

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5371487号
(P5371487)

(45) 発行日 平成25年12月18日 (2013.12.18)

(24) 登録日 平成25年9月27日 (2013.9.27)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/336 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 2 7 C

H O 1 L 29/786 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 1 9 B

G O 9 F 9/30 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 1 9 A

H O 1 L 29/78 6 1 2 D

G O 9 F 9/30 3 3 8

請求項の数 8 (全 54 頁)

(21) 出願番号 特願2009-51960 (P2009-51960)
 (22) 出願日 平成21年3月5日 (2009.3.5)
 (65) 公開番号 特開2009-246348 (P2009-246348A)
 (43) 公開日 平成21年10月22日 (2009.10.22)
 審査請求日 平成24年1月16日 (2012.1.16)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-58906 (P2008-58906)
 (32) 優先日 平成20年3月10日 (2008.3.10)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地
 (72) 発明者 宮入 秀和
 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
 (72) 発明者 溝口 隆文
 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 棚田 一也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜トランジスタ及びその作製方法、並びに表示装置及びその作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

遮光膜と、該遮光膜上に第 1 のレジストマスクと、を形成し、
 前記遮光膜の一部をエッチングすることでパターンを有する遮光層を形成し、
 前記遮光層上に下地膜を形成し、
 前記下地膜上に第 1 の導電膜、第 1 の絶縁膜、半導体膜、不純物半導体膜及び第 2 の導電膜を順に積層して形成し、

前記第 2 の導電膜上に第 2 のレジストマスクを形成し、

前記第 2 のレジストマスクを用いて、前記第 2 の導電膜、前記不純物半導体膜、前記半導体膜、前記第 1 の絶縁膜に第 1 のエッチングを行うことで、少なくとも前記第 1 の導電膜を露出させ、

前記第 1 の導電膜の一部にサイドエッチングを伴う第 2 のエッチングを行ってゲート電極層を形成し、

前記第 2 の導電膜上に第 3 のレジストマスクを形成し、

前記第 3 のレジストマスクを用いて、前記第 2 の導電膜、前記不純物半導体膜及び前記半導体膜の一部に第 3 のエッチングを行ってソース電極及びドレイン電極、ソース領域及びドレイン領域並びにチャネル形成領域を形成し、

前記第 1 のレジストマスクと前記第 2 のレジストマスクは同一のフォトマスクにより形成されることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 2】

10

20

遮光膜と、該遮光膜上に第 1 のレジストマスクと、を形成し、
前記遮光膜の一部をエッチングすることでパターンを有する遮光層を形成し、
前記遮光層上に下地膜を形成し、
前記下地膜上に第 1 の導電膜、第 1 の絶縁膜、半導体膜、不純物半導体膜及び第 2 の導電膜を順に積層して形成し、
前記第 2 の導電膜上に第 2 のレジストマスクを形成し、
前記第 2 のレジストマスクを用いて、前記第 2 の導電膜、前記不純物半導体膜、前記半導体膜、前記第 1 の絶縁膜に第 1 のエッチングを行うことで、少なくとも前記第 1 の導電膜を露出させ、
前記第 2 の導電膜上に第 3 のレジストマスクを形成し、
前記第 1 の導電膜の一部にサイドエッチングを伴う第 2 のエッチングを行ってゲート電極層を形成し、
前記第 3 のレジストマスクを用いて、前記第 2 の導電膜、前記不純物半導体膜及び前記半導体膜の一部に第 3 のエッチングを行ってソース電極及びドレイン電極、ソース領域及びドレイン領域並びにチャンネル形成領域を形成し、
前記第 1 のレジストマスクと前記第 2 のレジストマスクは同一のフォトマスクにより形成されることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 3】

遮光膜と、該遮光膜上に第 1 のレジストマスクと、を形成し、
前記遮光膜の一部をエッチングすることでパターンを有する遮光層を形成し、
前記遮光層上に下地膜を形成し、
前記下地膜上に第 1 の導電膜、第 1 の絶縁膜、半導体膜、不純物半導体膜及び第 2 の導電膜を順に積層して形成し、
前記第 2 の導電膜上に凹部を有する第 2 のレジストマスクを形成し、
前記第 2 のレジストマスクを用いて、前記第 2 の導電膜、前記不純物半導体膜、前記半導体膜、前記第 1 の絶縁膜に第 1 のエッチングを行うことで、少なくとも前記第 1 の導電膜を露出させ、
前記第 1 の導電膜の一部にサイドエッチングを伴う第 2 のエッチングを行ってゲート電極層を形成し、
前記第 2 のレジストマスクを後退させることで前記第 2 のレジストマスクの凹部と重畳する前記第 2 の導電膜を露出させつつ第 3 のレジストマスクを形成し、
前記第 3 のレジストマスクを用いて前記第 2 の導電膜、前記不純物半導体膜及び前記半導体膜の一部に第 3 のエッチングを行ってソース電極及びドレイン電極、ソース領域及びドレイン領域並びにチャンネル形成領域を形成し、
前記第 1 のレジストマスクと前記第 2 のレジストマスクは同一のフォトマスクにより形成されることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 4】

遮光膜と、該遮光膜上に第 1 のレジストマスクと、を形成し、
前記遮光膜の一部をエッチングすることでパターンを有する遮光層を形成し、
前記遮光層上に下地膜を形成し、
前記下地膜上に第 1 の導電膜、第 1 の絶縁膜、半導体膜、不純物半導体膜及び第 2 の導電膜を順に積層して形成し、
前記第 2 の導電膜上に凹部を有する第 2 のレジストマスクを形成し、
前記第 2 のレジストマスクを用いて、前記第 2 の導電膜、前記不純物半導体膜、前記半導体膜、前記第 1 の絶縁膜に第 1 のエッチングを行うことで、少なくとも前記第 1 の導電膜を露出させ、
前記第 2 のレジストマスクを後退させることで前記第 2 のレジストマスクの凹部と重畳する前記第 2 の導電膜を露出させつつ第 3 のレジストマスクを形成し、
前記第 1 の導電膜の一部にサイドエッチングを伴う第 2 のエッチングを行ってゲート電極層を形成し、

前記第 3 のレジストマスクを用いて前記第 2 の導電膜、前記不純物半導体膜及び前記半導体膜の一部に第 3 のエッチングを行ってソース電極及びドレイン電極、ソース領域及びドレイン領域並びにチャンネル形成領域を形成し、

前記第 1 のレジストマスクと前記第 2 のレジストマスクは同一のフォトマスクにより形成されることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 5】

請求項 3 又は請求項 4 において、

前記第 2 のレジストマスクは多階調マスクを用いて形成することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一において、

前記第 1 のエッチングによって素子領域を形成し、

前記第 2 のエッチングによって前記素子領域の側面から概ね等しい距離だけ内側にゲート電極層の側面を形成することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、

前記第 2 のレジストマスクの面積は、酸素プラズマによりアッシングして前記第 1 のレジストマスクの面積よりも小さく形成することを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一において、

前記第 1 のエッチングはドライエッチングであり、前記第 2 のエッチングはウエットエッチングであることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

薄膜トランジスタ及びその作製方法、並びに当該薄膜トランジスタを有する表示装置及びその作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、ガラス基板等の絶縁性表面を有する基板上に形成された、厚さ数 nm ~ 数百 nm 程度の半導体薄膜により構成される薄膜トランジスタが注目されている。薄膜トランジスタは、IC (Integrated Circuit) 及び電気光学装置を始めとした電子デバイスに広く応用されている。薄膜トランジスタは、特に液晶表示装置又は EL (Electro Luminescence) 表示装置等に代表される、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。アクティブマトリクス型液晶表示装置では、選択されたスイッチング素子に接続された画素電極と、該画素電極に対応する対向電極と、の間に電圧が印加されることにより、画素電極と対向電極との間に配置された液晶層の光学変調が行われ、この光学変調が表示パターンとして観察者に認識される。ここで、アクティブマトリクス型液晶表示装置とは、マトリクス状に配置された画素電極をスイッチング素子により駆動することによって、画面上に表示パターンが形成される方式を採用した液晶表示装置をいう。アクティブマトリクス型 EL 表示装置とは、マトリクス状に配置された画素をスイッチング素子により駆動することによって、画面上に表示パターンが形成される方式を採用した EL 表示装置をいう。

【0003】

上記のようなアクティブマトリクス型表示装置の用途は拡大しており、画面サイズの大面積化、高精細化及び高開口率化の要求が高まっている。また、アクティブマトリクス型表示装置には高い信頼性が求められ、その生産方法には高い生産性及び生産コストの低減が求められる。生産性を高め、生産コストを低減する方法の一つに、工程の簡略化が挙げられる。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

アクティブマトリクス型表示装置では、スイッチング素子として主に薄膜トランジスタが用いられている。薄膜トランジスタの作製において、フォトリソグラフィに用いるフォトマスクの枚数を削減することは、工程の簡略化のために重要である。例えばフォトマスクが1枚増加すると、レジスト塗布、プリバーク、露光、現像、ポストバーク等の工程と、その前後の工程において、被膜の形成及びエッチング工程、更にはレジスト剥離、洗浄及び乾燥工程等が必要になる。そのため、作製工程に使用するフォトマスクが1枚増加するだけで、工程数が大幅に増加する。そのため、作製工程におけるフォトマスクを低減するために、数多くの技術開発がなされている。

【 0 0 0 5 】

薄膜トランジスタは、チャネル形成領域がゲート電極より下層に設けられるトップゲート型と、チャネル形成領域がゲート電極より上層に設けられるボトムゲート型に大別される。ボトムゲート型薄膜トランジスタの作製工程において使用されるフォトマスクの枚数は、トップゲート型薄膜トランジスタの作製工程において使用されるフォトマスクの枚数よりも少ないことが知られている。ボトムゲート型薄膜トランジスタは、3枚のフォトマスクにより作製されることが一般的である。

【 0 0 0 6 】

フォトマスクの枚数を低減させる従来の技術としては、裏面露光、レジストリフロー又はリフトオフ法といった複雑な技術を用いるものが多く、特殊な装置を必要とするものが多い。このような複雑な技術を用いることで、これに起因する様々な問題が生じ、歩留まり低下の一因になっている。また、薄膜トランジスタの電気的特性を犠牲にせざるを得ないことも多い。

【 0 0 0 7 】

薄膜トランジスタの作製工程における、フォトマスクの枚数を減らすための代表的な手段として、多階調マスク（ハーフトーンマスク又はグレートーンマスクと呼ばれるもの）を用いた技術が広く知られている。多階調マスクを用いて作製工程を低減する技術として、例えば特許文献1が挙げられる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 特許文献1 】 特開 2 0 0 3 - 1 7 9 0 6 9 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

しかし、上述した多階調マスクを用いてボトムゲート型薄膜トランジスタを作製する場合であっても、少なくとも2枚のフォトマスクが必要であり、これ以上フォトマスクの枚数を低減することは困難である。このうち1枚は、ゲート電極層のパターニングのために用いられている。

【 0 0 1 0 】

ここで、本発明の一態様は、ゲート電極層のパターニングのためのフォトマスクを新たに使用することなく薄膜トランジスタが作製可能な、新しい手法を提供することを課題とする。すなわち、複雑な技術を用いる必要がなく、かつ1枚のフォトマスクでも作成可能な、薄膜トランジスタの作製方法が開示される。

【 0 0 1 1 】

これにより、薄膜トランジスタの作製において、用いるフォトマスクの枚数を従来よりも少なくすることができる。

【 0 0 1 2 】

また、本発明の一態様は、特に表示装置の画素に用いられる薄膜トランジスタ（画素TFTともいう。）に適用することができる。そのため、本発明の一態様は、複雑な技術を用いることなく、フォトリソグラフィ法に用いるフォトマスクの枚数を従来よりも少なく

10

20

30

40

50

した表示装置の作成方法の提供を課題とする。

【 0 0 1 3 】

更には、フォトマスクの枚数を削減するのみならず、光リーク電流が小さく、良好な電気的特性を有する薄膜トランジスタ及び良好な表示特性を有する表示装置を提供することを課題とする。特に、液晶表示装置において、バックライト側からの光が半導体層に侵入することを防止することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

本発明の一態様である薄膜トランジスタの作製方法では、遮光膜と、該遮光膜上に第1のレジストマスクと、を形成し、遮光膜の一部をエッチングすることでパターンを有する遮光層を形成し、該遮光層上に下地膜を形成し、該下地膜上に第1の導電膜と、該第1の導電膜上に第1の絶縁膜、半導体膜、不純物半導体膜及び第2の導電膜をこの順に積層した薄膜積層体と、該薄膜積層体上に第2のレジストマスクを形成し、第1のエッチングにより少なくとも前記第1の導電膜を露出させつつ前記薄膜積層体のパターンを形成し、第2のエッチングにより第1の導電膜のパターンを形成する。ここで、第2のエッチングは、第1の導電膜が選択的にサイドエッチングされる条件により行い、第1のレジストマスクと第2のレジストマスクは同一のフォトマスクにより形成する。

10

【 0 0 1 5 】

ここで、第1のエッチングは、ドライエッチング又はウエットエッチングを用いればよいが、異方性の高いエッチング法（物理的エッチング）により行うことが好ましい。第1のエッチングに異方性の高いエッチング法を用いることで、パターンの加工精度を向上させることができる。なお、第1のエッチングをドライエッチングにより行う場合には、一の工程にて行うことが可能であるが、第1のエッチングをウエットエッチングにより行う場合には、複数の工程により第1のエッチングを行う。従って、第1のエッチングには、ドライエッチングを用いることが好ましい。

20

【 0 0 1 6 】

また、第2のエッチングは、ドライエッチング又はウエットエッチングを用いればよいが、等方性のエッチングが支配的なエッチング法（化学的エッチング）により行うことが好ましい。第2のエッチングに等方性のエッチングが支配的なエッチング法（化学的エッチング）を用いることで、第1の導電膜をサイドエッチングすることができる。従って、第2のエッチングには、ウエットエッチングを用いることが好ましい。

30

【 0 0 1 7 】

なお、第1の導電膜のパターンとは、例えば、ゲート電極及びゲート配線並びに容量電極及び容量配線、電源線などを形成する金属配線の上面レイアウトをいう。

【 0 0 1 8 】

なお、遮光層は、遮光性を有する材料の膜により形成すればよい。遮光性を有する膜としては、例えば、金属膜が挙げられ、好ましくはクロム又は酸化クロム等を用いて形成すればよい。また、遮光層は、少なくとも薄膜積層体が有する半導体膜と重畳するように設ける。好ましくは、薄膜積層体よりも広く形成する。

【 0 0 1 9 】

また、遮光層と薄膜積層体は、同一のフォトマスクにより形成する。薄膜積層体と同一のフォトマスクにより遮光層を形成することで、フォトマスクを新たに追加することなく、遮光層を設けることができる。

40

【 0 0 2 0 】

なお、上記説明したように遮光層は薄膜積層体よりも広く形成することが好ましいため、薄膜積層体を形成する第2のレジストマスクは、遮光層を形成する第1のレジストマスクよりも後退して形成されることが好ましい。レジストマスクを後退させる手段として、例えば、酸素プラズマによるアッシング等を用いればよい。

【 0 0 2 1 】

本発明の一態様は、遮光膜と、該遮光膜上に第1のレジストマスクと、を形成し、前記

50

遮光膜の一部をエッチングすることでパターンを有する遮光層を形成し、前記遮光層上に下地膜を形成し、前記下地膜上に第１の導電膜と、第１の絶縁膜、半導体膜、不純物半導体膜及び第２の導電膜と、を順に積層して形成し、前記第２の導電膜上に第２のレジストマスクを形成し、前記第２のレジストマスクを用いて、前記第２の導電膜、前記不純物半導体膜、前記半導体膜、前記第１の絶縁膜に第１のエッチングを行うことで、少なくとも前記第１の導電膜を露出させ、前記第１の導電膜の一部にサイドエッチングを伴う第２のエッチングを行ってゲート電極層を形成し、前記第２の導電膜上に第３のレジストマスクを形成し、前記第３のレジストマスクを用いて、前記第２の導電膜、前記不純物半導体膜及び前記半導体膜の一部に第３のエッチングを行ってソース電極及びドレイン電極層、ソース領域及びドレイン領域層並びに半導体層を形成し、前記第１のレジストマスクと前記第２のレジストマスクは同一のフォトマスクにより形成されることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法である。

10

【 0 0 2 2 】

本発明の一態様は、遮光膜と、該遮光膜上に第１のレジストマスクと、を形成し、前記遮光膜の一部をエッチングすることでパターンを有する遮光層を形成し、前記遮光層上に下地膜を形成し、前記下地膜上に第１の導電膜と、第１の絶縁膜、半導体膜、不純物半導体膜及び第２の導電膜と、を順に積層して形成し、前記第２の導電膜上に第２のレジストマスクを形成し、前記第２のレジストマスクを用いて、前記第２の導電膜、前記不純物半導体膜、前記半導体膜、前記第１の絶縁膜に第１のエッチングを行うことで、少なくとも前記第１の導電膜を露出させ、前記第２の導電膜上に第３のレジストマスクを形成し、前記第１の導電膜の一部にサイドエッチングを伴う第２のエッチングを行ってゲート電極層を形成し、前記第３のレジストマスクを用いて、前記第２の導電膜、前記不純物半導体膜及び前記半導体膜の一部に第３のエッチングを行ってソース電極及びドレイン電極層、ソース領域及びドレイン領域層並びに半導体層を形成し、前記第１のレジストマスクと前記第２のレジストマスクは同一のフォトマスクにより形成されることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法である。

20

【 0 0 2 3 】

本発明の一態様は、遮光膜と、該遮光膜上に第１のレジストマスクと、を形成し、前記遮光膜の一部をエッチングすることでパターンを有する遮光層を形成し、前記遮光層上に下地膜を形成し、前記下地膜上に第１の導電膜と、第１の絶縁膜、半導体膜、不純物半導体膜及び第２の導電膜と、を順に積層して形成し、前記第２の導電膜上に凹部を有する第２のレジストマスクを形成し、前記第２のレジストマスクを用いて、前記第２の導電膜、前記不純物半導体膜、前記半導体膜、前記第１の絶縁膜に第１のエッチングを行うことで、少なくとも前記第１の導電膜を露出させ、前記第１の導電膜の一部にサイドエッチングを伴う第２のエッチングを行ってゲート電極層を形成し、前記第２のレジストマスクを後退させることで前記第２のレジストマスクの凹部と重畳する前記第２の導電膜を露出させつつ第３のレジストマスクを形成し、前記第３のレジストマスクを用いて前記第２の導電膜、前記不純物半導体膜及び前記半導体膜の一部に第３のエッチングを行ってソース電極及びドレイン電極層、ソース領域及びドレイン領域層並びに半導体層を形成し、前記第１のレジストマスクと前記第２のレジストマスクは同一のフォトマスクにより形成されることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法である。

30

40

【 0 0 2 4 】

本発明の一態様は、遮光膜と、該遮光膜上に第１のレジストマスクと、を形成し、前記遮光膜の一部をエッチングすることでパターンを有する遮光層を形成し、前記遮光層上に下地膜を形成し、前記下地膜上に第１の導電膜と、第１の絶縁膜、半導体膜、不純物半導体膜及び第２の導電膜と、を順に積層して形成し、前記第２の導電膜上に凹部を有する第２のレジストマスクを形成し、前記第２のレジストマスクを用いて、前記第２の導電膜、前記不純物半導体膜、前記半導体膜、前記第１の絶縁膜に第１のエッチングを行うことで、少なくとも前記第１の導電膜を露出させ、前記第２のレジストマスクを後退させることで前記第２のレジストマスクの凹部と重畳する前記第２の導電膜を露出させつつ第３のレ

50

ジストマスクを形成し、前記第1の導電膜の一部にサイドエッチングを伴う第2のエッチングを行ってゲート電極層を形成し、前記第3のレジストマスクを用いて前記第2の導電膜、前記不純物半導体膜及び前記半導体膜の一部に第3のエッチングを行ってソース電極及びドレイン電極層、ソース領域及びドレイン領域層並びに半導体層を形成し、前記第1のレジストマスクと前記第2のレジストマスクは同一のフォトマスクにより形成されることを特徴とする薄膜トランジスタの作製方法である。

【0025】

上記構成の作製方法であって、第1のレジストマスクが凹部を有する場合には、前記第1のレジストマスクは多階調マスクを用いて形成することが好ましい。多階調マスクを用いることで、簡略な工程で凹部を有するレジストマスクを形成することができる。

10

【0026】

上記構成の作製方法を適用することで、前記第1のエッチングによって素子領域が形成され、前記第2のエッチングによって前記素子領域の側面から概ね等しい距離だけ内側にゲート電極層の側面を形成することができる。

【0027】

上記構成の作製方法において、前記第2のレジストマスクの面積は、前記第1のレジストマスクの面積よりも小さく形成することが好ましい。半導体層の遮光を確実に行うためである。

【0028】

第2のレジストマスクの面積を第1のレジストマスクの面積よりも小さく形成する本発明の一態様において、前記第2のレジストマスクは、酸素プラズマによりアッシングして形成することができる。

20

【0029】

上記構成の第1のエッチング及び第2のエッチングを用いる作製方法において、前記第1のエッチングはドライエッチングにより行い、前記第2のエッチングはウエットエッチングにより行うことが好ましい。第1のエッチングによる加工は高精度に行うことが好ましく、第2のエッチングによる加工はサイドエッチングを伴う必要がある。高精度な加工を行うためにはドライエッチングが好ましく、また、ウエットエッチングは化学反応を利用するためドライエッチングよりもサイドエッチングが生じやすいためである。

