酸化二窒素、及び二酸化窒素等がある。

【0078】

なお、シリコンを含む堆積性気体に対する酸化性気体量を100倍以上とすることで、絶縁膜132に含まれる水素含有量を低減することが可能であると共に、絶縁膜132に含まれるダングリングボンドを低減することができる。絶縁膜133から移動する酸素は、絶縁膜132に含まれるダングリングボンドによって捕獲される場合があるため、絶縁膜132に含まれるダングリングボンドが低減されていると、絶縁膜133に含まれる酸素を効率よく半導体層120へ移動させ、半導体層120の酸素欠損を補填することが可能である。この結果、半導体層120に混入する水素量を低減できると共に酸化物半導体膜に含まれる酸素欠損を低減させることが可能である。

【0079】

絶縁膜133として、PE-CVD装置で酸化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜を形成する場合、以下の形成条件とすることで、絶縁膜133の酸素濃度を高くすることができる。絶縁膜133（絶縁膜131）の原料ガスは、絶縁膜132と同様である。

【0080】

基板を180℃以上260℃以下、さらに好ましくは180℃以上230℃以下に保持する。処理室に原料ガスを導入して処理室内における圧力を100Pa以上250Pa以下、さらに好ましくは100Pa以上200Pa以下とし、処理室内に設けられた電極に0.17W/cm²以上0.5W/cm²以下、さらに好ましくは0.25W/cm²以上0.35W/cm²以下の高周波電力を供給する。

【0081】

絶縁膜133の成膜時に、上記のようなパワー密度の高周波電力を供給することで、プラズマ中で原料ガスの分解効率が高まり、酸素ラジカルが増加し、原料ガスの酸化が進むため、絶縁膜133中における酸素含有量が化学量論的組成よりも多くなる。しかしながら、基板温度が、上記温度であると、シリコンと酸素の結合力が弱いため、加熱により酸素の一部が脱離する。この結果、化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含み、加熱により酸素の一部が脱離する酸化絶縁膜を形成することができる。また、半導体層120上に絶縁膜132が設けられている。このため、絶縁膜133の形成工程において、絶縁膜132が半導体層120の保護膜となる。この結果、パワー密度の高い高周波電力を用いて絶縁膜133を形成しても、半導体層120へのダメージを抑制できる。

【0082】

また、酸化シリコン膜等酸素を含む絶縁膜は厚く形成するほど、加熱によって脱離する酸素の量を多くすることができることから、絶縁膜133は絶縁膜132より厚く設ける

10

20

30

40

50

ことが好ましい。絶縁膜 132 を設けることで絶縁膜 133 を厚く設ける場合でも被覆性を良好にすることができる。

【0083】

例えば、絶縁膜 134 として、水素含有量が少ない窒化シリコン膜を P E - C V D 装置で形成する場合、次の条件で成膜することができる。基板を 80℃以上 400℃以下、さらに好ましくは 200℃以上 370℃以下に保持し、処理室に原料ガスを導入して処理室内における圧力を 100Pa 以上 250Pa 以下とし、好ましくは 100Pa 以上 200Pa 以下とし、処理室内に設けられた電極に高周波電力を供給する。

【0084】

絶縁膜 134 の原料ガスとしては、シリコンを含む堆積性気体、窒素、及びアンモニアを用いることが好ましい。シリコンを含む堆積性気体の代表例としては、シラン、ジシラン、トリシラン、フッ化シラン等がある。また、窒素の流量は、アンモニアの流量に対して 5 倍以上 50 倍以下、好ましくは 10 倍以上 50 倍以下とすることが好ましい。なお、原料ガスとしてアンモニアを用いることで、シリコンを含む堆積性気体及び窒素の分解を促すことができる。これは、アンモニアがプラズマエネルギーや熱エネルギーによって解離し、解離することで生じるエネルギーが、シリコンを含む堆積性気体分子の結合及び窒素分子の結合の分解に寄与するためである。このようにすることで、水素含有量が少なく、外部から水素や水等の不純物が入ることを抑制することが可能な窒化シリコン膜を形成することができる。

【0085】

少なくとも絶縁膜 133 を形成した後に加熱処理を行い、絶縁膜 132 又は絶縁膜 133 に含まれる過剰酸素を半導体層 120 に移動させ、半導体層 120 の酸素欠損を補填することが好ましい。なお、該加熱処理は、半導体層 120 の脱水素化又は脱水化を行う加熱処理として行えばよい。

【0086】

以上の工程で、液晶パネルの画素 31 及び駆動回路 (41~43) のトランジスタを作製することができる。

【0087】

＜画素電極、共通電極の作製＞

次に、図 3 乃至図 6 を参照して、画素 31 に、画素電極 116 及び共通電極 115 を作製する工程を説明する。

【0088】

トランジスタを覆って有機樹脂膜 135 を形成する。有機樹脂膜 135 は、共通電極 115 及び画素電極 116 の下地膜であり、トランジスタ、配線等による凹凸を低減するための平坦化膜として形成される。有機樹脂膜 135 には、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂等を用いることができる。

【0089】

第 4 のフォトマスクを用いて、有機樹脂膜 135 上にレジストマスクを形成する。このレジストマスクを用いたエッチング工程により、無機材料でなる絶縁膜 131~134 及び有機樹脂膜 135 を貫通するコンタクトホールを形成する。ここで形成されるコンタクトホールは、絶縁膜 131 上の第 2 層目の配線／電極と、有機樹脂膜 135 上に形成される配線／電極とを接続するためのものである。例えば、共通電極 115 と絶縁膜 131 上の配線 117 とを接続するためのコンタクトホール等も形成される (図 6 参照)。

【0090】

なお、フォトマスクが 1 つ増えることになるが、有機樹脂膜 135 にコンタクトホールを形成するためのフォトマスクと、絶縁膜 131~134 にコンタクトホールを形成するためのフォトマスクを別のマスクにすることもできる。

【0091】

次に、有機樹脂膜 135 上に透明導電膜を形成する。第 5 のフォトマスクを用いて、この透明導電膜上にレジストマスクを形成する。このレジストマスクを用いて、透明導電膜

をエッチングして、共通電極 115 を形成する。更に、透明導電膜からは、図 2 に示す端子部 60 の電極 162、図 7 の電極 173 等も形成される。

【0092】

図 7 に示すように、第 3 層目の電極 173 により、第 1 層目の配線 171 と第 2 層目の配線 172 とが接続される。なお、図 7 と同様な接続部には、導電膜 301 により電極が形成されているものもあり、また導電膜 302 により電極が形成されているものもある。

【0093】

図 7 のように第 3 層目の電極 173 により、配線 171 と配線 172 とを接続するようにすることで、配線 171 と配線 172 とが直接接する接続部を作製する場合よりも、フォトマスクを 1 枚少なくすることができる。それは、配線 171 と配線 172 とが直接接するような接続部とするには、導電膜 302 を形成する前に、絶縁膜 131 にコンタクトホールを形成するためのフォトマスクが必要であるが、図 7 の接続部の作製には、そのフォトマスクが不要であるからである。

【0094】

共通電極 115 を覆って、基板 100 全体に絶縁膜 136 を形成する。この絶縁膜 136 は、外部から水や不純物の侵入を防ぐためのパッシベーション膜として形成される。また、絶縁膜 136 は、共通電極 115 と画素電極 116 が重なった領域に形成される容量の誘電体を構成する。絶縁膜 136 は、絶縁膜 134 と同様に、窒化物又は窒化酸化物となる絶縁膜が好ましく、例えば、窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜等を形成すればよい。

【0095】

第 6 のフォトマスクを用いて、絶縁膜 136 上にレジストマスクを形成する。このレジストマスクを用いたエッチングにより、絶縁膜 136 をエッチングして、電極 112 に達するコンタクトホールを少なくとも形成する。

【0096】

絶縁膜 136 上に透明導電膜を形成する。第 7 のフォトマスクを用いて、透明導電膜上にレジストマスクを形成する。このレジストマスクを用いて透明導電膜をエッチングして、画素電極 116 を形成する。画素電極 116 は電極 112 に接続されている。

【0097】

なお、共通電極 115 及び画素電極 116 を構成する透明導電膜としては、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、インジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、及び酸化ケイ素を添加したインジウム錫酸化物等となる膜を用いることができる。後述する、セル組み工程において、基板 100 には、配向膜 137 が形成される。

【0098】

ここでは、基板 100 側に、セルギャップを維持するためのスペーサ 241 を形成する。画素電極 116 上に、感光性硬化樹脂剤を塗布し、第 8 のフォトマスクを介して樹脂剤を露光し、現像処理して、樹脂となるスペーサ 241 を各画素に形成する。

【0099】

<カラーフィルタ、ブラックマトリクス及びスペーサの作製>

ここでは、基板 200 に、ブラックマトリクス 210、カラーフィルタ 211、オーバーコート 212 を作製する。ブラックマトリクス 210、カラーフィルタ 211 を基板 100 に形成することもできる。基板 200 に、セルギャップを維持するためのスペーサ 241 を形成する。なお、スペーサ 241 は、基板 100 側に形成することもできる。

【0100】

オーバーコート 212 上に、感光性硬化樹脂剤を塗布し、第 8 のフォトマスクを介して樹脂剤を露光し、現像処理して、樹脂となるスペーサ 241 を形成する。後述するセル工程において、基板 200 には、配向膜 213 が形成される。

【0101】

<セル工程>

以下、セル工程を説明する。液晶材料を封入した状態で、表示部 30、駆動回路（41～43）及び端子部 60 が形成された基板 100（以下、回路基板 100 と呼ぶ。）と、カラーフィルタ 211 等が形成された基板 200（以下、カラーフィルタ基板 200 と呼ぶ。）を貼り合わせて、液晶パネル 10 を作製する。

【0102】

水の侵入により、酸化物半導体を用いたトランジスタは、しきい値電圧が変動する等、信頼性が低下する。そこで、上述したように、回路基板 100 の作製工程において、連続成膜や、脱水素化のための加熱処理等酸化物半導体の不純物の除去（高純度化処理）を行うことが好ましい。また、セル工程においても、液晶パネル内部に不純物、特に水分を取り込まないようにすることが好ましい。液晶パネルは液晶材料の存在により、有機 EL パネルのように、乾燥剤等を内部に配置することは困難であるため、セル工程で液晶パネル内部に水分を取り込ませないことが好ましい。有機樹脂膜は無機絶縁膜と比較して吸湿性が高いため、有機樹脂膜 135 の形成からセル工程までの間に、水の濃度が上昇しやすい。回路基板 100 やカラーフィルタ基板 200 が水分を多く含む状態で、セル工程を行うと、液晶パネルの信頼性を低下させる原因となる。

【0103】

そこで、セル工程において、回路基板 100 やカラーフィルタ基板 200 から水分を除去する乾燥処理を行い、水分が再付着しない環境下で液晶パネルを作製する。例えば、セル工程は、気密性のある処理室で行う。また、回路基板 100 及びカラーフィルタ基板 200 から水分を除去する 100℃以上の加熱処理を行うようにする。以下、セル工程の詳細を説明する。

【0104】

<配向膜の形成>

回路基板 100 及びカラーフィルタ基板 200 に、それぞれ、配向膜 137 及び配向膜 213 を作製する。回路基板 100 を洗浄した後、配向膜 137 を形成するためにポリイミド樹脂を印刷法等により、回路基板 100 表面に塗布し、焼成して配向膜 137 を形成する。配向膜 137 にラビングや光照射により配向処理をする。カラーフィルタ基板 200 にも同様に配向膜 213 を形成する。

【0105】

これ以降の工程は、気密性を有する処理室内で大気開放せずに行われる。各処理室の露点温度は -60℃以下とし、好ましくは -75℃以下とする。例えば、各処理室の露点温度を -60℃乃至 -80℃程度にする。

【0106】

つまり、基板 100 及び基板 200 の内側に全ての構造物を形成した後は、セル工程完了まで、回路基板 100 及びカラーフィルタ基板 200 は、常に、露点温度が -60℃以下という水分が極少ない減圧雰囲気下に置かれる。なお、基板の搬送時等処理室内を減圧状態にしない場合等は、雰囲気を窒素やアルゴン等の不活性雰囲気とする。

【0107】

<乾燥処理>

回路基板 100 及びカラーフィルタ基板 200 に乾燥処理を行う。乾燥処理として減圧下での熱処理を行う。加熱温度は 100℃以上とし、150℃以上が好ましい。また、加熱温度の上限は、回路基板 100 及びカラーフィルタ基板 200 に使用されている材料にもよるため、使用されている材料、減圧時の圧力を考慮して設定することができる。例えば、加熱温度の上限は、樹脂材料としてアクリル系樹脂が使用されている場合、180℃乃至 250℃とすることができ、ポリイミド系樹脂が使用されている場合、250℃乃至 300℃とすることができ、

【0108】

また、減圧状態としては大気圧未満とすればよく、1Pa 以下が好ましく、 1×10^{-4} 以下がより好ましい。例えば、処理室の圧力を 1×10^{-4} 乃至 1×10^{-7} Pa とす

10

20

30

40

50

る。

【0109】

<シール材塗布、液晶滴下>

次に、液晶材料を封止するためカラーフィルタ基板200に、シール材を塗布する。ここでは、液晶滴下法(ODF)用の紫外線硬化シール材を塗布する。次に、カラーフィルタ基板200のシール材で囲われた領域に液晶材料を滴下する。この工程は、窒素雰囲気で行われる。

【0110】

<貼り合わせ工程>

次に、貼り合わせ用の処理室に、回路基板100及びカラーフィルタ基板200を搬送する。処理室内を減圧状態とし、回路基板100とカラーフィルタ基板200を貼り合わせる。そして、貼り合わされた回路基板100及びカラーフィルタ基板を別の処理室に移動し、そこで紫外線を照射してシール材を硬化させて、シール部材215を完成させる。この工程は、例えば、窒素雰囲気で行われる。また、処理室の圧力は、20kPa乃至0.1Paとすればよく、100Pa乃至1Paがより好ましい。

