

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5656612号
(P5656612)

(45) 発行日 平成27年1月21日(2015. 1. 21)

(24) 登録日 平成26年12月5日(2014. 12. 5)

(51) Int. Cl.	F I
G O 2 F 1/1368 (2006. 01)	G O 2 F 1/1368
G O 9 F 9/00 (2006. 01)	G O 9 F 9/00 3 3 8

請求項の数 10 (全 40 頁)

(21) 出願番号	特願2010-284441 (P2010-284441)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成22年12月21日(2010. 12. 21)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2011-150324 (P2011-150324A)		神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地
(43) 公開日	平成23年8月4日(2011. 8. 4)	(72) 発明者	辻 隆博
審査請求日	平成25年12月19日(2013. 12. 19)		神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2009-296066 (P2009-296066)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成21年12月25日(2009. 12. 25)	(72) 発明者	森谷 幸司
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内

審査官 福村 拓

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表示装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の酸化物半導体層を含む第 1 のトランジスタを有する画素部を第 1 の基板上に形成し、

前記第 1 の基板上に、少なくとも前記画素部を囲むように、紫外線硬化樹脂を含むシール材を形成し、

前記第 1 の基板上の前記シール材で囲まれる領域に、液晶を滴下して、前記画素部と重なるように液晶層を形成し、

前記第 1 の基板と第 2 の基板とをシール材を間にして貼り合わせ、前記シール材に紫外線を照射して前記シール材を硬化させ、

熱処理を行って、前記紫外線照射による前記酸化物半導体層へのダメージを回復させ、
前記熱処理は、1 時間以上 2 4 時間以下の範囲で、1 2 5 以上 3 0 0 以下の範囲で行われることを特徴とする表示装置の作製方法。

【請求項 2】

第 1 の酸化物半導体層を含む第 1 のトランジスタを有する画素部を第 1 の基板上に形成し、

第 2 の基板上に、紫外線硬化樹脂を含むシール材を形成し、

前記第 2 の基板上の前記シール材が囲む領域に、液晶を滴下して、液晶層を形成し、

前記画素部と前記液晶層が重なるように、前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とをシール材を間にして貼り合わせ、前記シール材に紫外線を照射して前記シール材を硬化させ、

10

20

熱処理を行って、前記紫外線照射による前記酸化物半導体層へのダメージを回復させ、前記熱処理は、1時間以上24時間以下の範囲で、125以上300以下の範囲で行われることを特徴とする表示装置の作製方法。

【請求項3】

請求項1又は2において、

前記シール材を硬化させた後、前記液晶層に熱処理を行って、前記液晶層を再配向させることを特徴とする表示装置の作製方法。

【請求項4】

第1の酸化物半導体層を含む第1のトランジスタを含む画素部を第1の基板上に形成し、

前記第1の基板上に、少なくとも前記画素部を含む領域を囲むように、紫外線硬化樹脂を含むシール材を形成し、

前記第1の基板と第2の基板とをシール材を間にして貼り合わせ、前記シール材に紫外線を照射して前記シール材を硬化させ、

前記第1の基板、前記第2の基板、および前記シール材が囲む空間に、シール材の開口部から液晶を注入して、画素部と重なるように液晶層を形成し、

熱処理を行って、前記紫外線の照射による前記酸化物半導体層へのダメージを回復させ、

前記熱処理は、1時間以上24時間以下の範囲で、125以上300以下の範囲で行われることを特徴とする表示装置の作製方法。

【請求項5】

第1の酸化物半導体層を含む第1のトランジスタを含む画素部を第1の基板上に形成し、

第2の基板上に紫外線硬化樹脂を含むシール材を形成し、

前記画素部が第1の基板、第2の基板およびシール材で囲まれるように前記第1の基板と前記第2の基板とをシール材を間にして貼り合わせ、前記シール材に紫外線を照射して前記シール材を硬化させ、

前記第1の基板、前記第2の基板、および前記シール材が囲む空間に、シール材の開口部から液晶を注入して、画素部と重なるように液晶層を形成し、

熱処理を行って、前記紫外線の照射による前記酸化物半導体層へのダメージを回復させ、

前記熱処理は、1時間以上24時間以下の範囲で、125以上300以下の範囲で行われることを特徴とする表示装置の作製方法。

【請求項6】

請求項4又は5において、

前記液晶層を形成した後、前記液晶層に熱処理を行って、前記液晶層を再配向させることを特徴とする表示装置の作製方法。

【請求項7】

請求項1乃至6のいずれか一項において、

前記液晶はブルー相を示すことを特徴とする表示装置の作製方法。

【請求項8】

請求項1乃至7のいずれか一項において、

前記表示装置と電氣的に接続され、第2の酸化物半導体層を含む第2のトランジスタを有する駆動回路部を形成し、

前記駆動回路部は、前記シール材と重なる領域を有することを特徴とする表示装置の作製方法。

【請求項9】

酸化物半導体層を含むトランジスタを有する画素部を第1の基板上に形成し、

前記トランジスタと電氣的に接続される発光素子を、前記トランジスタ上に形成し、

前記第1の基板または第2の基板上に、紫外線硬化樹脂を含むシール材を形成し、

10

20

30

40

50

前記画素部が、第 1 の基板、第 2 の基板、およびシール材で囲まれるように、前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とを前記シール材を間にして貼り合わせ、前記シール材に紫外線を照射して前記シール材を硬化させ、

熱処理を行って、前記紫外線の照射による前記酸化物半導体層へのダメージを回復させ

前記熱処理は、1 時間以上 2 4 時間以下の範囲で、1 2 5 以上 3 0 0 以下の範囲で行われることを特徴とする表示装置の作製方法。

【請求項 1 0】

請求項 9 において、

前記第 1 の基板、前記第 2 の基板、および前記シール材で囲まれる領域に、紫外線硬化樹脂を含む充填材を充填し、

紫外線を照射して、前記シール材と前記充填材とを硬化させることを特徴とする表示装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

酸化物半導体を用いた表示装置の作製方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

近年、絶縁表面を有する基板上に形成された半導体薄膜（厚さ数～数百 nm 程度）を用いて薄膜トランジスタ（TFT）を構成する技術が注目されている。薄膜トランジスタは IC や電気光学装置のような電子デバイスに広く応用され、特に画像表示装置のスイッチング素子として開発が急がれている。液晶ディスプレイなどの画像表示装置において必要とされる透明電極材料として、酸化インジウムに代表される金属酸化物が用いられている。

【0 0 0 3】

透明電極材料以外にも、金属酸化物は多様に存在しさまざまな用途に用いられている。金属酸化物の中には半導体特性を示すものがある。半導体特性を示す金属酸化物（酸化物半導体）としては、例えば、酸化タングステン、酸化錫、酸化インジウム、酸化亜鉛などがあり、このような酸化物半導体をチャネル形成領域とする薄膜トランジスタ、および該薄膜トランジスタを画素のスイッチング素子などに用いる表示装置が特許文献 1 および特許文献 2 で開示されている。

【0 0 0 4】

一方、酸化物半導体を用いた薄膜トランジスタに紫外線を照射することにより、薄膜トランジスタのしきい値電圧がマイナス側にシフトすることが特許文献 3 で開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 5】

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 1 2 3 8 6 1 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 7 - 9 6 0 5 5 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 9 - 1 8 2 1 9 4 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 6】

アクティブマトリクス型の表示装置においては、回路を構成する薄膜トランジスタの電気特性が重要であり、この電気特性が表示装置の性能を左右する。特に、薄膜トランジスタの電気特性のうち、しきい値電圧（ V_{th} ）が重要である。電界効果移動度が高くともしきい値電圧が高い、或いはしきい値電圧がマイナスであると、回路として制御することが困難である。しきい値電圧が高い薄膜トランジスタの場合には、駆動電圧が低い状態では TFT としてのスイッチング機能を果たすことができず、負荷となる恐れがある。一方、しきい値電圧がマイナスであると、ゲート電圧が 0 V でもソース電極とドレイン電極の間

10

20

30

40

50

に電流が流れる、所謂ノーマリーオンとなりやすい。

【0007】

しかし、酸化物半導体層を用いた薄膜トランジスタは、紫外線が照射されると、しきい値電圧がマイナス側にシフトしてしまう。そして、酸化物半導体層をスイッチング素子に用いる表示装置の作製工程においては、紫外線硬化樹脂による基板の貼り合わせに代表されるように、多くの工程で紫外線照射が行われる。つまり、酸化物半導体層を用いた薄膜トランジスタをスイッチング素子とする表示装置を作製すると、その作製工程において、薄膜トランジスタのしきい値電圧がマイナス側にシフトしてしまうという問題が生じる。

【0008】

上述の問題を鑑み、表示装置の作製工程で紫外線の照射を行っても、酸化物半導体層を用いた薄膜トランジスタのしきい値電圧のシフトを低減させることができる、表示装置の作製方法を提供することを課題の一つとする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様は、少なくとも一回以上の紫外線の照射を行い、且つ酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタをスイッチング素子として用いる、表示装置の作製方法において、全ての紫外線照射工程を終えた後で、紫外線照射による該酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理を行う表示装置の作製方法である。

【0010】

本発明の一態様は、画素電極と電気的に接続され、且つ酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタを、第1の基板上の画素部に形成し、第1の基板または第2の基板上に、少なくとも画素部を含む領域を囲むように、紫外線硬化樹脂を含むシール材を形成し、第1の基板または第2の基板上のシール材が囲む領域に、液晶を滴下して液晶層を形成し、画素部を含む領域と液晶層が重なるように、第1の基板と第2の基板とを貼り合わせ、シール材に紫外線を照射してシール材を硬化させ、紫外線の照射による酸化物半導体層へのダメージを回復する熱処理を行う表示装置の作製方法である。

【0011】

本発明の一態様は、画素電極と電気的に接続され、且つ酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタを、第1の基板上の画素部に形成し、第1の基板または第2の基板上に一部開口部を有し、且つ少なくとも画素部を含む領域を囲むように、紫外線硬化樹脂を含むシール材を形成し、画素部を含む領域とシール材が囲む領域が重なるように、第1の基板と第2の基板とを貼り合わせ、シール材に紫外線を照射してシール材を硬化させ、第1の基板、第2の基板およびシール材が囲む領域に、液晶を注入して液晶層を形成し、紫外線の照射による酸化物半導体層へのダメージを回復する熱処理を行う表示装置の作製方法である。

【0012】

本発明の一態様は、画素電極と電気的に接続され、且つ酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタを、第1の基板上の画素部に形成し、第1の基板または第2の基板上に、少なくとも画素部を含む領域を囲むように、紫外線硬化樹脂を含むシール材を形成し、第1の基板または第2の基板上のシール材が囲む領域に、紫外線硬化樹脂を含む液晶を滴下して液晶層を形成し、画素部を含む領域と液晶層が重なるように、第1の基板と第2の基板とを貼り合わせ、シール材および紫外線硬化樹脂を含む液晶に紫外線を照射してシール材および紫外線硬化樹脂を含む液晶を硬化させ、紫外線の照射による酸化物半導体層へのダメージを回復する熱処理を行う表示装置の作製方法である。

【0013】

また、液晶はブルー相を示す物としてもよい。また、画素電極に、紫外線を照射して表面処理を行うことが好ましい。また、シール材の形成直後に、シール材に紫外線を照射してシール材を仮硬化させてもよい。また、シール材を硬化させた後、貼り合わせられた一对の基板を分断してもよい。また、酸化物半導体層を有する他の薄膜トランジスタが形成された駆動回路部上にシール材を形成してもよい。

【0014】

本発明の一態様は、酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタを、第1の基板上の画素部に形成し、薄膜トランジスタと電氣的に接続される発光素子を、薄膜トランジスタ上に形成し、第1の基板または第2の基板上に、少なくとも画素部を含む領域を囲むように、紫外線硬化樹脂を含むシール材を形成し、第1の基板と第2の基板とを貼り合わせ、シール材に紫外線を照射してシール材を硬化させ、紫外線の照射による酸化物半導体層へのダメージを回復する熱処理を行う表示装置の作製方法である。

【0015】

また、第1の基板、第2の基板およびシール材が囲む領域に、紫外線硬化樹脂を含む充填材を充填し、紫外線を照射して、シール材と充填材を硬化させてもよい。

【0016】

また、熱処理を1時間以上15時間以下行うのが好ましい。また、熱処理を125以上250以下で行うのが好ましい。

【0017】

なお、本明細書中において、表示装置は表示素子を含む。表示素子としては液晶素子（液晶表示素子ともいう）、発光素子（発光表示素子ともいう）を用いることができる。発光素子は、電流または電圧によって輝度が制御される素子をその範疇に含んでおり、具体的には無機EL（Electro Luminescence）、有機EL等が含まれる。また、電子インクなど、電氣的作用によりコントラストが変化する表示媒体も表示装置に適用することができる。

【0018】

また、表示装置は、表示素子が封止された状態にあるパネルと、該パネルにコントローラを含むIC等を実装した状態にあるモジュールとを含む。さらに、該表示装置を作製する過程における、表示素子が完成する前の一形態に相当する素子基板に関し、該素子基板は、電流を表示素子に供給するための手段を複数の各画素に備える。素子基板は、具体的には、表示素子の画素電極のみが形成された状態であっても良いし、画素電極となる導電膜を成膜した後であって、エッチングにより画素電極を形成する前の状態であっても良いし、あらゆる形態があてはまる。

【0019】

なお、本明細書中における表示装置とは、画像表示デバイス、表示デバイス、もしくは光源（照明装置含む）を指す。また、例えばFPC（Flexible printed circuit）もしくはTAB（Tape Automated Bonding）テープもしくはTCP（Tape Carrier Package）のようなコネクタが取り付けられたモジュール、TABテープやTCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または表示素子にCOG（Chip On Glass）方式によりIC（集積回路）が直接実装されたモジュールも全て表示装置に含むものとする。

【0020】

なお、本明細書中において、紫外線の照射に用いられる紫外線は、波長200nm以上500nm以下（好ましくは、波長250nm以上450nm未満）、とする。一般的に、紫外線の波長は400nm以下とされるが、本明細書中で紫外線の照射に用いられる紫外線は、400nm以上の電磁波も含むものとする。

【発明の効果】

【0021】

本発明の一態様に示す方法を用いて表示装置を作製することによって、紫外線照射による酸化物半導体層へのダメージを回復させることができる。これにより、表示装置の作製工程において、表示装置の有する薄膜トランジスタの酸化物半導体層が紫外線によるダメージを受けても、紫外線照射のダメージによる薄膜トランジスタのしきい値電圧のマイナス側へのシフトを低減させることができる。

【0022】

さらに、表示装置においてスイッチング素子として機能する薄膜トランジスタをノーマリーオフとすることができるので、低消費電力且つ高信頼性を有する表示装置を作製するこ

10

20

30

40

50

とができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 3 】

【図 1】本発明の一態様に示す表示装置の作製方法のフロー図である。

【図 2】本発明の一態様に示す表示装置の断面図である。

【図 3】本発明の一態様に示す表示装置の作製方法のフロー図である。

【図 4】本発明の一態様に示す表示装置の作製方法のフロー図である。

【図 5】本発明の一態様に示す表示装置の断面図である。

【図 6】本発明の一態様に示す表示装置の作製方法のフロー図である。

【図 7】本発明の一態様に示す表示装置の断面図である。

【図 8】本発明の一態様に示す表示装置を用いた電子機器の図である。

【図 9】本発明の一態様に示す表示装置を用いた電子機器の図である。

【図 10】本発明の実施例に用いた紫外線のスペクトル。

【図 11】本発明の実施例における各薄膜トランジスタのしきい値電圧。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 4 】