【0030】

30

本発明の一態様は、遮光膜と、該遮光膜上に第1のレジストマスクと、を形成し、前記遮光膜の一部をエッチングすることでパターンを有する遮光層を形成し、前記遮光層上に下地膜を形成し、前記下地膜上に第1の導電膜と、第1の絶縁膜、半導体膜、不純物半導体膜及び第2の導電膜と、を順に積層して形成し、前記第2の導電膜上に前記第1のレジストマスクと同一のフォトマスクにより第2のレジストマスクを形成し、前記第2のレジストマスクを用いて、前記第2の導電膜、前記不純物半導体膜、前記半導体膜、前記第1の絶縁膜に第1のエッチングを行うことで、少なくとも前記第1の導電膜を露出させ、前記第1の導電膜の一部にサイドエッチングを伴う第2のエッチングを行ってゲート電極層を形成し、前記第2の導電膜上に第3のレジストマスクを形成し、前記第3のレジストマスクを用いて、前記第2の導電膜、前記不純物半導体膜及び前記半導体膜の一部に第3のエッチングを行ってソース電極及びドレイン電極層、ソース領域及びドレイン領域層並びに半導体層を形成することで薄膜トランジスタを形成し、前記第3のレジストマスクを除去し、前記薄膜トランジスタを覆って第2の絶縁膜を形成し、前記ソース電極及びドレイン電極層の一部を露出するように前記第2の絶縁膜に開口部を形成し、前記開口部及び前記第2の絶縁膜上に画素電極を選択的に形成することを特徴とする表示装置の作製方法である。

40

【0031】

本発明の一態様は、遮光膜と、該遮光膜上に第1のレジストマスクと、を形成し、前記遮光膜の一部をエッチングすることでパターンを有する遮光層を形成し、前記遮光層上に下地膜を形成し、前記下地膜上に第1の導電膜と、第1の絶縁膜、半導体膜、不純物半導

50

体膜及び第２の導電膜と、を順に積層して形成し、前記第２の導電膜上に前記第１のレジストマスクと同一のフォトマスクにより第２のレジストマスクを形成し、前記第２のレジストマスクを用いて、前記第２の導電膜、前記不純物半導体膜、前記半導体膜、前記第１の絶縁膜に第１のエッチングを行うことで、少なくとも前記第１の導電膜を露出させ、前記第２の導電膜上に第３のレジストマスクを形成し、前記第１の導電膜の一部にサイドエッチングを伴う第２のエッチングを行ってゲート電極層を形成し、前記第３のレジストマスクを用いて、前記第２の導電膜、前記不純物半導体膜及び前記半導体膜の一部に第３のエッチングを行ってソース電極及びドレイン電極層、ソース領域及びドレイン領域層並びに半導体層を形成することで薄膜トランジスタを形成し、前記第３のレジストマスクを除去し、前記薄膜トランジスタを覆って第２の絶縁膜を形成し、前記ソース電極及びドレイン電極層の一部を露出するように前記第２の絶縁膜に開口部を形成し、前記開口部及び前記第２の絶縁膜上に画素電極を選択的に形成することを特徴とする表示装置の作製方法である。

10

【００３２】

本発明の一態様は、遮光膜と、該遮光膜上に第１のレジストマスクと、を形成し、前記遮光膜の一部をエッチングすることでパターンを有する遮光層を形成し、前記遮光層上下地膜を形成し、前記下地膜上に第１の導電膜と、第１の絶縁膜、半導体膜、不純物半導体膜及び第２の導電膜と、を順に積層して形成し、前記第２の導電膜上に前記第１のレジストマスクと同一のフォトマスクにより凹部を有する第２のレジストマスクを形成し、前記第２のレジストマスクを用いて、前記第２の導電膜、前記不純物半導体膜、前記半導体膜、前記第１の絶縁膜に第１のエッチングを行うことで、少なくとも前記第１の導電膜を露出させ、前記第１の導電膜の一部にサイドエッチングを伴う第２のエッチングを行ってゲート電極層を形成し、前記第２のレジストマスクを後退させることで前記第２のレジストマスクの凹部と重畳する前記第２の導電膜を露出させつつ第３のレジストマスクを形成し、前記第３のレジストマスクを用いて前記第２の導電膜、前記不純物半導体膜及び前記半導体膜の一部に第３のエッチングを行ってソース電極及びドレイン電極層、ソース領域及びドレイン領域層並びに半導体層を形成することで薄膜トランジスタを形成し、前記第３のレジストマスクを除去し、前記薄膜トランジスタを覆って第２の絶縁膜を形成し、前記ソース電極及びドレイン電極層の一部を露出するように前記第２の絶縁膜に開口部を形成し、前記開口部及び前記第２の絶縁膜上に画素電極を選択的に形成することを特徴とする表示装置の作製方法である。

20

30

【００３３】

本発明の一態様は、遮光膜と、該遮光膜上に第１のレジストマスクと、を形成し、前記遮光膜の一部をエッチングすることでパターンを有する遮光層を形成し、前記遮光層上下地膜を形成し、前記下地膜上に第１の導電膜と、第１の絶縁膜、半導体膜、不純物半導体膜及び第２の導電膜と、を順に積層して形成し、前記第２の導電膜上に前記第１のレジストマスクと同一のフォトマスクにより凹部を有する第２のレジストマスクを形成し、前記第２のレジストマスクを用いて、前記第２の導電膜、前記不純物半導体膜、前記半導体膜、前記第１の絶縁膜に第１のエッチングを行うことで、少なくとも前記第１の導電膜を露出させ、前記第２のレジストマスクを後退させることで前記第２のレジストマスクの凹部と重畳する前記第２の導電膜を露出させつつ第３のレジストマスクを形成し、前記第１の導電膜の一部にサイドエッチングを伴う第２のエッチングを行ってゲート電極層を形成し、前記第３のレジストマスクを用いて前記第２の導電膜、前記不純物半導体膜及び前記半導体膜の一部に第３のエッチングを行ってソース電極及びドレイン電極層、ソース領域及びドレイン領域層並びに半導体層を形成することで薄膜トランジスタを形成し、前記第３のレジストマスクを除去し、前記薄膜トランジスタを覆って第２の絶縁膜を形成し、前記ソース電極及びドレイン電極層の一部を露出するように前記第２の絶縁膜に開口部を形成し、前記開口部及び前記第２の絶縁膜上に画素電極を選択的に形成することを特徴とする表示装置の作製方法である。

40

【００３４】

50

上記構成の表示装置の作製方法においても、前記第１のレジストマスクは多階調マスクを用いて形成することが好ましい。

【００３５】

上記構成の表示装置の作製方法を適用することで、前記第１のエッチングによって素子領域が形成され、前記第２のエッチングによって前記素子領域の側面から概ね等しい距離だけ内側にゲート電極層の側面を形成することができる。

【００３６】

上記構成の表示装置の作製方法においても、前記第１のエッチングはドライエッチングであり、前記第２のエッチングはウエットエッチングであることが好ましい。

【００３７】

上記構成の表示装置の作製方法において、前記第３の絶縁膜は、ＣＶＤ法又はスパッタリング法により形成した絶縁膜と、スピコート法により形成した絶縁膜と、を積層して形成することが好ましい。特に好ましくは窒化シリコン膜をＣＶＤ法又はスパッタリング法により形成し、有機樹脂膜をスピコート法により形成する。保護絶縁膜をこのように形成することで、薄膜トランジスタの電気的特性に影響を及ぼしうる不純物元素等から薄膜トランジスタを保護し、且つ画素電極の被形成面の平坦性を向上させて歩留まりの低下を防止することができる。

【００３８】

また、本発明の一態様である薄膜トランジスタは、遮光膜上に絶縁膜を有し、前記絶縁膜上にゲート電極層を有し、前記ゲート電極層上にゲート絶縁膜を有し、前記ゲート絶縁膜上に半導体層を有し、前記半導体層上にソース領域及びドレイン領域を有する不純物半導体層を有し、前記ソース領域及びドレイン領域上にソース電極及びドレイン電極を有し、前記ゲート電極層の側面に接して空洞を有するものである。

【００３９】

なお、「食刻」とは、意図しないエッチングをいう。すなわち、エッチングは「食刻」が極力生じない条件により行うことが好ましい。

【００４０】

なお、膜が「耐熱性を有する」とは、工程における温度によって当該膜が膜としての形態を保ち、且つ当該膜に求められる機能及び特性を保つことができることをいう。

【００４１】

なお、「ゲート配線」とは、薄膜トランジスタのゲート電極に接続される配線をいう。ゲート配線は、ゲート電極層により形成される。また、ゲート配線は走査線と呼ばれることがある。

【００４２】

また、「ソース配線」とは、薄膜トランジスタのソース電極及びドレイン電極の一方に接続される配線をいう。ソース配線は、ソース電極及びドレイン電極層により形成される。また、ソース配線は信号線と呼ばれることがある。

【００４３】

また、「電源線」とは、電源に接続された、一定の電位に保持された配線をいう。

【発明の効果】

【００４４】

ゲート電極のパターン形成に新たなフォトマスクを必要とせず、薄膜トランジスタの作製工程数を大幅に削減することができ、該薄膜トランジスタは表示装置に適用できるため、表示装置の作製工程を大幅に削減することもできる。

【００４５】

より具体的には、フォトマスクの枚数を減らすことができる。一のフォトマスク（多階調マスク）を用いて薄膜トランジスタを作製することも可能である。従って、薄膜トランジスタ又は表示装置の作製工程数を大幅に削減することができる。また、一枚のフォトマスクにより薄膜トランジスタを作製することができるため、フォトマスクの位置合わせの際にずれが発生することを防止することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

また、フォトマスクの枚数の低減を目的とした従来の技術とは異なり、裏面露光、レジストリフロー及びリフトオフ法等の複雑な工程を経る必要がない。そのため、歩留まりを低下させることなく、表示装置の作製工程数を大幅に削減することができる。

【 0 0 4 7 】

また、フォトマスクの枚数の低減を目的とした従来の技術では、電気的特性を犠牲にせざるを得ないことも少なくなかったが、本発明の一態様は、薄膜トランジスタの電気的特性を維持しつつ、薄膜トランジスタの作製工程を大幅に削減することができる。そのため、表示装置の表示品質等を犠牲にすることなく、表示装置の作製工程数を大幅に削減することができる。

10

【 0 0 4 8 】

更には、上記効果により、薄膜トランジスタ及び表示装置の作製コストを大幅に削減することができる。

【 0 0 4 9 】

そして、半導体層を遮光することができるため、光リーク電流が低減された、良好な電気的特性を有する薄膜トランジスタ及び該薄膜トランジスタを有する表示品質が良好な表示装置を作製することができる。

【 0 0 5 0 】

更には、ゲート電極層端部に生じるリーク電流が小さい薄膜トランジスタを作製することができるため、コントラスト比が高く、表示品質が良好な表示装置を得ることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 1 】

【図 1】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 2】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 3】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 4】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 5】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 6】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 7】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

30

【図 8】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 9】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 10】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 11】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 12】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 13】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 14】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 15】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 16】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 17】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

40

【図 18】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 19】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 20】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 21】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 22】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 23】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 24】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 25】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 26】 薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 27】 アクティブマトリクス基板の接続部を説明する図。

50

【図 28】アクティブマトリクス基板の接続部を説明する図。

【図 29】アクティブマトリクス基板の接続部を説明する図。

【図 30】多階調マスクを説明する図。

【図 31】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 32】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 33】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 34】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 35】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 36】表示装置の画素回路の一例を説明する図。

【図 37】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

10

【図 38】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 39】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 40】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 41】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 42】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 43】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 44】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 45】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【図 46】電子機器を説明する図。

【図 47】電子機器を説明する図。

20

【図 48】電子機器を説明する図。

【図 49】薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法の一例を説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0052】

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、本発明の趣旨およびその範囲から逸脱することなく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。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。なお、図面を用いて発明の構成を説明するにあたり、同じものを指す符号は異なる図面間でも共通して用いる。また、同様のものを指す際にはハッチパターンを同じくし、特に符号を付さない場合がある。また、下地膜、第1の絶縁膜及び第2の絶縁膜は上面図には表さないものとする。

30

【0053】

(実施の形態1)

本実施の形態では、薄膜トランジスタの作製方法及び該薄膜トランジスタがマトリクス状に配置された表示装置の作製方法の一例について、図1乃至図29を参照して説明する。

【0054】

なお、図17乃至図25には本実施の形態に係る薄膜トランジスタの上面図を示し、図25は画素電極まで形成した完成図である。図1乃至図4は、図17乃至図25に示すA1 - A2における断面図である。図5乃至図7は、図19乃至図25に示すB1 - B2における断面図である。図8乃至図10は、図19乃至図25に示すC1 - C2における断面図である。図11乃至図13は、図19乃至図25に示すD1 - D2における断面図である。図14乃至図16は、図19乃至図25に示すE1 - E2における断面図である。

40

【0055】

まず、基板100の一主表面上に、遮光膜50を形成する。遮光膜50は、基板100の一主表面とは逆の面から入射する外光、または他の面から入射する迷光等を遮るために設けられる。

【0056】

基板100は、絶縁性基板である。表示装置に適用する場合には、基板100としては

50

、ガラス基板又は石英基板を用いることができる。本実施の形態においては、ガラス基板を用いる。

【0057】

遮光膜50は、遮光可能な材料の膜により形成すればよく、特定の材料に限定されない。遮光可能な材料の膜として、例えばクロムを主成分とする材料の膜又はカーボンブラックを含有する樹脂膜等が挙げられるが、耐熱性の点からクロムを主成分とする材料の膜を用いることが好ましい。クロムを主成分とする材料としては、例えば、クロム、酸化クロム、窒化クロム又はフッ化クロム等が挙げられる。

【0058】

なお、遮光膜50は、例えばスパッタリング法又はCVD法（熱CVD法又はプラズマCVD法等を含む）等により形成することができる。ただし、特定の方法に限定されるものではない。

【0059】

次に、遮光膜50上に第1のレジストマスク51を形成する（図1（A）、図17を参照）。

【0060】

次に、第1のレジストマスク51を用いて遮光膜50をエッチングし、遮光層52を形成する（図1（B）、図18を参照）。エッチングには、ドライエッチング又はウェットエッチングのいずれかを用いることができるが、ドライエッチングを用いることが好ましい。ウェットエッチングを用いると遮光膜50が後退し、遮光層52の十分な面積を確保することができないおそれがあるからである。ドライエッチングを用いることで、第1のレジストマスク51のパターンを強く反映した形状とすることができる。また、遮光層52を形成する上記エッチング工程では、基板100がエッチングされるおそれがある。そのため、基板100と遮光膜50の間には予め「下地となる絶縁膜」を設けておくことが好ましい。この「下地となる絶縁膜」は、次に説明する下地膜53と同様の材料及び同様の形成方法を用いて形成すればよい。基板100と遮光膜50の間に「下地となる絶縁膜」を有することで、基板100中に含まれる不純物金属元素の半導体層への付着及び半導体層内部への侵入を防ぐことができる。

【0061】

次に、第1のレジストマスク51を除去し（図1（C）、図19を参照）、遮光層52上に下地膜53を形成する（図2（D）、図5（D）、図8（D）、図11（D）、図14（D）を参照）。

【0062】

下地膜53は、絶縁性材料により形成する。下地膜53は、例えば、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜又は窒化酸化シリコン膜等を用いて形成することができる。ただし、後の工程（第1の絶縁膜104の形成等）に耐えうる程度の耐熱性は必要である。また、後の工程（第2の導電膜110のエッチング等）で食刻又は腐食されない材料を選択する。

【0063】

基板100としてガラス基板を用いる場合には、下地膜53には窒化シリコン膜又は窒化酸化シリコン膜を用いることが好ましい。下地膜53が窒素を含むことで、ガラス基板100中の不純物金属元素が半導体層に侵入することをも効果的に防ぐことができるためである。更には、下地膜53がハロゲン（フッ素、塩素又は臭素）を含むことが好ましい。下地膜53がハロゲンを含むことで、ガラス基板100中の不純物金属元素が半導体層に侵入することをより効果的に防ぐことができるためである。下地膜53にハロゲンを含ませるには、形成に用いるガスに、ハロゲンガス又はハロゲン化合物からなるガスを含ませればよい。

【0064】

なお、下地膜53は、例えばCVD法（熱CVD法又はプラズマCVD法等を含む）又はスパッタリング法等により形成することができるが、特定の方法に限定されるものでは

10

20

30

40

50

ない。また、下地膜 53 は、単層で形成しても良いし、複数の膜を積層して形成しても良い。

【0065】

次に、下地膜 53 上に、第 1 の導電膜 102、第 1 の絶縁膜 104、半導体膜 106、不純物半導体膜 108 及び第 2 の導電膜 110 を形成する。これらの膜は、単層で形成してもよいし、複数の膜を積層して形成した積層膜であってもよい。

【0066】

第 1 の導電膜 102 は、導電性材料により形成する。第 1 の導電膜 102 は、例えばタン、モリブデン、クロム、タンタル、タングステン、アルミニウム、銅、ネオジム、ニオブ若しくはスカンジウム等の金属又はこれらを主成分とする合金等の導電性材料を用いて形成することができる。ただし、後の工程（第 1 の絶縁膜 104 の形成等）に耐えうる程度の耐熱性は必要であり、後の工程（第 2 の導電膜 110 のエッチング等）で食刻又は腐食されない材料を選択することを要する。この限りにおいて、第 1 の導電膜 102 は特定の材料に限定されるものではない。

10

【0067】

なお、第 1 の導電膜 102 は、例えばスパッタリング法又は CVD 法（熱 CVD 法又はプラズマ CVD 法等を含む）等により形成することができる。ただし、特定の方法に限定されるものではない。

【0068】

第 1 の絶縁膜 104 は、絶縁性材料により形成する。第 1 の絶縁膜 104 は、例えば、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜又は窒化酸化シリコン膜等を用いて形成することができる。ただし、第 1 の導電膜 102 と同様に後の工程（半導体膜 106 の形成等）に耐えうる程度の耐熱性が必要であり、後の工程で食刻又は腐食されない材料を選択することを要する。この限りにおいて、第 1 の絶縁膜 104 は特定の材料に限定されるものではない。

20

【0069】

なお、第 1 の絶縁膜 104 は、例えば CVD 法（熱 CVD 法又はプラズマ CVD 法等を含む）又はスパッタリング法等により形成することができるが、特定の方法に限定されるものではない。

【0070】

また、第 1 の絶縁膜 104 は、ゲート絶縁膜として機能するものである。

30

【0071】

半導体膜 106 は、半導体材料により形成する。半導体膜 106 は、例えば、シランガスにより形成される非晶質シリコン等を用いて形成することができる。ただし、第 1 の導電膜 102 等と同様に、後の工程（第 2 の導電膜 110 等の形成等）に耐えうる程度の耐熱性が必要であり、後の工程で食刻又は腐食されない材料を選択することを要する。この限りにおいて、半導体膜 106 は特定の材料に限定されるものではない。従って、ゲルマニウム等を用いても良い。なお、半導体膜 106 の結晶性についても特に限定されない。

【0072】

なお、半導体膜 106 は、例えば CVD 法（熱 CVD 法又はプラズマ CVD 法等を含む）又はスパッタリング法等により形成することができる。ただし、特定の方法に限定されるものではない。

40

【0073】

不純物半導体膜 108 は、一導電性を付与する不純物元素を含む半導体膜であり、一導電性を付与する不純物元素が添加された半導体形成のための材料ガス等により形成される。例えば、フォスフィン（化学式： PH_3 ）又はジボラン（化学式： B_2H_6 ）を含むシランガスにより形成される、リン又はボロンを含むシリコン膜である。ただし、第 1 の導電膜 102 等と同様に、後の工程（第 2 の導電膜 110 等の形成等）に耐えうる程度の耐熱性が必要であり、後の工程で食刻又は腐食されない材料を選択することを要する。この限りにおいて、不純物半導体膜 108 は、特定の材料に限定されるものではない。なお、

50

不純物半導体膜 108 の結晶性についても特に限定されるものではない。

【0074】

なお、n 型の薄膜トランジスタを作製する場合には、添加する一導電性を付与する不純物元素として、リン又はヒ素等を用いればよい。すなわち、不純物半導体膜 108 の形成に用いるシランガスにはフォスフィン又はアルシン（化学式： AsH_3 ）等を所望の濃度で含ませればよい。または、p 型の薄膜トランジスタを作製する場合には、一導電性を付与する不純物元素として、ボロン等を添加すればよい。すなわち、不純物半導体膜 108 の形成に用いるシランガスにはジボラン等を所望の濃度で含ませればよい。また、半導体膜 106 により形成される半導体層の一部に、ドーピング等によりソース電極及びドレイン電極層とオーミック接触可能な領域を設ける場合などには、不純物半導体膜 108 を設ける必要がない。

10

【0075】

なお、不純物半導体膜 108 は、例えば CVD 法（熱 CVD 法又はプラズマ CVD 法等を含む）等により形成することができる。ただし、特定の方法に限定されるものではない。

【0076】

第 2 の導電膜 110 は、導電性材料（第 1 の導電膜 102 として列挙した材料等）であって、第 1 の導電膜 102 とは異なる材料により形成する。ここで、「異なる材料」とは、主成分が異なる材料をいう。具体的には、後に説明する第 2 のエッチングによりエッチングされにくい材料を選択すればよい。また、第 1 の導電膜 102 等と同様に、後の工程（第 1 の保護膜 126 等の形成等）に耐えうる程度の耐熱性が必要であり、後の工程で食刻又は腐食されない材料を選択することを要する。従って、この限りにおいて、第 2 の導電膜 110 は特定の材料に限定されるものではない。

20

【0077】

なお、第 2 の導電膜 110 は、例えばスパッタリング法又は CVD 法（熱 CVD 法又はプラズマ CVD 法等を含む）等により形成することができる。ただし、特定の方法に限定されるものではない。