【0111】

以上のセル工程を経て、液晶層140を回路基板100及びカラーフィルタ基板200の間に液晶層140が封止された液晶パネルが作製できる。このようにセル工程において、回路基板100及びカラーフィルタ基板200の乾燥処理(加熱処理)の実施と、これら基板の乾燥状態を維持するための雰囲気制御を行うことにより、水分が原因とされる液晶パネルの劣化を抑制することができる。この点については、実施例1にて説明する。

【0112】

よって、本実施の形態により、バックプレーン(回路基板100)に酸化物半導体が使用された液晶表示装置の水分による劣化を低減することができる。高信頼の酸化物半導体を用いた液晶表示装置を提供することが可能になる。

【0113】

また、FFSモードの画素構造と結晶性酸化物半導体膜でなるトランジスタの組み合わせにより、高信頼、高精細化、低消費電力の液晶表示装置の実現が可能である。

【0114】

よって、画素の開口率50%以上(好ましくは60%以上)、解像度300dpi以上のFFSモードの液晶表示装置を提供することが可能である。例えば、図11に示す仕様の液晶パネルを作製することが可能である。図11の液晶パネルにおいて、トランジスタは酸化物半導体トランジスタである。

【0115】

なお、本実施の形態では、FFSモードの画素について説明したが、もちろん本実施の形態の技術は、TNモード等他の構造画素についても適用することが可能であり、駆動電圧の低下、信頼性の向上が可能である。

【0116】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることで実施することが可能である。

【0117】

(実施の形態2)

本実施の形態では、液晶パネル10の画素31及び駆動回路(41~43)を構成するトランジスタについて説明する。

【0118】

<半導体層120について>

トランジスタの半導体層120として用いられる酸化物半導体としては、例えば、酸化インジウム、酸化スズ、酸化亜鉛、In-Zn系酸化物、Sn-Zn系酸化物、Al-Zn系酸化物、Zn-Mg系酸化物、Sn-Mg系酸化物、In-Mg系酸化物、In-Ga系酸化物、In-Ga-Zn系酸化物(IGZOとも表記する)、In-Al-Zn系酸化物、In-Sn-Zn系酸化物、Sn-Ga-Zn系酸化物、Al-Ga-Zn系酸

10

20

30

40

50

化物、 $\text{Sn}-\text{Al}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Hf}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Zr}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Ti}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Sc}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Y}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{La}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Ce}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Pr}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Nd}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Sm}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Eu}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Gd}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Tb}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Dy}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Ho}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Er}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Tm}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Yb}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Lu}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Sn}-\text{Ga}-\text{Zn}$ 系酸化物、 $\text{In}-\text{Hf}-\text{Ga}-\text{Zn}$ 系酸化物、及び $\text{In}-\text{Al}-\text{Ga}-\text{Zn}$ 系酸化物等がある。

【0119】

例えば、 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=1:1:1$ 、 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=3:1:2$ 、あるいは $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=2:1:3$ の原子数比の $\text{In}-\text{Ga}-\text{Zn}$ 系酸化物やその組成の近傍の酸化物を用いるとよい。

【0120】

半導体層120を構成する酸化物半導体膜に水素が多量に含まれると、酸化物半導体と結合することによって、水素の一部がドナーとなり、キャリアである電子を生じてしまう。これにより、トランジスタのしきい値電圧がマイナス方向にシフトしてしまう。そのため、酸化物半導体膜の形成後に脱水化処理（脱水素化処理）を行い、酸化物半導体膜から水素及び水分を除去して、不純物が極力含まれないように高純度化することが好ましい。

【0121】

なお、酸化物半導体膜への脱水化処理（脱水素化処理）によって、酸化物半導体膜から酸素も同時に減少してしまうことがある。よって、酸化物半導体膜への脱水化処理（脱水素化処理）によって減少してしまった酸素を酸化物半導体に加える、又は酸素を供給し酸化物半導体膜の酸素欠損を補填することが好ましい。本明細書等において、酸化物半導体膜に酸素を供給する場合を、加酸素化処理、又は過酸素化処理と記す場合がある。

【0122】

このように、酸化物半導体膜は、脱水化処理（脱水素化処理）により、水素又は水分が除去され、加酸素化処理により酸素欠損を補填することによって、 i 型（真性）化又は i 型に限りなく近く実質的に i 型（真性）である酸化物半導体膜とすることができる。なお、実質的に真性とは、酸化物半導体膜中にドナーに由来するキャリアが極めて少なく（ゼロに近く）、キャリア密度が $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下、 $1 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以下、 $1 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 以下、 $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以下、 $1 \times 10^{13} / \text{cm}^3$ 以下であることをいう。

【0123】

また、このように、 i 型又は実質的に i 型である酸化物半導体膜を備えるトランジスタは、極めて優れたオフ電流特性を実現できる。例えば、酸化物半導体膜を用いたトランジスタがオフ状態のときのドレイン電流を、室温（ 25°C 程度）にて $1 \times 10^{-18} \text{ A}$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{-21} \text{ A}$ 以下、さらに好ましくは $1 \times 10^{-24} \text{ A}$ 以下、又は 85°C にて $1 \times 10^{-15} \text{ A}$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{-18} \text{ A}$ 以下、さらに好ましくは $1 \times 10^{-21} \text{ A}$ 以下とすることができる。なお、トランジスタがオフ状態とは、 n チャネル型のトランジスタの場合、ゲート電圧がしきい値電圧よりも十分小さい状態をいう。具体的には、ゲート電圧がしきい値電圧よりも 1 V 以上、 2 V 以上又は 3 V 以上小さければ、トランジスタはオフ状態となる。

【0124】

以下では、酸化物半導体膜の構造について説明する。

【0125】

酸化物半導体膜は、単結晶酸化物半導体膜または非単結晶酸化物半導体膜とすればよい。非単結晶酸化物半導体膜とは、非晶質酸化物半導体膜、微結晶酸化物半導体膜、多結晶酸化物半導体膜、 CAAC-OS （ $\text{C Axis Aligned Crystalline Oxide Semiconductor}$ ）膜などをいう。

【0126】

10

20

30

40

50

なお、酸化物半導体膜は、例えば、非晶質酸化物半導体膜、微結晶酸化物半導体膜、C A A C-O S膜のうち、二種以上を有する積層膜であってもよい。

【0127】

非晶質酸化物半導体膜は、膜中における原子配列が無秩序であり、結晶成分を有さない酸化物半導体膜である。膜全体が完全な非晶質であり、微小領域においても結晶部を有さない酸化物半導体膜が典型である。

【0128】

微結晶酸化物半導体膜は、例えば、1 nm以上10 nm未満の大きさの微結晶（ナノ結晶ともいう。）を含む。従って、微結晶酸化物半導体膜は、非晶質酸化物半導体膜よりも原子配列の規則性が高い。そのため、微結晶酸化物半導体膜は、非晶質酸化物半導体膜よりも欠陥準位密度が低いという特徴がある。

10

【0129】

C A A C-O S膜は、複数の結晶部を有する酸化物半導体膜の一つであり、ほとんどの結晶部は、一辺が100 nm未満の立方体内に収まる大きさである。従って、C A A C-O S膜に含まれる結晶部は、一辺が10 nm未満、5 nm未満または3 nm未満の立方体内に収まる大きさの場合も含まれる。C A A C-O S膜は、微結晶酸化物半導体膜よりも欠陥準位密度が低いという特徴がある。以下、C A A C-O S膜について詳細な説明を行う。

【0130】

なお、以下の説明において、「平行」とは、二つの直線が -10° 以上 10° 以下の角度で配置されている状態をいう。従って、 -5° 以上 5° 以下の場合も含まれる。また、「垂直」とは、二つの直線が 80° 以上 100° 以下の角度で配置されている状態をいう。従って、 85° 以上 95° 以下の場合も含まれる。

20

【0131】

C A A C-O S膜を透過型電子顕微鏡（TEM：Transmission Electron Microscope）によって観察すると、明確な結晶部同士の境界、即ち結晶粒界（グレインバウンダリーともいう。）を確認することができない。そのため、C A A C-O S膜は、粒界に起因する電子移動度の低下が起こりにくいといえる。

【0132】

C A A C-O S膜を、試料面と概略平行な方向からTEMによって観察（断面TEM観察）すると、結晶部において、金属原子が層状に配列していることを確認できる。金属原子の各層は、C A A C-O S膜の膜を形成する面（被形成面ともいう。）または上面の凹凸を反映した形状であり、C A A C-O S膜の被形成面または上面と平行に配列する。

30

【0133】

一方、C A A C-O S膜を、試料面と概略垂直な方向からTEMによって観察（平面TEM観察）すると、結晶部において、金属原子が三角形状または六角形状に配列していることを確認できる。しかしながら、異なる結晶部間で、金属原子の配列に規則性は見られない。

【0134】

断面TEM観察および平面TEM観察より、C A A C-O S膜の結晶部は配向性を有していることがわかる。

40

【0135】

C A A C-O S膜に対し、X線回折（XRD：X-Ray Diffraction）装置を用いて構造解析を行うと、例えばInGaZnO₄の結晶を有するC A A C-O S膜のout-of-plane法による解析では、回折角（ 2θ ）が 31° 近傍にピークが現れる場合がある。このピークは、InGaZnO₄の結晶の（009）面に帰属されることから、C A A C-O S膜の結晶がc軸配向性を有し、c軸が被形成面または上面に概略垂直な方向を向いていることが確認できる。

【0136】

一方、C A A C-O S膜に対し、c軸に概略垂直な方向からX線を入射させるin-pl

50

a n e 法による解析では、 2θ が 56° 近傍にピークが現れる場合がある。このピークは、 InGaZnO_4 の結晶の(110)面に帰属される。 InGaZnO_4 の単結晶酸化物半導体膜であれば、 2θ を 56° 近傍に固定し、試料面の法線ベクトルを軸(ϕ 軸)として試料を回転させながら分析(ϕ スキャン)を行うと、(110)面と等価な結晶面に帰属されるピークが6本観察される。これに対し、CAAC-OSS膜の場合は、 2θ を 56° 近傍に固定して ϕ スキャンした場合でも、明瞭なピークが現れない。

【0137】

以上のことから、CAAC-OSS膜では、異なる結晶部間ではa軸およびb軸の配向は不規則であるが、c軸配向性を有し、かつc軸が被形成面または上面の法線ベクトルに平行な方向を向いていることがわかる。従って、前述の断面TEM観察で確認された層状に配列した金属原子の各層は、結晶のab面に平行な面である。

10

【0138】

なお、結晶部は、CAAC-OSS膜を成膜した際、または加熱処理などの結晶化処理を行った際に形成される。上述したように、結晶のc軸は、CAAC-OSS膜の被形成面または上面の法線ベクトルに平行な方向に配向する。従って、例えば、CAAC-OSS膜の形状をエッチングなどによって変化させた場合、結晶のc軸がCAAC-OSS膜の被形成面または上面の法線ベクトルと平行にならないこともある。

【0139】

また、CAAC-OSS膜中の結晶化度が均一でなくてもよい。例えば、CAAC-OSS膜の結晶部が、CAAC-OSS膜の上面近傍からの結晶成長によって形成される場合、上面近傍の領域は、被形成面近傍の領域よりも結晶化度が高くなることがある。また、CAAC-OSS膜に不純物を添加する場合、不純物が添加された領域の結晶化度が変化し、部分的に結晶化度の異なる領域が形成されることもある。

20

【0140】

なお、 InGaZnO_4 の結晶を有するCAAC-OSS膜のout-of-plane法による解析では、 2θ が 31° 近傍のピークの他に、 2θ が 36° 近傍にもピークが現れる場合がある。 2θ が 36° 近傍のピークは、 ZnGa_2O_4 の結晶の(311)面に帰属されることから、 InGaZnO_4 の結晶を有するCAAC-OSS膜中の一部に、 ZnGa_2O_4 の結晶が含まれることを示している。CAAC-OSS膜は、 2θ が 31° 近傍にピークを示し、 2θ が 36° 近傍にピークを示さないことが好ましい。

30

【0141】

チャネルがCAAC-OSSであるトランジスタは、可視光や紫外光の照射による電気特性の変動が小さい。よって、当該トランジスタは、安定した電気特性を有する。

【0142】

また、CAAC-OSS膜を成膜するために、以下の条件を適用することが好ましい。

【0143】

成膜時の基板温度を高めることで、基板に到達した平板状のスパッタ粒子のマイグレーションが起こり、スパッタ粒子の平らな面が基板に付着する。このとき、スパッタリング粒子が正に帯電することで、スパッタ粒子同士が反発しながら基板に付着するため、スパッタ粒子が偏って不均一に重なることがなく、厚さの均一なCAAC-OSS膜を成膜することができる。具体的には、基板温度を 100°C 以上 740°C 以下、好ましくは 200°C 以上 500°C 以下として成膜することが好ましい。

40

【0144】

また、成膜時の不純物混入を低減することで、不純物によって結晶状態が崩れることを抑制できる。例えば、成膜室内に存在する不純物(水素、水、二酸化炭素及び窒素等)の濃度を低減すればよい。また、成膜ガス中の不純物濃度を低減すればよい。具体的には、露点温度が -80°C 以下、好ましくは -100°C 以下である成膜ガスを用いる。