以下では、本発明の実施の形態について図面を用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、その形態およ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。また、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 】

なお、図面において示す各構成の、位置、大きさ、範囲などは、理解を容易にするため、実際の位置、大きさ、範囲などを表していない場合がある。このため、開示する発明は、必ずしも、図面に開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。

【 0 0 2 6 】

なお、本明細書における「第 1」、「第 2」、「第 3」などの序数は、構成要素の混同を避けるために付すものであり、数的に限定するものではないことを付記する。

【 0 0 2 7 】

(実施の形態 1)

本実施の形態では、図 2 に示す、酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタを用いる液晶表示装置の作製方法について、図 1 に示すフロー図を用いて説明する。図 1 のフロー図は、液晶滴下法 (ODF 法: One Drop Filling) を用いて、図 2 に示す液晶表示装置を作製する工程を表している。

【 0 0 2 8 】

まず、図 2 に示す液晶表示装置の構成について説明する。該液晶表示装置は、第 1 の基板 201 からなるアクティブマトリクス基板と、第 2 の基板 206 からなる対向基板が、液晶層 208 を挟持している。また、第 1 の基板 201 と第 2 の基板 206 との間には、画素部 202 および駆動回路部 204 を囲むようにシール材 205 が形成され、スペーサ 235 と共に第 1 の基板 201 と第 2 の基板 206 との間の距離 (セルギャップ) を保持している。

【 0 0 2 9 】

図 2 に示す液晶表示装置のアクティブマトリクス基板側は、以下のような構成となっている。第 1 の基板 201 上の画素部 202 に酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタ 210 が形成され、第 1 の基板 201 上の駆動回路部 204 に酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタ 211 が形成されている。画素部 202 の薄膜トランジスタ 210 上には、絶縁層 220 および絶縁層 221 が形成され、絶縁層 221 上には、薄膜トランジスタのソース電極層またはドレイン電極層の一方と電氣的に接続される、画素電極層 230 が形成され、画素電極層 230 および絶縁層 221 上には、配向膜 232 が形成されている。また、駆動回路部 204 の薄膜トランジスタ 211 上には、導電層 240 が形成されている。

。

10

20

30

40

50

【0030】

また、図2に示す液晶表示装置の対向基板側は、対向基板を基準として第2の基板206上に対向電極層231が形成され、対向電極層231上に配向膜233が形成されている。また、対向電極層231上には、スペーサ235が設けられている。

【0031】

そして、第1の基板201上の画素電極層230と、第2の基板206上の対向電極層231と、液晶層208が重なっている部分が液晶素子213に相当する。

【0032】

なお、本実施の形態では、駆動回路部204がシール材205の枠中に形成されているが、駆動回路部204は必ずしもこのように形成する必要はなく、駆動回路部204の一部または全部がシール材205の枠外に形成されるようにしても良い。シール材205の枠外に別途形成する駆動回路部は、COG方法、ワイヤボンディング方法、或いはTAB方法などを用いて、別の基板上に形成して実装することができる。例えば、走査線駆動回路部を画素部と共にシール材の枠内で同一基板上に形成し、信号線駆動回路部を別基板上に形成して、アクティブマトリクス基板に実装しても良い。

10

【0033】

なお、本実施の形態に示す、液晶表示装置の表示方式としては、TN(Twisted Nematic)モード、STN(Super Twisted Nematic)モード、IPS(In-Plane-Switching)モード、FFS(Fringe Field Switching)モード、MVA(Multi-domain Vertical Alignment)モード、PVA(Patterned Vertical Alignment)モード、ASV(Advanced Super View)モード、ASM(Axially Symmetric aligned Micro-cell)モード、OCB(Optical Compensated Birefringence)モード、ECB(Electrically Controlled Birefringence)モード、FLC(Ferroelectric Liquid Crystal)モード、AFLC(AntiFerroelectric Liquid Crystal)モード、PDLC(Polymer Dispersed Liquid Crystal)モード、PNLC(Polymer Network Liquid Crystal)モード、ゲストホストモード、および、ブルー相(Blue Phase)モード等を用いることができる。

20

30

【0034】

次に、図1に示すフロー図に沿って、図2の液晶表示装置を液晶滴下法(ODF法: One Drop Filling)を用いて作製する作製方法について説明していく。

【0035】

本実施の形態では、図1に示すフロー図に従って、酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの形成(工程101)、シール材の形成(工程102)、液晶層の形成(工程103)、第1の基板と第2の基板の貼り合わせ(工程104)、紫外線照射によるシール材の硬化(工程105)、紫外線照射による酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理(工程106)の順番で説明する。

40

【0036】

まず、酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの形成(工程101)について説明する。

【0037】

第1の基板201上において、画素部202に薄膜トランジスタ210を形成し、駆動回路部204に薄膜トランジスタ211を形成する。次に画素部202において、薄膜トランジスタ210上に絶縁層220および絶縁層221を形成する。それから、絶縁層220および絶縁層221に、薄膜トランジスタ210のソース電極またはドレイン電極の一方に達する開口部を形成し、該開口部を介して薄膜トランジスタ210のソース電極またはドレイン電極の一方と電氣的に接続される画素電極層230を、絶縁層221上に形成

50

することができる。最後に絶縁層 221 および画素電極層 230 上に配向膜 232 を形成する。ここで、駆動回路部 204 においては、絶縁層 221 を必ずしも形成する必要はない。これにより、画素電極層 230 を形成する際に同時に、薄膜トランジスタ 211 上に導電層 240 を形成することができる。

【0038】

第1の基板 201 は、透光性基板を用いることができ、ガラス、セラミックス、プラスチックを用いることができる。プラスチックとしては、FRP (Fiber glass - Reinforced Plastics) 板、PVF (ポリビニルフルオライド) フィルム、ポリエステルフィルムまたはアクリル樹脂フィルムを用いることができる。

【0039】

薄膜トランジスタ 210 は、第1の基板 201 上にゲート電極層を形成し、ゲート電極層上にゲート絶縁層を形成し、ゲート絶縁層上に酸化物半導体層を形成し、酸化物半導体層上にソース電極層とドレイン電極層を形成することにより形成されるボトムゲート構造の薄膜トランジスタである。

【0040】

薄膜トランジスタ 210 のゲート電極層は、PVD 法や CVD 法などの成膜法を用いて、モリブデン、チタン、クロム、タンタル、タングステン、アルミニウム、銅、ネオジム、スカンジウムなどの導電性材料や、これらの合金、化合物（例えば窒化物）などの単層または積層で形成する。なお、図 2 に示すように、ゲート電極層が酸化物半導体層を遮光するように形成することにより、液晶表示装置の完成後に紫外線などが酸化物半導体層に直接照射されるのを防ぐことができる。

【0041】

薄膜トランジスタ 210 のゲート絶縁層は、CVD 法やスパッタリング法等を用いて、酸化シリコン、窒化シリコン、酸窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化タンタルなどの単層または積層で形成する。ゲート絶縁層の厚さは特に限定されないが、例えば、10 nm 以上 500 nm 以下とすることができる。なお、薄膜トランジスタ 210 のゲート絶縁層は、薄膜トランジスタ 211 と共有されており、第1の基板 201 を覆うように形成されている。

【0042】

薄膜トランジスタ 210 の酸化物半導体層は、スパッタリング法を用いて形成するのが好ましい。酸化物半導体層は、四元系の金属酸化物である $In - Sn - Ga - Zn - O$ 系や、三元系の金属酸化物である $In - Ga - Zn - O$ 系、 $In - Sn - Zn - O$ 系、 $In - Al - Zn - O$ 系、 $Sn - Ga - Zn - O$ 系、 $Al - Ga - Zn - O$ 系、 $Sn - Al - Zn - O$ 系や、二元系の金属酸化物である $In - Zn - O$ 系、 $Sn - Zn - O$ 系、 $Al - Zn - O$ 系、 $Zn - Mg - O$ 系、 $Sn - Mg - O$ 系、 $In - Mg - O$ 系や、単元系金属酸化物である $In - O$ 系、 $Sn - O$ 系、 $Zn - O$ 系などを用いて成膜することができる。なお、金属酸化物中にシリコンを添加しても良い。例えば、 SiO_2 を 2 重量% 以上 10 重量% 以下含むターゲットを用いて酸化物半導体層を形成しても良い。

【0043】

中でも、 $In - Ga - Zn - O$ 系の金属酸化物を用いることにより、無電界時の抵抗が十分に高くオフ電流が十分に小さく、電界効果移動度が高い薄膜トランジスタを形成することができる。よって、 $In - Ga - Zn - O$ 系の金属酸化物は、薄膜トランジスタに用いる酸化物半導体層として好適である。

【0044】

$In - Ga - Zn - O$ 系の金属酸化物の代表例としては、 $InGaO_3(ZnO)_m$ ($m > 0$) で表記されるものがある。また、Ga に代えて M を用い、 $InMO_3(ZnO)_m$ ($m > 0$) のように表記される金属酸化物がある。ここで、M は、ガリウム (Ga)、アルミニウム (Al)、鉄 (Fe)、ニッケル (Ni)、マンガン (Mn)、コバルト (Co) などから選ばれた一の金属元素または複数の金属元素を示す。例えば、M としては、Ga、Ga および Al、Ga および Fe、Ga および Ni、Ga および Mn、Ga および

10

20

30

40

50

Coなどを適用することができる。なお、上述の組成は結晶構造から導き出されるものであり、あくまでも一例に過ぎないことを付記する。

【0045】

なお、酸化物半導体層の厚さは、1 nm以上200 nm以下、好ましくは5 nm以上30 nm以下となるように成膜する。なお、適用する酸化物半導体材料により適切な厚さは異なるから、その厚さは用いる材料に応じて適宜選択すればよい。

【0046】

なお、酸化物半導体層に熱処理を行うことが望ましい。この熱処理によって酸化物半導体層の脱水化または脱水素化を行うことができる。熱処理の温度は、300 以上750 以下、好ましくは400 以上700 以下とする。例えば、抵抗発熱体などを用いた電気炉に基板を導入し、酸化物半導体層に対して窒素雰囲気下450 において1時間の熱処理を行う。この間、酸化物半導体層は、大気に触れないようにし、水素（水などを含む）の再混入が行われないようにする。なお、上記熱処理は、酸化物半導体層に対する脱水素化（脱水化）の効果があるから、脱水素化处理（脱水化处理）などと呼ぶこともできる。

【0047】

なお、熱処理装置は電気炉に限られず、加熱されたガスなどの媒体からの熱伝導、または熱輻射によって、被処理物を加熱する装置であっても良い。例えば、GRTA (Gas Rapid Thermal Anneal) 装置、LRTA (Lamp Rapid Thermal Anneal) 装置等のRTA (Rapid Thermal Anneal) 装置を用いることができる。

【0048】

また、薄膜トランジスタ210のソース電極層またはドレイン電極層は、スパッタ法をはじめとするPVD法や、プラズマCVD法などのCVD法を用いて形成することができる。また、ソース電極層またはドレイン電極層の材料としては、アルミニウム、クロム、銅、タンタル、チタン、モリブデン、タングステンから選ばれた元素や、上述した元素を成分とする合金等を用いることができる。マンガン、マグネシウム、ジルコニウム、ベリリウム、トリウムのいずれか一または複数から選択された材料を用いてもよい。また、アルミニウムに、チタン、タンタル、タングステン、モリブデン、クロム、ネオジム、スカンジウムから選ばれた元素を単数、または複数組み合わせた材料を用いてもよい。ソース電極層またはドレイン電極層は、単層構造であっても良いし、2層以上の積層構造としてもよい。

【0049】

なお、駆動回路部204に形成する薄膜トランジスタ211も、上記の薄膜トランジスタ210と同様の構成および同様の材料で形成することができる。ただし、上述のように、薄膜トランジスタ211は、絶縁層220を介して酸化物半導体層のチャネル形成領域と重なる位置に導電層240を形成するのが好ましい。導電層240を酸化物半導体層のチャネル形成領域と重なる位置に設けることによって、BT試験前後における薄膜トランジスタ211のしきい値電圧の変化量を低減することができる。また導電層240は、電位が薄膜トランジスタ211のゲート電極層と同じでもよいし、異なっても良く、薄膜トランジスタ211の第2のゲート電極層として機能させることもできる。また、導電層240の電位がGND、0V、或いはフローティング状態であってもよい。

【0050】

なお、本実施の形態では、薄膜トランジスタ210および薄膜トランジスタ211として、ボトムゲート構造のトランジスタの一例を示したが、これに限られることなく、トップゲート構造のトランジスタや公知の他の構造のトランジスタを用いても構わない。

【0051】

絶縁層220は、酸化物半導体層の保護絶縁層として機能する。絶縁層220は、スパッタ法などを用いて形成し、酸化シリコン、窒化シリコン、酸窒化シリコンなどの単層または積層で形成する。また、絶縁層220の形成後、不活性ガス雰囲気下、または酸素ガス

10

20

30

40

50

雰囲気下で熱処理（好ましくは200以上400以下、例えば250以上350以下）を行うのが望ましい。該熱処理を行うと、トランジスタの電気的特性のばらつきを軽減することができる。また、該熱処理によって、酸素を含む絶縁層から酸化物半導体層に酸素を供給し、酸素欠乏に起因するエネルギーギャップ中の欠陥準位を低減することも可能である。

【0052】

絶縁層221は、薄膜トランジスタ210の凹凸を低減するための平坦化膜として機能する。絶縁層221としては、ポリイミド、アクリル、ベンゾシクロブテン、ポリアミド、エポキシ等の、耐熱性を有する有機材料を用いることができる。また上記有機材料の他に、低誘電率材料（low-k材料）、シロキサン系樹脂、PSG（リンガラス）、BPSG（リンボロンガラス）等を用いることができる。なお、これらの材料で形成される絶縁層を複数積層させることで、絶縁層221を形成してもよい。

10

【0053】

なおシロキサン系樹脂とは、シロキサン系材料を出発材料として形成されたSi-O-Si結合を含む樹脂に相当する。シロキサン系樹脂は置換基としては有機基（例えばアルキル基やアリール基）やフルオロ基を用いても良い。また、有機基はフルオロ基を有していても良い。

【0054】

絶縁層221の形成法は、特に限定されず、その材料に応じて、スパッタ法、SOG法、スピコート、ディップ、スプレー塗布、液滴吐出法（インクジェット法、スクリーン印刷、オフセット印刷等）等を適用することができる。ドクターナイフ、ロールコーター、カーテンコーター、ナイフコーター等を用いて絶縁層221を形成することもできる。絶縁層221の焼成工程と酸化物半導体層の熱処理を兼ねることで効率よく液晶表示装置を作製することが可能となる。