【0078】

なお、上記説明した遮光膜 50、下地膜 53、第 1 の導電膜 102、第 1 の絶縁膜 104、半導体膜 106、不純物半導体膜 108 及び第 2 の導電膜 110 に対して求められる耐熱性は、遮光膜 50 が最も高く、以下前記した順に続き、第 2 の導電膜 110 が最も低い。例えば、半導体膜 106 が水素を含む非晶質半導体膜である場合には、約 300 以上とすることで半導体膜 106 中の水素が脱離し、電気的特性が変化する。そのため、例えば半導体膜 106 を形成した後の工程では概ね 300 を超えない温度とするとよい。

30

【0079】

次に、第 2 の導電膜 110 上に第 2 のレジストマスク 112 を形成する（図 2（E）、図 5（E）、図 8（E）、図 11（E）、図 14（E）、図 20 を参照）。

【0080】

第 2 のレジストマスク 112 は、第 1 のレジストマスク 51 の形成に用いたフォトマスクと同一のフォトマスクを用いて形成する。しかし、第 1 のレジストマスク 51 の形成と同一のフォトマスクを用いると、半導体層の縁が遮光層 52 からはみ出し、遮光層 52 による半導体層の遮光が不十分なものとなるおそれがある。そのため、第 2 のレジストマスク 112 は第 1 のレジストマスク 51 と同一のフォトマスクによりパターンを形成した後に、後退させるとよい。レジストマスクを後退させる手段としては、例えば酸素プラズマを用いたアッシングが挙げられる（図 2（E）において点線で示す矩形領域と第 2 のレジストマスク 112 を参照）。

40

【0081】

次に、第 2 のレジストマスク 112 を用いて第 1 のエッチングを行う。すなわち、第 1 の絶縁膜 104、半導体膜 106、不純物半導体膜 108 及び第 2 の導電膜 110 をエッチングによりパターニングし、薄膜積層体 114 を形成する（図 2（F）、図 5（F）、

50

図 8 (F)、図 1 1 (F)、図 1 4 (F)、図 2 1 を参照)。このとき、少なくとも第 1 の導電膜 1 0 2 の表面を露出させるとよい。本明細書において、このエッチング工程を第 1 のエッチングとよぶ。第 1 のエッチングは、ドライエッチング又はウエットエッチングを用いればよい。なお、第 1 のエッチングをドライエッチングにより行う場合には一の工程にて行うことが可能であるが、第 1 のエッチングをウエットエッチングにより行う場合には複数の工程により第 1 のエッチングを行うと良い。ウエットエッチングでは、被エッチング膜の種類によってエッチングレートが異なり、一の工程にてエッチングすることが困難だからである。

【 0 0 8 2 】

なお、第 1 のエッチングは、例えば 3 段階のドライエッチングにより行えばよい。まず、 Cl_2 ガスと CF_4 ガスと O_2 ガスの混合ガス中でエッチングを行い、次に、 Cl_2 ガスのみを用いてエッチングを行い、最後に、 CHF_3 ガスのみを用いてエッチングを行えばよい。

【 0 0 8 3 】

なお、第 1 のエッチングにより第 1 の導電膜 1 0 2 をエッチングして下地膜 5 3 を露出させてもよい。このとき、基板 1 0 0 を露出させないようにエッチングを行うことが好ましい。

【 0 0 8 4 】

次に、第 2 のレジストマスク 1 1 2 を用いて第 2 のエッチングを行う。すなわち、第 1 の導電膜 1 0 2 をエッチングによりパターンニングし、ゲート電極層 1 1 6 を形成する (図 3 (G)、図 6 (G)、図 9 (G)、図 1 2 (G)、図 1 5 (G)、図 2 2 を参照)。このエッチング工程を第 2 のエッチングとよぶ。

【 0 0 8 5 】

なお、ゲート電極層 1 1 6 は、薄膜トランジスタのゲート電極、ゲート配線、容量素子の一方の電極、容量配線及び支持部を構成している。ゲート電極層 1 1 6 A と表記する場合には、ゲート配線と薄膜トランジスタのゲート電極を構成するゲート電極層を指す。ゲート電極層 1 1 6 B 又はゲート電極層 1 1 6 D と表記する場合には支持部を構成するゲート電極層を指す。ゲート電極層 1 1 6 C と表記する場合には容量配線と容量素子の一方の電極を構成するゲート電極層を指す。そして、これらを総括してゲート電極層 1 1 6 と呼ぶ。

【 0 0 8 6 】

第 2 のエッチングは、第 1 の導電膜 1 0 2 により形成されるゲート電極層 1 1 6 の側面が、薄膜積層体 1 1 4 の側面より内側に形成されるエッチング条件により行う。換言すると、ゲート電極層 1 1 6 の側面が、薄膜積層体 1 1 4 の底面に接して形成されるようにエッチングを行う (図 2 2 乃至図 2 4 における A 1 - A 2 断面においてゲート電極層 1 1 6 の幅が薄膜積層体 1 1 4 の幅より小さくなるようにエッチングを行う)。更には、第 2 の導電膜 1 1 0 に対するエッチングレートが小さく、且つ第 1 の導電膜 1 0 2 に対するエッチングレートが大きい条件により行う。換言すると、第 2 の導電膜 1 1 0 に対する第 1 の導電膜 1 0 2 のエッチング選択比が大きい条件により行う。このような条件により第 2 のエッチングを行うことで、ゲート電極層 1 1 6 を形成することができる。

【 0 0 8 7 】

なお、ゲート電極層 1 1 6 の側面の形状は特に限定されない。例えば、テーパ形状であっても良い。ゲート電極層 1 1 6 の側面の形状は、第 2 のエッチングにおいて用いる薬液等の条件によって決められるものである。

【 0 0 8 8 】

ここで、「第 2 の導電膜 1 1 0 に対するエッチングレートが小さく、且つ第 1 の導電膜 1 0 2 に対するエッチングレートが大きい条件」、又は「第 2 の導電膜 1 1 0 に対する第 1 の導電膜 1 0 2 のエッチング選択比が大きい条件」とは、以下の第 1 の要件及び第 2 の要件を満たすものをいう。

【 0 0 8 9 】

第1の要件は、ゲート電極層116が必要な箇所に残存することである。ゲート電極層116の必要な箇所とは、図22乃至図24におけるレジストマスク内に点線で示される領域をいう。すなわち、第2のエッチング後に、ゲート電極層116がゲート配線、容量配線及び支持部を構成するように残存することが必要である。ゲート電極層がゲート配線及び容量配線を構成するためには、これらの配線が断線しないように第2のエッチングを行う必要がある。図3(G)、図9(G)及び図15(G)に示されるように、薄膜積層体114の側面から間隔 d_1 だけ内側にゲート電極層116の側面が形成されることが好ましく、間隔 d_1 は実施者がレイアウトに従って適宜設定すればよい。

【0090】

第2の要件は、ゲート電極層116により構成されるゲート配線及び容量配線の最小幅 d_3 、並びにソース電極及びドレイン電極層120Aにより構成されるソース配線の最小幅 d_2 が適切なものとなることである(図25を参照)。第2のエッチングによりソース電極及びドレイン電極層120Aがエッチングされるとソース配線の最小幅 d_2 が小さくなり、ソース配線の電流密度が過大となり、電気的特性が低下するためである。そのため、第2のエッチングは、第1の導電膜102のエッチングレートが過大にならず、且つ第2の導電膜110のエッチングレートが可能な限り小さい条件で行う。

【0091】

また、ソース配線の最小幅 d_2 は大きくすることが困難である。ソース配線の最小幅 d_2 はソース配線と重畳する半導体層の最小幅 d_4 により決まり、ソース配線の最小幅 d_2 を大きくするためには半導体層の最小幅 d_4 を大きくせねばならず、隣接するゲート配線と容量配線とを絶縁させることが困難になるためである。従って、半導体層の最小幅 d_4 は、前記した間隔 d_1 の概ね2倍よりも小さくする。換言すると、間隔 d_1 は半導体層の最小幅 d_4 の約半分よりも大きくする。

【0092】

なお、ソース配線と重畳する半導体層の幅を最小幅 d_4 とする部分は、ゲート配線と、該ゲート配線と互いに隣接する容量配線との間に少なくとも一箇所あればよい。好ましくは、図25に示すように、ゲート配線に隣接する領域及び容量配線に隣接する領域の半導体層の幅を最小幅 d_4 とすればよい。

【0093】

なお、ソース電極及びドレイン電極層により形成される、画素電極層と接続される部分の電極の幅はソース配線の最小幅 d_2 とすることが好ましい。

【0094】

上記説明したように、サイドエッチングを伴う条件により第2のエッチングを行うことは非常に重要である。第2のエッチングが第1の導電膜102のサイドエッチングを伴うことによって、ゲート電極層116により構成される、隣接するゲート配線と容量配線とを絶縁させることができるためである(図22を参照)。ここで、第2のエッチングは、サイドエッチングを伴うエッチングであるため、エッチングは概略等方的に進行する。

【0095】

ここで、サイドエッチングとは、被エッチング膜の厚さ方向(基板面に垂直な方向又は下地膜の面に垂直な方向)のみならず、厚さ方向に対して垂直な方向(基板面に平行な方向又は下地膜の面に平行な方向)にも被エッチング膜が削られるエッチングをいう。サイドエッチングされた被エッチング膜の端部は、被エッチング膜に対するエッチングガス又はエッチングに用いる薬液のエッチングレートによって様々な形状となるように形成されるが、端部が曲面となるように形成されることが多い。

【0096】

なお、図22に示すように、第1のエッチングにより形成される薄膜積層体114は、ゲート電極層116B及びゲート電極層116Dにより構成される支持部に接する部分では細くなるように設計される(図22において両矢印で示す部分を参照)。このような構造とすることで、第2のエッチングによりゲート電極層116Aと、ゲート電極層116B又はゲート電極層116Dとを分断して絶縁させることができる。

【 0 0 9 7 】

なお、図 2 2 に示すゲート電極層 1 1 6 B 及びゲート電極層 1 1 6 D は、薄膜積層体 1 1 4 を支える支持部として機能する。支持部を有することで、ゲート電極層より上に形成されるゲート絶縁膜等の膜剥がれを防止することができる。更には支持部を設けることで、第 2 のエッチングによりゲート電極層 1 1 6 に接して形成される、空洞の領域が必要以上に広くなることを防止できる。なお、支持部を設けることで、薄膜積層体 1 1 4 が自重によって破壊され、又は破損することをも防止でき、歩留まりが向上するため好ましい。ただし、本実施の形態は支持部を有する形態に限定されず、支持部を設けなくとも良い。支持部を有しない形態の上面図（図 2 5 に対応）の一例を図 2 6 に示す。

【 0 0 9 8 】

以上説明したように、第 2 のエッチングは、ウエットエッチングにより行うことが好ましい。

【 0 0 9 9 】

第 2 のエッチングをウエットエッチングによって行う場合、第 1 の導電膜 1 0 2 をアルミニウム又はモリブデンにより形成し、第 2 の導電膜 1 1 0 をチタン又はタングステンにより形成し、エッチングには硝酸、酢酸及びリン酸を含む薬液を用いればよい。または、第 1 の導電膜 1 0 2 をモリブデンにより形成し、第 2 の導電膜 1 1 0 をチタン、アルミニウム又はタングステンにより形成し、エッチングには過酸化水素水を含む薬液を用いればよい。

【 0 1 0 0 】

第 2 のエッチングをウエットエッチングによって行う場合、最も好ましくは、第 1 の導電膜 1 0 2 としてネオジムを添加したアルミニウム上にモリブデンを形成した積層膜を形成し、第 2 の導電膜 1 1 0 をタングステンにより形成し、エッチングには硝酸を 2 %、酢酸を 1 0 %、リン酸を 7 2 % 含む薬液を用いる。このような組成の薬液を用いることで、第 2 の導電膜 1 1 0 がエッチングされることなく、第 1 の導電膜 1 0 2 がエッチングされる。なお、第 1 の導電膜 1 0 2 に添加したネオジムは、アルミニウムの低抵抗化とヒロック防止を目的として添加されたものである。

【 0 1 0 1 】

なお、図 2 2 に示すように、上面から見たゲート電極層 1 1 6 は角（例えば、角 1 5 1）を有する。これは、ゲート電極層 1 1 6 を形成する第 2 のエッチングが概略等方的であるために、ゲート電極層 1 1 6 の側面と薄膜積層体 1 1 4 の側面との間隔 d_1 が概略等しくなるようにエッチングされるためである。

【 0 1 0 2 】

次に、第 3 のレジストマスク 1 1 8 を形成する（図 3（H）、図 6（H）、図 9（H）、図 1 2（H）、図 1 5（H）、図 2 3 を参照）。なお、ここでは第 2 のエッチングの後に第 3 のレジストマスク 1 1 8 を形成するが、これに限定されず、第 3 のレジストマスク 1 1 8 を形成した後に第 2 のエッチングを行ってもよい。

【 0 1 0 3 】

次に、第 3 のレジストマスク 1 1 8 を用いて、薄膜積層体 1 1 4 における第 2 の導電膜 1 1 0 をエッチングし、ソース電極及びドレイン電極層 1 2 0 を形成する。ここでエッチング条件は、第 2 の導電膜 1 1 0 以外の膜に対する食刻及び腐食が生じず、又は生じ難い条件を選択する。特に、ゲート電極層 1 1 6 の食刻及び腐食が生じず、又は生じ難い条件により行うことが重要である。

【 0 1 0 4 】

なお、ソース電極及びドレイン電極層 1 2 0 は、薄膜トランジスタのソース電極若しくはドレイン電極、ソース配線、薄膜トランジスタと画素電極とを接続する電極、及び容量素子の他方の電極を構成している。「ソース電極及びドレイン電極層 1 2 0 A」又は「ソース電極及びドレイン電極層 1 2 0 C」と表記する場合には、薄膜トランジスタのソース電極及びドレイン電極の一方、及びソース配線を構成する電極層を指す。「ソース電極及びドレイン電極層 1 2 0 B」と表記する場合には、薄膜トランジスタのソース電極及びド

10

20

30

40

50

レイン電極の他方、及び薄膜トランジスタと画素電極とを接続する電極を構成する電極層を指す。「ソース電極及びドレイン電極層 120D」と表記する場合には、容量素子の他方の電極を構成する電極層を指す。そして、これらを総括して「ソース電極及びドレイン電極層 120」と呼ぶ。

【0105】

なお、薄膜積層体 114 における第 2 の導電膜 110 のエッチングは、ウエットエッチング又はドライエッチングのどちらを用いても良い。

【0106】

続いて、薄膜積層体 114 における不純物半導体膜 108 及び半導体膜 106 の上部（バックチャネル部）をエッチングして、ソース領域及びドレイン領域 122 を形成する（図 3（I）、図 6（I）、図 9（I）、図 12（I）、図 15（I）、図 24 を参照）。ここでエッチング条件は、不純物半導体膜 108 及び半導体膜 106 以外の膜に対する食刻及び腐食が生じず、又は生じ難い条件を選択する。特に、ゲート電極層 116 の食刻及び腐食が生じず、又は生じ難い条件により行うことが重要である。

【0107】

なお、薄膜積層体 114 における不純物半導体膜 108 及び半導体膜 106 の上部（バックチャネル部）のエッチングはドライエッチング又はウエットエッチングにより行うことができる。

【0108】

その後、第 3 のレジストマスク 118 を除去し、薄膜トランジスタが完成する。上記説明したように、遮光層と薄膜トランジスタを 1 枚のフォトマスク（多階調マスク）により作製することができる。

【0109】

なお、上記の図 3（I）を参照して説明した工程を一括して第 3 のエッチングとよぶ。第 3 のエッチングは、上記説明したように、複数の段階に分けて行っても良いし、一括して行っても良い。

【0110】

以上のように形成した薄膜トランジスタを覆って第 2 の絶縁膜を形成する。ここで、第 2 の絶縁膜は、第 1 の保護膜 126 のみで形成しても良いが、好ましくは第 1 の保護膜 126 と第 2 の保護膜 128 により形成する（図 4（J）、図 7（J）、図 10（J）、図 13（J）、図 16（J）を参照）。第 1 の保護膜 126 は、第 1 の絶縁膜 104 と同様に形成すればよい。

【0111】

第 2 の保護膜 128 は、表面が概略平坦になる方法により形成する。第 2 の保護膜 128 の表面を概略平坦にすることで、第 2 の保護膜 128 上に形成される画素電極層 132 の断切れ等を防止することができるためである。従って、ここで「概略平坦」とは、上記目的を達成しうる程度のものであればよく、高い平坦性が要求されるわけではない。

【0112】

なお、第 2 の保護膜 128 は、例えば、感光性ポリイミド、アクリル又はエポキシ樹脂等を用いて、スピンコーティング法等により形成することができる。ただし、これらの材料又は形成方法に限定されるものではない。

【0113】

次に、第 2 の絶縁膜に第 1 の開口部 130 及び第 2 の開口部 131 を形成する（図 4（K）、図 7（K）、図 10（K）、図 13（K）、図 16（K）を参照）。第 1 の開口部 130 及び第 2 の開口部 131 は、ソース電極及びドレイン電極層 120 の少なくとも表面に達するように形成する。第 1 の開口部 130 及び第 2 の開口部 131 の形成方法は、特定の方法に限定されず、第 1 の開口部 130 の径等に応じて実施者が適宜選択すればよい。例えば、フォトリソグラフィ法によりドライエッチングを行うことで第 1 の開口部 130 及び第 2 の開口部 131 を形成することができる。

【0114】

なお、フォトリソグラフィ法によって開口部を形成することで、フォトマスクを 1 枚使用することになる。

【0115】

次に、第 2 の絶縁膜上に画素電極層 132 を形成する（図 4（L）、図 7（L）、図 10（L）、図 13（L）、図 16（L）、図 25 を参照）。画素電極層 132 は、開口部を介してソース電極及びドレイン電極層 120 に接続されるように形成する。具体的には、画素電極層 132 は、第 1 の開口部 130 を介してソース電極及びドレイン電極層 120 B に接続され、第 2 の開口部 131 を介してソース電極及びドレイン電極層 120 D に接続されるように形成される。画素電極層 132 は、透光性を有する導電性材料により形成することが好ましい。ここで、透光性を有する導電性材料としては、インジウム錫酸化物（以下、ITO という）、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、インジウム亜鉛酸化物、又は酸化シリコンを添加したインジウム錫酸化物等が挙げられる。透光性を有する導電性材料の膜の形成はスパッタリング法又は CVD 法等により行えばよいが、特定の方法に限定されるものではない。また、画素電極層 132 についても単層で形成しても良いし、複数の膜を積層した積層膜としてもよい。

10

【0116】

なお、本実施の形態においては、画素電極層 132 のみに透光性を有する導電性材料を用いたが、これに限定されない。第 1 の導電膜 102 及び第 2 の導電膜 110 の材料として、透光性を有する導電性材料を用いることもできる。

20

【0117】

なお、フォトリソグラフィ法によって画素電極層 132 を形成することで、フォトマスクを 1 枚使用することになる。

【0118】

以上説明したように、本実施の形態に係るアクティブマトリクス基板の作製（所謂アレイ工程）が完了する。本実施の形態にて説明したように、サイドエッチングを利用してゲート電極層を形成することで、従来よりもフォトマスクの枚数を 1 枚低減した薄膜トランジスタの作製が可能となる。

【0119】

上記のように作製した薄膜トランジスタは、遮光層上に下地膜を有し、前記下地膜上にゲート電極層を有し、前記ゲート電極層上にゲート絶縁膜を有し、前記ゲート絶縁膜上に半導体層を有し、前記半導体層上にソース領域及びドレイン領域を有する不純物半導体層を有し、前記ソース領域及びドレイン領域上にソース電極及びドレイン電極を有し、前記ゲート電極層の側面に接して空洞を有する構造となる（図 4（L）を参照）。このような薄膜トランジスタはゲート電極層の側面に接して空洞を有するため、ゲート電極層端部におけるリーク電流の小さいものとなる。更には、遮光層を有することで光リーク電流が小さい薄膜トランジスタとすることができる。

30

【0120】

ここで、上記の工程により作製したアクティブマトリクス基板の端子接続部について図 27 乃至図 29 を参照して説明する。

40

【0121】

図 27 乃至図 29 は、上記工程により作製した、アクティブマトリクス基板におけるゲート配線側の端子接続部及びソース配線側の端子接続部の上面図と断面図を示す。

【0122】

図 27 は、ゲート配線側の端子接続部及びソース配線側の端子接続部における、画素部から延伸したゲート配線及びソース配線の上面図を示す。

【0123】

図 28 は、図 27 の X1 - X2 における断面図を示す。すなわち、図 28 は、ゲート配線側の端子接続部における断面図を示す。図 28 では、ゲート電極層 116 が露出されている。このゲート電極層 116 が露出された領域に、端子部が接続される。

50

【 0 1 2 4 】

図 2 9 は、ソース配線側の端子接続部における断面図を示す。図 2 9 の Y 1 - Y 2 において、ゲート電極層 1 1 6 と、ソース電極及びドレイン電極層 1 2 0 は画素電極層 1 3 2 を介して接続されている。図 2 9 にはゲート電極層 1 1 6 と、ソース電極及びドレイン電極層 1 2 0 の様々な接続形態を示している。本発明の一態様である表示装置の発明における端子接続部には、これらのいずれを用いても良いし、図 2 9 に示すもの以外の接続形態を用いても良い。ソース電極及びドレイン電極層 1 2 0 をゲート電極層 1 1 6 に接続させることで、端子の接続部の高さを概ね等しくすることができる。

【 0 1 2 5 】

図 2 9 (A) では、第 1 の保護膜 1 2 6 及び第 2 の保護膜 1 2 8 の端部がエッチング等により除去され、ゲート電極層 1 1 6 と、ソース電極及びドレイン電極層 1 2 0 とが露出され、この露出された領域に画素電極層 1 3 2 を形成することで電氣的な接続を実現することができる。図 2 9 (A) は、図 2 7 の Y 1 - Y 2 における断面図に相当する。