【0145】

また、成膜ガス中の酸素割合を高め、電力を最適化することで成膜時のプラズマダメージを軽減すると好ましい。成膜ガス中の酸素割合は、30体積%以上、好ましくは100

50

体積％とする。

【0146】

C A A C-O S膜を成膜した後、加熱処理を行ってもよい。加熱処理の温度は、100℃以上740℃以下、好ましくは200℃以上500℃以下とする。また、加熱処理の時間は1分以上24時間以下、好ましくは6分以上4時間以下とする。また、加熱処理は、不活性雰囲気又は酸化性雰囲気で行えばよい。好ましくは、不活性雰囲気で加熱処理を行った後、酸化性雰囲気で加熱処理を行う。不活性雰囲気での加熱処理により、C A A C-O S膜の不純物濃度を短時間で低減することができる。一方、不活性雰囲気での加熱処理によりC A A C-O S膜に酸素欠損が生成されることがある。その場合、酸化性雰囲気での加熱処理によって該酸素欠損を低減することができる。また、加熱処理を行うことで、C A A C-O S膜の結晶性をさらに高めることができる。なお、加熱処理は、1000Pa以下、100Pa以下、10Pa以下又は1Pa以下の減圧下で行ってもよい。減圧下では、C A A C-O S膜の不純物濃度をさらに短時間で低減することができる。

10

【0147】

酸化物半導体膜311は、酸化物半導体膜312を構成する元素一種以上から構成され、伝導帯下端のエネルギーが酸化物半導体膜312よりも0.05eV以上、0.07eV以上、0.1eV以上又は0.15eV以上、かつ2eV以下、1eV以下、0.5eV以下又は0.4eV以下真空準位に近い酸化物膜である。なお、酸化物半導体膜312は少なくともインジウムを含んでいると、キャリア移動度が高くなるため好ましい。このとき、トランジスタのゲート電極（走査線110）に電界を印加すると、多層構造の半導体層120のうち、伝導帯下端のエネルギーが小さい酸化物半導体膜312にチャンネルが形成される。

20

【0148】

即ち、酸化物半導体膜312とゲート絶縁膜（絶縁膜131）との間に酸化物半導体膜311を有することによって、トランジスタのチャンネルを絶縁膜131と接しない酸化物半導体膜312に形成することができる。また、酸化物半導体膜312を構成する元素一種以上から酸化物半導体膜311が構成されるため、酸化物半導体膜312と酸化物半導体膜311との界面において、界面散乱が起こりにくい。従って、該界面においてはキャリアの動きが阻害されないため、トランジスタの電界効果移動度が高くなる。

【0149】

酸化物半導体膜311は、例えば、アルミニウム、シリコン、チタン、ガリウム、ゲルマニウム、イットリウム、ジルコニウム、スズ、ランタン、セリウム又はハフニウムを酸化物半導体膜312よりも高い原子数比で含む酸化物膜とすればよい。具体的には、酸化物半導体膜311として、酸化物半導体膜312よりも前述の元素を1.5倍以上、好ましくは2倍以上、さらに好ましくは3倍以上高い原子数比で含む酸化物膜を用いる。前述の元素は酸素と強く結合するため、酸素欠損が酸化物膜に生じることを抑制する機能を有する。即ち、酸化物半導体膜311は酸化物半導体膜312よりも酸素欠損が生じにくい酸化物膜である。

30

【0150】

或いは、酸化物半導体膜312がIn-M-Zn酸化物であり、酸化物半導体膜311もIn-M-Zn酸化物であるとき、酸化物半導体膜311を $\text{In}:\text{M}:\text{Zn}=\text{x}_1:\text{y}_1:\text{z}_1$ 〔原子数比〕、酸化物半導体膜312を $\text{In}:\text{M}:\text{Zn}=\text{x}_2:\text{y}_2:\text{z}_2$ 〔原子数比〕とすると、 y_1/x_1 が y_2/x_2 よりも大きくなる酸化物半導体膜311及び酸化物半導体膜312を選択する。なお、元素MはInよりも酸素との結合力が強い金属元素であり、例えばAl、Ti、Ga、Y、Zr、Sn、La、Ce、Nd又はHf等が挙げられる。好ましくは、 y_1/x_1 が y_2/x_2 よりも1.5倍以上大きくなる酸化物半導体膜311及び酸化物半導体膜312を選択する。さらに好ましくは、 y_1/x_1 が y_2/x_2 よりも2倍以上大きくなる酸化物半導体膜311及び酸化物半導体膜312を選択する。より好ましくは、 y_1/x_1 が y_2/x_2 よりも3倍以上大きくなる酸化物半導体膜311及び酸化物半導体膜312を選択する。このとき、酸化物半導体膜312に

40

50

において、 y_1 が x_1 以上であるとトランジスタに安定した電気特性を付与できるため好ましい。ただし、 y_1 が x_1 の3倍以上になると、トランジスタの電界効果移動度が低下してしまうため、 y_1 は x_1 と同じか3倍未満であると好ましい。

【0151】

酸化物半導体膜311の厚さは、3nm以上100nm以下、好ましくは3nm以上50nm以下とする。また、酸化物半導体膜312の厚さは、3nm以上200nm以下、好ましくは3nm以上100nm以下であり、さらに好ましくは3nm以上50nm以下である。

【0152】

また、酸化物半導体膜313は、酸化物半導体膜312を構成する元素一種以上から構成され、伝導帯下端のエネルギーが酸化物半導体膜312よりも0.05eV以上、0.07eV以上、0.1eV以上又は0.15eV以上、かつ2eV以下、1eV以下、0.5eV以下又は0.4eV以下真空準位に近い酸化物膜である。酸化物半導体膜312を構成する元素一種以上から酸化物半導体膜313が構成されるため、酸化物半導体膜312と酸化物半導体膜313との界面に界面準位を形成しにくい。該界面が界面準位を有すると、該界面をチャンネルとするしきい値電圧の異なる第2のトランジスタが形成され、トランジスタの見かけ上のしきい値電圧が変動することがある。従って、酸化物半導体膜313を設けることにより、トランジスタのしきい値電圧等の電気特性のばらつきを低減することができる。

【0153】

例えば、酸化物半導体膜313は、アルミニウム、シリコン、チタン、ガリウム、ゲルマニウム、イットリウム、ジルコニウム、スズ、ランタン、セリウム又はハフニウムを酸化物半導体膜312よりも高い原子数比で含む酸化物膜とすればよい。具体的には、酸化物半導体膜313として、酸化物半導体膜312よりも前述の元素を1.5倍以上、好ましくは2倍以上、さらに好ましくは3倍以上高い原子数比で含む酸化物膜を用いる。前述の元素は酸素と強く結合するため、酸素欠損が酸化物膜に生じることを抑制する機能を有する。即ち、酸化物半導体膜313は酸化物半導体膜312よりも酸素欠損が生じにくい酸化物膜である。

【0154】

或いは、酸化物半導体膜312が $In-M-Zn$ 酸化物であり、酸化物半導体膜313も $In-M-Zn$ 酸化物であるとき、酸化物半導体膜312を $In:M:Zn=x_2:y_2:z_2$ 〔原子数比〕、酸化物半導体膜313を $In:M:Zn=x_3:y_3:z_3$ 〔原子数比〕とすると、 y_3/x_3 が y_2/x_2 よりも大きくなる酸化物半導体膜312及び酸化物半導体膜313を選択する。なお、元素MはInよりも酸素との結合力が強い金属元素であり、例えば、Al、Ti、Ga、Y、Zr、Sn、La、Ce、Nd又はHf等が挙げられる。好ましくは、 y_3/x_3 が y_2/x_2 よりも1.5倍以上大きくなる酸化物半導体膜312及び酸化物半導体膜313を選択する。さらに好ましくは、 y_3/x_3 が y_2/x_2 よりも2倍以上大きくなる酸化物半導体膜312及び酸化物半導体膜313を選択する。より好ましくは、 y_3/x_3 が y_2/x_2 よりも3倍以上大きくなる酸化物半導体膜312及び酸化物半導体膜313を選択する。このとき、酸化物半導体膜312において、 y_2 が x_2 以上であるとトランジスタに安定した電気特性を付与できるため好ましい。ただし、 y_2 が x_2 の3倍以上になると、トランジスタの電界効果移動度が低下してしまうため、 y_2 は x_2 と同じか3倍未満であると好ましい。

【0155】

酸化物半導体膜313の厚さは、3nm以上100nm以下、好ましくは3nm以上50nm以下とする。

【0156】

3層構造の半導体層120において、酸化物半導体膜311、酸化物半導体膜312及び酸化物半導体膜313は、非晶質又は結晶質とする。酸化物半導体膜311は非晶質とし、酸化物半導体膜312は結晶質とし、酸化物半導体膜313は非晶質又は結晶質とす

ることが好ましい。チャンネルが形成される酸化物半導体膜 312 が結晶質であることにより、トランジスタに安定した電気特性を付与することができる。

【0157】

＜酸化物半導体膜の形成方法＞

以下、酸化物半導体膜 311～313 として、スパッタリング法により In-Ga-Zn 酸化物膜を形成する方法の一例を示す。

【0158】

酸化物半導体膜 311、及び酸化物半導体膜 313 の成膜には、In-Ga-Zn 酸化物 (In:Ga:Zn=1:3:2 [原子数比]) であるスパッタリング用ターゲットを用いることができる。成膜条件は、例えば、成膜ガスとしてアルゴンガスを 30 sccm、酸素ガスを 15 sccm 用い、圧力 0.4 Pa とし、基板温度を 200 °C とし、DC 電力 0.5 kW とすればよい。

10

【0159】

また、酸化物半導体膜 312 を CAAc-Os 膜として形成する。そのため、成膜には、In-Ga-Zn 酸化物 (In:Ga:Zn=1:1:1 [原子数比]) であり、多結晶 In-Ga-Zn 酸化物を含むスパッタリング用ターゲットを用いることが好ましい。成膜条件は、例えば、成膜ガスとしてアルゴンガスを 30 sccm、酸素ガスを 15 sccm 用い、圧力を 0.4 Pa とし、基板の温度 300 °C とし、DC 電力 0.5 kW とすることができる。

【0160】

以上のようにして形成された半導体層 120 を有するトランジスタは、酸化物半導体膜 312 にチャンネルが形成されることにより、安定した電気特性を有し、高い電界移動度を有する。

20

【0161】

水等の不純物の侵入により、酸化物半導体を用いたトランジスタは、しきい値電圧が変動する等、信頼性が低下する。そこで、実施の形態 1 で述べたように、回路基板 100 の作製工程において、連続成膜や、脱水素化のための加熱処理等酸化物半導体の不純物の除去（高純度化処理）を行うことが好ましい。

【0162】

高純度化された酸化物半導体を用いたトランジスタのオフ電流が低いことは、様々な実験により証明できる。例えば、チャンネル幅が $1 \times 10^6 \mu\text{m}$ でチャンネル長 L が $10 \mu\text{m}$ の素子であっても、ソース電極とドレイン電極間の電圧（ドレイン電圧）が 1 V から 10 V の範囲において、オフ電流が、半導体パラメータアナライザの測定限界以下であった。この測定結果は、トランジスタのオフ電流が $1 \times 10^{-13} \text{ A}$ 以下であることを示している。この場合、トランジスタのチャンネル幅で除した数値に相当するオフ電流は、 $100 \text{ zA} / \mu\text{m}$ 以下であることになる。

30

【0163】

また、容量とトランジスタとを接続して、容量に流入又は容量から流出する電荷を当該トランジスタで制御する回路を用いて、オフ電流の測定を行った。当該測定では、上記トランジスタに高純度化された酸化物半導体膜をチャンネル形成領域に用い、容量の単位時間あたりの電荷量の推移から当該トランジスタのオフ電流を測定した。その結果、トランジスタのソース電極とドレイン電極間の電圧が 3 V の場合に、数十 $\text{yA} / \mu\text{m}$ という、さらに低いオフ電流が得られることが分かった。このように、高純度化された酸化物半導体を用いることで、トランジスタのオフ電流を著しく小さくすることが可能である。

40

【0164】

従って、画素 31 のトランジスタ 35 は、半導体層に酸化物半導体を用いることにより、オフ電流が極めて低いという電気的特性を備えている。オフ電流が極めて低いトランジスタを画素 31 のスイッチング素子として用いることで、画素電極 116 に書き込んだデータ信号に対応する電位のオフ電流に起因する変動を小さくすることができる。

【0165】

50

そのため、画素のスイッチング素子にシリコンが用いられたトランジスタを用いた画素よりも、画素31において、画素電極116、絶縁膜136及び共通電極115で構成される容量C1の容量値を小さくすることができる(図4、及び図10A参照)。容量C1の容量値は、共通電極115と画素電極116との重なる面積が大きいほど、大きくできるが、容量C1の容量値を小さくすることで、共通電極115と画素電極116が重なる領域の面積を小さくすることができるため、画素31の透過率を向上させることができる。透過率の向上により、バックライトの輝度を下げられるため、液晶表示装置全体の消費電力を削減することができる。

【0166】

また、画素電極116に書き込んだデータ信号の電位の変動を抑えることができるため、静止画のように動きの無い画像を表示する期間は、画素31のデータの書換えを1フレーム毎に行うのではなく、2フレーム期間以上データ書換えを行わないようにすることが可能である。このような液晶表示装置の駆動方法の詳細を実施の形態4で説明する。書換え回数を減らすことで、書換えによる電力消費を削減することができる。

【0167】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることで実施することが可能である。

【0168】

(実施の形態3)

図1の液晶パネル10にタッチセンサ(接触検出装置)を設けることで、タッチパネルとして機能させることができる。

【0169】

本実施の形態では、図12乃至図14Bを用いて、タッチパネルについて説明する。

【0170】

図12は、液晶パネル10が用いられたタッチパネル400の構成例を示す断面図である。図13は、タッチパネル400の共通電極421、及び電極422の構成例を示す平面図である。図14Aは、図13の切断線C1-C2による断面図であり、図14Bは、図13の領域240における平面図である。