20

【0055】

透過型の液晶表示装置の場合、画素電極層230は、インジウム錫酸化物（以下、ITOと示す）、インジウム亜鉛酸化物、酸化ケイ素を添加したインジウム錫酸化物、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などの透光性を有する導電性材料を用いることができる。なお、画素電極層230と同時に形成される導電層240も画素電極層230と同様の透光性を有する導電性材料を用いることができる。

30

【0056】

また、画素電極層230として、導電性高分子（導電性ポリマーともいう）を含む導電性組成物を用いて形成することができる。導電性組成物を用いて形成した画素電極は、シート抵抗が10000Ω以下、波長550nmにおける透光率が70%以上であることが好ましい。また、導電性組成物に含まれる導電性高分子の抵抗率が0.1Ω・cm以下であることが好ましい。導電性高分子としては、いわゆる電子共役系導電性高分子を用いることができる。例えば、ポリアニリンまたはその誘導体、ポリピロールまたはその誘導体、ポリチオフェンまたはその誘導体、若しくはこれらの2種以上の共重合体などがあげられる。

40

【0057】

また、反射型の液晶表示装置の場合、画素電極層230は反射率の高い金属電極が用いられる。具体的には、アルミニウム、銀等が用いられる。また、画素電極層230の表面を凹凸状にすることで、反射率が高まる。このため、画素電極層230の下地膜を凹凸とすればよい。

【0058】

また、半透過型の液晶表示装置の場合には、画素電極層230は透過型の材料と反射型の材料が用いられる。

【0059】

なお、画素電極層230の形成後、紫外線照射を行って、画素電極層230に表面処理を

50

施しても良い。画素電極層 230 に紫外線照射を行うことにより、薄膜トランジスタ 210 の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

【0060】

配向膜 232 は、ポリイミド、ポリビニルアルコールなどの有機樹脂や、酸化珪素などの無機材料を用いることができる。また、配向膜 232 の形成後、後に形成する液晶分子がある一定のプレチルト角を持って配向するように、配向膜 232 にラビング処理を施す。ただし、配向膜 232 として、酸化珪素などの無機材料を用いた場合、配向処理を施すことなく、蒸着法で配向特性を有する配向膜 232 を形成することも可能である。

【0061】

また、配向膜 232 として紫外線を照射することで液晶を配向させる配向膜を用いても良い。このような配向膜としては、感光性樹脂であるポリビニルシンナメート (PVCi) などを用いればよい。このような配向膜を設けることにより、ラビング処理が不要となるため、ラビング処理によって引き起こされる静電破壊を防止することができ、作製工程中の液晶表示装置の不良や破損を軽減することができる。また、配向膜 232 に紫外線照射を行うことにより、薄膜トランジスタ 210 の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

【0062】

また、ここで、第 2 の基板 206 からなる対向基板の作製方法について説明する。第 2 の基板 206 上に対向電極層 231 を形成し、対向電極層 231 上に配向膜 233 を形成する。第 2 の基板 206 は第 1 の基板 201 と、対向電極層 231 は画素電極層 230 と、配向膜 233 は配向膜 232 と同様の構成および材料で形成することができる。

【0063】

ここで、対向電極層 231 は、第 1 の基板 201 上に設けられる共通電位線と電氣的に接続される。共通接続部を用いて、一对の基板間に配置される導電性粒子を介して対向電極層 231 と共通電位線とを電氣的に接続することができる。なお、導電性粒子はシール材 205 に含有させることができる。

【0064】

また、図 2 では、対向基板を基準として対向電極層 231 上にスペーサ 235 が形成されているが、これは、配向膜 233 上に形成されていても良い。また、スペーサ 235 は、対向基板側でなく、アクティブマトリクス基板側の配向膜 232 上に形成されていても良い。スペーサ 235 は、絶縁膜を選択的にエッチングすることで得られる柱状のスペーサであり、画素電極層 230 と対向電極層 231 との間の距離 (セルギャップ) を制御するために設けられている。なお、スペーサ 235 として球状のスペーサを用いてもよい。

【0065】

次に、シール材の形成 (工程 102) について説明する。

【0066】

シール材 205 は、スクリーン印刷法、インクジェット装置またはディスペンス装置等を用いて、画素部 202 および駆動回路部 204 を囲むよう (閉ループ状) に、第 1 の基板 201 上に形成する。シール材の形状は、矩形状、円形状、楕円形状、多角形状などに適宜形成すればよい。ここで、シール材 205 は、少なくとも画素部 202 を囲むように形成すれば良く、必ずしも駆動回路部 204 を、シール材 205 で囲むようにする必要はない。例えば、駆動回路部 204 の一部を囲むように、シール材 205 を形成しても良いし、駆動回路部 204 は、シール材 205 の枠内に形成しないようにしても良い。また、シール材 205 を駆動回路部 204 上に形成するようにしても良く、これにより、液晶表示装置の狭縁縁化を図ることができる。

【0067】

また、シール材 205 は、必ずしも第 1 の基板 201 上に形成する必要はなく、第 2 の基板 206 上に形成しても良い。第 2 の基板 206 上にシール材 205 を形成する場合、後

10

20

30

40

50

の工程で第1の基板201と第2の基板206を貼り合わせるときに、第2の基板206上のシール材205が少なくとも画素部202を囲むことができるように、シール材205を形成する。

【0068】

シール材205は、紫外線硬化樹脂を含む材料で形成するのが好ましい。紫外線硬化樹脂としては、アクリル系樹脂とエポキシ系樹脂を混ぜた樹脂を用いることができる。また、これらの樹脂に、UV開始剤、熱硬化剤、カップリング剤等を混ぜてもよい。また、フィラー（直径 $1\mu\text{m}$ ～ $24\mu\text{m}$ ）を含んでもよい。なお、シール材205としては、後に接する液晶に溶解しないシール材料を選択することが好ましい。

【0069】

また、シール材205を形成した後、シール材205に紫外線を照射してシール材205を仮硬化してもよい。ここで、シール材205を仮硬化する紫外線照射は、後の工程でシール材を硬化する（本硬化）紫外線照射より、弱い強度、且つ短時間で行う。シール材205を仮硬化することにより、シール材205表面の紫外線硬化樹脂を固めることができるので、後に液晶層208がシール材205に接する際に、液晶層208中にシール材205から不純物が混入することを低減することができる。また、シール材205を紫外線照射して仮硬化を行うことにより、薄膜トランジスタ211および薄膜トランジスタ210の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

【0070】

次に、液晶層の形成（工程103）について説明する。

【0071】

液晶層208は、ディスペンス法またはインクジェット法などの液滴吐出法を用いて、第1の基板201または第2の基板206上に形成したシール材205が囲む領域に液晶を滴下することで形成する。ここで、ODF法ではシール材205が囲む領域に1滴液晶を滴下するが、本実施の形態ではこれに限られることなく、シール材205が囲む領域の必要な箇所に必要な量だけ液晶を滴下すればよい。

【0072】

また、液晶層208は、ネマチック液晶、コレステリック液晶、スメクチック液晶、ディスコチック液晶、サーモトロピック液晶、リオトロピック液晶、低分子液晶、高分子分散型液晶（PDLC）、強誘電液晶、反強誘電液晶、主鎖型液晶、側鎖型高分子液晶、バナナ型液晶等を用いることができる。

【0073】

また、紫外線硬化樹脂を含む液晶を用いて液晶層208を形成し、PDLC（Polymer Dispersed Liquid Crystal）モード、PNLC（Polymer Network Liquid Crystal）モードまたはブルー相（Blue Phase）モードに代表される、表示方式の液晶表示装置を作製しても良い。

【0074】

ここで、ブルー相は液晶相の一つであり、コレステリック液晶を昇温していくと、コレステリック相から等方相へ転移する直前に発現する相である。ブルー相を示す液晶材料は、液晶、カイラル剤、光硬化樹脂および光重合開始剤を含んでいる。カイラル剤は、液晶を螺旋構造に配向させ、ブルー相を発現させるために用いる。一例として、5重量%以上のカイラル剤を混合させた液晶材料を用いることができる。ブルー相を示す液晶とカイラル剤とを含む液晶材料は、応答速度が 1ms 以下と短く、光学的等方性であるため配向処理が不要であり、視野角依存性が小さい。よって、配向膜232、配向膜233を設けなくてもよいのでラビング処理も不要となる。これにより、ラビング処理によって引き起こされる静電破壊を防止することができ、作製工程中の液晶表示装置の不良や破損を軽減することができる。よって液晶表示装置の生産性を向上させることが可能となる。酸化物半導体層を用いる薄膜トランジスタは、静電気の影響によりトランジスタの電気的な特性が著しく変動して設計範囲を逸脱する恐れがある。よって酸化物半導体層を用いる薄膜ト

10

20

30

40

50

ランジスタを有する液晶表示装置にブルー相の液晶材料を用いることはより効果的である。

【0075】

次に、第1の基板と第2の基板の貼り合わせ（工程104）について説明する。

【0076】

シール材205の囲む領域に液晶層208を形成した後、第1の基板201と第2の基板206を貼り合わせる。ここで、減圧雰囲気下で第1の基板201と第2の基板206を貼り合わせるのが好ましい。これにより、貼り合わせ後に大気中で開放した場合であっても、シール材205の内側を真空に保ち、最終的に液晶層208をシール材205の端部まで広げる（シール材205に接する領域まで形成する）ことができるからである。なお、第2の基板206にシール材205および液晶層208を形成した場合は、少なくとも第1の基板201の画素部202が、液晶層208に重なるように貼り合わせる必要がある。

10

【0077】

なお、液晶層208として、ブルー相を示す液晶を用いた場合、次の紫外線照射によるシール材の硬化（工程105）の前に、液晶層208の等方相からブルー相への相転移と高分子安定化の処理を行っておくのが好ましい。等方相からブルー相への相転移は、液晶層208をブルー相と等方相間の相転移温度から+10以内、好ましくは+5以内の温度で熱処理を行い、徐々に降温させることにより行われる。なお、ブルー相と等方相間の相転移温度とは、昇温時にブルー相から等方相に転移する温度または降温時に等方相からブルー相に相転移する温度をいう。

20

【0078】

高分子安定化処理は、ブルー相を発現した状態で、液晶、カイラル剤、紫外線硬化樹脂および光重合開始剤を含む液晶材料に、紫外線硬化樹脂および光重合開始剤が反応する波長の光を照射して行うことができる。よって、ブルー相が発現する温度を保持した状態で、液晶層208に紫外線を照射することにより行うことができる。また、液晶層208を紫外線照射して高分子安定化処理を行うことにより、薄膜トランジスタ211および薄膜トランジスタ210の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

30

【0079】

次に、紫外線照射によるシール材の硬化（工程105）について説明する。

【0080】

第1の基板201と第2の基板206を貼り合わせた後、シール材205に紫外線照射を行うことにより、シール材205の硬化（本硬化）を行う。ここで、シール材205を本硬化する紫外線照射は、上述の工程でシール材を仮硬化した際の紫外線照射より、強い強度、且つ長時間で行う。これにより、シール材205内部の紫外線硬化樹脂まで硬化させることができるので、第1の基板201と第2の基板206の密着性をより向上させることができる。また、紫外線照射してシール材205を硬化することにより、薄膜トランジスタ211および薄膜トランジスタ210の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

40

【0081】

また、シール材205の紫外線照射後、シール材205に熱処理を行うことが好ましい。これにより、より強固にシール材205を硬化させることができる。シール材205の硬化のための熱処理は、好ましくは、80～200、0.5時間～10時間の条件で行う。特に、上述の紫外線照射において、陰になって紫外線が照射されていなかった箇所についても、熱処理を行うことで硬化させることができるので、紫外線照射後のシール材の熱処理は有用である。

【0082】

また、PDLC（Polymer Dispersed Liquid Crystal

50

）モード、PNLC（Polymer Network Liquid Crystal）モードを用いた場合は、シール材２０５の紫外線照射と同時に、液晶層２０８の紫外線照射を行い、液晶層２０８を硬化させて該液晶層中にドロップレットを形成するのが好ましい。

【００８３】

また、一對の基板から複数枚のパネルを取り出す（多面取り）を行う場合には、シール材２０５を硬化させた後、貼り合わせられた一對の基板を分断する。貼り合わせられた一對の基板の分断はスクライバー装置、ブレイカー装置、ロールカッターなどの切断装置を用いて行うことができる。

【００８４】

なお、分断処理を行うと、配向膜２３２および配向膜２３３に沿って配列していた液晶層２０８の配向が乱れることがあるため、液晶層２０８の再配向のための熱処理を行うのが好ましい。液晶層２０８の再配向では、液晶層２０８が等方相を示す温度以上で熱処理を行い、降温の際に液晶層２０８を再配向させる。再配向のための熱処理は、好ましくは、８０～２００、１０分～６０分の条件で行い、より好ましくは１００～１７０、１０分～６０分の条件で行う。

【００８５】

最後に、紫外線照射による酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理（工程１０６）について説明する。

【００８６】

上述の液晶表示装置を作製する過程において、紫外線硬化樹脂を用いたシール材２０５の硬化をはじめとして、複数の工程で紫外線の照射が行われている。これらの紫外線は直射光として、或いは反射光として、薄膜トランジスタ２１０、薄膜トランジスタ２１１の有する酸化物半導体層に照射されるため、紫外線により該酸化物半導体層はダメージを受ける。これにより、紫外線によるダメージを受けた酸化物半導体層を用いた薄膜トランジスタは、電気特性が低下する。特に、該薄膜トランジスタのしきい値電圧はマイナス側に大きくシフトするので、ゲート電圧が０Ｖでもソース電極とドレイン電極の間に電流が流れる、所謂ノーマリーオンとなりやすくなる。

【００８７】

このような、薄膜トランジスタのしきい値電圧のマイナス側へのシフトを抑えるために、液晶表示装置の作製工程において紫外線照射の工程を全て終えた後で、紫外線の照射による酸化物半導体層へのダメージを回復させるための熱処理を行う。

【００８８】

酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理は、好ましくは、５０～３００、０．５時間～２４時間の条件で行い、より好ましくは１２５～２５０、１時間～１５時間の条件で行う。また、該熱処理は、大気雰囲気下、酸素雰囲気下、窒素雰囲気下または希ガス（ヘリウム、ネオン、アルゴン等）雰囲気下において行うのが好ましい。また、酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理は、上述した酸化物半導体層の脱水化または脱水素化のための熱処理より、低い温度で行うのが好ましい。また、酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理は、電気炉を用いた加熱方法などを用いることができる。

【００８９】

このような熱処理を行うことによって、酸化物半導体層やその近傍に存在する原子の再配列が少しずつ行われると考えられる。これにより、紫外線の照射によって酸化物半導体層内や、酸化物半導体層とゲート絶縁層との界面や、酸化物半導体層と絶縁層２２０との界面に形成されたダングリングボンドを修復することができると推測される。

【００９０】

よって、紫外線による酸化物半導体層のダメージを回復させることができるので、該酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの電気特性の低下を防ぎ、しきい値電圧のマイナス側へのシフトを低減することができる。