10

【 0 1 2 6 】

なお、ゲート電極層 1 1 6 と、ソース電極及びドレイン電極層 1 2 0 とが露出された領域の形成は、第 1 の開口部 1 3 0 及び第 2 の開口部 1 3 1 の形成と同時に行うことができる。

【 0 1 2 7 】

図 2 9 (B) では、第 1 の保護膜 1 2 6 及び第 2 の保護膜 1 2 8 に第 3 の開口部 1 6 0 A が設けられ、第 1 の保護膜 1 2 6 及び第 2 の保護膜 1 2 8 の端部がエッチング等により除去されることで、ゲート電極層 1 1 6 と、ソース電極及びドレイン電極層 1 2 0 とが露出され、この露出された領域に画素電極層 1 3 2 を形成することで電氣的な接続を実現している。

20

【 0 1 2 8 】

なお、第 3 の開口部 1 6 0 A の形成、及びゲート電極層 1 1 6 が露出された領域の形成は、第 1 の開口部 1 3 0 及び第 2 の開口部 1 3 1 の形成と同時に行うことができる。

【 0 1 2 9 】

図 2 9 (C) では、第 1 の保護膜 1 2 6 及び第 2 の保護膜 1 2 8 に第 3 の開口部 1 6 0 B 及び第 4 の開口部 1 6 1 が設けられることで、ゲート電極層 1 1 6 と、ソース電極及びドレイン電極層 1 2 0 とが露出され、この露出された領域に画素電極層 1 3 2 を形成することで電氣的な接続を実現している。ここで、図 2 9 (A) 及び (B) と同様に、第 1 の保護膜 1 2 6 及び第 2 の保護膜 1 2 8 の端部はエッチング等により除去されているが、この領域は端子の接続部として用いられる。

30

【 0 1 3 0 】

なお、第 3 の開口部 1 6 0 B 及び第 4 の開口部 1 6 1 の形成、並びにゲート電極層 1 1 6 が露出された領域の形成は、第 1 の開口部 1 3 0 及び第 2 の開口部 1 3 1 の形成と同時に行うことができる。

【 0 1 3 1 】

なお、開口部の数は図 2 9 に示す開口部の数に特に限定されない。一の端子に対して一の開口部を設けるのみならず、一の端子に対して複数の開口部を設けても良い。一の端子に対して複数の開口部を設けることで、開口部を形成するエッチング工程が不十分である等の理由で開口部が良好に形成されなかったとしても、他の開口部により電氣的接続を実現することができる。更には、全ての開口部が問題なく形成された場合であっても、接触面積を広くすることができるため、コンタクト抵抗を低減することができ、好ましい。

40

【 0 1 3 2 】

次に、上記で説明した工程により作製した、表示装置のアクティブマトリクス基板を用いて液晶表示装置を作製する方法について説明する。すなわち、セル工程及びモジュール工程について説明する。ただし、本実施の形態に係る表示装置の作製方法において、セル工程及びモジュール工程は以下の説明に限定されない。

【 0 1 3 3 】

50

セル工程では、上記した工程により作製したアクティブマトリクス基板と、これに対向する基板（以下、対向基板という）とを貼り合わせて液晶を注入する。まず、対向基板の作製方法について、以下に簡単に説明する。なお、特に説明しない場合であっても、対向基板上に形成する膜は単層でも良いし、積層して形成しても良い。

【0134】

まず、基板上に遮光層を形成し、遮光層上に赤、緑、青のいずれかのカラーフィルター層を形成し、カラーフィルター層上に画素電極層を選択的に形成し、画素電極層上にリブを形成する。

【0135】

遮光層としては、遮光性を有する材料の膜を選択的に形成する。遮光性を有する材料としては、例えば、黒色樹脂（カーボンブラック）を含む有機樹脂を用いることができる。または、クロムを主成分とする材料膜の積層膜を用いても良い。クロムを主成分とする材料膜とは、クロム、酸化クロム又は窒化クロムをいう。遮光層に用いる材料は遮光性を有するものであれば特に限定されない。遮光性を有する材料の膜を選択的に形成するにはフォトリソグラフィ法等を用いる。

10

【0136】

カラーフィルター層は、バックライトから白色光が照射されると、赤、緑、青のいずれかの光のみを透過させることができる有機樹脂膜により選択的に形成すればよい。カラーフィルター層は、形成時に塗り分けを行うことで、選択的に形成することができる。カラーフィルターの配列は、ストライプ配列、デルタ配列又は正方配列を用いればよい。

20

【0137】

対向基板の画素電極層は、アクティブマトリクス基板が有する画素電極層132と同様に形成することができる。ただし、選択的に形成する必要がないため、対向基板の全面に形成すればよい。

【0138】

画素電極上に形成するリブは、視野角を拡げることを目的として形成される、パターン形成された有機樹脂膜である。特に必要のない場合には形成しなくてもよい。

【0139】

なお、対向基板の作製方法としては、他にも様々な態様が考えられる。例えば、カラーフィルター層を形成後、画素電極層の形成前にオーバーコート層を形成しても良い。オーバーコート層を形成することで画素電極の被形成面の平坦性を向上させることができるため、歩留まりが向上する。また、カラーフィルター層に含まれる材料の一部が液晶材料中に侵入することを防ぐことができる。オーバーコート層には、アクリル樹脂又はエポキシ樹脂をベースとした熱硬化性材料が用いられる。

30

【0140】

また、リブの形成前又は形成後にスペーサとしてポストスペーサ（柱状スペーサ）を形成しても良い。ポストスペーサとは、アクティブマトリクス基板と対向基板との間のギャップを一定に保つことを目的として、対向基板上に一定の間隔で形成する構造物をいう。ビーズスペーサ（球状スペーサ）を用いる場合には、ポストスペーサを形成しなくても良い。

40

【0141】

次に、配向膜をアクティブマトリクス基板及び対向基板に形成する。配向膜の形成は、例えば、ポリイミド樹脂等を有機溶剤に溶かし、これを印刷法又はスピンコーティング法等により塗布し、有機溶媒を溜去した後基板を焼成することにより行う。形成される配向膜の膜厚は、一般に、50nm以上100nm以下程度とする。配向膜には、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ラビング処理を施す。ラビング処理は、例えば、ベルベット等の毛足の長い布により配向膜を擦ることで行う。

【0142】

次に、アクティブマトリクス基板と、対向基板をシール材料により貼り合わせる。対向基板にポストスペーサが設けられていない場合には、ビーズスペーサを所望の領域に分散

50

させて貼り合わせるとよい。

【0143】

次に、貼り合わせられたアクティブマトリクス基板と、対向基板との間に、液晶材料を注入する。液晶材料を注入した後、注入口を紫外線硬化樹脂等で封止する。または、液晶材料をアクティブマトリクス基板と対向基板のいずれかの上に滴下した後に、これらの基板を貼り合わせても良い。

【0144】

次に、アクティブマトリクス基板と対向基板とを貼り合わせた液晶セルの両面に偏光板を貼り付けてセル工程が完了する。

【0145】

次に、モジュール工程として、端子部の入力端子（図29において、ゲート電極層116の露出された領域）にFPC（Flexible Printed Circuit）を接続する。FPCはポリイミド等の有機樹脂フィルム上に導電膜により配線が形成されており、異方性導電性ペースト（Anisotropic Conductive Paste。以下、ACPという）を介して入力端子と接続される。ACPは接着剤として機能するペーストと、金等がメッキされた数十～数百 μm 径の導電性表面を有する粒子と、により構成される。ペースト中に混入された粒子が入力端子上の導電層と、FPCに形成された配線に接続された端子上の導電層と、に接触することで、電気的な接続を実現する。なお、FPCの接続後にアクティブマトリクス基板と対向基板に偏光板を貼り付けてもよい。以上のように、表示装置に用いる液晶パネルを作製することができる。

【0146】

以上のように、表示装置に用いる画素トランジスタを有するアクティブマトリクス基板を3枚のフォトマスクにより作製することができる。

【0147】

従って、薄膜トランジスタ及び表示装置の作製工程数を大幅に削減することができる。

【0148】

また、裏面露光、レジストリフロー及びリフトオフ法等の複雑な工程を経ることなく、薄膜トランジスタの作製工程数を大幅に削減することができる。そのため、複雑な工程を経ることなく、表示装置の作製工程数を大幅に削減することができる。従って、歩留まりを低下させることなく、表示装置の作製工程数を大幅に削減することができる。

【0149】

また、薄膜トランジスタの電気的特性を維持しつつ、薄膜トランジスタの作製工程を大幅に削減することができる。

【0150】

更には、上記効果により、作製コストを大幅に削減することができる。

【0151】

また、半導体層を遮光することができるため、光リーク電流が低減された、良好な電気的特性を有する薄膜トランジスタ及び該薄膜トランジスタを有する表示装置を作製することができる。更には、半導体層を遮光する遮光層を薄膜トランジスタの形成に用いるフォトマスクにより形成することができるため、マスク枚数を増加させることなく光リーク電流が低減された、良好な電気的特性を有する薄膜トランジスタ及び該薄膜トランジスタを有する表示装置を作製することができる。

【0152】

更には、ゲート電極層端部に生じるリーク電流が小さい薄膜トランジスタを作製することができるため、コントラスト比が高く、表示品質が良好な表示装置を得ることができる。

【0153】

なお、上記説明した画素構造に限定されず、様々な液晶表示装置に適用することができる。

【0154】

(実施の形態 2)

本実施の形態では、本発明の一態様である薄膜トランジスタの作製方法及び表示装置の作製方法であって、実施の形態 1 とは異なるものについて説明する。具体的には、多階調マスクを用いて、実施の形態 1 と同様に薄膜トランジスタを作製する方法について図 3 0 乃至図 3 5 を参照して説明する。

【0155】

なお、図 3 1 は実施の形態 1 における図 2 及び図 3 に対応するものである。図 3 2 は実施の形態 1 における図 1 1 及び図 1 2 に対応するものである。図 3 3、図 3 4 及び図 3 5 は実施の形態 1 における図 2 0、図 2 1 及び図 2 4 に対応するものである。また、図 3 3 乃至図 3 5 に示す A 1 - A 2 における断面図が図 3 1 に相当し、図 3 3 乃至図 3 5 に示す D 1 - D 2 断面図が図 3 2 に相当する。

10

【0156】

まず、実施の形態 1 と同様に、基板 1 0 0 上の遮光膜 5 0 を第 1 のレジストマスクを用いてエッチングすることで遮光層 5 2 を形成し、遮光層 5 2 上に下地膜 5 3 を形成し、下地膜 5 3 上に第 1 の導電膜 1 0 2、第 1 の絶縁膜 1 0 4、半導体膜 1 0 6、不純物半導体膜 1 0 8 及び第 2 の導電膜 1 1 0 を形成する(図 3 1 (A) 及び図 3 2 (A) を参照)。これらに用いることのできる材料及びこれらの形成に適用することのできる方法は実施の形態 1 と同様である。また、基板 1 0 0 と遮光層 5 2 の間には「下地となる絶縁膜」が設けられていてもよい。なお、半導体膜 1 0 6 により形成される半導体層の一部に、ドーピング等によりソース電極及びドレイン電極層とオーミック接触可能な領域を設ける場合などには、不純物半導体膜 1 0 8 を設ける必要がない。

20

【0157】

次に、第 2 の導電膜 1 1 0 上に第 2 のレジストマスク 1 7 0 を形成する(図 3 1 (A) 及び図 3 2 (A)、図 3 3 を参照)。本実施の形態における第 2 のレジストマスク 1 7 0 は凹部又は凸部を有するレジストマスクである。換言すると、厚さの異なる複数の領域(ここでは、二の領域)からなるレジストマスクともいうことができる。第 2 のレジストマスク 1 7 0 において、厚い領域を第 2 のレジストマスク 1 7 0 の凸部と呼び、薄い領域を第 2 のレジストマスク 1 7 0 の凹部と呼ぶこととする。

【0158】

第 2 のレジストマスク 1 7 0 において、ソース電極及びドレイン電極層 1 2 0 が形成される領域には凸部が形成され、ソース電極及びドレイン電極層 1 2 0 を有さず半導体層が露出して形成される領域には凹部が形成される。

30

【0159】

また、第 2 のレジストマスク 1 7 0 は、第 1 のレジストマスクと同一のフォトマスクにより形成されることが好ましい。そのため、第 1 のレジストマスクもまた、凹部又は凸部を有するレジストマスクであることが好ましい。

【0160】

第 2 のレジストマスク 1 7 0 は、多階調マスクを用いることで形成することができる。ここで、多階調マスクについて図 3 0 を参照して以下に説明する。

【0161】

多階調マスクとは、多段階の光量で露光を行うことが可能なマスクであり、代表的には、露光領域、半露光領域及び未露光領域の 3 段階の光量で露光を行うものをいう。多階調マスクを用いることで、一度の露光及び現像工程によって、複数(代表的には二種類)の厚さを有するレジストマスクを形成することができる。そのため、多階調マスクを用いることで、フォトマスクの枚数を削減することができる。

40

【0162】

図 3 0 (A - 1) 及び図 3 0 (B - 1) は、代表的な多階調マスクの断面図を示す。図 3 0 (A - 1) にはグレートーンマスク 1 4 0 を示し、図 3 0 (B - 1) にはハーフトーンマスク 1 4 5 を示す。

【0163】

50

図30(A-1)に示すグレートンマスク140は、透光性を有する基板141上に遮光膜により形成された遮光部142、及び遮光膜のパターンにより設けられた回折格子部143で構成されている。

【0164】

回折格子部143は、露光に用いる光の解像度限界以下の間隔で設けられたスリット、ドット又はメッシュ等を有することで、光の透過量を制御する。なお、回折格子部143に設けられるスリット、ドット又はメッシュは周期的なものであってもよいし、非周期的なものであってもよい。

【0165】

透光性を有する基板141としては、石英等を用いることができる。遮光部142及び回折格子部143を構成する遮光膜は、金属膜を用いて形成すればよく、好ましくはクロム又は酸化クロム等により設けられる。

10

【0166】

グレートンマスク140に露光するための光を照射した場合、図30(A-2)に示すように、遮光部142に重畳する領域における透光率は0%となり、遮光部142又は回折格子部143が設けられていない領域における透光率は100%となる。また、回折格子部143における透光率は、概ね10~70%の範囲であり、回折格子のスリット、ドット又はメッシュ等の間隔により調整可能である。

【0167】

図30(B-1)に示すハーフトンマスク145は、透光性を有する基板146上に半透光膜により形成された半透光部147、及び遮光膜により形成された遮光部148で構成されている。

20

【0168】

半透光部147は、MoSiN、MoSi、MoSiO、MoSiON、CrSi等の膜を用いて形成することができる。遮光部148は、グレートンマスクの遮光膜と同様の金属膜を用いて形成すればよく、好ましくはクロム又は酸化クロム等により設けられる。

【0169】

ハーフトンマスク145に露光するための光を照射した場合、図30(B-2)に示すように、遮光部148に重畳する領域における透光率は0%となり、遮光部148又は半透光部147が設けられていない領域における透光率は100%となる。また、半透光部147における透光率は、概ね10~70%の範囲であり、形成する材料の種類又は形成する膜厚等により、調整可能である。

30

【0170】

多階調マスクを用いて露光して現像を行うことで、膜厚の異なる領域を有する第2のレジストマスク170を形成することができる。ただし、これに限定されず、多階調マスクを用いることなく第2のレジストマスク170を形成してもよい。

【0171】

次に、第2のレジストマスク170を用いて第1のエッチングを行う。すなわち、第1の絶縁膜104、半導体膜106、不純物半導体膜108及び第2の導電膜110をエッチングによりパターンニングし、第1の導電膜102上に薄膜積層体114を形成する(図31(B)、図32(B)、図34を参照)。

40

【0172】

次に、実施の形態1と同様に第2のエッチングを行うことで、ゲート電極層116を形成する。

【0173】

ここで、第2のエッチングの条件は、実施の形態1における第2のエッチングと同様である。

【0174】

次に、第2のレジストマスク170を後退させることで、薄膜積層体114上に第3の

50

レジストマスク 171 を形成する。第 3 のレジストマスク 171 を用いてソース電極及びドレイン電極層 120、ソース領域及びドレイン領域 122、半導体層 124 を形成する（図 31（C）、図 32（C）、図 35 を参照）。第 2 のレジストマスク 170 を後退させるには、酸素プラズマによるアッシング等を行えばよい。エッチング条件等は、実施の形態 1 と同様である。また、その後の工程は実施の形態 1 と同様である。

【0175】

なお、ここでは第 2 のエッチングの後に第 2 のレジストマスク 170 を形成する場合について説明したが、これに限定されず、第 2 のレジストマスク 170 を形成した後に第 2 のエッチングを行ってもよい。

【0176】

以上、本実施の形態にて説明したように、多階調マスクを用いることで、薄膜トランジスタを作製することができる。多階調マスクを用いることで、使用するフォトマスクの枚数を更に減らすことができる。

【0177】

なお、本実施の形態に係る薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法は、上記説明した点を除き、実施の形態 1 と同様である。そのため、実施の形態 1 に係る薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法と同様の効果を有することは勿論であるが、使用するマスクの数は 1 枚減少する。すなわち、本実施の形態によれば、1 枚のフォトマスクを用いて薄膜トランジスタを作製することができる。また、3 枚のフォトマスクを用いて画素トランジスタを有するアクティブマトリクス基板を作製することができる。従って、用いるフォトマスクの枚数が低減されることから、薄膜トランジスタ及び表示装置の作製工程数を大幅に削減することができる。更には、高い歩留まりで製造することができ、コストを低く抑えることも可能である。

【0178】

また、実施の形態 1 と同様に、薄膜トランジスタの電気的特性を維持しつつ、薄膜トランジスタの作製工程を大幅に削減することができる。

【0179】

なお、本実施の形態の作製方法を適用して作製した薄膜トランジスタも、実施の形態 1 にて説明した薄膜トランジスタと同様に、ゲート電極層の側面に接して空洞を有する。ゲート電極層の側面に接して空洞を有するように形成することで、ゲート電極層端部におけるリーク電流の小さい薄膜トランジスタを作製することができる。従って、本発明の一態様である薄膜トランジスタを表示装置に適用することで、コントラスト比が高く、表示品質が良好な表示装置を得ることができる。

【0180】

また、実施の形態 1 にて説明した薄膜トランジスタと同様に半導体層を遮光することができるため、光リーク電流が低減された、良好な電気的特性を有する薄膜トランジスタ及び該薄膜トランジスタを有する表示装置を作製することができる。更には、半導体層を遮光する遮光層を薄膜トランジスタの形成に用いるフォトマスクにより形成することができるため、マスク枚数を増加させることなく光リーク電流が低減された、良好な電気的特性を有する薄膜トランジスタ及び該薄膜トランジスタを有する表示装置を作製することができる。

【0181】

（実施の形態 3）

本実施の形態では、薄膜トランジスタ及び該薄膜トランジスタがマトリクス状に配置された EL 表示装置を作製する方法の一例について、図 36 乃至図 45、及び図 49 を参照して説明する。

【0182】

薄膜トランジスタをスイッチング素子として用いる EL 表示装置（アクティブ型 EL 表示装置）の画素回路としては、様々なものが検討されている。本実施の形態では、単純な画素回路の一例を、図 36 に示し、この画素回路を適用した画素構造の作製方法について

10

20

30

40

50

説明する。ただし、E L表示装置の画素回路は図36に示す構成に限定されるものではない。

【0183】

図36に示すE L表示装置の画素構造において、画素191は、第1のトランジスタ181、第2のトランジスタ182、第3のトランジスタ183、容量素子184及び発光素子185を有する。第1乃至第3のトランジスタはn型トランジスタである。第1のトランジスタ181のゲート電極は、ゲート配線186に接続され、ソース電極及びドレイン電極の一方(第1の電極とする。)は、ソース配線188に接続され、ソース電極及びドレイン電極の他方(第2の電極とする。)は、第2のトランジスタ182のゲート電極、及び容量素子184の一方の電極(第1の電極とする。)に接続されている。容量素子184の他方の電極(第2の電極とする。)は、第2のトランジスタ182のソース電極及びドレイン電極の一方(第1の電極とする。)、第3のトランジスタ183のソース電極及びドレイン電極の一方(第1の電極とする。)、並びに発光素子185の一方の電極(第1の電極とする。)に接続されている。第2のトランジスタ182のソース電極及びドレイン電極の他方(第2の電極とする。)は、第2の電源線189に接続されている。第3のトランジスタ183のソース電極及びドレイン電極の他方(第2の電極とする。)は、第1の電源線187に接続され、ゲート電極はゲート配線186に接続されている。発光素子185の他方の電極(第2の電極とする。)は、共通電極190に接続されている。なお、第1の電源線187と第2の電源線189の電位は異なるものとする。

【0184】

画素191の動作について説明する。ゲート配線186の信号によって第3のトランジスタ183がオンすると、第2のトランジスタ182の第1の電極、発光素子185の第1の電極、及び容量素子184の第2の電極の電位が、第1の電源線187の電位(V_{187})と等しくなる。ここで、第1の電源線187の電位(V_{187})は一定とするため、第2のトランジスタ182の第1の電極等の電位は一定(V_{187})である。

【0185】

ゲート配線186の信号によって第1のトランジスタ181が選択されてオンすると、ソース配線188からの信号の電位(V_{188})が第1のトランジスタ181を介して第2のトランジスタ182のゲート電極に入力される。このとき、第2の電源線189の電位(V_{189})が第1の電源線187の電位(V_{187})よりも高ければ $V_{gs} = V_{188} - V_{187}$ となる。そして、 V_{gs} が第2のトランジスタ182のしきい値電圧よりも大きければ、第2のトランジスタ182はオンする。