【0171】

タッチパネル400は、タッチセンサとして静電容量式のセンサを備えている。基板100の外側に偏光板411が取り付けられ、基板200の外側に偏光板412が取り付けられている。

【0172】

基板100の共通電極421は、画素の共通電極及びタッチセンサの容量素子の電極を構成する。基板200と、偏光板412の間には、電極422が設けられている。電極422はタッチセンサの容量素子の電極を構成する。また、液晶パネル10はFFSモードの画素構造のため、基板200側に導電膜が形成されていないので、基板200の帯電防止用の導電体として電極422が機能する。

【0173】

共通電極421及び電極422はストライプ状の形状を有し、共通電極421と電極422は平面において直交するように配置されている。各共通電極421は、引き回し配線431により、基板100に取り付けられたFPC461に接続され、電極422は、引き回し配線432により基板200に取り付けられたFPC462に接続されている。また、図14Aに示すように、共通電極421は、複数の画素に共通に設けられており、画素電極116は画素ごとに設けられており、トランジスタ35に接続されている。

【0174】

共通電極421と電極422が交差している領域にタッチセンサの静電容量が形成される。共通電極421と電極422を一对の電極とする容量素子において、共通電極421はこの容量素子に電位を供給するための電極である。他方、電極422は、容量素子を流れる電流を取り出すための電極である。

【0175】

タッチパネル４００の動作は、画素に映像信号を入力する表示動作と、接触を検出するセンシング動作に大別できる。表示動作時は、共通電極４２１の電位はローレベルに固定されている。センシング期間には、各共通電極４２１にパルス信号が順次印加され、その電位がハイレベルとされる。このとき、指がタッチパネル４００に接触していると、指による容量がタッチセンサの容量素子に付加されるため、容量素子を通る電流が変化し、電極４２２の電位が変化する。電極４２２を順次走査して、電極４２２の電位の変化を検出することで、指の接触位置が検出される。

【０１７６】

上述したように、液晶パネル１０でタッチパネルを構成することで、タッチパネル４００の静電容量を構成する電極として、ＦＦＳモードの液晶パネル１０に元々設けられている帯電防止用の導電体と、画素の共通電極を用いることができるため、軽量、薄型で、かつ高表示品位のタッチパネルを提供することが可能である。

【０１７７】

なお、ここでは、共通電極４２１が画素電極１１６の下側（基板１００側）に設けられている例を示したが、共通電極４２１を画素電極１１６の上側に設けることもできる。

【０１７８】

なお、液晶パネルを用いたタッチパネルの構造は、本実施の形態で示したタッチパネル４００以外の構造を用いてもよい。例えば、静電容量を形成しタッチパネル基板を液晶パネル１０の基板２００側に取り付ける外付け方式のタッチパネルとすることもできる。また、液晶パネル１０の基板２００の外側に取り付ける帯電防止用の導電膜を用いて、表面容量（surface capacitive）型のタッチセンサを構成することもできる。以下、図１５Ａ乃至図１８を用いて、外付け型のタッチパネルに適用されるタッチセンサの構成例を説明する。

【０１７９】

図１５Ａは、タッチセンサの構成例を示す分解斜視図であり、図１５Ｂは、タッチセンサの電極の構成例を示す平面図である。図１６は、タッチセンサ４５０の構成例を示す断面図である。

【０１８０】

図１５Ａ及び図１５Ｂに示すタッチセンサ４５０は、基板４９１上に、Ｘ軸方向に配列された複数の電極４５１と、Ｘ軸方向と交差するＹ軸方向に配列された複数の電極４５２とが形成されている。

【０１８１】

各電極４５１、４５２は、複数の四辺形状の導電膜が接続された構造を有している。複数の電極４５１及び複数の電極４５２は、導電膜の四辺形状の部分の位置が重ならないように、配置されている。電極４５１と電極４５２の交差する部分には、電極４５１と電極４５２が接触しないように間に絶縁膜が設けられている。

【０１８２】

図１６は、電極４５１と電極４５２との接続構造の一例を説明する断面図であり、電極４５１と４５２が交差する部分の断面図を一例として示す。また、図１７は、電極４５１と電極４５２との交差部分の等価回路図である。図１７に示すように、電極４５１と電極４５２の交差する部分には、容量４５４が形成される。

【０１８３】

図１６に示すように、電極４５１は、１層目の導電膜４５１ａおよび導電膜４５１ｂ、ならびに、絶縁膜４８１上の２層目の導電膜４５１ｃにより構成される。導電膜４５１ａと導電膜４５１ｂは、導電膜４５１ｃにより接続されている。電極４５２は、１層目の導電膜４５１ａ、４５１ｂと同じ膜により形成される。電極４５１、４５２及び４７１を覆って絶縁膜４８２が形成されている。絶縁膜４８１、４８２として、例えば、酸化窒化シリコン膜を形成すればよい。なお、基板４９１と電極４５１及び電極４７１の間に絶縁膜となる下地膜を形成してもよい。下地膜としては、例えば、酸化窒化シリコン膜を形成することができる。

10

20

30

40

50

【0184】

電極451と電極452は、可視光に対して透光性を有する導電材料で形成される。例えば、透光性を有する導電材料として、酸化珪素を含む酸化インジウムスズ、酸化インジウムスズ、酸化亜鉛、酸化インジウム亜鉛、ガリウムを添加した酸化亜鉛等がある。

【0185】

導電膜451aは、電極471に接続されている。電極471は、FPCとの接続用端子を構成する。電極452も、電極451と同様、他の電極471に接続される。電極471は、例えば、タングステン膜から形成することができる。

【0186】

電極451、452及び471を覆って絶縁膜482が形成されている。電極471とFPCとを電氣的に接続するために、電極471上の絶縁膜481及び絶縁膜482には開口が形成されている。絶縁膜482上には、基板492が接着剤又は接着フィルム等により貼り付けられている。接着剤又は接着フィルムにより基板491側を液晶パネルのカラーフィルタ基板に取り付けることで、タッチパネルが構成される。

【0187】

図18は、実際にCADを用いて設計したタッチセンサ450のマスク用図面（レイアウト図）である。図18のタッチセンサ450は図11の液晶パネルに搭載用に設計されたものであり、センサ数は $18 \times 12 = 216$ である。

【0188】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることで実施することが可能である。

【0189】

（実施の形態4）

本実施の形態では、液晶表示装置の消費電力低減のための駆動方法について説明する。本実施の形態の駆動方法により、画素に酸化物半導体トランジスタを適用した液晶表示装置の更なる低消費電力化を図ることができる。以下、図19乃至図20を用いて、液晶表示装置の低消費電力化について説明する。

【0190】

図19は、本実施の形態の液晶表示装置の構成例を示すブロック図である。図19に示すように、液晶表示装置500は、表示モジュールとして液晶パネル501を有し、更に、制御回路510を有する。液晶パネル501は、図1の液晶パネル10に対応する。

【0191】

液晶表示装置500には、デジタルデータである画像信号（Video）、及び液晶パネル501の画面の書き換えを制御するための同期信号（SYNC）が入力される。同期信号としては、例えば水平同期信号（Hsync）、垂直同期信号（Vsync）、及び基準クロック信号（CLK）等がある。

【0192】

液晶パネル501は、表示部530、走査線駆動回路540、及びデータ線駆動回路550を有する。表示部530は、図1の表示部30に対応し、複数の画素31を有する。同じ行の画素31は、共通の走査線541により走査線駆動回路540に接続され、同じ列の画素31は共通のデータ線551によりデータ線駆動回路550に接続されている。

【0193】

液晶パネル501には、コモン電圧（Vcom）、並びに電源電圧として高電源電圧（VDD）及び低電源電圧（VSS）が供給される。コモン電圧（以下、Vcomと呼ぶ。）は、表示部530の各画素31に供給される。

【0194】

データ線駆動回路550は、入力された画像信号を処理し、データ信号を生成し、データ線551にデータ信号を出力する。走査線駆動回路540は、データ信号が書き込まれる画素31を選択する走査信号を走査線541に出力する。

【0195】

画素31は、走査信号により、データ線551との電氣的接続が制御されるスイッチン

10

20

30

40

50

グ素子を有する。スイッチング素子がオンとなると、データ線 551 から画素 31 にデータ信号が書き込まれる。

【0196】

画素 31 は、図 10B の画素 31 と同様の構成を有する。Vcom が印加される電極が共通電極 115 に相当する。

【0197】

制御回路 510 は、液晶表示装置 500 全体を制御する回路であり、液晶表示装置 500 を構成する回路の制御信号を生成する回路を備える。

【0198】

制御回路 510 は、同期信号 (SYNC) から、走査線駆動回路 540 及びデータ線駆動回路 550 の制御信号を生成する制御信号生成回路を有する。走査線駆動回路 540 の制御信号として、スタートパルス (GSP)、クロック信号 (GCLK) 等があり、データ線駆動回路 550 の制御信号として、スタートパルス (SSP)、クロック信号 (SCLK) 等がある。例えば、制御回路 510 は、クロック信号 (GCLK、SCLK) として、周期が同じで位相がシフトされた複数のクロック信号を生成する。

【0199】

また、制御回路 510 は、液晶表示装置 500 外部から入力される画像信号 (Video) のデータ線駆動回路 550 への出力を制御する。

【0200】

データ線駆動回路 550 は、デジタル／アナログ変換回路 552 (以下、D-A 変換回路 552 と呼ぶ。) を有する。D-A 変換回路 552 は、画像信号をアナログ変換し、データ信号を生成する。

【0201】

なお、液晶表示装置 500 に入力される画像信号がアナログ信号である場合は、制御回路 510 でデジタル信号に変換し、液晶パネル 501 へ出力する。

【0202】

画像信号は、フレーム毎の画像データでなる。制御回路 510 は、画像信号を画像処理し、その処理で得られた情報を元に、データ線駆動回路 550 への画像信号の出力を制御する機能を有する。そのため、制御回路 510 は、画像信号を画像処理して、フレーム毎の画像データから動きを検出する動き検出部 511 を備える。動き検出部 511 おいて、動きが無いと判定されると、制御回路 510 はデータ線駆動回路 550 への画像信号の出力を停止し、また動きが有ると判定すると画像信号の出力を再開する。

【0203】

動き検出部 511 で行う動き検出のための画像処理としては、特段の制約は無い。例えば、動き検出方法としては、例えば、連続する 2 つフレーム間の画像データから差分データを得る方法がある。得られた差分データから動きの有無を判断することができる。また、動きベクトルを検出する方法等もある。

【0204】

また、液晶表示装置 500 は、入力された画像信号を補正する画像信号補正回路を設けることができる。例えば、画像信号の諧調に対応する電圧よりも高い電圧が画素 31 に書き込まれるように、画像信号を補正する。このような補正を行うことで液晶素子 36 の応答時間を短くすることができる。このように画像信号を補正処理して制御回路 510 を駆動する方法は、オーバードライブ駆動と呼ばれている。また、画像信号のフレーム周波数の整数倍で液晶表示装置 500 を駆動する倍速駆動を行う場合には、制御回路 510 で 2 つのフレーム間を補間する画像データを作成する、或いは 2 つのフレーム間で黒表示を行うための画像データを生成すればよい。

【0205】

以下、図 20 に示すタイミングチャートを用いて、動画像のように動きのある画像と、静止画のように動きの無い画像を表示するための液晶表示装置 500 の動作を説明する。図 20 には、垂直同期信号 (Vsync)、及びデータ線駆動回路 550 からデータ線 5

10

20

30

40

50

51に出力されるデータ信号(Vdata)の信号波形を示す。

【0206】

図20は、3mフレーム期間の液晶表示装置500のタイミングチャートである。ここでは、始めのkフレーム期間及び終わりのjフレーム期間の画像データには動きがあり、その他のフレーム期間の画像データには動きが無いとする。なお、k、jはそれぞれ1以上m-2以下の整数である。

【0207】

最初のkフレーム期間は、動き検出部511において、各フレームの画像データに動きがあると判定される。制御回路510では、動き検出部511の判定結果に基づき、データ信号(Vdata)をデータ線551に出力する。

10

【0208】

そして、動き検出部511では、動き検出のための画像処理を行い、第k+1フレームの画像データに動きが無いと判定すると、制御回路510では、動き検出部511の判定結果に基づき、第k+1フレーム期間に、データ線駆動回路550への画像信号(Video)の出力を停止する。よって、データ線駆動回路550からデータ線551へのデータ信号(Vdata)の出力が停止される。さらに、表示部530のデータの書換えを停止するため、走査線駆動回路540及びデータ線駆動回路550への制御信号(スタートパルス信号、クロック信号等)の供給を停止する。そして、制御回路510では、動き検出部511で、画像データに動きがあるとの判定結果が得られるまで、データ線駆動回路550への画像信号の出力、走査線駆動回路540及びデータ線駆動回路550への制御信号の出力を停止し、データの書換えを停止する。

20

【0209】

なお、本明細書において、液晶パネルに信号を「供給しない」とは、当該信号を供給する配線へ回路を動作させるための所定の電圧とは異なる電圧を印加すること、又は当該配線を電氣的に浮遊状態にすることを指すこととする。

【0210】

表示部530のデータの書換えを停止すると、液晶素子36に同じ方向の電界が印加され続けることになり、液晶素子36の液晶が劣化するおそれがある。このような問題が顕在化する場合は、動き検出部511の判定結果に関わらず、所定のタイミングで、制御回路510から走査線駆動回路540及びデータ線駆動回路550へ信号を供給し、極性を反転させたデータ信号をデータ線551に書き込み、液晶素子36に印加される電界の向きを反転させるとよい。