【００９１】

また、紫外線照射によって、同一基板上の薄膜トランジスタ間のしきい値電圧にバラツキが生じて、上記熱処理によってしきい値電圧のバラツキの低減を図ることができる。

【0092】

また、薄膜トランジスタのチャネル長を短くし、液晶表示装置の高速化および省電力化を図ることができる。

【0093】

なお、この酸化物半導体層のダメージを回復させるための熱処理は、シール材205の紫外線照射後にシール材205の硬化のために行う熱処理を兼ねることもできる。

【0094】

以上のように、本実施の形態に示す方法を用いて液晶表示装置を作製することによって、紫外線照射による酸化物半導体層へのダメージを回復させることができる。これにより、液晶表示装置の作製工程において、液晶表示装置の有する薄膜トランジスタの酸化物半導体層が紫外線によるダメージを受けても、紫外線照射のダメージによる薄膜トランジスタのしきい値電圧のマイナス側へのシフトを低減させることができる。

【0095】

さらに、表示装置においてスイッチング素子として機能する薄膜トランジスタをノーマリーオフとすることができるので、低消費電力且つ高信頼性を有する液晶表示装置を作製することができる。

【0096】

(実施の形態2)

本実施の形態では、図2に示す、酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタを用いる液晶表示装置の作製方法について、図3に示すフロー図を用いて説明する。図3のフロー図は、液晶注入法を用いて、図2に示す液晶表示装置を作製する工程を表している。

【0097】

本実施の形態では、図3に示すフロー図に従って、酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの形成(工程121)、シール材の形成(工程122)、第1の基板と第2の基板の貼り合わせ(工程123)、紫外線照射によるシール材の硬化(工程124)、注入による液晶層の形成(工程125)、紫外線照射による酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理(工程126)の順番で説明する。なお、図2に示す液晶表示装置の構成については、実施の形態1で示した物と同様なので、そちらを参照されたい。

【0098】

酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの形成(工程121)については、実施の形態1で示した酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの形成(工程101)と同様なので、そちらを参照されたい。

【0099】

次に、シール材の形成(工程122)について説明する。

【0100】

シール材205は、スクリーン印刷法、インクジェット装置またはディスペンス装置等を用いて、画素部202および駆動回路部204を囲むように、第1の基板201上に形成する。ただし、後の工程でシール材205に囲まれた領域に液晶を注入できるように、シール材205の一部に液晶注入のための開口部を形成する。シール材の形状は、矩形状、円形状、楕円形状、多角形状などに適宜形成すればよい。ここで、シール材205は、少なくとも画素部202を囲むように形成すれば良く、必ずしも駆動回路部204を、シール材205で囲むようにする必要はない。例えば、駆動回路部204の一部を囲むように、シール材205を形成しても良いし、駆動回路部204は、シール材205の枠内に形成しないようにしても良い。また、シール材205を駆動回路部204上に形成するようにしても良く、これにより、液晶表示装置の狭額縁化を図ることができる。

【0101】

また、シール材205は、必ずしも第1の基板201上に形成する必要はなく、第2の基板206上に形成しても良い。第2の基板206上にシール材205を形成する場合、後

10

20

30

40

50

の工程で第1の基板201と第2の基板206を貼り合わせるときに、第2の基板206上のシール材205が少なくとも画素部202を囲むことができるように、シール材205を形成する。

【0102】

シール材205は、紫外線硬化樹脂を含む材料で形成するのが好ましく、実施の形態1で示したものと同様のものを用いることができる。

【0103】

また、シール材205を形成した後、シール材205に紫外線を照射してシール材205を仮硬化してもよい。ここで、シール材205を仮硬化する紫外線照射は、後の工程でシール材を硬化する（本硬化）紫外線照射より、弱い強度、且つ短時間で行う。また、シール材205を紫外線照射して仮硬化を行うことにより、薄膜トランジスタ211および薄膜トランジスタ210の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

10

【0104】

次に、第1の基板と第2の基板の貼り合わせ（工程123）について説明する。

【0105】

実施の形態1の、第1の基板と第2の基板の貼り合わせ（工程104）と同様に、減圧雰囲気下で第1の基板201と第2の基板206を貼り合わせる。

【0106】

次に、紫外線照射によるシール材の硬化（工程124）について説明する。

20

【0107】

実施の形態1に示す紫外線照射によるシール材の硬化（工程105）と同様に、第1の基板201と第2の基板206を貼り合わせた後、シール材205に紫外線照射を行うことにより、シール材205の硬化（本硬化）を行う。ここで、シール材205を本硬化する紫外線照射は、上述の工程でシール材を仮硬化した際の紫外線照射より、強い強度、且つ長時間で行う。これにより、シール材205内部の紫外線硬化樹脂まで硬化させることができるので、第1の基板201と第2の基板206の密着性をより向上させることができる。また、紫外線照射してシール材205を硬化することにより、薄膜トランジスタ211および薄膜トランジスタ210の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

30

【0108】

また、シール材205の紫外線照射後、シール材205に熱処理を行うことが好ましい。これにより、より強固にシール材205を硬化させることができる。シール材205の硬化のための熱処理は、好ましくは、80～200、0.5時間～10時間の条件で行う。特に、上述の紫外線照射において、陰になって紫外線が照射されていなかった箇所についても、熱処理を行うことで硬化させることができるので、紫外線照射後のシール材の熱処理は有用である。

【0109】

また、一对の基板から複数枚のパネルを取り出す（多面取り）を行う場合には、シール材205を硬化させた後、貼り合わせられた一对の基板を分断する。このとき、シール材205に形成した開口部が露出するように、貼り合わせられた一对の基板を分断する。貼り合わせられた一对の基板の分断はスクライバー装置、プレイカー装置、ロールカッターなどの切断装置を用いて行うことができる。

40

【0110】

次に、注入による液晶層の形成（工程125）について説明する。

【0111】

液晶層208は真空注入法などの液晶注入法を用いて、第1の基板201または第2の基板206上に形成したシール材205が囲む領域に液晶を注入することで形成する。例えば、真空注入法を用いる場合、貼り合わせられた一对の基板を真空室に置き、真空中において、液晶を貼り合わせられた一对の基板のシール材205に形成された開口部に接触さ

50

せる。それから、真空室にガスを流入させて内圧を高めると、開口部からシール材 205 に囲まれた領域に液晶が注入される。なお、液晶を注入した後、シール材 205 の開口部は、紫外線硬化樹脂などを用いて封止する。

【0112】

また、液晶層 208 は、実施の形態 1 で示したものと同様のものを用いることができる。

【0113】

また、実施の形態 1 と同様に、紫外線硬化樹脂を含む液晶を用いて液晶層 208 を形成し、PDL C モード、PNLC モードまたはブルー相モードに代表される、表示方式の液晶表示装置を作製しても良い。

【0114】

酸化物半導体層を用いる薄膜トランジスタは、静電気の影響によりトランジスタの電気的な特性が著しく変動して設計範囲を逸脱する恐れがある。よって酸化物半導体層を用いる薄膜トランジスタを有する液晶表示装置にブルー相の液晶材料を用いることはより効果的である。

【0115】

なお、液晶層 208 として、ブルー相を示す液晶を用いた場合、液晶層 208 の等方相からブルー相への相転移と高分子安定化の処理を行う。等方相からブルー相への相転移は、液晶層 208 をブルー相と等方相間の相転移温度から +10 以内、好ましくは +5 以内の温度で熱処理を行い、徐々に降温させることにより行われる。なお、ブルー相と等方相間の相転移温度とは、昇温時にブルー相から等方相に転移する温度または降温時に等方相からブルー相に相転移する温度をいう。

【0116】

高分子安定化処理は、ブルー相を発現した状態で、液晶、カイラル剤、紫外線硬化樹脂および光重合開始剤を含む液晶材料に、紫外線硬化樹脂および光重合開始剤が反応する波長の光を照射して行うことができる。よって、ブルー相が発現する温度を保持した状態で、液晶層 208 に紫外線を照射することにより行うことができる。また、液晶層 208 を紫外線照射して高分子安定化処理を行うことにより、薄膜トランジスタ 211 および薄膜トランジスタ 210 の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

【0117】

また、PDL C (Polymer Dispersed Liquid Crystal) モード、PNLC (Polymer Network Liquid Crystal) モードを用いた場合は、紫外線照射を行い、液晶層 208 を硬化させて該液晶層中にドロップレットを形成する。

【0118】

なお、液晶注入法を用いて液晶層 208 を形成した後は、液晶の配向が乱れていることがあるため、液晶層 208 の再配向のための熱処理を行うのが好ましい。液晶層 208 の再配向では、液晶層 208 が等方相を示す温度以上で熱処理を行い、降温の際に液晶層 208 を再配向させる。再配向のための熱処理は、好ましくは、80 ~ 200、10 分 ~ 60 分の条件で行い、より好ましくは 100 ~ 170、10 分 ~ 60 分の条件で行う。

【0119】

最後に、紫外線照射による酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理（工程 126）について説明する。

【0120】

実施の形態 1 と同様に、薄膜トランジスタのしきい値電圧のマイナス側へのシフトを抑えるために、液晶表示装置の作製工程において紫外線照射の工程を全て終えた後で、紫外線の照射による酸化物半導体層へのダメージを回復させるための熱処理を行う。

【0121】

酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理は、好ましくは、50 ~ 300、0 .

10

20

30

40

50

5 時間～24 時間の条件で行い、より好ましくは125 ～250 、2 時間～15 時間の条件で行う。また、該熱処理は、大気雰囲気下、酸素雰囲気下、窒素雰囲気下または希ガス（ヘリウム、ネオン、アルゴン等）雰囲気下において行うのが好ましい。また、酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理は、上述した酸化物半導体層を形成する際の熱処理より、低い温度で長時間行うのが好ましい。また、酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理は、電気炉を用いた加熱方法などを用いることができる。

【0122】

このような熱処理を行うことによって、酸化物半導体層やその近傍に存在する原子の再配列が少しずつ行われると考えられる。これにより、紫外線の照射によって酸化物半導体層内や、酸化物半導体層とゲート絶縁層との界面や、酸化物半導体層と絶縁層220との界面に形成されたダングリングボンドを修復することができると推測される。

10

【0123】

よって、紫外線による酸化物半導体層のダメージを回復させることができるので、該酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの電気特性の低下を防ぎ、しきい値電圧のマイナス側へのシフトを低減することができる。

【0124】

また、紫外線照射によって、同一基板上の薄膜トランジスタ間のしきい値電圧にバラツキが生じても、上記熱処理によって低減を図ることができる。

【0125】

また、薄膜トランジスタのチャネル長を短くし、液晶表示装置の高速化および省電力化を図ることができる。

20

【0126】

また、この酸化物半導体層のダメージを回復させるための熱処理は、上記の再配向のための熱処理を兼ねることもできる。

【0127】

以上のように、本実施の形態に示す方法を用いて液晶表示装置を作製することによって、紫外線照射による酸化物半導体層へのダメージを回復させることができる。これにより、液晶表示装置の作製工程において、液晶表示装置の有する薄膜トランジスタの酸化物半導体層が紫外線によるダメージを受けても、紫外線照射のダメージによる薄膜トランジスタのしきい値電圧のマイナス側へのシフトを低減させることができる。

30

【0128】

さらに、表示装置においてスイッチング素子として機能する薄膜トランジスタをノーマリーオフとすることができるので、低消費電力且つ高信頼性を有する液晶表示装置を作製することができる。

【0129】

（実施の形態3）

本実施の形態では、図5に示す、酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタを用いる発光表示装置の作製方法について、図4に示すフロー図を用いて説明する。

【0130】

本実施の形態では、表示装置の有する表示素子としては、ここではエレクトロルミネッセンスを利用する発光素子を用いて示す。エレクトロルミネッセンスを利用する発光素子は、発光材料が有機化合物であるか、無機化合物であるかによって区別され、一般的に、前者は有機EL素子、後者は無機EL素子と呼ばれている。

40

【0131】

有機EL素子は、発光素子に電圧を印加することにより、一対の電極から電子および正孔がそれぞれ発光性の有機化合物を含む層に注入され、電流が流れる。そして、それらキャリア（電子および正孔）が再結合することにより、発光性の有機化合物が励起状態を形成し、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。このようなメカニズムから、このような発光素子は、電流励起型の発光素子と呼ばれる。

【0132】

50

無機EL素子は、その素子構成により、分散型無機EL素子と薄膜型無機EL素子とに分類される。分散型無機EL素子は、発光材料の粒子をバインダ中に分散させた発光層を有するものであり、発光メカニズムはドナー準位とアクセプター準位を利用するドナー-アクセプター再結合型発光である。薄膜型無機EL素子は、発光層を誘電体層で挟み込み、さらにそれを電極で挟んだ構造であり、発光メカニズムは金属イオンの内殻電子遷移を利用する局在型発光である。なお、本実施の形態では、発光素子として有機EL素子を用いて説明する。

【0133】

図5に示す発光表示装置の構成について説明する。該発光表示装置は、第1の基板301上の薄膜トランジスタ310、311と発光素子313を、第2の基板306との間にシール材305によって封止している。また、薄膜トランジスタ310、311および発光素子313と、第2の基板306との間には、充填材が充填され、充填材料層308が形成されている。このように発光素子313が外気に曝されないように気密性が高く、脱ガスの少ない保護フィルム（貼り合わせフィルム、紫外線硬化樹脂フィルム等）やカバー材でパッケージング（封入）することが好ましい。

【0134】

図5に示す発光表示装置のアクティブマトリクス基板側は、以下のような構成となっている。第1の基板301上の画素部302に酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタ310が形成され、駆動回路部304に酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタ311が形成されている。画素部302の薄膜トランジスタ310上には、絶縁層320および絶縁層321が形成され、絶縁層321上には、薄膜トランジスタのソース電極層またはドレイン電極層の一方と電氣的に接続される、第1の電極層330が形成され、第1の電極層330および絶縁層321上には、隔壁335が形成されている。隔壁335と第1の電極層330の上に電界発光層332が形成され、電界発光層332の上に第2の電極層334が形成される。発光素子313は、第1の電極層330、電界発光層332、第2の電極層334の積層により構成される。ただし、発光素子313の構成はこれに限定されない。発光素子313から取り出す光の方向などに合わせて、発光素子313の構成は適宜変えることができる。また、駆動回路部304の薄膜トランジスタ311上には、導電層340が形成されている。

【0135】

なお、本実施の形態では、駆動回路部304がシール材305の枠中に形成されているが、駆動回路部304は必ずしもこのように形成する必要はなく、駆動回路部304の一部または全部がシール材305の枠外に形成されるようにしても良い。シール材305の枠外に別途形成する駆動回路部は、COG方法、ワイヤボンディング方法、或いはTAB方法などを用いて、別の基板上に形成して実装することができる。例えば、走査線駆動回路部を画素部と共にシール材の枠内で同一基板上に形成し、信号線駆動回路部を別基板上に形成して、アクティブマトリクス基板に実装しても良い。

【0136】

次に、図4に示すフロー図に沿って、図5の発光表示装置を作製する作製方法について説明していく。

【0137】

本実施の形態では、図4に示すフロー図に従って、酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの形成（工程131）、発光素子の形成（工程132）、シール材の形成（工程133）、第1の基板と第2の基板の貼り合わせ（工程134）、紫外線照射によるシール材の硬化（工程135）、紫外線照射による酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理（工程136）の順番で説明する。