【0186】

従って、第2のトランジスタ182を線形領域で動作させるときには、ソース配線188の電位(V_{188})を変化させること(例えば、2値)で、第2のトランジスタ182のオンとオフとを制御することができる。つまり、発光素子185が有するE L層に、電圧を印加するかしないかを制御することができる。

【0187】

また、第2のトランジスタ182を飽和領域で動作させるときには、ソース配線188の電位(V_{188})を変化させることで、発光素子185に流れる電流量を制御することができる。

【0188】

以上のようにして、第2のトランジスタ182を線形領域で動作させる場合、発光素子185に電圧を印加するかしないかを制御することができ、発光素子185の発光状態と非発光状態とを制御することができる。このような駆動方法は、例えば、デジタル時間階調駆動に用いることができる。デジタル時間階調駆動は、1フレームを複数のサブフレームに分割し、各サブフレームにおいて発光素子185の発光状態と非発光状態とを制御する駆動方法である。また、第2のトランジスタ182を飽和領域で動作させる場合、発光素子185に流れる電流量を制御することができ、発光素子185の輝度を調整することができる。図49は、図42に示すB1 - B2における断面図である。

【 0 1 8 9 】

次に、図 3 6 に示す画素回路を適用した画素構造と、その作製方法について以下に説明する。

【 0 1 9 0 】

なお、図 3 7 乃至図 4 2 には本実施の形態に係る薄膜トランジスタの上面図を示し、図 4 2 は画素電極まで形成した完成図である。図 4 3 乃至図 4 5 は、図 3 7 乃至図 4 2 に示す A 1 - A 2 における断面図である。

【 0 1 9 1 】

まず、基板 2 0 0 上に遮光層 1 9 7 を形成し、遮光層 1 9 7 を覆って下地膜 1 9 8 を形成する（図 3 7 及び図 4 3（A）を参照）。遮光層 1 9 7 は、遮光膜 1 9 5 を形成し、遮光膜 1 9 5 上に第 1 のレジストマスク 1 9 6 を形成し、第 1 のレジストマスク 1 9 6 を用いて遮光膜 1 9 5 をエッチング等することによりパターンニングを行って形成する。

10

【 0 1 9 2 】

なお、基板 2 0 0 には実施の形態 1 における基板 1 0 0 と同様のものを用いることができる。遮光膜 1 9 5 は実施の形態 1 における遮光膜 5 0 に相当し、第 1 のレジストマスク 1 9 6 は実施の形態 1 における第 1 のレジストマスク 5 1 に相当し、遮光層 1 9 7 は実施の形態 1 における遮光層 5 2 に相当し、下地膜 1 9 8 は実施の形態 1 における下地膜 5 3 に相当する。従って、実施の形態 1 におけるものと同様の材料及び同様の形成方法により設ければよい。

【 0 1 9 3 】

次に、下地膜 1 9 8 上に第 1 の導電膜 2 0 2、第 1 の絶縁膜 2 0 4、半導体膜 2 0 6、不純物半導体膜 2 0 8 及び第 2 の導電膜 2 1 0 を形成する（図 4 3（A）を参照）。

20

【 0 1 9 4 】

なお、第 1 の導電膜 2 0 2 は実施の形態 1 における第 1 の導電膜 1 0 2 と同様の材料及び方法により形成することができる。第 1 の絶縁膜 2 0 4 は実施の形態 1 における第 1 の絶縁膜 1 0 4 と同様の材料及び方法により形成することができる。

【 0 1 9 5 】

半導体膜 2 0 6 は、結晶性半導体膜と、非晶質半導体膜との積層膜を用いることが好ましい。結晶性半導体膜としては、多結晶半導体膜又は微結晶半導体膜等が挙げられる。

【 0 1 9 6 】

多結晶半導体膜とは、結晶粒により構成され、該結晶粒間に多くの粒界を含む半導体膜をいう。多結晶半導体膜は、例えば熱結晶化法又はレーザ結晶化法により形成される。ここで、熱結晶化法とは、基板上に非晶質半導体膜を形成し、該基板を加熱することで非晶質半導体を結晶化する結晶化法をいう。また、レーザ結晶化法とは、基板上に非晶質半導体膜を形成し、該非晶質半導体膜に対してレーザを照射して非晶質半導体を結晶化する結晶化法をいう。または、ニッケル等の結晶化促進元素を添加して結晶化する結晶化法を用いても良い。結晶化促進元素を添加して結晶化する場合には、該半導体膜に対してレーザ照射を行うことが好ましい。

30

【 0 1 9 7 】

多結晶半導体は、ガラス基板に歪みを生じない程度の温度と時間で結晶化を行う L T P S（Low Temperature Poly Silicon）と、より高温で結晶化を行う H T P S（High Temperature Poly Silicon）に分類される。

40

【 0 1 9 8 】

微結晶半導体膜とは、粒径が概ね 2 nm 以上 1 0 0 nm 以下の結晶粒を含む半導体膜をいい、膜の全面が結晶粒のみによって構成されるもの、または結晶粒間に非晶質半導体が介在するものを含む。微結晶半導体膜の形成方法としては、結晶核を形成して該結晶核を成長させる方法、非晶質半導体膜を形成して該非晶質半導体膜に接して絶縁膜と金属膜とを形成し、該金属膜に対してレーザを照射することで該金属膜に発生した熱により非晶質半導体を結晶化させる方法等を用いればよい。ただし、非晶質半導体膜に対して熱結晶化

50

法又はレーザ結晶化法を用いて形成した結晶性半導体膜は含まないものとする。

【0199】

半導体膜206として、例えば、結晶性半導体膜上に非晶質半導体膜を積層して形成した積層膜を用いると、EL表示装置の画素回路が有するトランジスタを高速に動作させることができる。ここで、結晶性半導体膜としては、多結晶半導体(LTPS及びHTPSを含む)膜を適用しても良いし、微結晶半導体膜を適用しても良い。

【0200】

なお、結晶性半導体膜上に非晶質半導体膜を有することで、結晶性半導体膜の表面が酸化されることを防止することができる。また、耐圧を向上させ、オフ電流を低下させることができる。

【0201】

ただし、EL表示装置の画素回路が正常に動作する限りにおいて、半導体膜206の結晶性については特に限定されない。

【0202】

不純物半導体膜208は、一導電性を付与する不純物元素を含む半導体膜であり、一導電性を付与する不純物元素が添加された半導体材料形成用のガス等により形成される。本実施の形態ではn型の薄膜トランジスタを設けるため、例えば、フォスフィン(化学式： PH_3)を含むシランガスにより形成される、リンを含むシリコン膜により設ければよい。ただし、第1の導電膜202等と同様に、耐熱性が必要であり、後の工程で食刻又は腐食されない材料を選択することを要する。この限りにおいて、不純物半導体膜208は、特定の材料に限定されるものではない。なお、不純物半導体膜208の結晶性についても特に限定されるものではない。また、半導体膜206により形成される半導体層の一部に、ドーピング等によりソース電極及びドレイン電極層とオーミック接触可能な領域を設ける場合などには、不純物半導体膜208を設ける必要がない。

【0203】

本実施の形態では、n型の薄膜トランジスタを作製するため、添加する一導電性を付与する不純物元素として、ヒ素等を用いてもよく、不純物半導体膜208の形成に用いるシランガスにはアルシン(化学式： AsH_3)を所望の濃度で含ませればよい。

【0204】

なお、不純物半導体膜208の形成は、例えばCVD法(熱CVD法又はプラズマCVD法等を含む)等により行うことができる。ただし、特定の方法に限定されるものではない。

【0205】

第2の導電膜210は、実施の形態1における第2の導電膜110と同様の材料及び方法により形成することができ、第1の導電膜202とは異なる材料により形成する。

【0206】

次に、第2の導電膜210上に第2のレジストマスク212を形成する(図43(A)を参照)。ここで、第2のレジストマスク212は、実施の形態2と同様に、凹部又は凸部を有するレジストマスクであることが好ましい。換言すると、厚さの異なる複数の領域(ここでは、二の領域)からなるレジストマスクともいうことができる。第2のレジストマスク212において、厚い領域を第2のレジストマスク212の凸部と呼び、薄い領域を第2のレジストマスク212の凹部と呼ぶこととする。第2のレジストマスク212は、多階調マスクにより形成することができる。なお、実施の形態1にて説明したように、第2のレジストマスク212は第1のレジストマスク196と同一のフォトマスクにより形成することができる。第2のレジストマスク212が凹部又は凸部を有するレジストマスクである場合には、ソース電極及びドレイン電極層が形成される領域には凸部が形成され、ソース電極及びドレイン電極層を有さず半導体層が露出して形成される領域には凹部が形成される。

【0207】

なお、第2のレジストマスク212は、これに限定されず、多階調マスクを用いること

10

20

30

40

50

なく、実施の形態 1 と同様に形成しても良い。

【0208】

次に、第 2 のレジストマスク 212 を用いて第 1 のエッチングを行う。すなわち、少なくとも第 1 の絶縁膜 204、半導体膜 206、不純物半導体膜 208 及び第 2 の導電膜 210 をエッチングによりパターンニングし、薄膜積層体 214 を形成する（図 38 及び図 43（B）を参照）。

【0209】

次に、第 2 のレジストマスク 212 を用いて第 2 のエッチングを行う。すなわち、第 1 の導電膜 202 をエッチングによりパターンニングし、ゲート電極層 216 を形成する（図 39 及び図 43（C）を参照）。

10

【0210】

なお、ゲート電極層 216 は、薄膜トランジスタのゲート電極、ゲート配線、容量素子の一方の電極、及び支持部を構成している。ゲート電極層 216 A と表記する場合には、ゲート配線、第 1 のトランジスタ 181 のゲート電極、及び第 3 のトランジスタ 183 のゲート電極を構成する電極層を指す。ゲート電極層 216 B と表記する場合には、第 2 のトランジスタ 182 のゲート電極、及び容量素子 184 の一方の電極を構成する電極層を指す。ゲート電極層 216 C と表記する場合には、支持部を構成する電極層を指す。そして、これらを総括してゲート電極層 216 と呼ぶ。

【0211】

第 2 のエッチングは、第 1 の導電膜 202 により形成されるゲート電極層 216 の側面が、薄膜積層体 214 の側面より内側に形成されるエッチング条件により行う。換言すると、ゲート電極層 216 の側面が、薄膜積層体 214 の底面に接して形成されるようにエッチングを行う（A1 - A2 断面においてゲート電極層 216 の幅が薄膜積層体 214 の幅より小さくなるようにエッチングを行う）。更には、第 2 の導電膜 210 に対するエッチングレートが小さく、且つ第 1 の導電膜 202 に対するエッチングレートが大きい条件により行う。換言すると、第 2 の導電膜 210 に対する第 1 の導電膜 202 のエッチング選択比が大きい条件により行う。このような条件により第 2 のエッチングを行うことで、ゲート電極層 216 を形成することができる。

20

【0212】

なお、ゲート電極層 216 の側面の形状は特に限定されない。例えば、テーパ形状であっても良い。ゲート電極層 216 の側面の形状は、第 2 のエッチングにおいて用いる薬液等の条件によって決められるものである。

30

【0213】

ここで、「第 2 の導電膜 210 に対するエッチングレートが小さく、且つ第 1 の導電膜 202 に対するエッチングレートが大きい条件」、又は「第 2 の導電膜 210 に対する第 1 の導電膜 202 のエッチング選択比が大きい条件」とは、以下の第 1 の要件及び第 2 の要件を満たすものをいう。

【0214】

第 1 の要件は、ゲート電極層 216 が必要な箇所に残存することである。ゲート電極層 216 の必要な箇所とは、図 39 乃至図 42 に点線で示される領域をいう。すなわち、第 2 のエッチング後に、ゲート電極層 216 がゲート配線、トランジスタが有するゲート電極、及び容量素子が有する一の電極を構成するように残存することが必要である。ゲート電極層がゲート配線及び容量配線を構成するためには、これらの配線が断線しないように第 2 のエッチングを行う必要がある。図 39 及び図 43（C）に示されるように、薄膜積層体 214 の側面から間隔 d_1 だけ内側にゲート電極層 216 の側面が形成されることが好ましく、間隔 d_1 は実施者がレイアウトに従って適宜設定すればよい。

40

【0215】

第 2 の要件は、ゲート電極層 216 により構成されるゲート配線の最小幅 d_3 、並びにソース電極及びドレイン電極層 220 により構成されるソース配線及び電源線の最小幅 d_2 が適切なものとなることである（図 42 を参照）。第 2 のエッチングによりソース電極

50

及びドレイン電極層 220 がエッチングされるとソース配線及び電源線の最小幅 d_2 が小さくなり、ソース配線及び電源線の電流密度が過大となり、電気的特性が低下するためである。そのため、第 2 のエッチングは、第 1 の導電膜 202 のエッチングレートが過大にならず、且つ第 2 の導電膜 210 のエッチングレートが可能な限り小さい条件で行う。

【0216】

また、ソース配線及び電源線の最小幅 d_2 は大きくすることが困難である。ソース配線及び電源線の最小幅 d_2 はソース配線及び電源線と重畳する半導体層の最小幅 d_4 により決まり、ソース配線及び電源線の最小幅 d_2 を大きくするためには半導体層の最小幅 d_4 を大きくせねばならず、隣接するゲート配線と容量配線とを絶縁させることが困難になるためである。半導体層の最小幅 d_4 は、前記した間隔 d_1 の概ね 2 倍よりも小さくする。換言すると、間隔 d_1 は半導体層の最小幅 d_4 の約半分よりも大きくする。

10

【0217】

なお、ソース配線及び電源線と重畳する半導体層の幅を最小幅 d_4 とする部分は、ゲート電極層を素子毎に分離するために必要な箇所に適宜設ければよい。第 2 のエッチングにより、半導体層の最小幅を d_4 とした箇所と重畳する部分にはゲート電極層 216 が残存しないパターンを形成することができる。

【0218】

なお、ソース電極及びドレイン電極層により形成される、画素電極層と接続される部分の電極の幅はソース配線及び電源線の最小幅 d_2 とすることが好ましい。

【0219】

20

上記説明したように、サイドエッチングを伴う条件により第 2 のエッチングを行うことは非常に重要である。第 2 のエッチングが第 1 の導電膜 202 のサイドエッチングを伴うことによって、ゲート電極層 216 により構成される、隣接するゲート配線間のみならず、画素回路内の素子の接続を所望のものとするようにパターンの形成をすることができるためである。第 2 のエッチングは、サイドエッチングを伴うエッチングであるため、エッチングは概略等方的に進行する。

【0220】

ここで、サイドエッチングとは、被エッチング膜の厚さ方向（基板面に垂直な方向又は下地膜の面に垂直な方向）のみならず、厚さ方向に対して垂直な方向（基板面に平行な方向又は下地膜の面に平行な方向）にも被エッチング膜が削られるエッチングをいう。サイドエッチングされた被エッチング膜の端部は、被エッチング膜に対するエッチングガス又はエッチングに用いる薬液のエッチングレートによって様々な形状となるように形成されるが、端部が曲面となるように形成されることが多い。

30

【0221】

なお、図 39 に示すゲート電極層 216C は、薄膜積層体 214 を支える支持部として機能する。支持部を有することで、ゲート電極層より上に形成されるゲート絶縁膜等の膜剥がれを防止することができる。更には支持部を設けることで、第 2 のエッチングによりゲート電極層 216 に接して形成される、空洞の領域が必要以上に広がることを防止できる。なお、支持部を設けることで、薄膜積層体 214 が自重によって破壊され、又は破損することを防止することができ、歩留まりが向上するため好ましい。ただし、これに

40

【0222】

以上説明したように、第 2 のエッチングは、ウェットエッチングにより行うことが好ましい。

【0223】

第 2 のエッチングをウェットエッチングによって行う場合、第 1 の導電膜 202 としてアルミニウム又はモリブデンを形成し、第 2 の導電膜 210 としてチタン又はタングステン形成し、エッチングには硝酸、酢酸及びリン酸を含む薬液を用いればよい。または、第 1 の導電膜 202 としてモリブデンを形成し、第 2 の導電膜 210 としてチタン、アルミニウム又はタングステンを形成し、エッチングには過酸化水素水を含む薬液を用いれば

50

よい。

【0224】

第2のエッチングをウエットエッチングによって行う場合、最も好ましくは、第1の導電膜202としてネオジムを添加したアルミニウム上にモリブデンを形成した積層膜を形成し、第2の導電膜210としてタングステンを形成し、エッチングには硝酸を2%、酢酸を10%、リン酸を72%含む薬液を用いる。このような組成の薬液を用いることで、第2の導電膜210がエッチングされることなく、第1の導電膜202がエッチングされる。なお、第1の導電膜202に添加したネオジムは、アルミニウムの低抵抗化とヒロックの発生防止を目的として添加されたものである。

【0225】

なお、上面から見たゲート電極層216は角を有するように形成される(図39を参照)。これは、ゲート電極層216を形成する第2のエッチングが概略等方的に進行するために、ゲート電極層216の側面と薄膜積層体214の側面との間隔 d_1 が概略等しくなるようにエッチングされるためである。

【0226】

次に、第2のレジストマスク212を後退させて、第2の導電膜210を露出させつつ、第3のレジストマスク218を形成する。第2のレジストマスク212を後退させて、第3のレジストマスク218を形成する手段としては、例えば酸素プラズマを用いたアッシングが挙げられる。しかし、第2のレジストマスク212を後退させて第3のレジストマスク218を形成する手段はこれに限定されるものではない。第3のレジストマスク218が形成される領域は、第2のレジストマスク212の凸部の領域と概略一致する。なお、ここでは第2のエッチングの後に第3のレジストマスク218を形成する場合について説明したが、これに限定されず、第3のレジストマスク218を形成した後に第2のエッチングを行ってもよい。

【0227】

なお、第2のレジストマスク212の形成に多階調マスクを用いない場合には、異なるフォトマスクを用いて第3のレジストマスク218を別途形成すればよい。

【0228】

次に、第3のレジストマスク218を用いて、薄膜積層体214における第2の導電膜210をエッチングし、ソース電極及びドレイン電極層220を形成する(図40及び図44(D)を参照)。ここでエッチング条件は、第2の導電膜210以外の膜に対する食刻及び腐食が生じず、又は生じ難い条件を選択する。特に、ゲート電極層216の食刻及び腐食が生じず、又は生じ難い条件により行うことが重要である。

【0229】

なお、ソース電極及びドレイン電極層220は、薄膜トランジスタのソース電極若しくはドレイン電極、ソース配線、電源線、容量素子の他方の電極、及び薄膜トランジスタと発光素子の一の電極とを接続する電極を構成している。ソース電極及びドレイン電極層220Aと表記する場合には、ソース配線188、及び第1のトランジスタ181のソース電極及びドレイン電極の一方を構成する電極層を指す。ソース電極及びドレイン電極層220Bと表記する場合には、第1の電源線187を構成する電極層を指す。ソース電極及びドレイン電極層220Cと表記する場合には、第1のトランジスタ181のソース電極及びドレイン電極の他方、及び第1のトランジスタ181と画素電極とを接続する電極を構成する電極層を指す。ソース電極及びドレイン電極層220Dと表記する場合には、第2の電源線189、及び第2のトランジスタ182のソース電極及びドレイン電極の一方を構成する電極層を指す。ソース電極及びドレイン電極層220Eと表記する場合には、第3のトランジスタ183のソース電極及びドレイン電極の一方を構成する電極層を指す。ソース電極及びドレイン電極層220Fと表記する場合には、容量素子184の他方の電極、第2のトランジスタ182のソース電極及びドレイン電極の他方、第3のトランジスタ183のソース電極及びドレイン電極の他方、並びにこれらから発光素子の一の電極に接続される電極を構成する電極層を指す。

10

20

30

40

50

【 0 2 3 0 】

なお、第3のレジストマスク218Aは、ソース電極及びドレイン電極層220Aと重畳するものを指し、第3のレジストマスク218Bは、ソース電極及びドレイン電極層220Bと重畳するものを指し、第3のレジストマスク218Cは、ソース電極及びドレイン電極層220Cと重畳するものを指し、第3のレジストマスク218Dは、ソース電極及びドレイン電極層220Dと重畳するものを指し、第3のレジストマスク218Eは、ソース電極及びドレイン電極層220Eと重畳するものを指し、第3のレジストマスク218Fは、ソース電極及びドレイン電極層220Fと重畳するものを指す。そして、これらを総括して第3のレジストマスク218と呼ぶ。

【 0 2 3 1 】

10

なお、薄膜積層体214における第2の導電膜210のエッチングは、ウエットエッチング又はドライエッチングのどちらを用いても良い。

【 0 2 3 2 】

続いて、薄膜積層体214における不純物半導体膜208及び半導体膜206の上部（バックチャネル部）をエッチングして、ソース領域及びドレイン領域222、半導体層224を形成する（図41及び図44（E）を参照）。ここでエッチング条件は、不純物半導体膜208及び半導体膜206以外の膜に対する食刻及び腐食が生じず、又は生じ難い条件を選択する。特に、ゲート電極層216の食刻及び腐食が生じず、又は生じ難い条件により行うことが重要である。

【 0 2 3 3 】

20

なお、薄膜積層体214における不純物半導体膜208及び半導体膜206の上部（バックチャネル部）のエッチングはドライエッチング又はウエットエッチングにより行うことができる。

【 0 2 3 4 】

その後、第3のレジストマスク218を除去し、薄膜トランジスタが完成する（図44（F）を参照）。上記説明したように、EL表示装置に適用することのできる薄膜トランジスタを一枚のフォトマスク（多階調マスク）により作製することができる。

【 0 2 3 5 】

なお、上記の図44（D）及び図44（E）を参照して説明した工程を一括して第3のエッチングとよぶ。第3のエッチングは、上記説明したように、複数の段階に分けて行っても良いし、一括して行っても良い。