30

【0211】

なお、データ線551に入力されるデータ信号の極性はVcomを基準に決定される。その極性は、データ信号の電圧がVcomより高い場合は正の極性であり、低い場合は負の極性である。

【0212】

具体的には、図20に示すように、第m+1フレーム期間になると、制御回路510は、走査線駆動回路540及びデータ線駆動回路550へ制御信号を出力し、データ線駆動回路550へ画像信号Videoを出力する。データ線駆動回路550は、第kフレーム期間においてデータ線551に出力されたデータ信号(Vdata)に対して極性が反転したデータ信号(Vdata)をデータ線551に出力する。よって、画像データに動きが検出されない期間である第m+1フレーム期間、及び第2m+1フレーム期間に、極性が反転されたデータ信号(Vdata)がデータ線551に書き込まれる。画像データに変化が無い期間は、表示部530のデータの書換えが間欠的に行われるため、書換えによる電力消費を削減しつつ、液晶素子36の劣化を防止することができる。

40

【0213】

そして、動き検出部511において、第2m+1フレーム以降の画像データに動きがあると判定すると、制御回路510は、走査線駆動回路540及びデータ線駆動回路550を制御し、表示部530のデータの書換えを行う。

50

【0214】

以上述べたように、図20の駆動方法によると、画像データ（Video）の動きの有無に関わらず、データ信号（Vdata）は、mフレーム期間毎に極性が反転される。他方、表示部530のデータの書換えについては、動きを含む画像の表示期間は、1フレーム毎に表示部530が書き換えられ、動きがない画像の表示期間は、mフレーム毎に表示部530が書き換えられることになる。その結果、データの書換えに伴う電力消費を削減することができる。よって、駆動周波数及び画素数の増加による電力消費の増加の抑えることができる。

【0215】

上述したように、液晶表示装置500では、動画を表示するモードと、静止画を表示するモードで、液晶表示装置の駆動方法を異ならせることで、液晶の劣化を抑制して表示品位を維持しつつ、省電力な液晶表示装置を提供することが可能になる。

【0216】

また、静止画を表示する場合、1フレーム毎に画素のデータを書換えると、人の目はデータの書換えをちらつきとして感じることもあり、それが疲れ目の原因となる。本実施の形態の液晶表示装置は、静止画の表示期間ではデータの書換え頻度が少ないので、疲れ目の軽減に有効である。

【0217】

従って、結晶部を有する酸化物半導体でバックプレーンを形成した液晶パネルを用いることで、携帯用電子機器に非常に適した、高精細、低消費電力の中小型表示液晶表示装置を提供することが可能である。

【0218】

なお、液晶の劣化を防ぐため、データ信号の極性反転の間隔（ここでは、mフレーム期間）は2秒以下とし、好ましくは1秒以下とするとよい。

【0219】

また、画像データの動き検出を制御回路510の動き検出部511で行ったが、動き検出は動き検出部511のみで行う必要は無い。動きの有無のデータを液晶表示装置500の外部から制御回路510へ入力するようにしてもよい。

【0220】

また、画像データに動きが無いと判定する条件は連続する2つのフレーム間の画像データによるものではなく、判定に必要なフレーム数は、液晶表示装置500の使用形態により、適宜決定することができる。例えば、連続するmフレームの画像データに動きが無い場合に、表示部530のデータの書換えを停止させてもよい。

【0221】

（実施の形態5）

上述したように、結晶部を有する酸化物半導体でバックプレーンを形成した液晶パネルを用いることで、高精細、低消費電力の液晶表示装置を提供することが可能である。つまり、このような液晶表示装置は、携帯情報端末や携帯型ゲーム機等の、電力の供給を常時受けることが困難な携帯用電子機器の中小型の液晶表示装置に求められる要求を満たすものである。

【0222】

例えば、液晶表示装置を表示部に備えた電子機器としては、表示機器、パーソナルコンピュータ、記録媒体を備えた画像再生装置（代表的にはDVD：Digital Versatile Disc等の記録媒体を再生し、その画像を表示しうるディスプレイを有する装置）に用いることができる。その他に、本発明の一態様に係る液晶表示装置を用いることができる電子機器として、携帯電話、携帯型を含むゲーム機、携帯情報端末、電子書籍、カメラ（ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等）、ゴーグル型ディスプレイ（ヘッドマウントディスプレイ）、ナビゲーションシステム、音響再生装置（カーオーディオ、デジタルオーディオプレイヤー等）、複写機、ファクシミリ、プリンター、プリンター複合機、現金自動預け入れ払い機（ATM）、自動販売機等が挙げられる。これら電子機

器の具体例を図 2 1 A 乃至図 2 1 F に示す。

【0 2 2 3】

図 2 1 A に示す携帯型ゲーム機 7 0 0 は、筐体 7 0 1、筐体 7 0 2、表示部 7 0 3、表示部 7 0 4、マイクロフォン 7 0 5、スピーカ 7 0 6、操作キー 7 0 7、及びスタイラス 7 0 8 等を有する。表示部 7 0 3 又は表示部 7 0 4 に、実施の形態 2 のタッチパネル 4 0 0 が適用されている。また、表示部 7 0 3 又は表示部 7 0 4 を、タッチセンサ 4 5 0 及び液晶パネルを備えたタッチパネルで構成することもできる。

【0 2 2 4】

図 2 1 B に示すビデオカメラ 7 1 0 は、筐体 7 1 1、筐体 7 1 2、表示部 7 1 3、操作キー 7 1 4、レンズ 7 1 5、及び接続部 7 1 6 等を有する。操作キー 7 1 4 及びレンズ 7 1 5 は筐体 7 1 1 に設けられており、表示部 7 1 3 は筐体 7 1 2 に設けられている。そして、筐体 7 1 1 と筐体 7 1 2 とは、接続部 7 1 6 により接続されており、筐体 7 1 1 と筐体 7 1 2 の間の角度は、接続部 7 1 6 により変更が可能となっている。表示部 7 1 3 における映像の切り替えを、接続部 7 1 6 における筐体 7 1 1 と筐体 7 1 2 との間の角度に従って行う構成としてもよい。表示部 7 1 3 に液晶パネル 1 0 やタッチパネル 4 0 0 を用いることができる。また、表示部 7 1 3 を、タッチセンサ 4 5 0 及び液晶パネルを備えたタッチパネルで構成することもできる。

【0 2 2 5】

図 2 1 C に示す携帯情報端末 7 2 0 は、筐体 7 2 1 に組み込まれた表示部 7 2 2 の他、操作ボタン 7 2 3、スピーカ 7 2 4、その他図示しないマイク、ステレオヘッドフォンジャック、メモリカード挿入口、カメラ、U S B コネクタ等の外部接続ポート等を備えている。

【0 2 2 6】

図 2 1 D に示す携帯情報端末 7 3 0 は、筐体 7 3 1、筐体 7 3 2、表示部 7 3 3、表示部 7 3 4、接続部 7 3 5、及び操作キー 7 3 6 等を有する。表示部 7 3 3 及び表示部 7 3 4 に液晶パネル 1 0 及びタッチパネル 4 0 0 を用いることができる。また、表示部 7 3 3、7 3 4 を、タッチセンサ 4 5 0 及び液晶パネルを備えたタッチパネルで構成することもできる。

【0 2 2 7】

表示部 7 3 3 は筐体 7 3 1 に設けられており、表示部 7 3 4 は筐体 7 3 2 に設けられている。そして、筐体 7 3 1 と筐体 7 3 2 とは、接続部 7 3 5 により接続されており、筐体 7 3 1 と筐体 7 3 2 の間の角度は、接続部 7 3 5 により変更が可能となっている。表示部 7 3 3 における映像を、接続部 7 3 5 における筐体 7 3 1 と筐体 7 3 2 との間の角度に従って、切り替える構成としても良い。

【0 2 2 8】

表示部 7 3 3 及び表示部 7 3 4 には、液晶パネル 1 0 及びタッチパネル 4 0 0 を用いることができる。表示部 7 3 3 及び表示部 7 3 4 の少なくとも一方に、位置入力装置としての機能が付加されたタッチパネル 4 0 0、又はタッチセンサ 4 5 0 及び液晶パネルを備えたタッチパネルを用いることが好ましい。

【0 2 2 9】

図 2 1 E に示すスマートフォン 7 4 0 は、筐体 7 4 1、ボタン 7 4 2、マイクロフォン 7 4 3、表示部 7 4 4、スピーカ 7 4 5、及びカメラ用レンズ 7 4 6 等を有する。表示部 7 4 4 と同一面上にカメラ用レンズ 7 4 6 を備えているため、テレビ電話が可能である。表示部 7 4 4 はタッチパネル 4 0 0、またはタッチセンサ 4 5 0 及び液晶パネルを備えたタッチパネルで構成されており、指などによるスマートフォン 7 4 0 の操作が可能である。表示部 7 4 4 は、使用形態に応じて表示の方向が変化する。

【0 2 3 0】

図 2 1 F に示すノート型パーソナルコンピュータ 7 5 0 は、筐体 7 5 1、表示部 7 5 2、キーボード 7 5 3、及びポインティングデバイス 7 5 4 等を有する。表示部 7 5 2 には、液晶パネル 1 0 が用いられる。また、表示部 7 5 2 にタッチパネル 4 0 0、並びにタッ

10

20

30

40

50

チセンサ450及び液晶パネルを備えたタッチパネルを用いることもできる。

【0231】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

【実施例1】

【0232】

実施の形態1にて説明したセル工程における乾燥処理と雰囲気制御の効果について説明する。この効果を確かめるため、液晶パネルに用いられる回路基板からの水分の放出量を、昇温脱離ガス分光法(TDS: Thermal Desorption Spectroscopy)を用いて調べたので、その結果について述べる。

【0233】

<TDS測定>

まず、TDSに用いた7つの回路基板A乃至Gについて説明する。

【0234】

回路基板A乃至Dは、配向膜を形成するまで、全て同じ工程で作製された回路基板である。回路基板A乃至Dには、トランジスタと画素電極の間に、アクリル樹脂を含む厚さ3 μm の有機樹脂膜が形成されている。回路基板Aには、配向膜が形成された後、加熱処理が行われなかった。回路基板Bには、配向膜が形成された後、約 $1 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ の減圧雰囲気下で160℃、1時間の加熱処理が行われた。回路基板Cには、配向膜が形成された後、大気雰囲気下で150℃、6時間の加熱処理が行われた。回路基板Dには、配向膜が形成された後、約 $1 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ の減圧雰囲気下で160℃、1時間の加熱処理を行

10

20

【0235】

また、回路基板E乃至Gは、配向膜を形成するまで、全て同じ工程で作製された回路基板である。回路基板E乃至Gには、トランジスタと画素電極の間にはアクリル樹脂を含む有機樹脂膜を設けておらず、トランジスタを覆う無機絶縁膜上に、画素電極が設けられている。回路基板Eには、配向膜が形成された後、加熱処理が行われなかった。回路基板Fは、配向膜が形成された後、約 1×10^{-5} の減圧雰囲気下で160℃、1時間の加熱処理が行われた。回路基板Gには、配向膜が形成された後、大気雰囲気下で150℃、6時間の加熱処理が行われた。

【0236】

TDSでは、60℃から230℃まで、一分間に20℃の速さで基板の温度を上昇させて、質量電荷比(m/z)が18である気体分子の脱離量の測定を行った。なお、質量電荷比(m/z)が18である気体分子は、大部分が水で構成されていると予想される。また、回路基板が載置された測定室における、測定開始時の気圧は、 $1.2 \times 10^{-7} \text{ Pa}$ とした。

30

【0237】

図22に、回路基板A乃至DのTDS測定結果し、図23に、回路基板E乃至GのTDS測定結果し、を示す。図22、図23には、加熱温度に対する質量電荷比(m/z)が18である気体分子の強度の変化を示す。

【0238】

図22に示すように、加熱処理を行わなかった回路基板Aでは、基板温度が90℃の付近で、水の分離を示す大きなピークが見られた。一方、減圧雰囲気下で加熱処理を行った回路基板Bでは、回路基板Aと異なり、基板温度が90℃の付近に、水の分離を示すピークは見られなかった。

40

【0239】

また、減圧雰囲気下で加熱処理を行った回路基板Bと、大気雰囲気下で加熱処理を行った回路基板Cとを比較すると、基板温度が160℃以下の範囲では、回路基板Bの方が、水の分離を示す強度が高かった。よって、減圧雰囲気下で加熱処理を行った回路基板Bの方が、大気雰囲気下で加熱処理を行った回路基板Cよりも、回路基板が有する各種膜に含まれる水の量が、少ないことが推察された。

50

【0240】

また、減圧雰囲気下で加熱処理を行った後に大気雰囲気下にさらした回路基板Dは、基板温度が80℃の付近に水の分離を示すピークが見られた。よって、減圧雰囲気下で加熱処理を行った回路基板Bと、減圧雰囲気下で加熱処理を行った後に大気雰囲気下にさらした回路基板Dとを比較すると、回路基板Dの方が、回路基板が有する各膜に含まれる水の量が多いことが推察された。

【0241】

図22の有機樹脂膜を有する回路基板Aの水の分離を示す強度と、図23の有機樹脂膜を有さない回路基板Eの水の分離を示す強度とを比較すると、全ての温度範囲において回路基板Aの水の分離を示す強度が高いことが分かった。よって、配向膜が形成された後、加熱処理が行われなかった回路基板A及び回路基板Eでは、有機樹脂膜を有する回路基板Aの方が水の脱離量が多く、その水の脱離量の差分は、有機樹脂膜に含まれていた水によってもたらされたと考えられる。