【0138】

酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの形成（工程131）については、実施の形態1で示した酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの形成（工程101）と同様なので、そちらを参照されたい。第1の基板301、第2の基板306、薄膜トランジスタ31

10

20

30

40

50

0、薄膜トランジスタ311、導電層340、絶縁層320および絶縁層321は、第1の実施の形態に示す、第1の基板201、第2の基板206、薄膜トランジスタ210、薄膜トランジスタ211、導電層240、絶縁層220および絶縁層221と同様の材料、同様の方法で作製することができるので、そちらを参照されたい。

【0139】

次に、発光素子の形成（工程132）について説明する。絶縁層321をエッチングし、薄膜トランジスタ310のソース電極層またはドレイン電極層に達する開口を形成した後、第1の電極層330を形成し、第1の電極層330上に開口部を有するように隔壁335を形成し、隔壁335および第1の電極層330上に電界発光層332と第2の電極層334を形成する。これにより、第1の電極層330、電界発光層332、第2の電極層334の積層からなる発光素子313を形成することができる。以下に、発光素子313からの発光が第2の電極層334側に抜ける、上面発光の場合の、第1の電極層330を陰極、第2の電極層334を陽極とする材料の組み合わせについて示す。

10

【0140】

陰極として機能する第1の電極層330は、様々な材料を用いることができるが、仕事関数が小さい材料、例えば、具体的には、LiやCs等のアルカリ金属、およびMg、Ca、Sr等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金（Mg：Ag、Al：Liなど）の他、YbやEr等の希土類金属等の材料を用いることが好ましい。

【0141】

隣り合う画素の第1の電極層330を絶縁するために設けられる隔壁335は、ポリイミド、アクリル、ポリアミド、エポキシ等の有機樹脂膜、無機絶縁膜または有機ポリシロキサンを用いて形成する。隔壁335は、特に感光性の樹脂材料を用い、第1の電極層330上に開口部を形成し、その開口部の側壁が連続した曲率を持って形成される傾斜面となるように形成することが好ましい。隔壁335として感光性の樹脂材料を用いる場合、レジストマスクを形成する工程を省略することができる。また隔壁335に紫外線照射を行う場合、薄膜トランジスタ310の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

20

【0142】

電界発光層332は、単数の層で構成されていても、複数の層が積層されるように構成されていてもどちらでも良い。電界発光層332が複数の層で構成されている場合、陰極として機能する第1の電極層330上に電子注入層、電子輸送層、発光層、ホール輸送層、ホール注入層の順に積層する。なおこれらの層を全て設ける必要はない。

30

【0143】

陽極として機能する第2の電極層334は光を透過する透光性を有する導電性材料を用いて形成し、例えば酸化タンゲステンを含むインジウム酸化物、酸化タンゲ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、酸化ケイ素を添加したインジウム錫酸化物などの透光性を有する導電性導電膜を用いても良い。

【0144】

なお、発光素子313からの発光が第1の電極層330側に抜ける下面発光型や、両面に抜ける両面発光型とする場合には、反射性を有する導電性膜を設けたり、電極層の材料を適宜入れ替えて発光素子313の発光を妨げないような構成とすればよい。

40

【0145】

次に、シール材の形成（工程133）について説明する。

【0146】

シール材305は、スクリーン印刷法、インクジェット装置またはディスペンス装置等を用いて、画素部302および駆動回路部304を囲むよう（閉ループ状）に、第1の基板301上に形成する。シール材の形状は、矩形状、円形状、楕円形状、多角形状などに適宜形成すればよい。ここで、シール材305は、少なくとも画素部302を囲むように形成すれば良く、必ずしも駆動回路部304を、シール材305で囲むようにする必要はな

50

い。例えば、駆動回路部 304 の一部を囲むように、シール材 305 を形成しても良いし、駆動回路部 304 は、シール材 305 の枠内に形成しないようにしても良い。また、シール材 305 を駆動回路部 304 上に形成するようにしても良く、これにより、発光表示装置の狭縁縁化を図ることができる。

【0147】

また、シール材 305 は、必ずしも第 1 の基板 301 上に形成する必要はなく、第 2 の基板 306 上に形成しても良い。第 2 の基板 306 上にシール材 305 を形成する場合、後の工程で第 1 の基板 301 と第 2 の基板 306 を貼り合わせるときに、第 2 の基板 306 上のシール材 305 が少なくとも画素部 302 を囲むことができるように、シール材 305 を形成する。

10

【0148】

シール材 305 は、紫外線硬化樹脂を含む材料で形成するのが好ましい。紫外線硬化樹脂としては、アクリル系樹脂とエポキシ系樹脂を混ぜた樹脂を用いることができる。また、これらの樹脂に、UV 開始剤、熱硬化剤、カップリング剤等を混ぜてもよい。また、フィラー（直径 $1\ \mu\text{m}$ ~ $24\ \mu\text{m}$ ）を含んでもよい。

【0149】

また、シール材 305 を形成した後、シール材 305 に紫外線を照射してシール材 305 を仮硬化してもよい。ここで、シール材 305 を仮硬化する紫外線照射は、後の工程でシール材を硬化する（本硬化）紫外線照射より、弱い強度、且つ短時間で行う。また、シール材 305 を紫外線照射して仮硬化を行うことにより、薄膜トランジスタ 311 および薄膜トランジスタ 310 の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

20

【0150】

また、充填材でアクティブマトリクス基板と第 2 の基板 306 の間を充填する場合、シール材 305 の形成後に充填すればよい。充填材料層 308 は、ディスペンス法またはインクジェット法などの液滴吐出法を用いて、第 1 の基板 301 または第 2 の基板 306 上に形成したシール材 305 が囲む領域に滴下することで形成する。充填材としては、紫外線硬化樹脂または熱硬化樹脂を用いることができ、PVC（ポリビニルクロライド）、アクリル、ポリイミド、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、PVB（ポリビニルブチラル）または EVA（エチレンビニルアセテート）を用いることができる。また、充填材として、紫外線硬化樹脂を用いる場合、第 1 の基板 301 と第 2 の基板 306 とを充填材料層 308 で密着させることができるので、必ずしもシール材 305 を用いなくても良い。

30

【0151】

充填材として、紫外線硬化樹脂を用いる場合、硬化の際の紫外線照射により、薄膜トランジスタ 311 および薄膜トランジスタ 310 の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

【0152】

また、充填材として、窒素やアルゴンなどの不活性な気体を充填しても良い。

【0153】

次に、第 1 の基板と第 2 の基板の貼り合わせ（工程 134）について説明する。

40

【0154】

シール材 305 を、画素部 302 および駆動回路部 304 を囲むよう（閉ループ状）に形成した後、第 1 の基板 301 と第 2 の基板 306 を貼り合わせる。なお、第 2 の基板 306 にシール材 305 および充填材料層 308 を形成した場合は、少なくとも第 1 の基板 301 の画素部 302 が、充填材料層 308 に重なるように貼り合わせる必要がある。

【0155】

また、第 1 の基板 301 と第 2 の基板 306 を貼り合わせた後で、充填材料層 308 を形成しても良い。その場合、シール材 305 を形成する際に一部開口部を設けておき、真空注入法などを用いて充填材を、アクティブマトリクス基板と第 2 の基板 306 の間に充填

50

すればよい。

【 0 1 5 6 】

次に、紫外線照射によるシール材の硬化（工程 1 3 5 ）について説明する。

【 0 1 5 7 】

第 1 の基板 3 0 1 と第 2 の基板 3 0 6 を貼り合わせた後、シール材 3 0 5 に紫外線照射を行うことにより、シール材 3 0 5 の硬化（本硬化）を行う。ここで、シール材 3 0 5 を本硬化する紫外線照射は、上述の工程でシール材を仮硬化した際の紫外線照射より、強い強度、且つ長時間で行う。これにより、シール材 3 0 5 内部の紫外線硬化樹脂まで硬化させることができるので、第 1 の基板 3 0 1 と第 2 の基板 3 0 6 の密着性をより向上させることができる。また、シール材 3 0 5 を紫外線照射して硬化することにより、薄膜トランジスタ 3 1 1 および薄膜トランジスタ 3 1 0 の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

10

【 0 1 5 8 】

また、シール材 3 0 5 の紫外線照射後、シール材 3 0 5 に熱処理を行うことが好ましい。これにより、より強固にシール材 3 0 5 を硬化させることができる。シール材 3 0 5 の硬化のための熱処理は、好ましくは、80 ～ 200 、0.5 時間～10 時間の条件で行う。特に、上述の紫外線照射において、陰になって紫外線が照射されていなかった箇所についても、熱処理を行うことで硬化させることができるので、紫外線照射後のシール材の熱処理は有用である。

20

【 0 1 5 9 】

また、充填材として紫外線硬化樹脂を用いた場合、シール材 3 0 5 と同時に硬化を行うことができる。

【 0 1 6 0 】

また、一対の基板から複数枚のパネルを取り出す（多面取り）を行う場合には、シール材 3 0 5 を硬化させた後、貼り合わせられた一対の基板を分断する。貼り合わせられた一対の基板の分断はスクライパー装置、ブレイカー装置、ロールカッターなどの切断装置を用いて行うことができる。

【 0 1 6 1 】

最後に、紫外線照射による酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理（工程 1 3 6 ）について説明する。

30

【 0 1 6 2 】

実施の形態 1 または実施の形態 2 と同様に、薄膜トランジスタのしきい値電圧のマイナス側へのシフトを抑えるために、発光表示装置の作製工程において紫外線照射の工程を全て終えた後で、紫外線の照射による酸化物半導体層へのダメージを回復させるための熱処理を行う。

【 0 1 6 3 】

酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理は、好ましくは、50 ～ 300 、0.5 時間～24 時間の条件で行い、より好ましくは125 ～ 250 、1 時間～15 時間の条件で行う。また、該熱処理は、大気雰囲気下、酸素雰囲気下、窒素雰囲気下または希ガス（ヘリウム、ネオン、アルゴン等）雰囲気下において行うのが好ましい。また、酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理は、上述した酸化物半導体層の脱水化または脱水素化のための熱処理より低い温度で行うのが好ましい。また、酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理は、電気炉を用いた加熱方法などを用いることができる。

40

【 0 1 6 4 】

このような熱処理を行うことによって、酸化物半導体層やその近傍に存在する原子の再配列が少しずつ行われると考えられる。これにより、紫外線の照射によって酸化物半導体層内や、酸化物半導体層とゲート絶縁層との界面や、酸化物半導体層と絶縁層 3 2 0 との界面に形成されたダングリングボンドを修復することができると推測される。

【 0 1 6 5 】

50

よって、紫外線による酸化物半導体層のダメージを回復させることができるので、該酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの電気特性の低下を防ぎ、しきい値電圧のマイナス側へのシフトを低減することができる。

【0166】

また、紫外線照射によって、同一基板上の薄膜トランジスタ間のしきい値電圧にバラツキが生じて、上記熱処理によって低減を図ることができる。

【0167】

また、薄膜トランジスタのチャネル長を短くし、発光表示装置の高速化および省電力化を図ることができる。

【0168】

なお、この酸化物半導体層のダメージを回復させるための熱処理は、シール材305の紫外線照射後にシール材305の硬化のために行う熱処理を兼ねることもできる。

【0169】

以上のように、本実施の形態に示す方法を用いて発光表示装置を作製することによって、紫外線照射による酸化物半導体層へのダメージを回復させることができる。これにより、発光表示装置の作製工程において、発光表示装置の有する薄膜トランジスタの酸化物半導体層が紫外線によるダメージを受けても、紫外線照射のダメージによる薄膜トランジスタのしきい値電圧のマイナス側へのシフトを低減させることができる。

【0170】

さらに、表示装置においてスイッチング素子として機能する薄膜トランジスタをノーマリーオフとすることができるので、低消費電力且つ高信頼性を有する発光表示装置を作製することができる。

【0171】

(実施の形態4)

本実施の形態では、図7に示す、酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタを用いる電気泳動表示装置の作製方法について、図6に示すフロー図を用いて説明する。

【0172】

実施の形態1に示す表示装置の作製方法は、スイッチング素子と電気的に接続する素子を利用して電子インクを駆動させる電気泳動表示装置に用いてもよい。電気泳動表示装置は、電気泳動ディスプレイとも呼ばれており、紙と同じ読みやすさ、他の表示装置に比べ低消費電力、薄くて軽い形状とすることが可能という利点を有している。

【0173】

電気泳動ディスプレイは、様々な形態が考えられ得るが、プラスの電荷を有する第1の粒子と、マイナスの電荷を有する第2の粒子とを含むマイクロカプセルが溶媒または溶質に複数分散されたものであり、マイクロカプセルに電界を印加することによって、マイクロカプセル中の粒子を互いに反対方向に移動させて一方側に集合した粒子の色のみを表示するものである。なお、第1の粒子または第2の粒子は染料を含み、電界がない場合において移動しないものである。また、第1の粒子の色と第2の粒子の色は異なるもの(無色を含む)とする。

【0174】

このように、電気泳動ディスプレイは、誘電定数の高い物質が高い電界領域に移動する、いわゆる誘電泳動的効果を利用したディスプレイである。

【0175】

上記マイクロカプセルを溶媒中に分散させたものが電子インクと呼ばれるものであり、この電子インクはガラス、プラスチック、布、紙などの表面に印刷することができる。また、カラーフィルタや色素を有する粒子を用いることによってカラー表示も可能である。

【0176】

また、アクティブマトリクス基板上に適宜、二つの電極の間に挟まれるように上記マイクロカプセルを複数配置すればアクティブマトリクス型の表示装置が完成し、マイクロカプセルに電界を印加すれば表示を行うことができる。

10

20

30

40

50

【0177】

なお、マイクロカプセル中の第1の粒子および第2の粒子は、導電体材料、絶縁体材料、半導体材料、磁性材料、液晶材料、強誘電性材料、エレクトロルミネセント材料、エレクトロクロミック材料、磁気泳動材料から選ばれた一種の材料、またはこれらの複合材料を用いればよい。

【0178】

図7に示す電気泳動表示装置は、ツイストボール表示方式を用いた電気泳動表示装置の例である。ツイストボール表示方式とは、白と黒に塗り分けられた球形粒子を表示素子に用いる電極層である第1の電極層および第2の電極層の間に配置し、第1の電極層および第2の電極層に電位差を生じさせて球形粒子の向きを制御することにより、表示を行う方法である。

10

【0179】

なお、電気泳動表示装置の表示方式はこれに限られる物ではなく、マイクロカプセル型電気泳動方式、マイクロカップ型電気泳動（登録商標）方式、水平移動型電気泳動方式、垂直移動型電気泳動方式、粉体移動方式、電子粉流体（登録商標）方式、コレステリック液晶を用いた方式、カイラルネマチック液晶を用いた方式、反強誘電性液晶を用いた方式、高分子分散型液晶を用いた方式、帯電トナーを用いた方式、エレクトロウェットティング方式、エレクトロクロミズム方式、エレクトロデポジション方式などを用いても良い。

【0180】

図7に示す電気泳動表示装置の構成について説明する。該電気泳動表示装置は、第1の基板401からなるアクティブマトリクス基板と、第2の基板406が、電気泳動表示素子層413を挟持している。また、第1の基板401と第2の基板406との間には、画素部402および駆動回路部404を囲むようにシール材405が形成されている。