30

【 0 2 3 6 】

以上のようにして形成した薄膜トランジスタを覆って第2の絶縁膜を形成する。ここで、第2の絶縁膜は、第1の保護膜226のみで形成しても良いが、ここでは第1の保護膜226と第2の保護膜228により形成する（図45（G）及び図49（G）を参照）。第1の保護膜226は、第1の絶縁膜204と同様に形成すればよいが、好ましくは水素を含有する窒化シリコン又は水素を含有する酸化窒化シリコンにより形成し、半導体層に金属等の不純物が侵入して拡散し、汚染されることを防止する。

【 0 2 3 7 】

第2の保護膜228は、表面が概略平坦になる方法により形成する。第2の保護膜228の表面を概略平坦にすることで、第2の保護膜228上に形成される第1の画素電極層232の断切れ等を防止することができるためである。従って、ここで「概略平坦」とは、上記目的を達成しうる程度のものであればよく、高い平坦性が要求されるわけではない。

40

【 0 2 3 8 】

なお、第2の保護膜228は、例えば、感光性ポリイミド、アクリル又はエポキシ樹脂等により、スピンコーティング法等により形成することができる。ただし、これらの材料又は形成方法に限定されるものではない。

【 0 2 3 9 】

なお、第2の保護膜228は、表面が概略平坦になる方法により形成した上記の保護膜

50

と、これを覆って水分の侵入や放出を防止する保護膜を積層して形成したものであることが好ましい。水分の侵入や放出を防止する保護膜は、具体的には、窒化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化窒化アルミニウム又は窒化アルミニウム等により形成されていることが好ましい。形成方法としてはスパッタリング法を用いることが好ましい。

【0240】

次に、第2の絶縁膜に第1の開口部230及び第2の開口部231を形成する(図45(H)及び図49(I)を参照)。第1の開口部230は、ソース電極及びドレイン電極層の少なくとも表面に達するように形成する。第2の開口部231は、ゲート電極層の少なくとも表面に達するように形成する。第1の開口部230及び第2の開口部231の形成方法は、特定の方法に限定されず、第1の開口部230の径などに応じて実施者が適宜選択すればよい。例えば、フォトリソグラフィ法によりドライエッチングを行うことで第1の開口部230及び第2の開口部231を形成することができる。

10

【0241】

第1の開口部230は、ソース電極及びドレイン電極層220に達するように設けられるものであり、図42に示すように必要な箇所に複数個設ける。第1の開口部230Aはソース電極及びドレイン電極層220C上に設け、第1の開口部230Bはソース電極及びドレイン電極層220B上に設け、第1の開口部230Cはソース電極及びドレイン電極層220E上に設け、第1の開口部230Dはソース電極及びドレイン電極層220F上に設ける。

【0242】

第2の開口部231は、ゲート電極層216に達するように設けられるものである。すなわち、第2の開口部231は第2の絶縁膜のみならず、第1の絶縁膜204、半導体層224の所望の箇所も除去して設けられるものである。

20

【0243】

なお、フォトリソグラフィ法によって開口部を形成することで、フォトマスクを1枚使用することになる。

【0244】

次に、第2の絶縁膜上に第1の画素電極層232を形成する(図42、図45(H)及び図49(I)を参照)。第1の画素電極層232は、第1の開口部230又は第2の開口部231を介してソース電極及びドレイン電極層220又はゲート電極層216に接続されるように形成する。具体的には、第1の画素電極層232は、第1の開口部230Aを介してソース電極及びドレイン電極層220Cに接続され、第1の開口部230Bを介してソース電極及びドレイン電極層220Bに接続され、第1の開口部230Cを介してソース電極及びドレイン電極層220Eに接続され、第1の開口部230Dを介してソース電極及びドレイン電極層220Fに接続され、第2の開口部231を介してゲート電極層216Bに接続されるように形成される。第1の画素電極層232は単層で形成しても良いし、積層して形成してもよい。

30

【0245】

なお、フォトリソグラフィ法によって第1の画素電極層232を形成することで、フォトマスクを1枚使用することになる。

40

【0246】

画素が有する薄膜トランジスタがn型のトランジスタであるため、第1の画素電極層232は、陰極となる材料により形成することが好ましい。陰極となる材料には、仕事関数が小さい材料、例えば、Ca、Al、MgAg、AlLi等が挙げられる。

【0247】

次に、第1の画素電極層232の側面(端部)及び第2の絶縁膜上に隔壁233を形成する(図49(J)を参照)。隔壁233は開口部を有し、該開口部において第1の画素電極層232が露出されるように形成する。隔壁233は、有機樹脂膜、無機絶縁膜又は有機ポリシロキサンを用いて形成する。具体的には、ポリイミド、ポリアミド、ポリイミドアミド、アクリル、ベンゾシクロブテン系樹脂を用いて形成するとよい。特に感光性の

50

材料を用いて、第1の画素電極層232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。

【0248】

次に、隔壁233の開口部において第1の画素電極層232と接するように、EL層234を形成する(図49(J)を参照)。EL層234は、単数の層で構成されていても、複数の層が積層されて形成された積層膜により構成されていても良い。EL層234は、少なくとも発光層を有する。発光層はホール輸送層を介して第2の画素電極層235と接続されることが好ましい。

【0249】

そして、EL層234を覆うように、陽極となる材料により第2の画素電極層235を形成する(図49(J)を参照)。第2の画素電極層235は図36における共通電極190に相当する。第2の画素電極層235は、透光性を有する導電性材料により形成することができる。ここで、透光性を有する導電性材料としては、インジウム錫酸化物(以下、ITOという)、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、インジウム亜鉛酸化物、又は酸化珪素を添加したインジウム錫酸化物等が挙げられる。透光性を有する導電性材料の膜の形成はスパッタリング法又はCVD法等により行えばよいが、特定の方法に限定されるものではない。また、第2の画素電極層235についても単層で形成しても良いし、積層して形成してもよい。

【0250】

ここでは、第2の画素電極層235としてITOを用いる。隔壁233の開口部において、第1の画素電極層232とEL層234と第2の画素電極層235が重なり合うことで、発光素子236が形成される。発光素子236は、図36における発光素子185に相当する。この後、発光素子236に酸素、水素、水分、二酸化炭素等が侵入しないように、第2の画素電極層235及び隔壁233上に第3の保護膜237(図示しない)を形成することが好ましい。第3の保護膜237は、第1の保護膜226と同様の材料により水分の侵入や放出を防止する機能を有するものを選択する。窒化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化窒化アルミニウム又は窒化アルミニウム等により形成されていることが好ましい。更に、第3の保護膜237を覆って窒化シリコン膜又はDLC膜等を有することが好ましい。

【0251】

そして、外気に曝されないように、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)又はカバー材によって、更なるパッケージング(封入)をすることが好ましい。保護フィルム及びカバー材は、ガス透過性が低く、脱ガスの少ない材料により設けることが好ましい。

【0252】

以上説明したように、上面射出構造(トップエミッション)型EL表示装置の発光素子まで形成することができる(図49(J)を参照)。しかし、本発明の一態様であるEL表示装置は、上記の説明に限定されず、下面射出構造(ボトムエミッション)型EL表示装置、または両面射出構造(デュアルエミッション)型EL表示装置に適用することも可能である。下面射出構造及び両面射出構造では、第1の画素電極層232に透光性を有する導電性材料を用いればよい。なお、第1の画素電極層232を陽極となる材料により形成する場合には、第1の画素電極層232は、例えば、ITOにより形成することができる。第1の画素電極層232をこのような構造にすることで、ボトムエミッション型のEL表示装置を作製することができる。この場合、EL層234を覆うように、陰極となる材料により第2の画素電極層235を形成するとよい。陰極となる材料には、仕事関数が小さい材料、例えば、Ca、Al、MgAg、AlLi等が挙げられる。なお、EL層234及び第2の画素電極層235は、マスクを用いた蒸着により形成することが好ましい。従って、第2の画素電極層235は、蒸着により形成することが可能な材料により形成するとよい。

【0253】

なお、上記で説明した保護膜等は上記した材料又は形成方法に限定されず、E L層の発光を妨げず、劣化等を防止することができる膜であればよい。

【0254】

または、上面射出構造において、画素回路が形成されている領域をも含むように第1の画素電極層232Aを形成してもよい。この場合には、まず、第1の画素電極層232B及び第1の画素電極層232Cに相当する導電層のみを形成し、該導電層上に第1の開口部230Dを有する絶縁膜を形成し、第1の開口部230Dを介してソース電極及びドレイン電極層220Fに接続されるように第1の画素電極層232Aを形成すればよい。画素回路が形成されている領域をも含むように第1の画素電極層232Aを形成することで、発光領域を拡大することができ、より高精細な表示が可能となる。

10

【0255】

なお、ここでは、発光素子として有機E L素子について述べたが、発光素子として無機E L素子を用いることも可能である。

【0256】

なお、端子接続部については実施の形態1にて説明したものと同様である。

【0257】

以上のように、E L表示装置を作製することができる。

【0258】

上記説明したように、薄膜トランジスタ及び表示装置の作製工程数を大幅に削減することができる。具体的には、上記の説明のように、1枚のフォトマスク（多階調マスク）を用いて薄膜トランジスタを作製することができる。また、3枚のフォトマスクを用いて画素トランジスタを有するアクティブマトリクス基板を作製することができる。従って、用いるフォトマスクの枚数が低減されることから、薄膜トランジスタ及び表示装置の作製工程数を大幅に削減することができる。

20

【0259】

また、裏面露光、レジストリフロー及びリフトオフ法等の複雑な工程を経ることなく、薄膜トランジスタの作製工程数を大幅に削減することができる。そのため、複雑な工程を経ることなく、表示装置の作製工程数を大幅に削減することができる。従って、歩留まりを低下させることなく、表示装置の作製工程数を大幅に削減することができる。

30

【0260】

また、薄膜トランジスタの電気的特性を維持しつつ、薄膜トランジスタの作製工程を大幅に削減することができる。

【0261】

更には、上記効果により、作製コストを大幅に削減することができる。

【0262】

また、半導体層を遮光することができるため、光リーク電流が低減された、良好な電気的特性を有する薄膜トランジスタ及び該薄膜トランジスタを有する表示装置を作製することができる。更には、半導体層を遮光する遮光層を薄膜トランジスタの形成に用いるフォトマスクにより形成することができるため、マスク枚数を増加させることなく光リーク電流が低減された、良好な電気的特性を有する薄膜トランジスタ及び該薄膜トランジスタを有する表示装置を作製することができる。

40

【0263】

更には、下面射出構造（ボトムエミッション）型E L表示装置においては、光学設計が下地膜198の膜厚の調整により行えるため好ましい。

【0264】

なお、ゲート電極層端部に生じるリーク電流が小さい薄膜トランジスタを作製することができるため、コントラスト比が高く、表示品質が良好な表示装置を得ることができる。

【0265】

なお、上記説明した画素構造に限定されず、様々なE L表示装置に適用することができ

50

る。

【 0 2 6 6 】

(実施の形態 4)

本実施の形態は、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 にて説明した方法により作製した表示パネル又は表示装置を表示部として組み込んだ電子機器について図 4 6 乃至図 4 8 を参照して説明する。このような電子機器としては、例えば、ビデオカメラ若しくはデジタルカメラ等のカメラ、ヘッドマウントディスプレイ（ゴーグル型ディスプレイ）、カーナビゲーション、プロジェクタ、カーステレオ、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話または電子書籍等）が挙げられる。それらの一例を図 4 6 に示す。

10

【 0 2 6 7 】

図 4 6 (A) はテレビジョン装置を示す。E L 表示パネルを筐体に組み込むことで、図 4 6 (A) に示すテレビジョン装置を完成させることができる。実施の形態 1 乃至実施の形態 3 にて説明した作製方法を適用した表示パネルにより主画面 3 2 3 が形成され、その他付属設備としてスピーカ部 3 2 9、操作スイッチ等が備えられている。

【 0 2 6 8 】

図 4 6 (A) に示すように、筐体 3 2 1 に実施の形態 1 乃至実施の形態 3 にて説明した作製方法を適用した表示用パネル 3 2 2 が組み込まれ、受信機 3 2 5 により一般のテレビ放送の受信をはじめ、モデム 3 2 4 を介して有線又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）又は双方向（送信者と受信者間、又は受信者間同士）の情報通信をすることもできる。テレビジョン装置の操作は、筐体に組み込まれたスイッチ又は別体のリモコン操作機 3 2 6 により行うことが可能であり、このリモコン操作機 3 2 6 にも、出力する情報を表示する表示部 3 2 7 が設けられていても良い。

20

【 0 2 6 9 】

また、テレビジョン装置にも、主画面 3 2 3 の他にサブ画面 3 2 8 を第 2 の表示パネルで形成し、チャンネルや音量などを表示する構成が付加されていても良い。

【 0 2 7 0 】

図 4 7 は、テレビ装置の主要な構成を示すブロック図を示している。表示パネルには、画素部 3 5 1 が形成されている。信号線駆動回路 3 5 2 と走査線駆動回路 3 5 3 は、表示パネルに C O G 方式により実装されていても良い。

30

【 0 2 7 1 】

その他の外部回路の構成として、映像信号の入力側では、チューナ 3 5 4 で受信した信号のうち、映像信号を増幅する映像信号増幅回路 3 5 5 と、そこから出力される信号を赤、緑、青の各色に対応した色信号に変換する映像信号処理回路 3 5 6 と、その映像信号をドライバ I C の入力仕様に変換するためのコントロール回路 3 5 7 等を有している。コントロール回路 3 5 7 は、走査線側と信号線側にそれぞれ信号を出力する。デジタル駆動する場合には、信号線側に信号分割回路 3 5 8 を設け、入力デジタル信号を整数個に分割して供給する構成としても良い。

【 0 2 7 2 】

チューナ 3 5 4 で受信した信号のうち、音声信号は、音声信号増幅回路 3 5 9 に送られ、その出力は音声信号処理回路 3 6 0 を経てスピーカ 3 6 3 に供給される。制御回路 3 6 1 は受信局（受信周波数）、音量の制御情報を入力部 3 6 2 から受け、チューナ 3 5 4 及び音声信号処理回路 3 6 0 に信号を送出する。

40

【 0 2 7 3 】

勿論、本発明の一態様である表示装置はテレビジョン装置に限定されず、パーソナルコンピュータのモニタをはじめ、鉄道の駅や空港等における情報表示盤、又は街頭における広告表示盤等の大面積の表示媒体にも適用することができる。そのため、本発明の一態様である表示装置の作製方法を適用することで、これらの表示媒体の生産性を向上させることができる。

【 0 2 7 4 】

50

主画面 3 2 3、サブ画面 3 2 8 に、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 で説明した表示装置の作製方法を適用した表示パネル又は表示装置を用いることで、テレビ装置の生産性を高めることができる。

【 0 2 7 5 】

また、図 4 6 (B) に示す携帯型のコンピュータは、本体 3 3 1 及び表示部 3 3 2 等を有する。表示部 3 3 2 に、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 で説明した表示装置の作製方法を適用した表示パネル又は表示装置を用いることで、コンピュータの生産性を高めることができる。

【 0 2 7 6 】

図 4 8 は、携帯電話の一例であり、図 4 8 (A) が正面図、図 4 8 (B) が背面図、図 4 8 (C) が 2 つの筐体をスライドさせたときの正面図である。携帯電話 3 0 0 は、筐体 3 0 1 及び筐体 3 0 2 二つの筐体で構成されている。携帯電話 3 0 0 は、携帯電話と携帯情報端末の双方の機能を備えており、コンピュータを内蔵し、音声通話以外にも様々なデータ処理が可能な所謂スマートフォンである。

10

【 0 2 7 7 】

筐体 3 0 1 においては、表示部 3 0 3、スピーカ 3 0 4、マイクロフォン 3 0 5、操作キー 3 0 6、ポインティングデバイス 3 0 7、表面カメラ用レンズ 3 0 8、外部接続端子ジャック 3 0 9 及びイヤホン端子 3 1 0 等を備え、筐体 3 0 2 においては、キーボード 3 1 1、外部メモリスロット 3 1 2、裏面カメラ 3 1 3、ライト 3 1 4 等により構成されている。また、アンテナは筐体 3 0 1 に内蔵されている。

20

【 0 2 7 8 】

また、携帯電話 3 0 0 には、上記の構成に加えて、非接触型 IC チップ、小型記録装置等を内蔵していてもよい。

【 0 2 7 9 】

重なり合った筐体 3 0 1 と筐体 3 0 2 (図 4 8 (A) に示す。) は、スライドさせることが可能であり、スライドさせることで図 4 8 (C) のように展開する。表示部 3 0 3 には、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 で説明した表示装置の作製方法を適用した表示パネル又は表示装置を組み込むことが可能である。表示部 3 0 3 と表面カメラ用レンズ 3 0 8 を同一の面に備えているため、テレビ電話としての使用が可能である。また、表示部 3 0 3 をファインダーとして用いることで、裏面カメラ 3 1 3 及びライト 3 1 4 で静止画及び動画の撮影が可能である。

30

【 0 2 8 0 】

スピーカ 3 0 4 及びマイクロフォン 3 0 5 を用いることで、携帯電話 3 0 0 は、音声記録装置 (録音装置) 又は音声再生装置として使用することができる。また、操作キー 3 0 6 により、電話の発着信操作、電子メール等の簡単な情報入力操作、表示部に表示する画面のスクロール操作、表示部に表示する情報の選択等を行うカーソルの移動操作等が可能である。

【 0 2 8 1 】

また、書類の作成、携帯情報端末としての使用等、取り扱う情報が多い場合は、キーボード 3 1 1 を用いると便利である。更に、重なり合った筐体 3 0 1 と筐体 3 0 2 (図 4 8 (A)) をスライドさせることで、図 4 8 (C) のように展開させることができる。携帯情報端末として使用する場合には、キーボード 3 1 1 及びポインティングデバイス 3 0 7 を用いて、円滑な操作でカーソルの操作が可能である。外部接続端子ジャック 3 0 9 は A C アダプタ及び U S B ケーブル等の各種ケーブルと接続可能であり、充電及びパーソナルコンピュータ等とのデータ通信が可能である。また、外部メモリスロット 3 1 2 に記録媒体を挿入し、より大量のデータ保存及び移動が可能になる。

40

【 0 2 8 2 】

筐体 3 0 2 の裏面 (図 4 8 (B)) には、裏面カメラ 3 1 3 及びライト 3 1 4 を備え、表示部 3 0 3 をファインダーとして静止画及び動画の撮影が可能である。

【 0 2 8 3 】

50

また、上記の機能構成に加えて、赤外線通信機能、ＵＳＢポート、テレビワンセグ受信機能、非接触ＩＣチップ又はイヤホンジャック等を備えたものであってもよい。

【０２８４】

本実施の形態にて説明した各種電子機器は、実施の形態１乃至実施の形態３にて説明した薄膜トランジスタ及び表示装置の作製方法を適用して作製することができるため、これらの電子機器の生産性を向上させることができる。

【０２８５】

従って、これらの電子機器の作製コストを大幅に削減することができる。

【０２８６】

更には、実施の形態１乃至実施の形態３にて説明したように、表示品質の高い表示装置を作製することができる。

10

【符号の説明】

【０２８７】

50	遮光膜	
51	第１のレジストマスク	
52	遮光層	
53	下地膜	
100	基板	
102	第１の導電膜	
104	第１の絶縁膜	20
106	半導体膜	
108	不純物半導体膜	
110	第２の導電膜	
112	第２のレジストマスク	
114	薄膜積層体	
116	ゲート電極層	
116A	ゲート電極層	
116B	ゲート電極層	
116C	ゲート電極層	
116D	ゲート電極層	30
118	第３のレジストマスク	
120	ソース電極及びドレイン電極層	
120A	ソース電極及びドレイン電極層	
120B	ソース電極及びドレイン電極層	
120C	ソース電極及びドレイン電極層	
120D	ソース電極及びドレイン電極層	
122	ソース領域及びドレイン領域	
122A	ソース領域及びドレイン領域	
122B	ソース領域及びドレイン領域	
122C	ソース領域及びドレイン領域	40
122D	ソース領域及びドレイン領域	
124	半導体層	
126	第１の保護膜	
128	第２の保護膜	
130	第１の開口部	
131	第２の開口部	
132	画素電極層	
140	グレートーンマスク	
141	基板	
142	遮光部	50

1 4 3	回折格子部	
1 4 5	ハーフトーンマスク	
1 4 6	基板	
1 4 7	半透光部	
1 4 8	遮光部	
1 5 1	角	
1 6 0 A	第 3 の開口部	
1 6 0 B	第 3 の開口部	
1 6 1	第 4 の開口部	
1 7 0	第 2 のレジストマスク	10
1 7 1	第 3 のレジストマスク	
1 8 1	第 1 のトランジスタ	
1 8 2	第 2 のトランジスタ	
1 8 3	第 3 のトランジスタ	
1 8 4	容量素子	
1 8 5	発光素子	
1 8 6	ゲート配線	
1 8 7	第 1 の電源線	
1 8 8	ソース配線	
1 8 9	第 2 の電源線	20
1 9 0	共通電極	
1 9 1	画素	
1 9 5	遮光膜	
1 9 6	第 1 のレジストマスク	
1 9 7	遮光層	
1 9 8	下地膜	
2 0 0	基板	
2 0 2	第 1 の導電膜	
2 0 4	第 1 の絶縁膜	
2 0 6	半導体膜	30
2 0 8	不純物半導体膜	
2 1 0	第 2 の導電膜	
2 1 2	第 2 のレジストマスク	
2 1 4	薄膜積層体	
2 1 6	ゲート電極層	
2 1 6 A	ゲート電極層	
2 1 6 B	ゲート電極層	
2 1 6 C	ゲート電極層	
2 1 6 D	ゲート電極層	
2 1 8	第 3 のレジストマスク	40
2 1 8 A	第 3 のレジストマスク	
2 1 8 B	第 3 のレジストマスク	
2 1 8 C	第 3 のレジストマスク	
2 1 8 D	第 3 のレジストマスク	
2 1 8 E	第 3 のレジストマスク	
2 1 8 F	第 3 のレジストマスク	
2 2 0	ソース電極及びドレイン電極層	
2 2 0 A	ソース電極及びドレイン電極層	
2 2 0 B	ソース電極及びドレイン電極層	
2 2 0 C	ソース電極及びドレイン電極層	50