【0242】

また、図22の有機樹脂膜を有する回路基板Cと、図23の有機樹脂膜を有さない回路基板Fを比較すると、全ての温度範囲において回路基板Cの水の分離を示す強度が高いことが分かった。よって、配向膜が形成された後、大気雰囲気下で加熱処理が行われた回路基板C及び回路基板Gでは、有機樹脂膜を有する回路基板Cの方が水の脱離量が多く、その水の脱離量の差分は、有機樹脂膜に含まれていた水によってもたらされたと考えられる。

【0243】

また、図22の有機樹脂膜を有する回路基板Bと、図23の有機樹脂膜を有さない回路基板Fを比較すると、100℃以下の温度範囲においては強度に有為な差が見られず、100℃を超えると回路基板Bの強度が高くなったことが分かった。よって、配向膜が形成された後、減圧雰囲気下で加熱処理が行われた回路基板A及び回路基板Eでは、有機樹脂膜を有する回路基板Aの方が水の脱離量が多く、その水の脱離量の差分は、有機樹脂膜に含まれていた水によってもたらされたと考えられる。ただし、減圧雰囲気下で加熱処理が行われた回路基板B及び回路基板Fでは、その水の脱離量の差が、回路基板A及び回路基板Eの場合や、回路基板C及び回路基板Gの場合に比べて小さかった。よって、有機樹脂膜に含まれていた水は、加熱処理を行わなかった場合や、大気雰囲気下で加熱処理が行われた場合に比べて、減圧雰囲気下での加熱処理により、より効率的に脱離されたと考えられる。

【0244】

上述したTDSの結果から、減圧雰囲気下にて160℃で加熱処理した後、大気開放せずに（例えば、雰囲気を窒素雰囲気にして）液晶層を基板間に封止することで得られる、本発明の一態様に係る液晶パネルは、有機樹脂膜中に含まれる水の量が少ないことが分かった。

【0245】

<駆動回路の性能の変化（動作マージン幅）>

次いで、液晶パネルが有する走査線駆動回路の、動作マージン幅の時間変化について述べる。動作マージン幅の時間変化について調べた液晶パネルH及びIは、TDSに用いた回路基板A乃至Dと同様に、配向膜を形成するまで、全て同じ工程で作製された液晶パネルである。そして、液晶パネルH及びIは、走査線駆動回路が画素と同じ基板に形成されており、走査線駆動回路が有するトランジスタ上には、アクリル樹脂を含む厚さ3μmの有機樹脂膜が形成されている。

【0246】

そして、液晶パネルHでは、配向膜が形成された後、約 10^{-4} Paの減圧雰囲気下で160℃、1時間の加熱処理が行われた。その後、窒素雰囲気下でシール材を対向基板上に描画し、液晶材料をシール材に囲まれた領域に滴下し、次いで、減圧雰囲気下で回路基板と対向基板とを貼り合わせることで、2枚の基板間に液晶層が封止された液晶パネルH

が作製された。

【0247】

また、液晶パネル I では、配向膜が形成された後、大気雰囲気下で 150℃、6 時間の加熱処理が行われた。その後、大気雰囲気下でシール材を対向基板上に描画し、液晶材料をシール材に囲まれた領域に滴下し、次いで、減圧雰囲気下で回路基板と対向基板とを貼り合わせることで、基板間に液晶層が封止された液晶パネル I が作製された。

【0248】

上記液晶パネル H 及び I がそれぞれ有する走査線駆動回路の動作マージン幅 (V) は、走査線駆動回路のシフトレジスタが有する 959 段の順序回路に、スタートパルス信号及びクロック信号を入力し、それにより最終段の順序回路から出力された信号の波形を、オシロスコープで観察することで調べた。

10

【0249】

スタートパルス信号は、60Hz の周波数にて、68.3μsec 幅のパルスが連続して出現する信号を用いた。また、クロック信号とスタートパルス信号は、その低電圧 GVS S を -14V とした。そして、クロック信号とスタートパルス信号の高電圧 GVDD を +14V から徐々に低くしていったときに、最終段の順序回路から出力される信号の波形に乱れが生じた高電圧 GVDD の値を動作不良電圧とし、最も高い高電圧 GVDD である +14V と、動作不良電圧との差を、動作マージン幅と定義した。

【0250】

液晶パネル H が有する走査線駆動回路の、動作時間 (hour) に対する動作マージン幅 (V) の変化を、図 24 に示す。また、液晶パネル I が有する走査線駆動回路の、動作時間 (hour) に対する動作マージン幅 (V) の変化を、図 25 に示す。

20

【0251】

図 24 と図 25 から、動作開始時には液晶パネル H 及び I は動作マージン幅が約 22V で同じであったが、220 時間後では液晶パネル H の動作マージン幅が約 17V、液晶パネル I の動作マージン幅が約 7V となったことが分かった。よって、液晶パネル I の方が液晶パネル H よりも動作マージン幅が短時間で狭くなっており、このことから、液晶パネル H の方が、走査線駆動回路が有するトランジスタのしきい値電圧のシフト量が小さい事が推察された。

【符号の説明】

30

【0252】

- 10 液晶パネル
- 30 表示部
- 31 画素
- 35 トランジスタ
- 36 液晶素子
- 41 走査線駆動回路
- 42 走査線駆動回路
- 43 データ線駆動回路
- 45 トランジスタ
- 60 端子部
- 61 FPC
- 65 異方性導電膜
- 100 基板
- 110 走査線
- 111 データ線
- 112 電極
- 115 共通電極
- 116 画素電極
- 117 配線

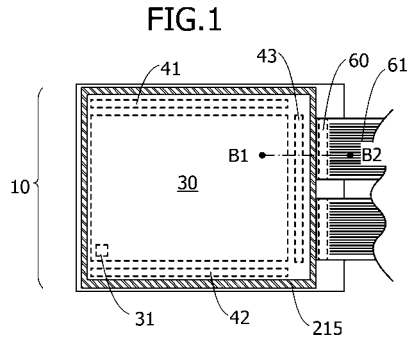
40

50

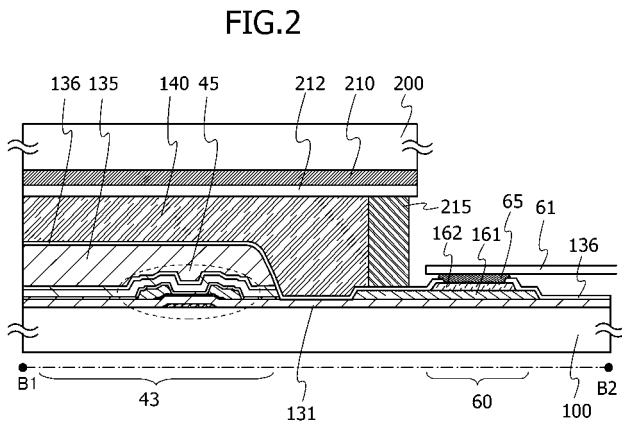
1 2 0	半 導 体 層	
1 3 1	絶 縁 膜	
1 3 2	絶 縁 膜	
1 3 3	絶 縁 膜	
1 3 4	絶 縁 膜	
1 3 5	有 機 樹 脂 膜	
1 3 6	絶 縁 膜	
1 3 7	配 向 膜	
1 4 0	液 晶 層	
1 6 1	配 線	10
1 6 2	電 極	
1 7 1	配 線	
1 7 2	配 線	
1 7 3	電 極	
2 0 0	基 板	
2 1 0	ブ ラ ッ ク マ ト リ ク ス	
2 1 1	カ ラ ー フ ィ ル タ	
2 1 2	オ ー バ ー コ ー ト	
2 1 3	配 向 膜	
2 1 5	シ ー ル 部 材	20
2 4 0	領 域	
2 4 1	ス ペ ー サ	
3 0 1	導 電 膜	
3 0 2	導 電 膜	
3 1 1	酸 化 物 半 導 体 膜	
3 1 2	酸 化 物 半 導 体 膜	
3 1 3	酸 化 物 半 導 体 膜	
4 0 0	タ ッ チ パ ネ ル	
4 1 1	偏 光 板	
4 1 2	偏 光 板	30
4 2 1	共 通 電 極	
4 2 2	電 極	
4 3 1	引 き 回 し 配 線	
4 3 2	引 き 回 し 配 線	
4 5 0	タ ッ チ セ ン サ	
4 5 1	電 極	
4 5 1 a	導 電 膜	
4 5 1 b	導 電 膜	
4 5 1 c	導 電 膜	
4 5 2	電 極	40
4 5 4	容 量	
4 6 1	F P C	
4 6 2	F P C	
4 7 1	電 極	
4 8 1	絶 縁 膜	
4 8 2	絶 縁 膜	
4 9 1	基 板	
4 9 2	基 板	
5 0 0	液 晶 表 示 装 置	
5 0 1	液 晶 パ ネ ル	50

5 1 0	制御回路	
5 1 1	検出部	
5 3 0	表示部	
5 4 0	走査線駆動回路	
5 4 1	走査線	
5 5 0	データ線駆動回路	
5 5 1	データ線	
5 5 2	デジタル／アナログ変換回路	
7 0 0	携帯型ゲーム機	
7 0 1	筐体	10
7 0 2	筐体	
7 0 3	表示部	
7 0 4	表示部	
7 0 5	マイクロフォン	
7 0 6	スピーカ	
7 0 7	操作キー	
7 0 8	スタイラス	
7 1 0	ビデオカメラ	
7 1 1	筐体	
7 1 2	筐体	20
7 1 3	表示部	
7 1 4	操作キー	
7 1 5	レンズ	
7 1 6	接続部	
7 2 0	携帯情報端末	
7 2 1	筐体	
7 2 2	表示部	
7 2 3	操作ボタン	
7 2 4	スピーカ	
7 3 0	携帯情報端末	30
7 3 1	筐体	
7 3 2	筐体	
7 3 3	表示部	
7 3 4	表示部	
7 3 5	接続部	
7 3 6	操作キー	
7 4 0	スマートフォン	
7 4 1	筐体	
7 4 2	ボタン	
7 4 3	マイクロフォン	40
7 4 4	表示部	
7 4 5	スピーカ	
7 4 6	カメラ用レンズ	
7 5 0	ノート型パーソナルコンピュータ	
7 5 1	筐体	
7 5 2	表示部	
7 5 3	キーボード	
7 5 4	ポインティングデバイス	