20

【0181】

図7に示す電気泳動表示装置のアクティブマトリクス基板側は、以下のような構成となっている。第1の基板401上の画素部402に酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタ410が形成され、駆動回路部404に酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタ411が形成されている。画素部402の薄膜トランジスタ410上には、絶縁層420および絶縁層421が形成され、絶縁層421上には、薄膜トランジスタのソース電極層またはドレイン電極層の一方と電気的に接続される、第1の電極層430が形成される。ここで、第1の電極層430は、画素電極に相当する。また、駆動回路部404の薄膜トランジスタ411上には、導電層440が形成されている。

30

【0182】

また、図7に示す電気泳動表示装置は、第2の基板406上に第2の電極層431が形成されている。

【0183】

また、第1の電極層430と第2の電極層431に挟まれる電気泳動表示素子層413は、充填材料層408と、ツイストボール489から成る。ツイストボール489は、液体で満たされたキャビティ494と、キャビティ494内の球形粒子490で構成される。球形粒子490は、電荷密度差の設けられた黒色領域490aと白色領域490bとを有する。そのため、第1の電極層430と第2の電極層431の間に電位差を生じさせることにより、球形粒子490を電界方向に応じて回転させることができる。

40

【0184】

なお、本実施の形態では、駆動回路部404がシール材405の枠中に形成されているが、駆動回路部404は必ずしもこのように形成する必要はなく、駆動回路部404の一部または全部がシール材405の枠外に形成されるようにしても良い。シール材405の枠外に別途形成する駆動回路部は、COG方法、ワイヤボンディング方法、或いはTAB方法などを用いて、別の基板上に形成して実装することができる。例えば、走査線駆動回路部を画素部と共にシール材の枠内で同一基板上に形成し、信号線駆動回路部を別基板上に形成して、アクティブマトリクス基板に実装しても良い。

50

【0185】

次に、図6に示すフロー図に沿って、図7の電気泳動表示装置を作製する作製方法について説明していく。

【0186】

本実施の形態では、図6に示すフロー図に従って、酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの形成（工程141）、シール材の形成（工程142）、電気泳動表示素子層の形成（工程143）、第1の基板と第2の基板の貼り合わせ（工程144）、紫外線照射によるシール材の硬化（工程145）、紫外線照射による酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理（工程146）の順番で説明する。

【0187】

酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの形成（工程141）については、実施の形態1で示した酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの形成（工程101）と同様なので、そちらを参照されたい。第1の基板401、薄膜トランジスタ410、薄膜トランジスタ411、絶縁層420、絶縁層421、第1の電極層430、導電層440、第2の基板406および第2の電極層431は、第1の実施の形態に示す、第1の基板201、薄膜トランジスタ210、薄膜トランジスタ211、絶縁層220および絶縁層221、画素電極層230、導電層240、第2の基板206および対向電極層231と同様の材料、同様の方法で作製することができるので、そちらを参照されたい。

【0188】

次に、シール材の形成（工程142）について説明する。

【0189】

シール材405は、スクリーン印刷法、インクジェット装置またはディスペンス装置等を用いて、画素部402および駆動回路部404を囲むよう（閉ループ状）に、第1の基板401上に形成する。シール材の形状は、矩形状、円形状、楕円形状、多角形状などに適宜形成すればよい。ここで、シール材405は、少なくとも画素部402を囲むように形成すれば良く、必ずしも駆動回路部404を、シール材405で囲むようにする必要はない。例えば、駆動回路部404の一部を囲むように、シール材405を形成しても良いし、駆動回路部404は、シール材405の枠内に形成しないようにしても良い。また、シール材405を駆動回路部404上に形成するようにしても良く、これにより、電気泳動表示装置の狭額縁化を図ることができる。

【0190】

また、シール材405は、必ずしも第1の基板401上に形成する必要はなく、第2の基板406上に形成しても良い。第2の基板406上にシール材405を形成する場合、後の工程で第1の基板401と第2の基板406を貼り合わせるときに、第2の基板406上のシール材405が少なくとも画素部402を囲むことができるように、シール材405を形成する。

【0191】

シール材405は、紫外線硬化樹脂を含む材料で形成するのが好ましい。紫外線硬化樹脂としては、アクリル系樹脂とエポキシ系樹脂を混ぜた樹脂を用いることができる。また、これらの樹脂に、UV開始剤、熱硬化剤、カップリング剤等を混ぜてもよい。また、フィラー（直径 $1\mu\text{m}$ ～ $24\mu\text{m}$ ）を含んでもよい。

【0192】

また、シール材405を形成した後、シール材405に紫外線を照射してシール材405を仮硬化してもよい。ここで、シール材405を仮硬化する紫外線照射は、後の工程でシール材を硬化する（本硬化）紫外線照射より、弱い強度、且つ短時間で行う。また、シール材405を紫外線照射して仮硬化を行うことにより、薄膜トランジスタ411および薄膜トランジスタ410の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

【0193】

次に、電気泳動表示素子層の形成（工程143）について説明する。

【 0 1 9 4 】

電気泳動表示素子層 4 1 3 は、ツイストボール 4 8 9 を第 1 の電極層 4 3 0 上に配置し、ディスペンス法またはインクジェット法などの液滴吐出法を用いて、第 1 の基板 4 0 1 または第 2 の基板 4 0 6 上に形成したシール材 4 0 5 が囲む領域に、充填材を滴下することで形成する。ここで、シール材 4 0 5 が囲む領域の必要な箇所に必要な量だけ液晶を滴下すればよい。

【 0 1 9 5 】

また、ツイストボール 4 8 9 を予め充填材料層 4 0 8 中に含ませておき、ディスペンス法またはインクジェット法などの液滴吐出法を用いて、電気泳動表示素子層 4 1 3 を形成しても良い。

10

【 0 1 9 6 】

充填材としては、紫外線硬化樹脂または熱硬化樹脂を用いることができ、PVC（ポリビニルクロライド）、アクリル、ポリイミド、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、PVB（ポリビニルブチラル）またはEVA（エチレンビニルアセテート）を用いることができる。また、充填材として、紫外線硬化樹脂を用いる場合、第 1 の基板 4 0 1 と第 2 の基板 4 0 6 とを充填材料層 4 0 8 で密着させることができるので、必ずしもシール材 4 0 5 を用いなくても良い。

【 0 1 9 7 】

充填材として、紫外線硬化樹脂を用いる場合、硬化の際の紫外線照射により、薄膜トランジスタ 4 1 1 および薄膜トランジスタ 4 1 0 の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

20

【 0 1 9 8 】

次に、第 1 の基板と第 2 の基板の貼り合わせ（工程 1 4 4 ）について説明する。

【 0 1 9 9 】

シール材 4 0 5 を、画素部 4 0 2 および駆動回路部 4 0 4 を囲むよう（閉ループ状）に形成した後、第 1 の基板 4 0 1 と第 2 の基板 4 0 6 を貼り合わせる。なお、第 2 の基板 4 0 6 にシール材 4 0 5 および充填材料層 4 0 8 を形成した場合は、少なくとも第 1 の基板 4 0 1 の画素部 4 0 2 が、充填材料層 4 0 8 に重なるように貼り合わせる必要がある。

【 0 2 0 0 】

また、第 1 の基板 4 0 1 と第 2 の基板 4 0 6 とを貼り合わせた後で、充填材料層 4 0 8 を形成しても良い。その場合、シール材 4 0 5 を形成する際に一部開口部を設けておき、真空注入法などを用いて充填材を、アクティブマトリクス基板と第 2 の基板 4 0 6 の間に充填すればよい。

30

【 0 2 0 1 】

次に、紫外線照射によるシール材の硬化（工程 1 4 5 ）について説明する。

【 0 2 0 2 】

第 1 の基板 4 0 1 と第 2 の基板 4 0 6 を貼り合わせた後、シール材 4 0 5 に紫外線照射を行うことにより、シール材 4 0 5 の硬化（本硬化）を行う。ここで、シール材 4 0 5 を本硬化する紫外線照射は、上述の工程でシール材を仮硬化した際の紫外線照射より、強い強度、且つ長時間で行う。これにより、シール材 4 0 5 内部の紫外線硬化樹脂まで硬化させることができるので、第 1 の基板 4 0 1 と第 2 の基板 4 0 6 の密着性をより向上させることができる。また、シール材 4 0 5 を紫外線照射して硬化することにより、薄膜トランジスタ 4 1 1 および薄膜トランジスタ 4 1 0 の酸化物半導体層はダメージを受けるが、後の工程で行う熱処理により紫外線照射による酸化物半導体層のダメージは回復させることができる。

40

【 0 2 0 3 】

また、シール材 4 0 5 の紫外線照射後、シール材 4 0 5 に熱処理を行うことが好ましい。これにより、より強固にシール材 4 0 5 を硬化させることができる。シール材 4 0 5 の硬化のための熱処理は、好ましくは、80 ～ 200 、0.5 時間～10 時間の条件で行

50

う。特に、上述の紫外線照射において、陰になって紫外線が照射されていなかった箇所についても、熱処理を行うことで硬化させることができるので、紫外線照射後のシール材の熱処理は有用である。

【0204】

また、充填材として紫外線硬化樹脂を用いた場合、シール材405と同時に硬化を行うことができる。

【0205】

また、一对の基板から複数枚のパネルを取り出す（多面取り）を行う場合には、シール材405を硬化させた後、貼り合わせられた一对の基板を分断する。貼り合わせられた一对の基板の分断はスクライバー装置、ブレイカー装置、ロールカッターなどの切断装置を用いて行うことができる。

10

【0206】

最後に、紫外線照射による酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理（工程146）について説明する。

【0207】

実施の形態1乃至実施の形態3と同様に、薄膜トランジスタのしきい値電圧のマイナス側へのシフトを抑えるために、電気泳動表示装置の作製工程において紫外線照射の工程を全て終えた後で、紫外線の照射による酸化物半導体層へのダメージを回復させるための熱処理を行う。

【0208】

20

酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理は、好ましくは、50～300、0.5時間～2.4時間の条件で行い、より好ましくは125～250、1時間～1.5時間の条件で行う。また、該熱処理は、大気雰囲気下、酸素雰囲気下、窒素雰囲気下または希ガス（ヘリウム、ネオン、アルゴン等）雰囲気下において行うのが好ましい。また、酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理は、上述した酸化物半導体層の脱水化または脱水素化のための熱処理より、低い温度で行うのが好ましい。また、酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理は、電気炉を用いた加熱方法などを用いることができる。

【0209】

このような熱処理を行うことによって、酸化物半導体層やその近傍に存在する原子の再配列が少しずつ行われると考えられる。これにより、紫外線の照射によって酸化物半導体層内や、酸化物半導体層とゲート絶縁層との界面や、酸化物半導体層と絶縁層420との界面に形成されたダングリングボンドを修復することができると推測される。

30

【0210】

よって、紫外線による酸化物半導体層のダメージを回復させることができるので、該酸化物半導体層を有する薄膜トランジスタの電気特性の低下を防ぎ、しきい値電圧のマイナス側へのシフトを低減することができる。

【0211】

また、紫外線照射によって、同一基板上の薄膜トランジスタ間のしきい値電圧にバラツキが生じても、上記熱処理によって低減を図ることができる。

【0212】

40

また、薄膜トランジスタのチャネル長を短くし、電気泳動表示装置の高速化および省電力化を図ることができる。

【0213】

なお、この酸化物半導体層のダメージを回復させるための熱処理は、シール材405の紫外線照射後にシール材405の硬化のために行う熱処理を兼ねることもできる。

【0214】

以上のように、本実施の形態に示す方法を用いて電気泳動表示装置を作製することによって、紫外線照射による酸化物半導体層へのダメージを回復させることができる。これにより、電気泳動表示装置の作製工程において、電気泳動表示装置の有する薄膜トランジスタの酸化物半導体層が紫外線によるダメージを受けても、紫外線照射のダメージによる薄膜

50

トランジスタのしきい値電圧のマイナス側へのシフトを低減させることができる。

【0215】

さらに、表示装置においてスイッチング素子として機能する薄膜トランジスタをノーマリーオフとすることができるので、低消費電力且つ高信頼性を有する電気泳動表示装置を作製することができる。

【0216】

(実施の形態5)

実施の形態4に示す電気泳動表示装置は、情報を表示するものであればあらゆる分野の電子機器に用いることが可能である。例えば、実施の形態4に示す電気泳動表示装置(電子ペーパー)を用いて、電子書籍(電子ブック)、ポスター、電車などの乗り物の車内広告、クレジットカード等の各種カードにおける表示等に適用することができる。電子機器の一例を図8に示す。

10

【0217】

図8(A)は、電子ペーパーで作られたポスター2631を示している。広告媒体が紙の印刷物である場合には、広告の交換は人手によって行われるが、電子ペーパーを用いれば短時間で広告の表示を変えることができる。また、表示も崩れることなく安定した画像が得られる。なお、ポスターは無線で情報を送受信できる構成としてもよい。

【0218】

実施の形態4に示す電気泳動表示装置を用いてポスター2631を作製することにより、スイッチング素子として機能する薄膜トランジスタをノーマリーオフとすることができるので、低消費電力且つ高信頼性を有する、ポスター2631を提供することができる。

20

【0219】

また、図8(B)は、電車などの乗り物の車内広告2632を示している。広告媒体が紙の印刷物である場合には、広告の交換は人手によって行われるが、電子ペーパーを用いれば人手を多くかけることなく短時間で広告の表示を変えることができる。また表示も崩れることなく安定した画像が得られる。なお、車内広告は無線で情報を送受信できる構成としてもよい。

【0220】

実施の形態4に示す電気泳動表示装置を用いて車内広告2632を作製することにより、スイッチング素子として機能する薄膜トランジスタをノーマリーオフとすることができるので、低消費電力且つ高信頼性を有する、車内広告2632を提供することができる。

30

【0221】

図8(C)は、電子書籍の一例を示している。例えば、電子書籍2700は、筐体2701および筐体2703の2つの筐体で構成されている。筐体2701および筐体2703は、軸部2711により一体とされており、該軸部2711を軸として開閉動作を行うことができる。このような構成により、紙の書籍のような動作を行うことが可能となる。

【0222】

筐体2701には表示部2705が組み込まれ、筐体2703には表示部2707が組み込まれている。表示部2705および表示部2707は、続き画面を表示する構成としてもよいし、異なる画面を表示する構成としてもよい。異なる画面を表示する構成とすることで、例えば右側の表示部(図8(C)では表示部2705)に文章を表示し、左側の表示部(図8(C)では表示部2707)に画像を表示することができる。

40

【0223】

実施の形態4に示す電気泳動表示装置を用いて表示部2705、表示部2707を作製することにより、スイッチング素子として機能する薄膜トランジスタをノーマリーオフとすることができるので、低消費電力且つ高信頼性を有する、電子書籍2700を提供することができる。