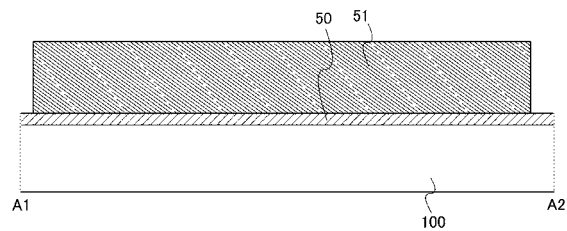
2 2 0 D	ソース電極及びドレイン電極層	
2 2 0 E	ソース電極及びドレイン電極層	
2 2 0 F	ソース電極及びドレイン電極層	
2 2 2	ソース領域及びドレイン領域	
2 2 2 A	ソース領域及びドレイン領域	
2 2 2 B	ソース領域及びドレイン領域	
2 2 2 C	ソース領域及びドレイン領域	
2 2 2 D	ソース領域及びドレイン領域	
2 2 4	半導体層	
2 2 6	第 1 の保護膜	10
2 2 8	第 2 の保護膜	
2 3 0	第 1 の開口部	
2 3 0 A	第 1 の開口部	
2 3 0 B	第 1 の開口部	
2 3 0 C	第 1 の開口部	
2 3 0 D	第 1 の開口部	
2 3 1	第 2 の開口部	
2 3 2	第 1 の画素電極層	
2 3 2 A	第 1 の画素電極層	
2 3 2 B	第 1 の画素電極層	20
2 3 2 C	第 1 の画素電極層	
2 3 3	隔壁	
2 3 4	E L 層	
2 3 5	第 2 の画素電極層	
2 3 6	発光素子	
2 3 7	第 3 の保護膜	
3 0 0	携帯電話	
3 0 1	筐体	
3 0 2	筐体	
3 0 3	表示部	30
3 0 4	スピーカ	
3 0 5	マイクロフォン	
3 0 6	操作キー	
3 0 7	ポインティングデバイス	
3 0 8	表面カメラ用レンズ	
3 0 9	外部接続端子ジャック	
3 1 0	イヤホン端子	
3 1 1	キーボード	
3 1 2	外部メモリスロット	
3 1 3	裏面カメラ	40
3 1 4	ライト	
3 2 1	筐体	
3 2 2	表示用パネル	
3 2 3	主画面	
3 2 4	モデム	
3 2 5	受信機	
3 2 6	リモコン操作機	
3 2 7	表示部	
3 2 8	サブ画面	
3 2 9	スピーカ部	50

- 3 3 1 本体
- 3 3 2 表示部
- 3 5 1 画素部
- 3 5 2 信号線駆動回路
- 3 5 3 走査線駆動回路
- 3 5 4 チューナ
- 3 5 5 映像信号増幅回路
- 3 5 6 映像信号処理回路
- 3 5 7 コントロール回路
- 3 5 8 信号分割回路
- 3 5 9 音声信号増幅回路
- 3 6 0 音声信号処理回路
- 3 6 1 制御回路
- 3 6 2 入力部
- 3 6 3 スピーカ

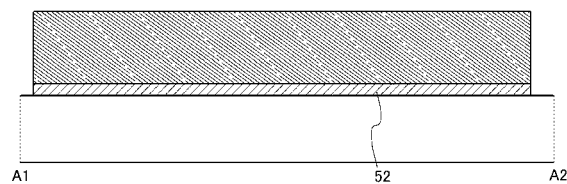
10

【図 1】

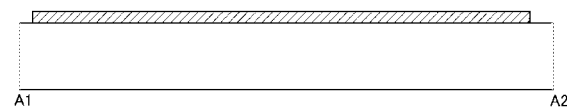
(A)



(B)

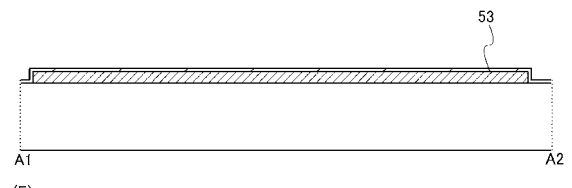


(C)

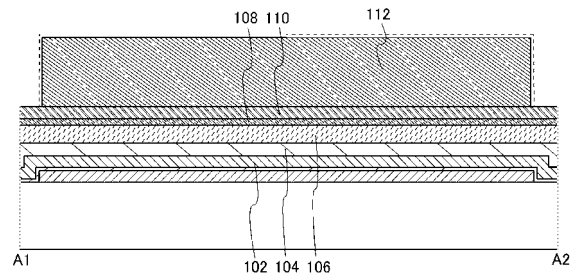


【図 2】

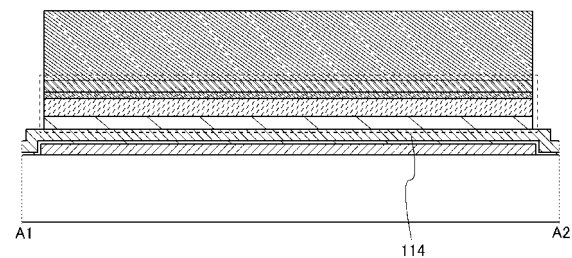
(D)



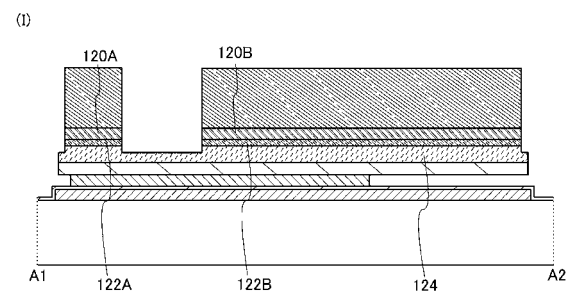
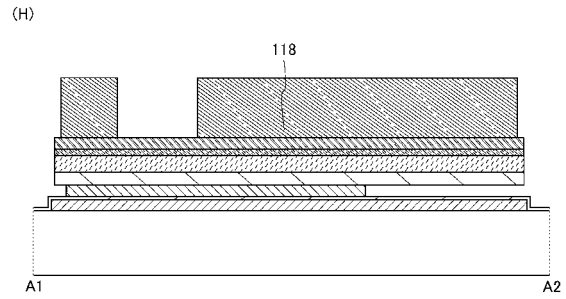
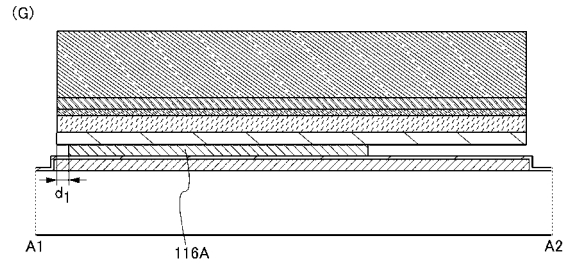
(E)



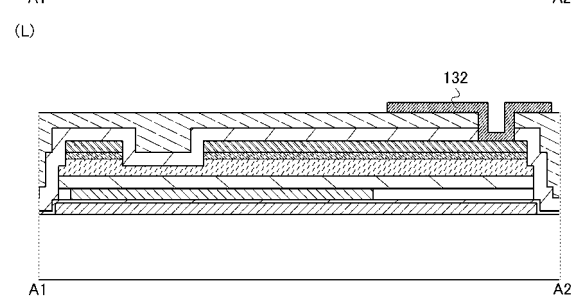
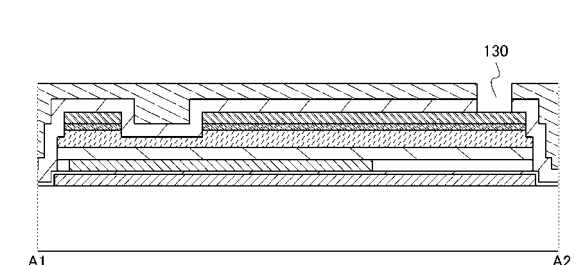
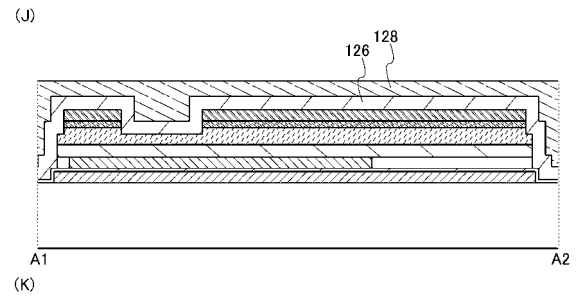
(F)



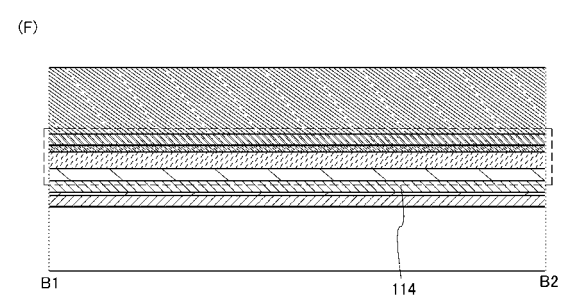
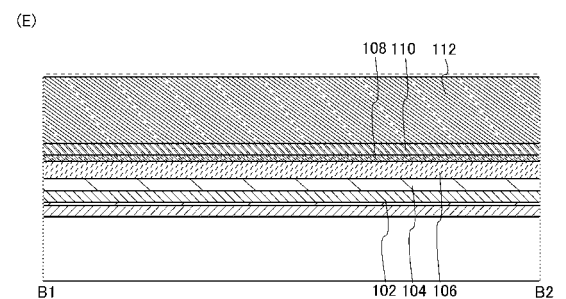
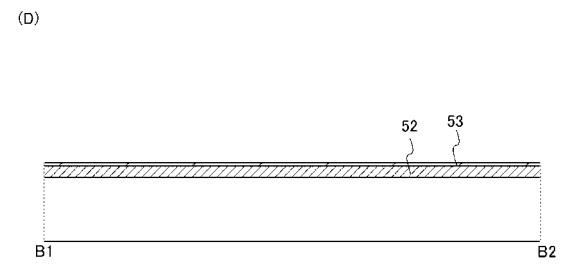
【図 3】



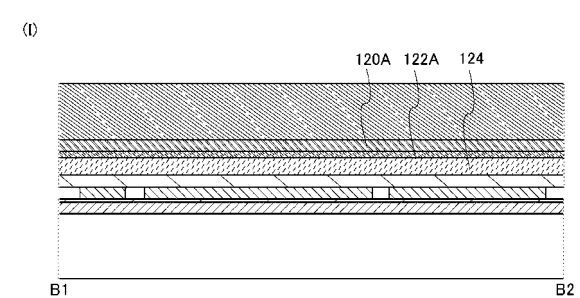
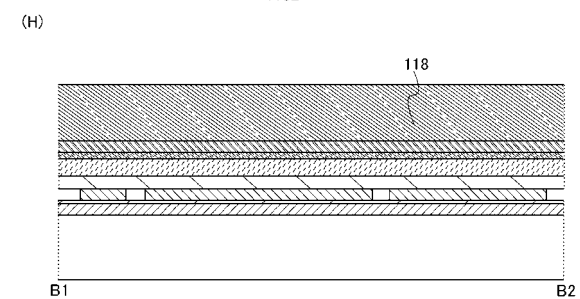
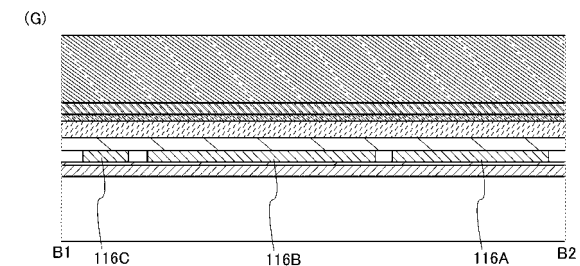
【図 4】



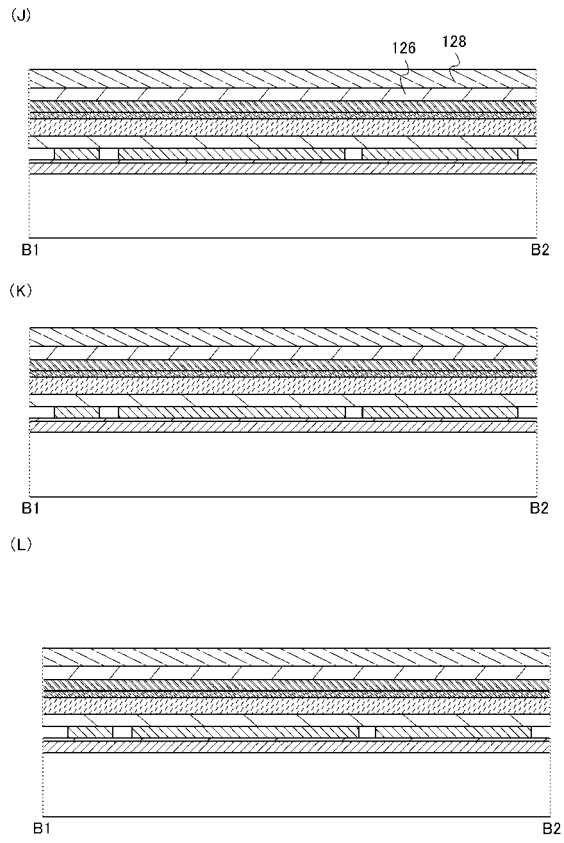
【図 5】



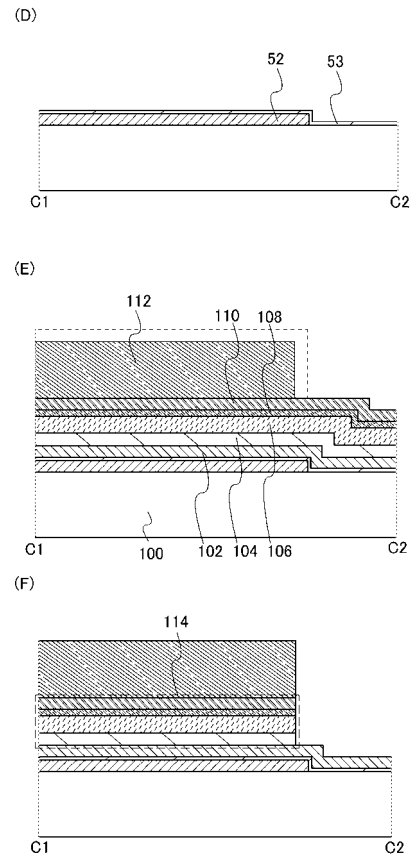
【図 6】



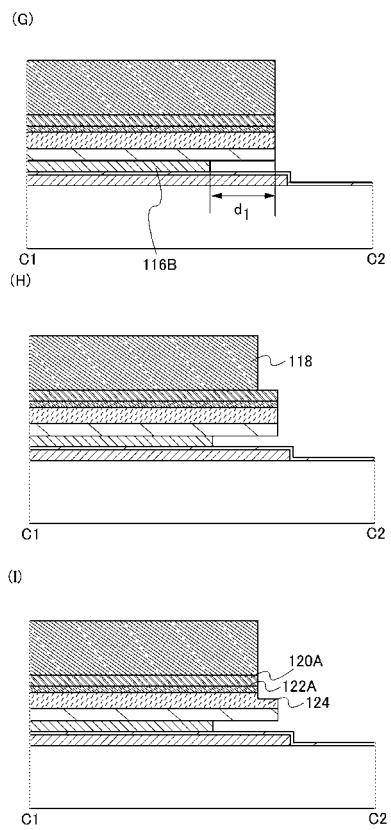
【図 7】



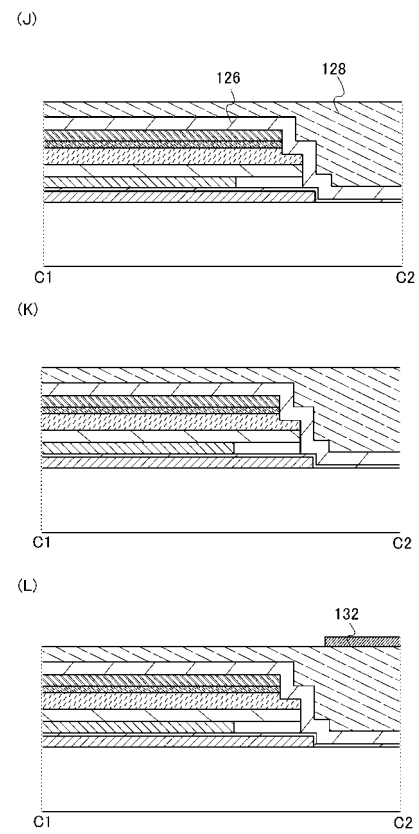
【図 8】



【図 9】

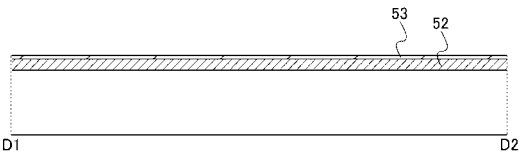


【図 10】

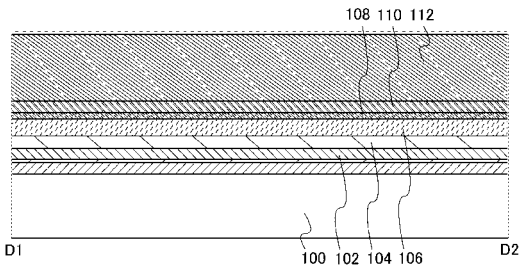


【図 1 1】

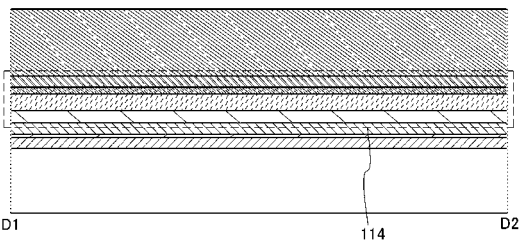
(D)



(E)

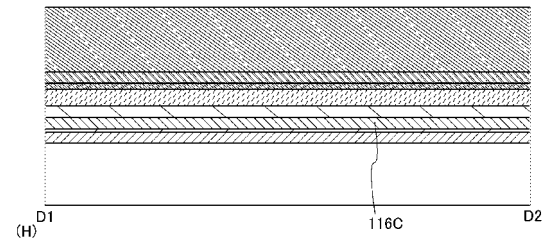


(F)

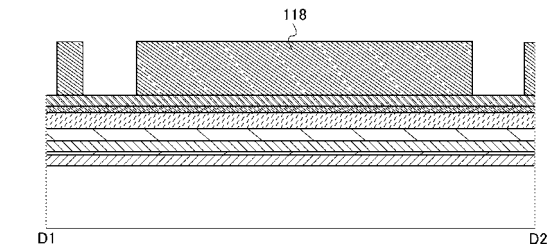


【図 1 2】

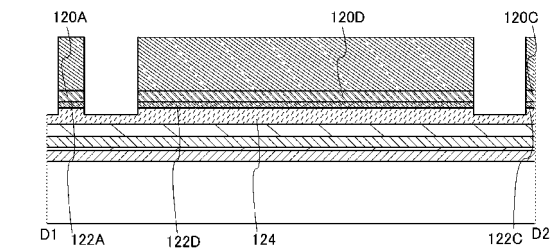
(G)



(H)

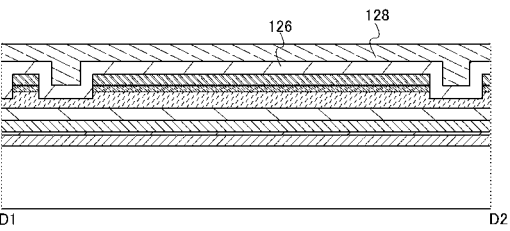


(I)

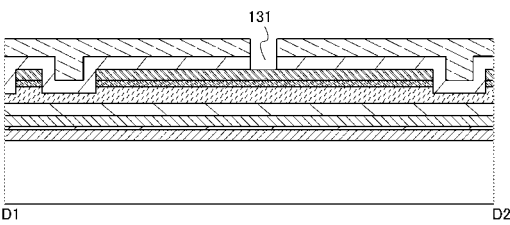


【図 1 3】

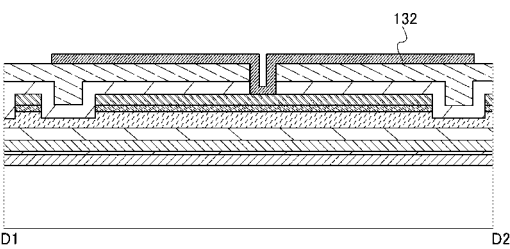
(J)



(K)

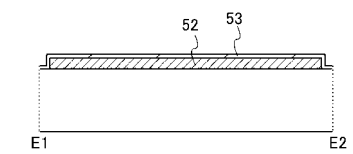


(L)

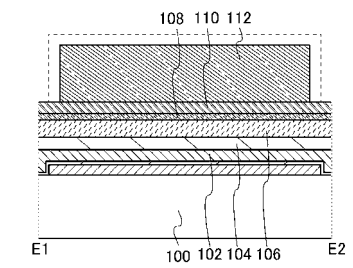


【図 1 4】

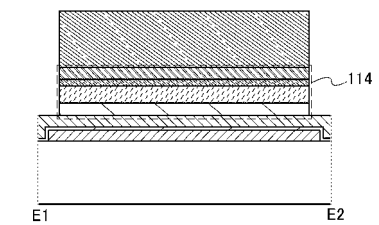
(D)