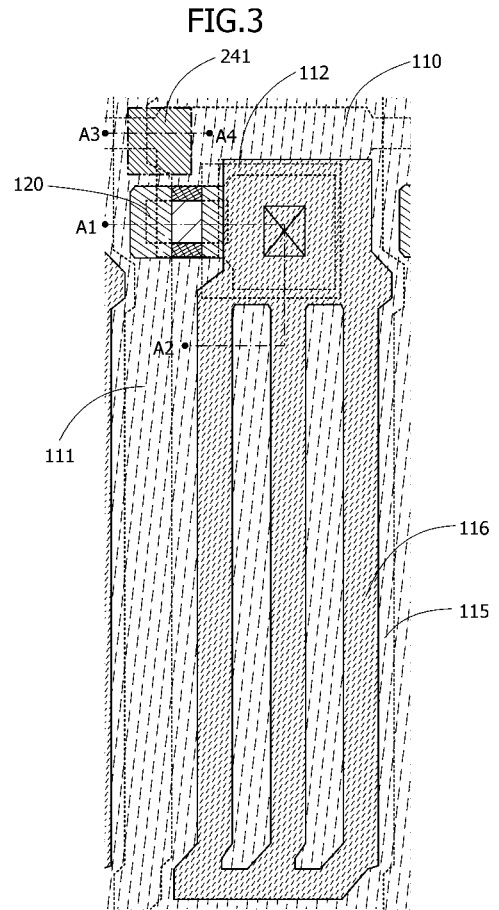
【図 1】



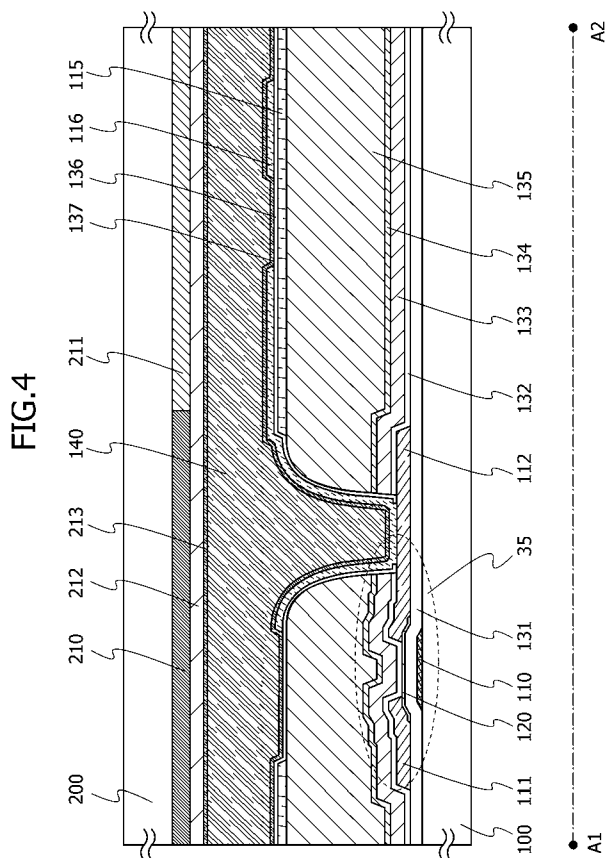
【図 2】



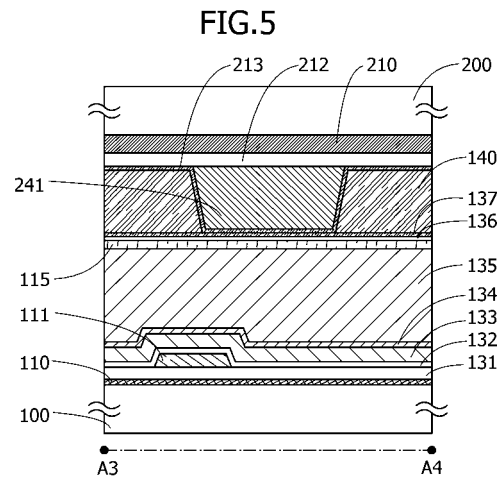
【図 3】



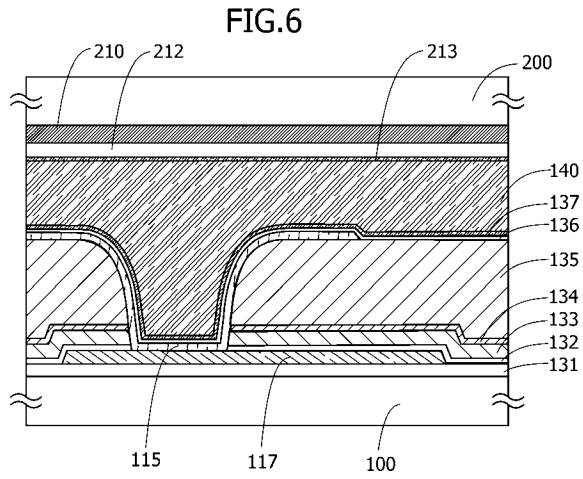
【図 4】



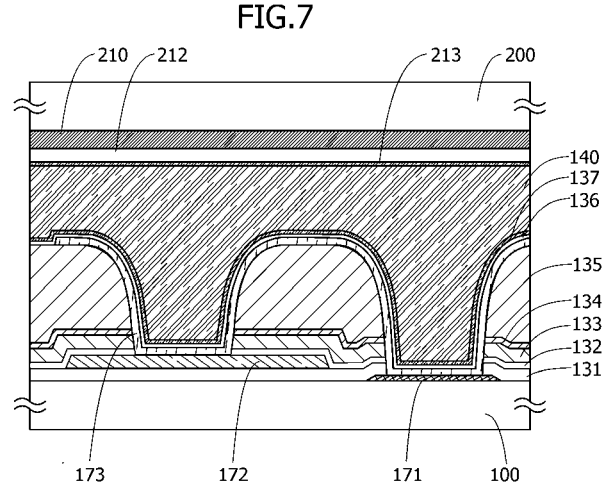
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

FIG.8A

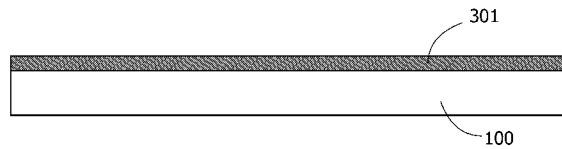


FIG.8B

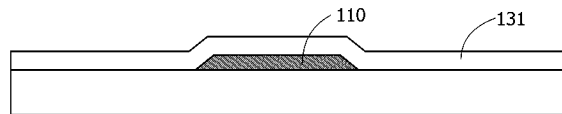


FIG.8C

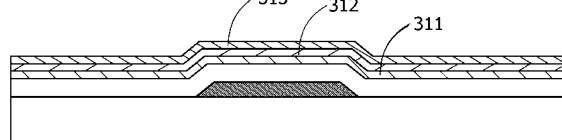
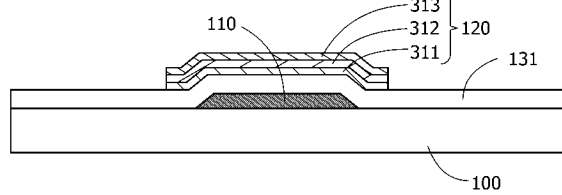


FIG.8D



【図 9】

FIG.9A

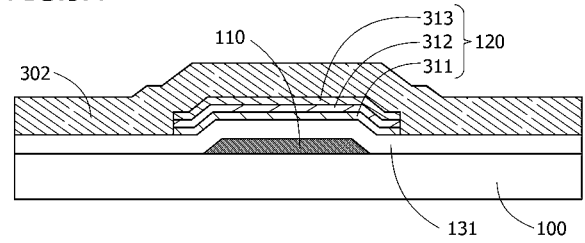


FIG.9B

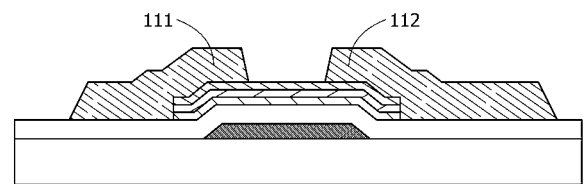
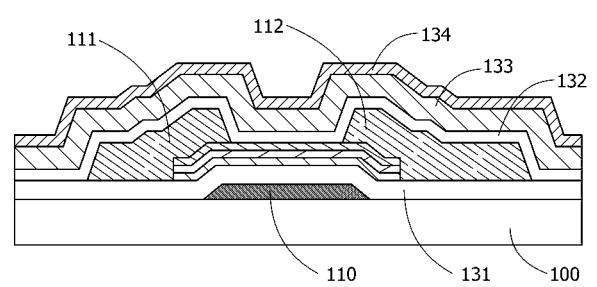
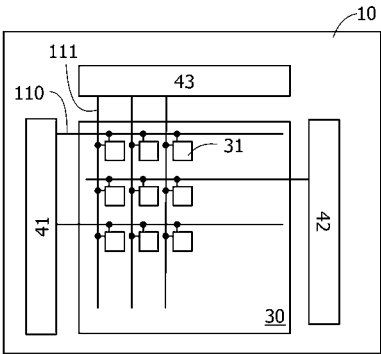


FIG.9C



【図 1 0】

FIG.10A

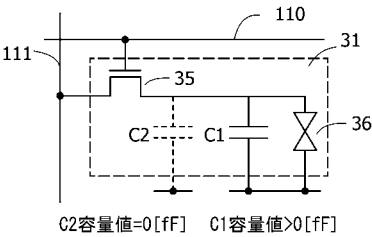


【図 1 1】

FIG.11

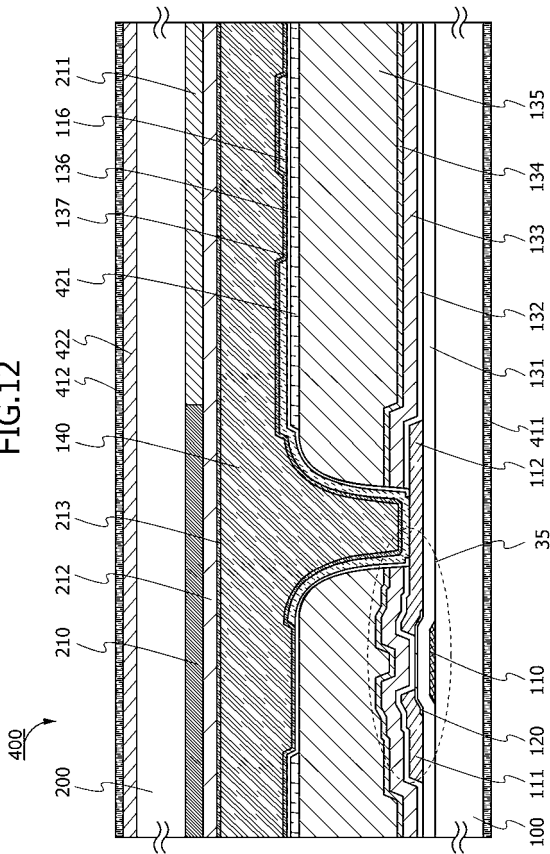
液晶パネル 仕様	
パネルサイズ	3.64インチ
画素数	540(H) × RGB × 960(V):QHD
解像度	302dpi
画素サイズ	28μm × 84μm
開口率	約67%
映像信号形式	アナログ点順次
走査線駆動回路	内蔵
データ線駆動回路	内蔵
液晶	FFSモード

FIG.10B



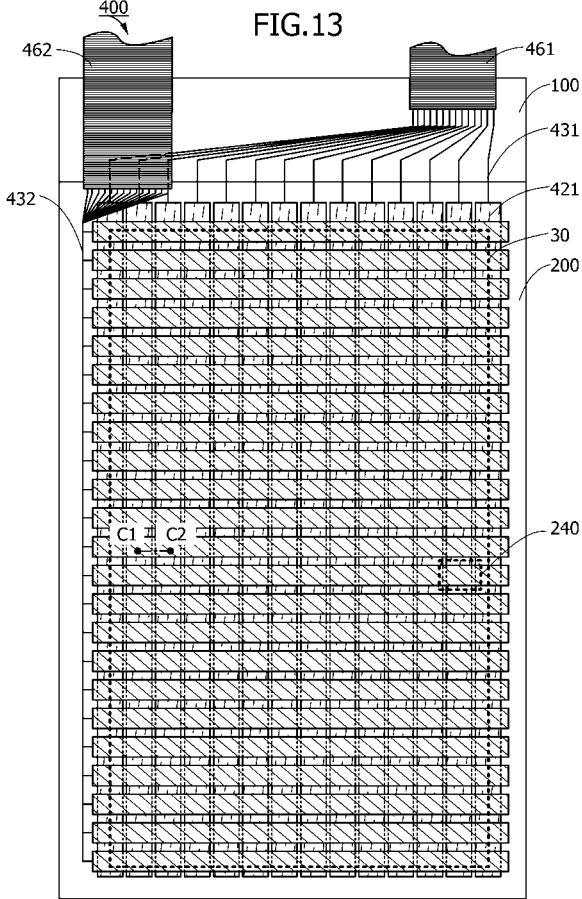
【図 1 2】

FIG.12

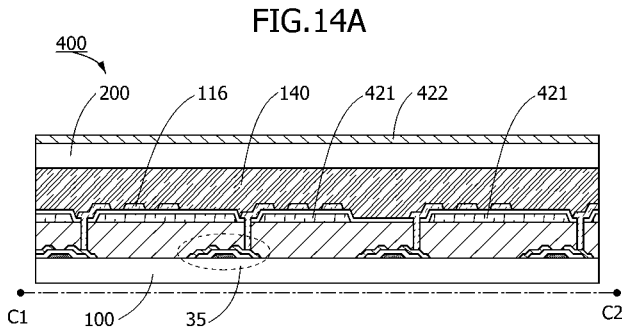


【図 1 3】

FIG.13



【図 1 4】



【図 1 5】

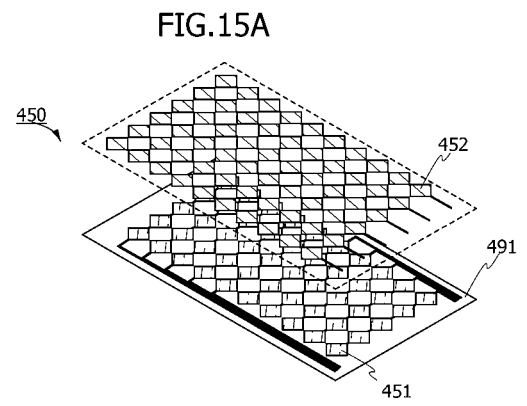


FIG.14B

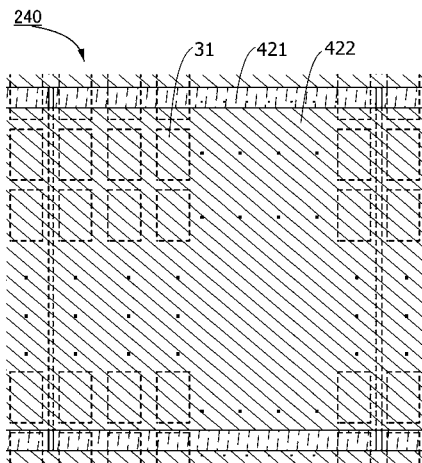
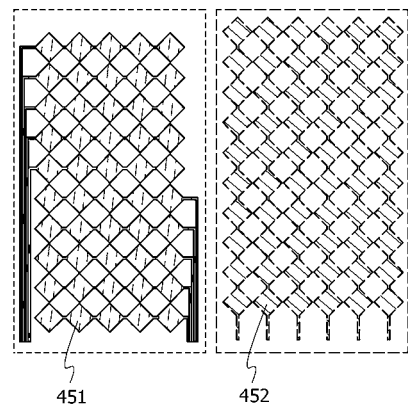
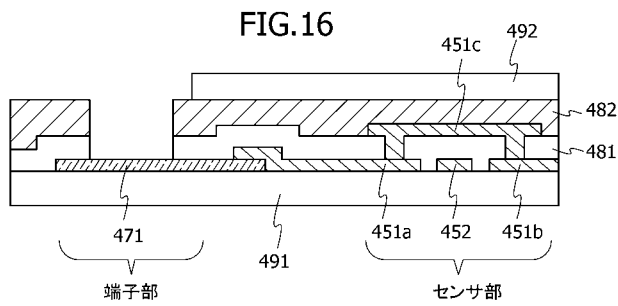