【0224】

また、図8(C)では、筐体2701に操作部などを備えた例を示している。例えば、筐体2701において、電源2721、操作キー2723、スピーカー2725などを備え

50

ている。操作キー 2723 により、頁を送ることができる。なお、筐体の表示部と同一面にキーボードやポインティングデバイスなどを備える構成としてもよい。また、筐体の裏面や側面に、外部接続用端子（イヤホン端子、USB 端子、または AC アダプタおよび USB ケーブルなどの各種ケーブルと接続可能な端子など）、記録媒体挿入部などを備える構成としてもよい。さらに、電子書籍 2700 は、電子辞書としての機能を持たせた構成としてもよい。

【0225】

また、電子書籍 2700 は、無線で情報を送受信できる構成としてもよい。無線により、電子書籍サーバから、所望の書籍データなどを購入し、ダウンロードする構成とすることも可能である。

【0226】

（実施の形態 6）

本明細書に開示する表示装置は、さまざまな電子機器（遊技機も含む）に適用することができる。電子機器としては、例えば、テレビジョン装置（テレビ、またはテレビジョン受信機ともいう）、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機（携帯電話、携帯電話装置ともいう）、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。

【0227】

図 9（A）は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置 9600 は、筐体 9601 に表示部 9603 が組み込まれている。表示部 9603 により、映像を表示することが可能である。また、ここでは、スタンド 9605 により筐体 9601 を支持した構成を示している。

【0228】

テレビジョン装置 9600 の操作は、筐体 9601 が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機 9610 により行うことができる。リモコン操作機 9610 が備える操作キー 9609 により、チャンネルや音量の操作を行うことができ、表示部 9603 に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機 9610 に、当該リモコン操作機 9610 から出力する情報を表示する表示部 9607 を設ける構成としてもよい。

【0229】

実施の形態 1 乃至実施の形態 4 に示す表示装置を用いて表示部 9603、表示部 9607 を作製することにより、スイッチング素子として機能する薄膜トランジスタをノーマリーオフとすることができるので、低消費電力且つ高信頼性を有する、テレビジョン装置 9600 を提供することができる。

【0230】

なお、テレビジョン装置 9600 は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般のテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線または無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向（送信者から受信者）または双方向（送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など）の情報通信を行うことも可能である。

【0231】

図 9（B）は、デジタルフォトフレームの一例を示している。例えば、デジタルフォトフレーム 9700 は、筐体 9701 に表示部 9703 が組み込まれている。表示部 9703 は、各種画像を表示することが可能であり、例えばデジタルカメラなどで撮影した画像データを表示させることで、通常の写真立てと同様に機能させることができる。

【0232】

なお、デジタルフォトフレーム 9700 は、操作部、外部接続用端子（USB 端子、USB ケーブルなどの各種ケーブルと接続可能な端子など）、記録媒体挿入部などを備える構成とする。これらの構成は、表示部と同一面に組み込まれていてもよいが、側面や裏面に備えるとデザイン性が向上するため好ましい。例えば、デジタルフォトフレームの記録媒体挿入部に、デジタルカメラで撮影した画像データを記憶したメモリを挿入して画像デー

10

20

30

40

50

タを取り込み、取り込んだ画像データを表示部 9703 に表示させることができる。

【0233】

実施の形態 1 乃至実施の形態 4 に示す表示装置を用いて表示部 9703 を作製することにより、スイッチング素子として機能する薄膜トランジスタをノーマリーオフとすることができるので、低消費電力且つ高信頼性を有する、デジタルフォトフレーム 9700 を提供することができる。

【0234】

また、デジタルフォトフレーム 9700 は、無線で情報を送受信できる構成としてもよい。無線により、所望の画像データを取り込み、表示させる構成とすることもできる。

【0235】

図 9 (C) は携帯型遊技機であり、筐体 9881 と筐体 9891 の 2 つの筐体で構成されており、連結部 9893 により、開閉可能に連結されている。筐体 9881 には表示部 9882 が組み込まれ、筐体 9891 には表示部 9883 が組み込まれている。また、図 9 (C) に示す携帯型遊技機は、その他、スピーカー部 9884、記録媒体挿入部 9886、LED ランプ 9890、入力手段 (操作キー 9885、接続端子 9887、センサ 9888 (力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、においまたは赤外線を測定する機能を含むもの)、マイクロフォン 9889) 等を備えている。もちろん、携帯型遊技機の構成は上述のものに限定されず、少なくとも本明細書に開示する表示装置を備えた構成であればよく、その他付属設備が適宜設けられた構成とすることができる。図 9 (C) に示す携帯型遊技機は、記録媒体に記録されているプログラムまたはデータを読み出して表示部に表示する機能や、他の携帯型遊技機と無線通信を行って情報を共有する機能を有する。なお、図 9 (C) に示す携帯型遊技機が有する機能はこれに限定されず、様々な機能を有することができる。

【0236】

実施の形態 1 乃至実施の形態 4 に示す表示装置を用いて表示部 9882、表示部 9883 を作製することにより、スイッチング素子として機能する薄膜トランジスタをノーマリーオフとすることができるので、低消費電力且つ高信頼性を有する、携帯型遊技機を提供することができる。

【0237】

図 9 (D) は、携帯電話機であり、筐体 9440 と筐体 9441 の 2 つの筐体で構成されている。さらに、筐体 9440 と筐体 9441 は、スライドし、図 9 (D) のように展開している状態から重なり合った状態とすることができ、携帯に適した小型化が可能である。また、筐体 9441 は、表示パネル 9442、スピーカー 9443、マイクロフォン 9444、ポインティングデバイス 9446、カメラ用レンズ 9447、外部接続端子 9448 などを備えている。また、筐体 9440 は、携帯電話機の充電を行う太陽電池セル 9449、外部メモリスロット 9450 などを備えている。また、アンテナは、筐体 9441 に内蔵されている。

【0238】

実施の形態 1 乃至実施の形態 4 に示す表示装置を用いて表示パネル 9442 を作製することにより、スイッチング素子として機能する薄膜トランジスタをノーマリーオフとすることができるので、低消費電力且つ高信頼性を有する、携帯電話機を提供することができる。

【0239】

また、図 9 (E) は、腕時計のように使用者の腕に装着可能な形態を有している携帯電話機の一例を示す斜視図である。

【0240】

この携帯電話機は、少なくとも電話機能を有する通信装置およびバッテリーを有する本体、本体を腕に装着するためのバンド部、腕に対するバンド部の固定状態を調節する調節部 9205、表示部 9201、スピーカー 9207、およびマイク 9208 から構成されて

10

20

30

40

50

いる。

【0241】

また、本体は、操作スイッチ9203を有し、電源入力スイッチや、表示切り替えスイッチや、撮像開始指示スイッチの他、例えばボタンを押すとインターネット用のプログラムが起動されるなど、各ファンクションを対応づけることができる。

【0242】

この携帯電話機の入力操作は、表示部9201に指や入力ペンなどで触れること、または操作スイッチ9203の操作、またはマイク9208への音声入力により行われる。なお、図9(E)では、表示部9201に表示された表示ボタン9202を図示しており、指などで触れることにより入力を行うことができる。

10

【0243】

また、本体は、撮影レンズを通して結像される被写体像を電子画像信号に変換する撮像手段を有するカメラ部9206を有する。なお、特にカメラ部は設けなくともよい。

【0244】

また、図9(E)に示す携帯電話機は、テレビ放送の受信機などを備えた構成として、テレビ放送を受信して映像を表示部9201に表示することができ、さらにメモリなどの記憶装置などを備えた構成として、テレビ放送をメモリに録画できる。また、図9(E)に示す携帯電話は、GPSなどの位置情報を収集できる機能を有していてもよい。

【0245】

実施の形態1乃至実施の形態4に示す表示装置を用いて表示部9201を作製することにより、スイッチング素子として機能する薄膜トランジスタをノーマリーオフとすることができるので、低消費電力且つ高信頼性を有する、携帯電話機を提供することができる。

20

【0246】

図9(F)は携帯型のコンピュータの一例を示す斜視図である。

【0247】

図9(F)の携帯型のコンピュータは、上部筐体9301と下部筐体9302とを接続するヒンジユニットを閉状態として表示部9303を有する上部筐体9301と、キーボード9304を有する下部筐体9302とを重ねた状態とすることができ、持ち運ぶことが便利であるとともに、使用者がキーボード入力する場合には、ヒンジユニットを開状態として、表示部9303を見て入力操作を行うことができる。

30

【0248】

また、下部筐体9302はキーボード9304の他に入力操作を行うポインティングデバイス9306を有する。また、表示部9303をタッチ入力パネルとすれば、表示部の一部に触れることで入力操作を行うこともできる。また、下部筐体9302はCPUやハードディスク等の演算機能部を有している。また、下部筐体9302は他の機器、例えばUSBの通信規格に準拠した通信ケーブルが差し込まれる外部接続ポート9305を有している。

【0249】

上部筐体9301には更に上部筐体9301内部にスライドさせて収納可能な表示部9307を有しており、広い表示画面を実現することができる。また、収納可能な表示部9307の画面の向きを使用者は調節できる。また、収納可能な表示部9307をタッチ入力パネルとすれば、収納可能な表示部の一部に触れることで入力操作を行うこともできる。

40

【0250】

表示部9303または収納可能な表示部9307は、液晶表示パネル、有機発光素子または無機発光素子などの発光表示パネルなどの映像表示装置を用いる。

【0251】

実施の形態1乃至実施の形態4に示す表示装置を用いて表示部9303、収納可能な表示部9307を作製することにより、スイッチング素子として機能する薄膜トランジスタをノーマリーオフとすることができるので、低消費電力且つ高信頼性を有する、携帯型のコンピュータを提供することができる。

50

【0252】

また、図9(F)の携帯型のコンピュータは、受信機などを備えた構成として、テレビ放送を受信して映像を表示部に表示することができる。また、上部筐体9301と下部筐体9302とを接続するヒンジユニットを開状態としたまま、表示部9307をスライドさせて画面全面を露出させ、画面角度を調節して使用者がテレビ放送を見ることができ、この場合には、ヒンジユニットを開状態として表示部9303を表示させず、さらにテレビ放送を表示するだけの回路の起動のみを行うため、最小限の消費電力とすることができ、バッテリー容量の限られている携帯型のコンピュータにおいて有用である。

【実施例1】

【0253】

本実施例では、いわゆるチャネルエッチ型の薄膜トランジスタについて、紫外線の照射を行った後、酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理を行い、薄膜トランジスタ形成後、紫外線照射後および酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理後の薄膜トランジスタのしきい値電圧について評価した結果を示す。

【0254】

また、本実施例では、同一基板上にチャネル長Lの長さを3 μ m、4 μ m、6 μ m、10 μ m、20 μ mとし、チャネル幅Wを50 μ mとする薄膜トランジスタを8個ずつ作製し、しきい値電圧のチャネル長依存性についても評価した。まず、薄膜トランジスタの作製方法について説明する。

【0255】

まず、ガラス基板上に下地膜として、CVD法により膜厚100nmの窒化珪素膜と膜厚150nmの酸化窒化珪素膜の積層膜を形成し、酸化窒化珪素膜上にゲート電極層としてスパッタ法により膜厚100nmのタングステン膜を形成し、ゲート電極層上にゲート絶縁層としてCVD法により膜厚100nmの酸化窒化珪素膜を形成した。

【0256】

次に、ゲート絶縁層上に、In-Ga-Zn-O系酸化物半導体ターゲット(In₂O₃:Ga₂O₃:ZnO=1:1:1[mol比])を用いて、基板とターゲットの間との距離を60mm、圧力0.6Pa、直流(DC)電源0.5kW、酸素雰囲気下で成膜し、膜厚30nmの酸化物半導体層を形成した。ここで酸化物半導体層をエッチングし、薄膜トランジスタのチャネル長Lの長さが3 μ m、4 μ m、6 μ m、10 μ m、20 μ m、チャネル幅Wが50 μ mとなるようにした。

【0257】

次に、GRTA(Gas Rapid Thermal Anneal)装置を用いて、酸化物半導体層を窒素雰囲気下、650℃で6分間、脱水または脱水素化のための熱処理を行った。

【0258】

酸化物半導体層上にソース電極層およびドレイン電極層としてチタン膜(膜厚100nm)、アルミニウム膜(膜厚200nm)、およびチタン膜(膜厚100nm)の積層を、スパッタ法により形成した。

【0259】

次に、酸化物半導体層に接するように、スパッタ法により膜厚300nmの酸化珪素膜を形成した。さらに酸化珪素膜上に層間膜として、膜厚1.5 μ mのアクリル膜を成膜した。

【0260】

次に、酸化物半導体層を窒素雰囲気下、250℃で1時間、熱処理を行った。それから、アクリル膜上に配線層としてシリコンを5重量%含む酸化インジウム酸化スズ合金(ITSO)膜を膜厚110nmで、スパッタ法を用いて成膜した。

【0261】

以上の工程により、チャネル長Lの長さを3 μ m、4 μ m、6 μ m、10 μ m、20 μ mとし、チャネル幅Wの長さを50 μ mとする薄膜トランジスタを同一基板上に作製した。

10

20

30

40

50

【0262】

次に、同一基板上に形成された各薄膜トランジスタに、紫外線照射を行った。ここで、照射した紫外線は、照射強度 100 mW/cm^2 、照射時間 3 分であった。また、照射した紫外線のスペクトルを図 10 に示す。図 10 は、縦軸に照度 ($\mu\text{W/cm}^2/\text{nm}$) をとり、横軸に波長 (nm) をとる。図 10 より照射した紫外線の波長は約 $250 \text{ nm} \sim 450 \text{ nm}$ 程度であることが分かる。

【0263】

次に、紫外線による酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理として、大気雰囲気下で、脱水または脱水素化のための熱処理より低い温度を保ったまま、長時間連続して熱処理を行った。詳しくは、酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理として、150

10

【0264】

薄膜トランジスタ形成後、紫外線照射後、酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理後において、各薄膜トランジスタのしきい値電圧を測定し、各薄膜トランジスタの電流電圧特性について評価した。

【0265】

図 11 に、薄膜トランジスタ形成後、紫外線照射後、酸化物半導体層のダメージを回復させる熱処理後の各薄膜トランジスタのしきい値電圧について示す。図 11 は、縦軸にしきい値電圧 ($V_{th} [\text{V}]$) をとり、横軸にチャンネル長 $L [\mu\text{m}]$ / チャンネル幅 $W [\mu\text{m}]$ の比をとる。

20

【0266】

しきい値電圧 V_{th} は、ゲート電圧 ($V_g [\text{V}]$) を横軸、ドレイン電流の平方根 ($I_{d1/2}$) を縦軸にプロットしたグラフにおいて、最大傾きである $I_{d1/2}$ の接線を外挿したときの V_g 軸との交点で定義する。

【0267】

図 11 より、紫外線照射を行うことによって、薄膜トランジスタの形成直後よりしきい値電圧がマイナス側にシフトしているのが分かる。さらに、紫外線照射後に酸化物半導体層のダメージを回復する熱処理を行うことによって、薄膜トランジスタしきい値電圧が、薄膜トランジスタ形成直後とほぼ同等の水準まで改善されていることがわかる。また、これらのしきい値電圧の傾向は薄膜トランジスタのチャンネル長に依存せず観測されている。

30

【0268】

また、紫外線照射を行うことにより、各薄膜トランジスタのしきい値電圧のバラツキが若干大きくなっているが、これも酸化物半導体層のダメージを回復する熱処理をおこなうことによって、低減されている。

【0269】

以上のことから、紫外線照射後に紫外線によるダメージを回復する熱処理をおこなうことによって、酸化物半導体層へのダメージを回復させ、しきい値電圧のマイナス側へのシフトを低減させることができると示された。これにより、表示装置の作製工程において、表示装置の有する薄膜トランジスタの酸化物半導体層が紫外線によるダメージを受けても、紫外線照射のダメージによる薄膜トランジスタのしきい値電圧のマイナス側へのシフトを低減することができる。

40

【符号の説明】

【0270】

- 101 工程
- 102 工程
- 103 工程
- 104 工程
- 105 工程
- 106 工程
- 121 工程

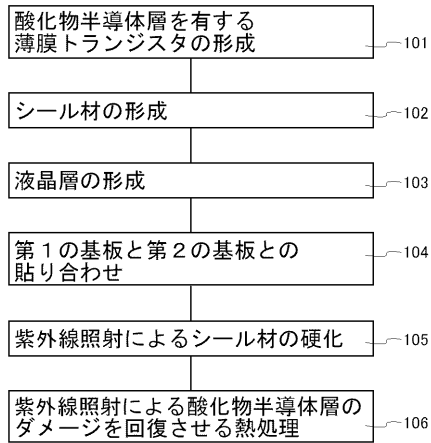
50

1 2 2	工程	
1 2 3	工程	
1 2 4	工程	
1 2 5	工程	
1 2 6	工程	
1 3 1	工程	
1 3 2	工程	
1 3 3	工程	
1 3 4	工程	
1 3 5	工程	10
1 3 6	工程	
1 4 1	工程	
1 4 2	工程	
1 4 3	工程	
1 4 4	工程	
1 4 5	工程	
1 4 6	工程	
2 0 1	第 1 の基板	
2 0 2	画素部	
2 0 4	駆動回路部	20
2 0 5	シール材	
2 0 6	第 2 の基板	
2 0 8	液晶層	
2 1 0	薄膜トランジスタ	
2 1 1	薄膜トランジスタ	
2 1 3	液晶素子	
2 2 0	絶縁層	
2 2 1	絶縁層	
2 3 0	画素電極層	
2 3 1	対向電極層	30
2 3 2	配向膜	
2 3 3	配向膜	
2 3 5	スペーサ	
2 4 0	導電層	
3 0 1	第 1 の基板	
3 0 2	画素部	
3 0 4	駆動回路部	
3 0 5	シール材	
3 0 6	第 2 の基板	
3 0 8	充填材料層	40
3 1 0	薄膜トランジスタ	
3 1 1	薄膜トランジスタ	
3 1 3	発光素子	
3 2 0	絶縁層	
3 2 1	絶縁層	
3 3 0	第 1 の電極層	
3 3 2	電界発光層	
3 3 4	第 2 の電極層	
3 3 5	隔壁	
3 4 0	導電層	50

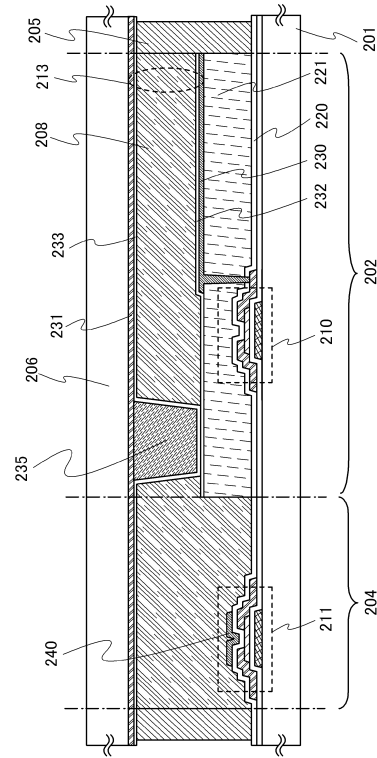
4 0 1	第 1 の基板	
4 0 2	画素部	
4 0 4	駆動回路部	
4 0 5	シール材	
4 0 6	第 2 の基板	
4 0 8	充填材料層	
4 1 0	薄膜トランジスタ	
4 1 1	薄膜トランジスタ	
4 1 3	電気泳動表示素子層	
4 2 0	絶縁層	10
4 2 1	絶縁層	
4 3 0	第 1 の電極層	
4 3 1	第 2 の電極層	
4 4 0	導電層	
4 8 9	ツイストボール	
4 9 0	球形粒子	
4 9 0 a	黒色領域	
4 9 0 b	白色領域	
4 9 4	キャピティ	
2 6 3 1	ポスター	20
2 6 3 2	車内広告	
2 7 0 0	電子書籍	
2 7 0 1	筐体	
2 7 0 3	筐体	
2 7 0 5	表示部	
2 7 0 7	表示部	
2 7 1 1	軸部	
2 7 2 1	電源	
2 7 2 3	操作キー	
2 7 2 5	スピーカー	30
9 2 0 1	表示部	
9 2 0 2	表示ボタン	
9 2 0 3	操作スイッチ	
9 2 0 5	調節部	
9 2 0 6	カメラ部	
9 2 0 7	スピーカー	
9 2 0 8	マイク	
9 3 0 1	上部筐体	
9 3 0 2	下部筐体	
9 3 0 3	表示部	40
9 3 0 4	キーボード	
9 3 0 5	外部接続ポート	
9 3 0 6	ポインティングデバイス	
9 3 0 7	表示部	
9 4 4 0	筐体	
9 4 4 1	筐体	
9 4 4 2	表示パネル	
9 4 4 3	スピーカー	
9 4 4 4	マイクロフォン	
9 4 4 6	ポインティングデバイス	50

9 4 4 7	カメラ用レンズ	
9 4 4 8	外部接続端子	
9 4 4 9	太陽電池セル	
9 4 5 0	外部メモリスロット	
9 6 0 0	テレビジョン装置	
9 6 0 1	筐体	
9 6 0 3	表示部	
9 6 0 5	スタンド	
9 6 0 7	表示部	
9 6 0 9	操作キー	10
9 6 1 0	リモコン操作機	
9 7 0 0	デジタルフォトフレーム	
9 7 0 1	筐体	
9 7 0 3	表示部	
9 8 8 1	筐体	
9 8 8 2	表示部	
9 8 8 3	表示部	
9 8 8 4	スピーカー部	
9 8 8 5	入力手段（操作キー	
9 8 8 6	記録媒体挿入部	20
9 8 8 7	接続端子	
9 8 8 8	センサ	
9 8 8 9	マイクロフォン	
9 8 9 0	L E D ランプ	
9 8 9 1	筐体	
9 8 9 3	連結部	

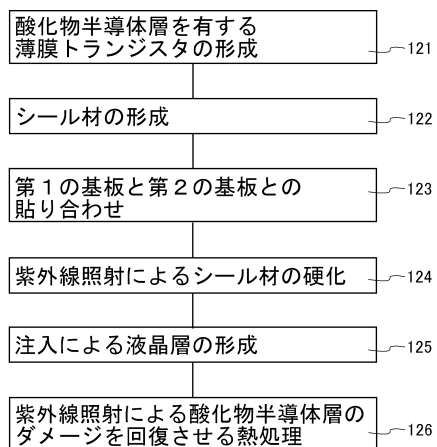
【図 1】



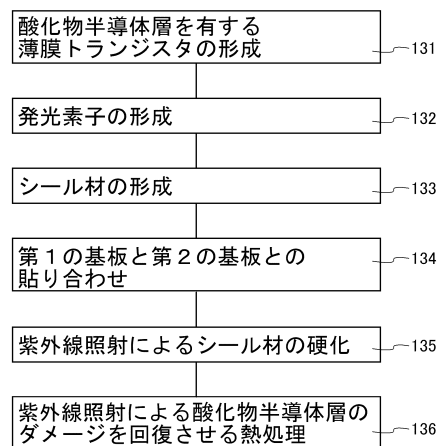
【図 2】



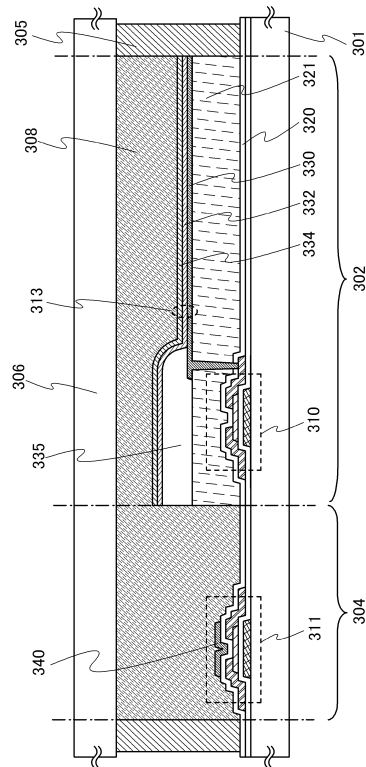
【図 3】



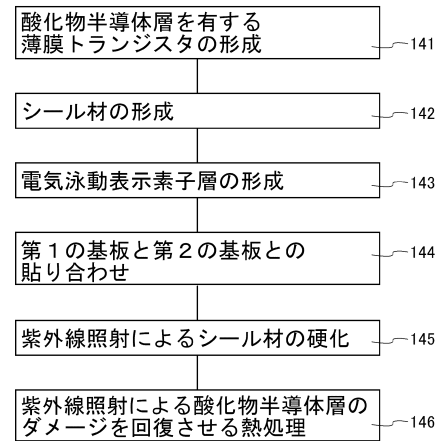
【図 4】



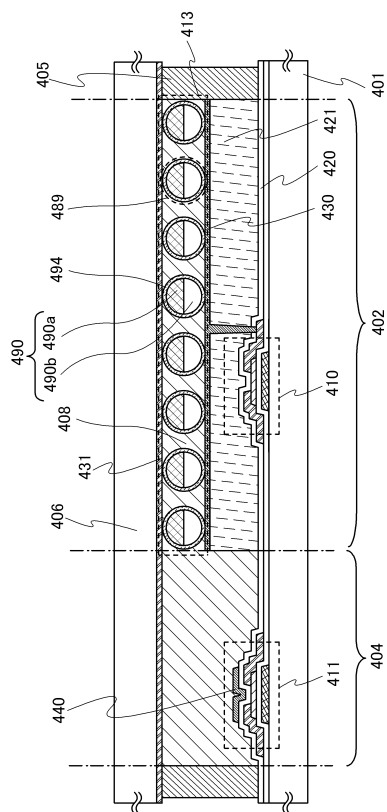
【図 5】



【図 6】

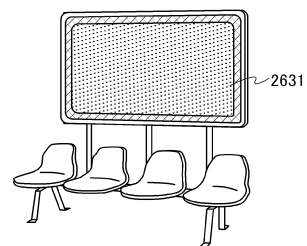


【図 7】

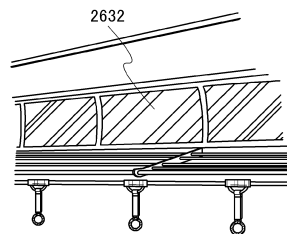


【図 8】

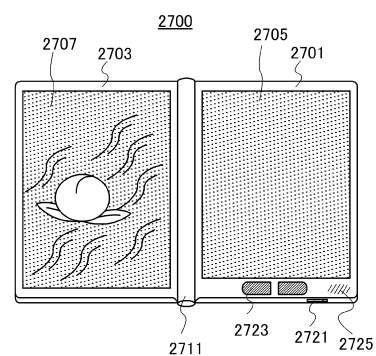
(A)



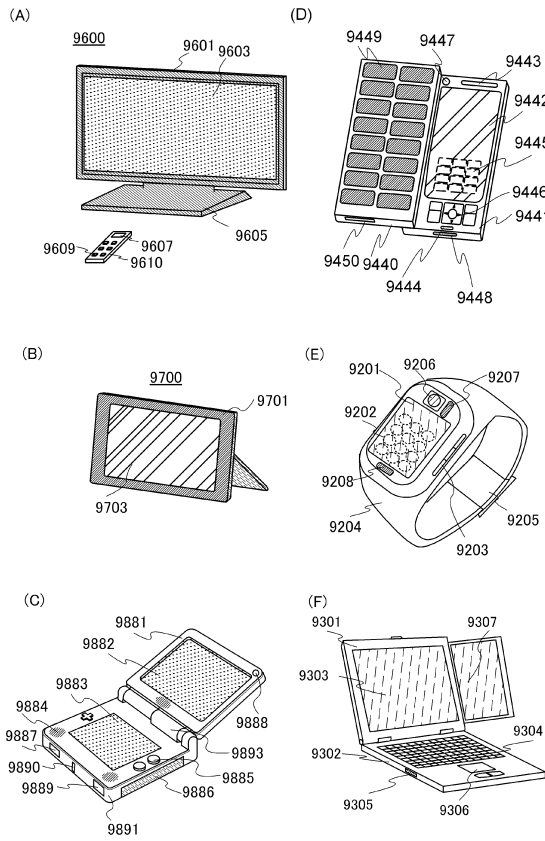
(B)



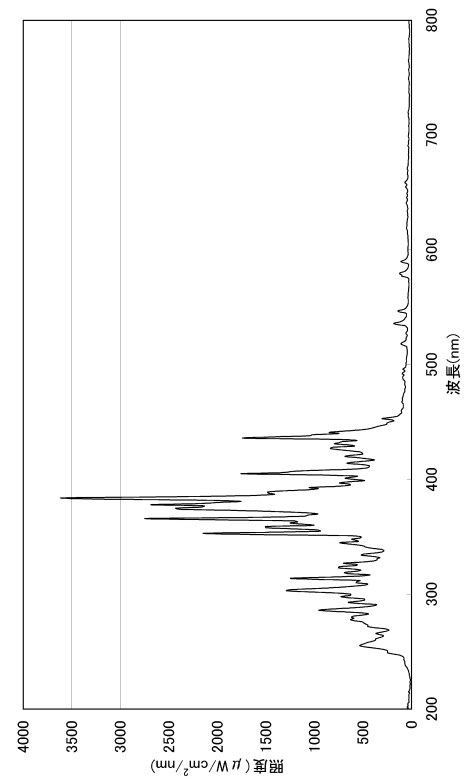
(C)



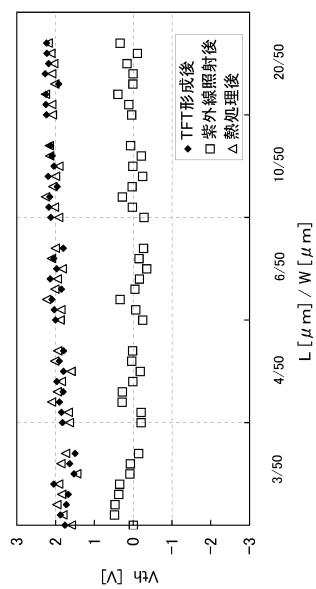
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-142632(JP,A)
特開2009-252821(JP,A)
特開2004-302291(JP,A)
特開2005-244203(JP,A)
特開2008-241728(JP,A)
特開2009-031432(JP,A)
特開2009-047879(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/1343 - 1/1345、
1/135 - 1/1368、
G09F 9/00、
H01L 21/33、29/786