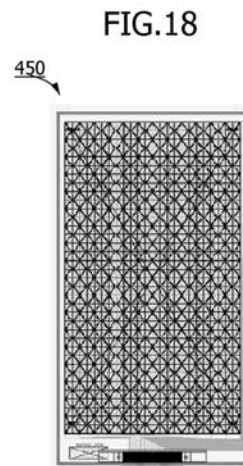
FIG.15B



【図 1 6】

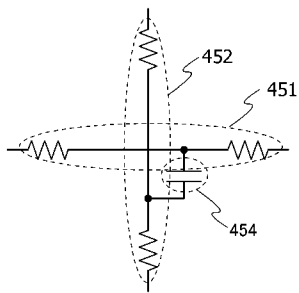


【図 1 8】

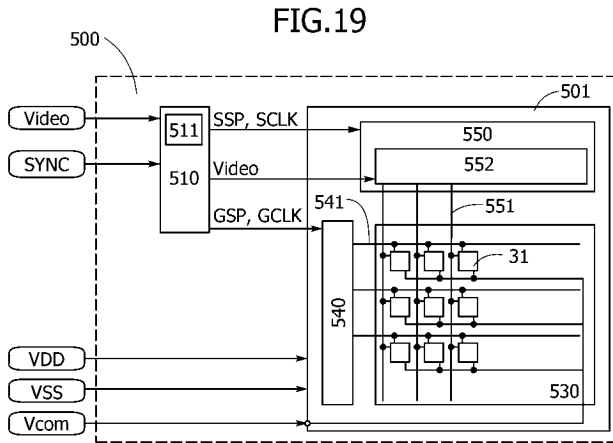


【図 1 7】

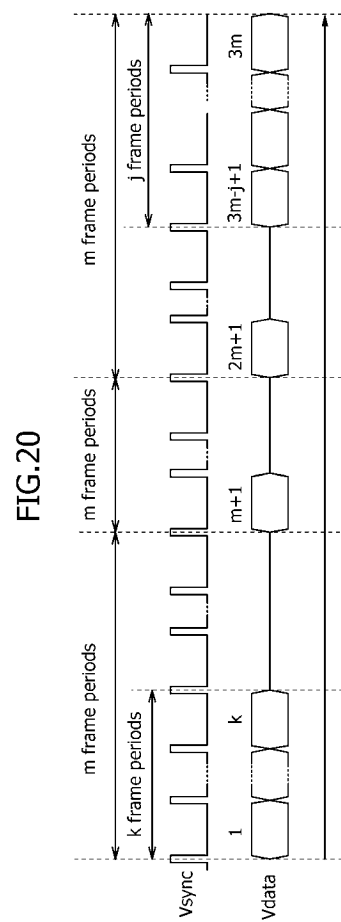
FIG.17



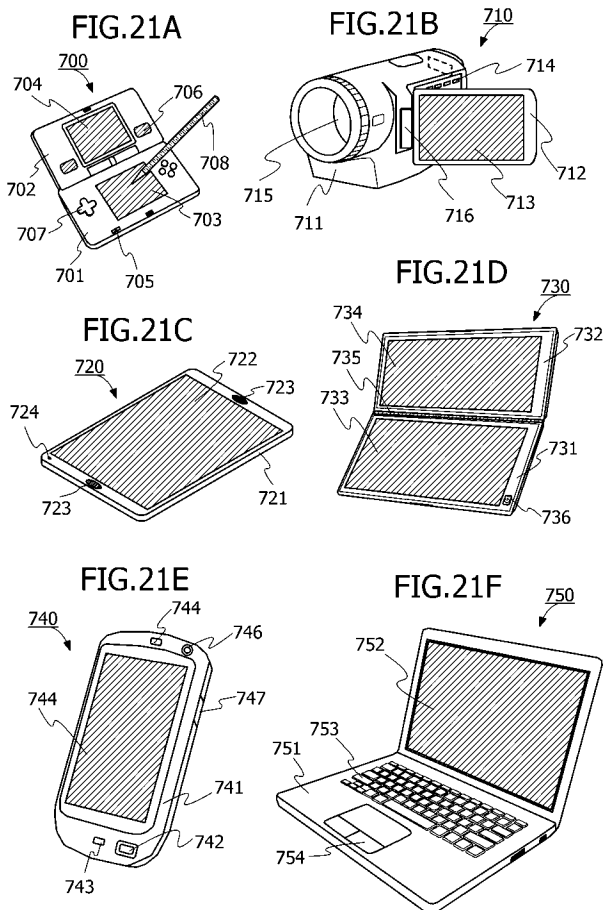
【図 19】



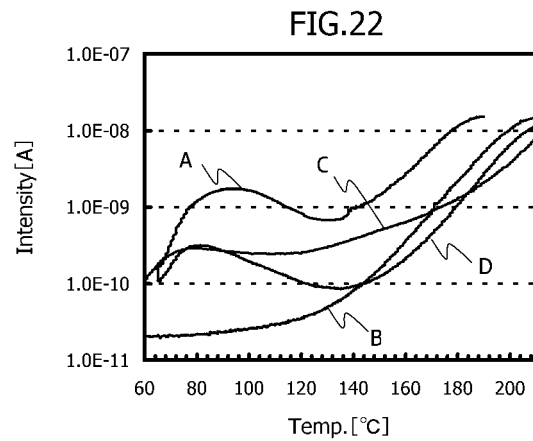
【図 20】



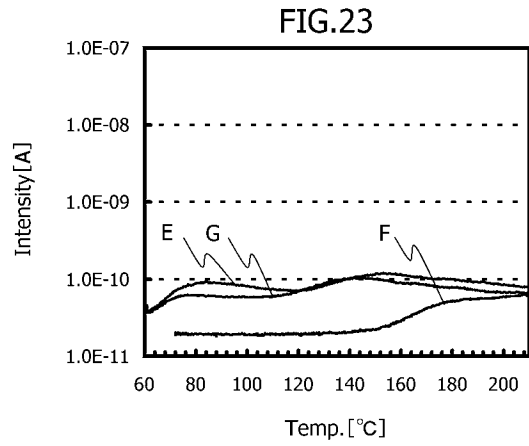
【図 21】



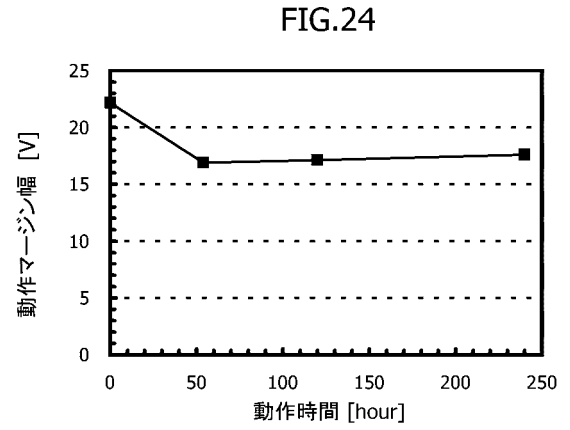
【図 22】



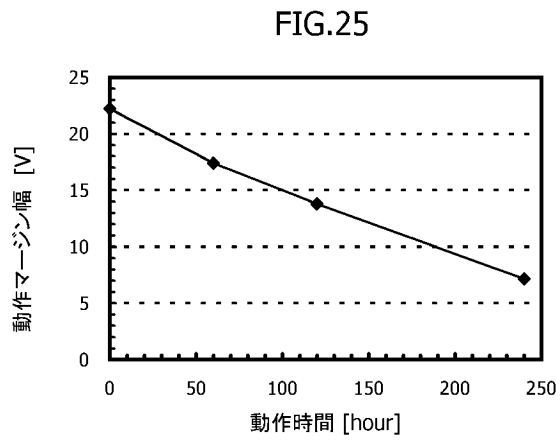
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
H 0 1 L 21/336 (2006.01)		H 0 1 L 29/78		6 1 9 A	5 G 4 3 5
H 0 1 L 29/786 (2006.01)		H 0 1 L 29/78		6 1 2 Z	

F ターム(参考)

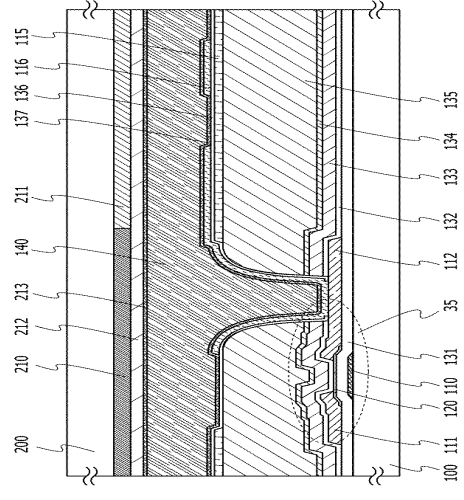
2H092	GA14	GA17	GA29	GA48	GA50	GA59	GA62	GA64	HA03	JA26
	JA46	JB14	JB58	KA03	KA04	KA05	KA08	KB22	KB24	KB25
	NA17	NA25	QA06	QA07						
2H189	AA17	DA07	EA04Y	FA23	FA52	FA64	HA07	HA16	JA05	JA14
	LA06	LA10	LA28	LA30	LA31					
2H192	AA24	BB01	BB13	BC31	CB05	CB33	CB34	CB35	CB37	CB56
	CB83	DA32	EA22	EA43	EA56	EA67	EA74	FA73	FB03	FB05
	FB33	FB42	FB72	GA06	GB34	GB43	GD23	HA90	JA06	JA33
5C094	AA05	AA22	AA31	BA03	BA43	DA15	FB15	GB10		
5F110	AA04	AA06	AA09	AA30	BB02	BB09	CC07	DD01	DD02	DD03
	DD04	DD06	EE01	EE02	EE03	EE04	EE14	FF01	FF02	FF03
	FF04	FF09	GG01	GG06	GG12	GG13	GG14	GG15	GG16	GG17
	GG19	GG25	GG28	GG29	GG35	GG43	GG58	HK03	HK04	HK22
	HK33	HL07	HL14	NN03	NN04	NN22	NN23	NN24	NN27	NN28
	NN34	NN35	NN40	NN72	QQ09	QQ19				
5G435	AA01	AA14	AA16	BB12	HH14	KK05				

专利名称(译)	液晶显示装置的制造方法		
公开(公告)号	JP2020109519A	公开(公告)日	2020-07-16
申请号	JP2020028906	申请日	2020-02-24
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社半导体能源研究所		
申请(专利权)人(译)	半导体能源研究所有限公司		
[标]发明人	山崎舜平 平形吉晴 久保田大介 山下晃央		
发明人	山崎 舜平 平形 吉晴 久保田 大介 山下 晃央		
IPC分类号	G02F1/1368 G02F1/1343 G02F1/1339 G09F9/00 G09F9/30 H01L21/336 H01L29/786		
FI分类号	G02F1/1368 G02F1/1343 G02F1/1339.505 G09F9/00.338 G09F9/30.338 H01L29/78.619.A H01L29/78.612.Z		
F-TERM分类号	2H092/GA14 2H092/GA17 2H092/GA29 2H092/GA48 2H092/GA50 2H092/GA59 2H092/GA62 2H092/GA64 2H092/HA03 2H092/JA26 2H092/JA46 2H092/JB14 2H092/JB58 2H092/KA03 2H092/KA04 2H092/KA05 2H092/KA08 2H092/KB22 2H092/KB24 2H092/KB25 2H092/NA17 2H092/NA25 2H092/QA06 2H092/QA07 2H189/AA17 2H189/DA07 2H189/EA04Y 2H189/FA23 2H189/FA52 2H189/FA64 2H189/HA07 2H189/HA16 2H189/JA05 2H189/JA14 2H189/LA06 2H189/LA10 2H189/LA28 2H189/LA30 2H189/LA31 2H192/AA24 2H192/BB01 2H192/BB13 2H192/BC31 2H192/CB05 2H192/CB33 2H192/CB34 2H192/CB35 2H192/CB37 2H192/CB56 2H192/CB83 2H192/DA32 2H192/EA22 2H192/EA43 2H192/EA56 2H192/EA67 2H192/EA74 2H192/FA73 2H192/FB03 2H192/FB05 2H192/FB33 2H192/FB42 2H192/FB72 2H192/GA06 2H192/GB34 2H192/GB43 2H192/GD23 2H192/HA90 2H192/JA06 2H192/JA33 5C094/AA05 5C094/AA22 5C094/AA31 5C094/BA03 5C094/BA43 5C094/DA15 5C094/FB15 5C094/GB10 5F110/AA04 5F110/AA06 5F110/AA09 5F110/AA30 5F110/BB02 5F110/BB09 5F110/CC07 5F110/DD01 5F110/DD02 5F110/DD03 5F110/DD04 5F110/DD06 5F110/EE01 5F110/EE02 5F110/EE03 5F110/EE04 5F110/EE14 5F110/FF01 5F110/FF02 5F110/FF03 5F110/FF04 5F110/FF09 5F110/GG01 5F110/GG06 5F110/GG12 5F110/GG13 5F110/GG14 5F110/GG15 5F110/GG16 5F110/GG17 5F110/GG19 5F110/GG25 5F110/GG28 5F110/GG29 5F110/GG35 5F110/GG43 5F110/GG58 5F110/HK03 5F110/HK04 5F110/HK22 5F110/HK33 5F110/HL07 5F110/HL14 5F110/NN03 5F110/NN04 5F110/NN22 5F110/NN23 5F110/NN24 5F110/NN27 5F110/NN28 5F110/NN34 5F110/NN35 5F110/NN40 5F110/NN72 5F110/QQ09 5F110/QQ19 5G435/AA01 5G435/AA14 5G435/AA16 5G435/BB12 5G435/HH14 5G435/KK05		
优先权	2012227346 2012-10-12 JP		

摘要(译)

要解决的问题:提供一种高度可靠的高清液晶显示装置和一种触摸面板,其中的背板由晶体氧化物半导体制成。晶体管的半导体层由具有晶体部分的氧化物半导体膜形成。形成有机树脂膜135以覆盖晶体管。通过在单元工艺中对有机树脂膜进行干燥处理等,可以抑制由于水分引起的氧化物半导体晶体管的阈值电压的变化。公共电极115和像素电极116在有机树脂膜上形成为彼此面对,并且在它们之间插入有绝缘膜136。因此,即使像素不具有用于存储电容的布线,也可以将电容添加到液晶元件。通过在滤色器基板200的外部设置抗静电电极并利用该电极和公共电极之间的电容,液晶显示装置可以用作触摸面板。[选择图]图4

FIG.4



A1

A2