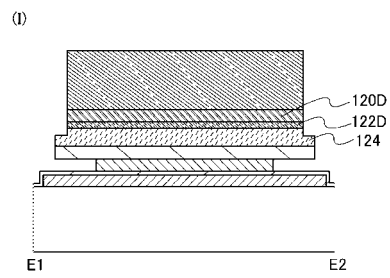
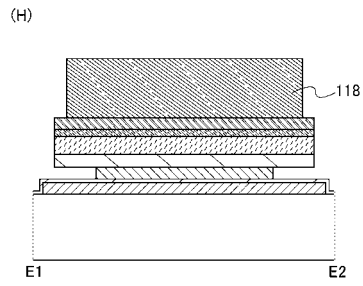
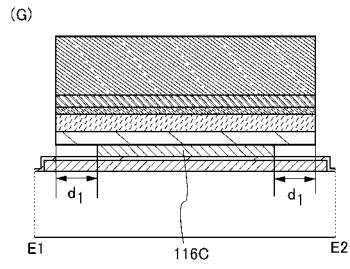
(E)



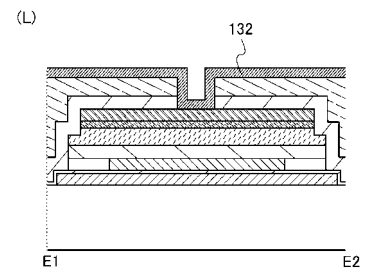
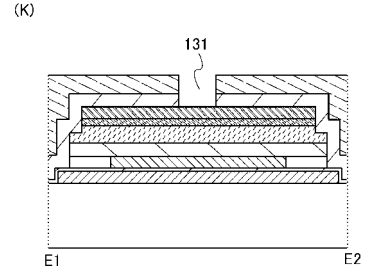
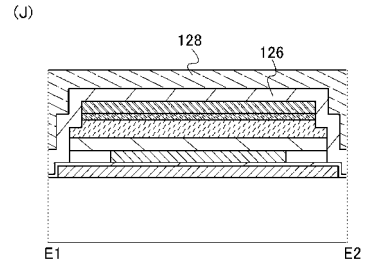
(F)



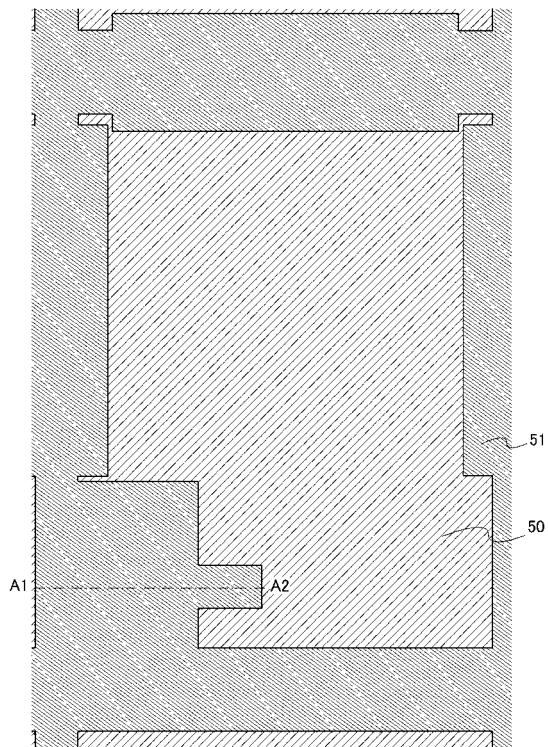
【図 15】



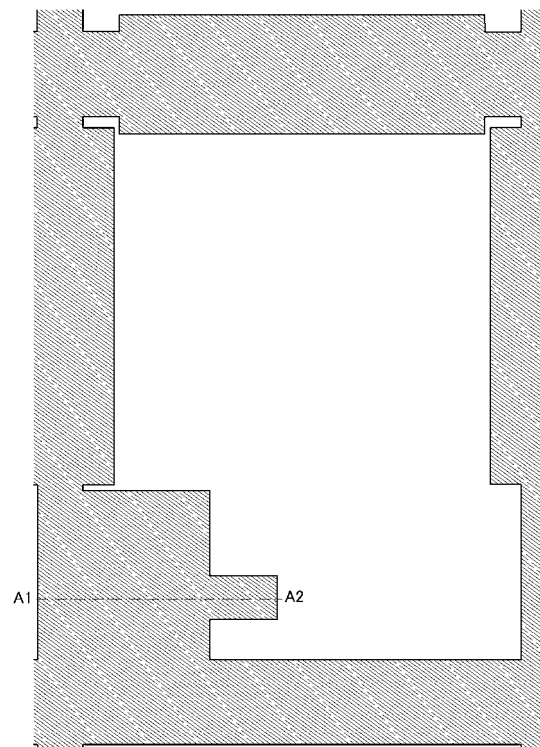
【図 16】



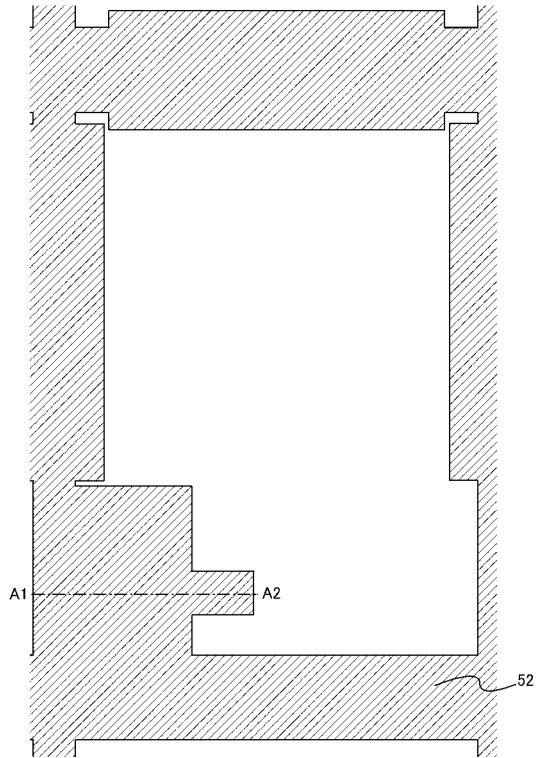
【図 17】



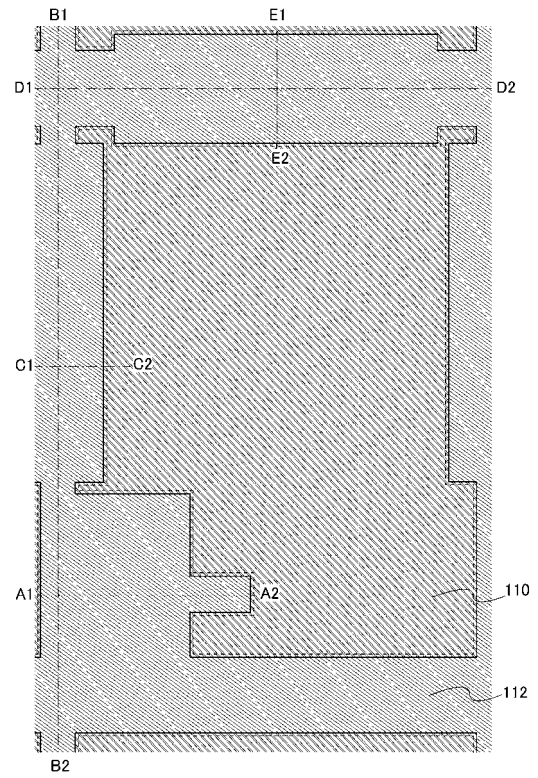
【図 18】



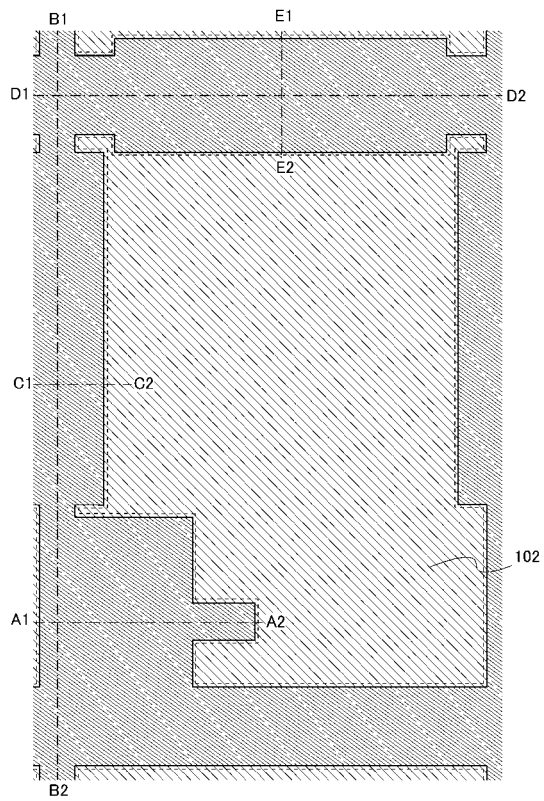
【図 19】



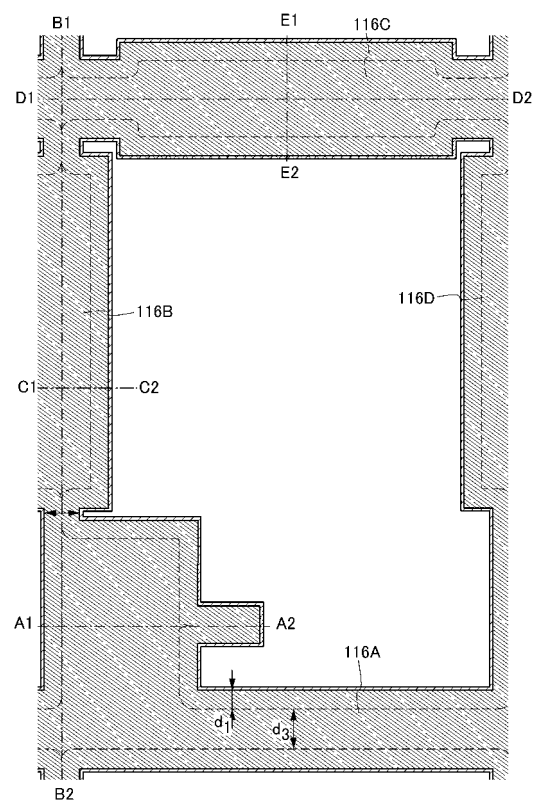
【図 20】



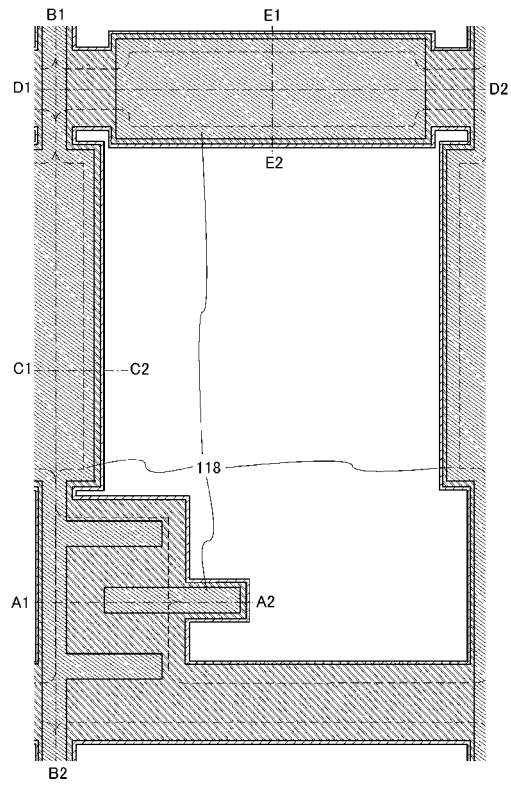
【図 21】



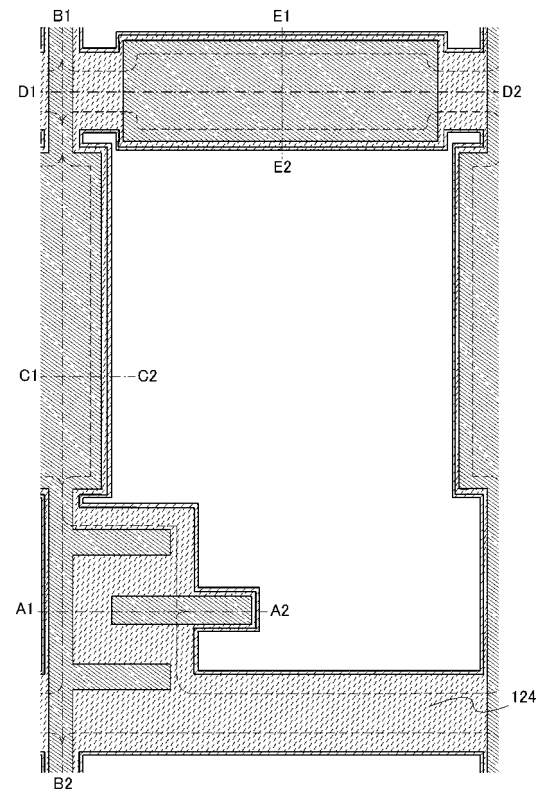
【図 22】



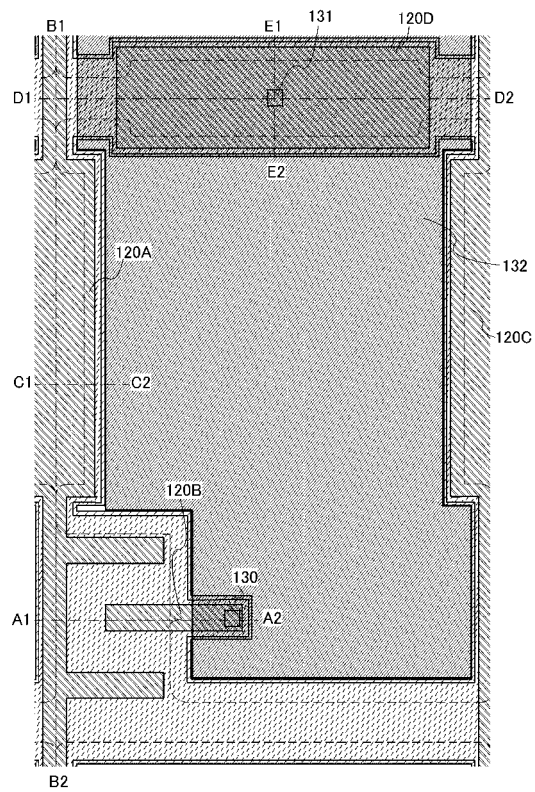
【図 2 3】



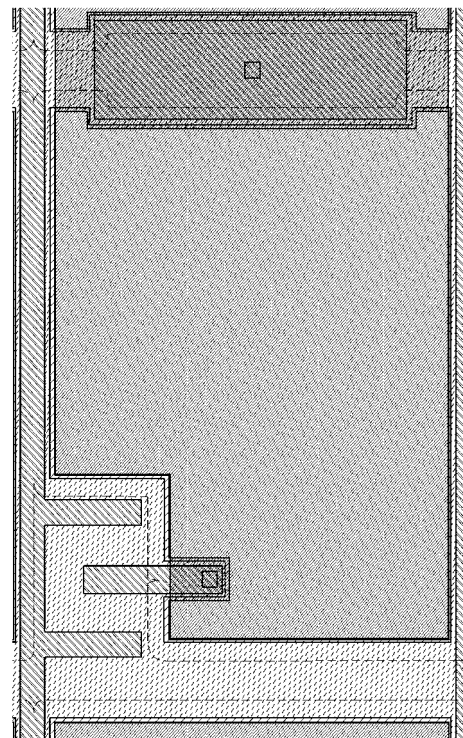
【図 2 4】



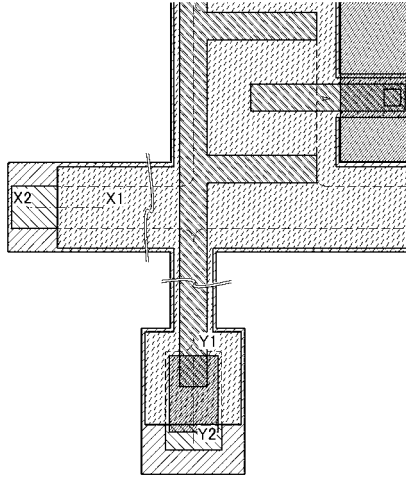
【図 2 5】



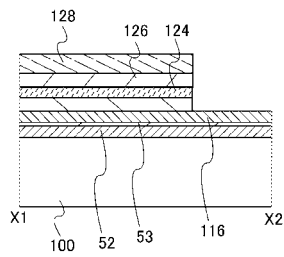
【図 2 6】



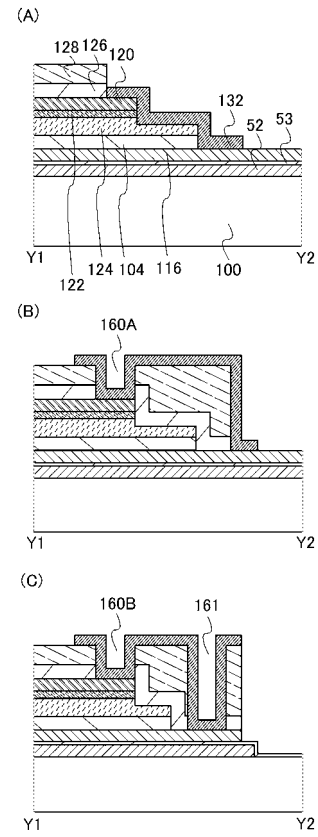
【図 27】



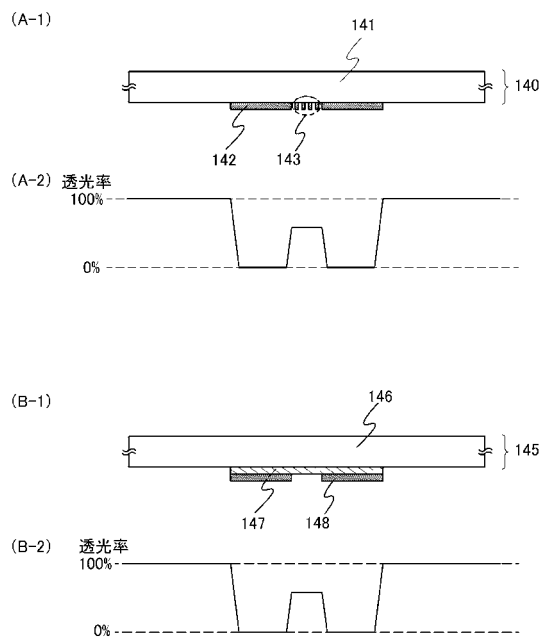
【図 28】



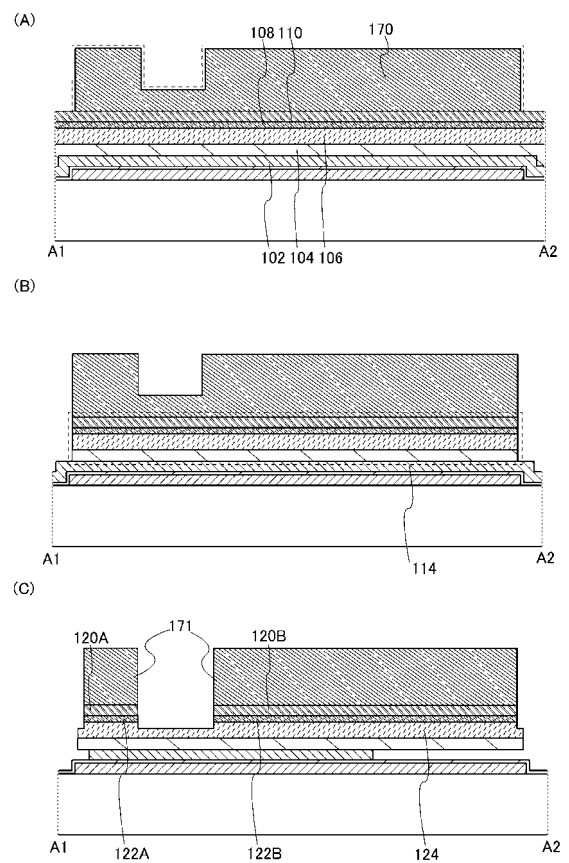
【図 29】



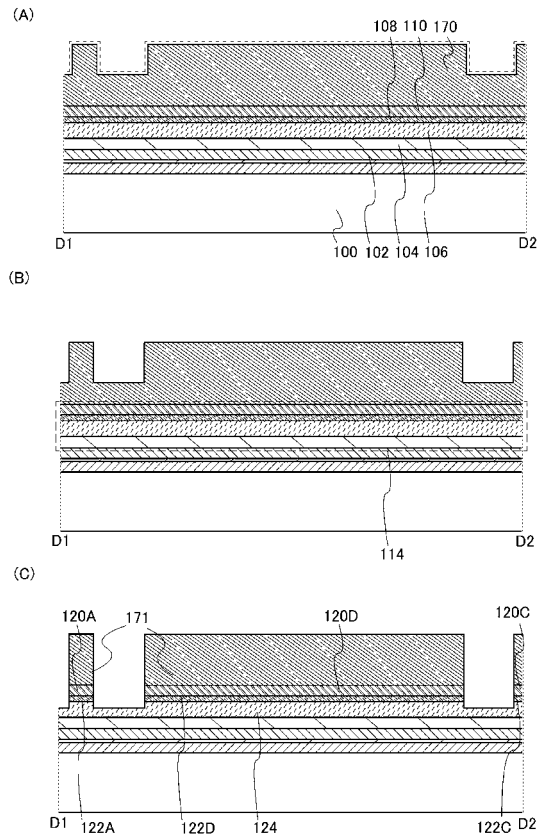
【図 30】



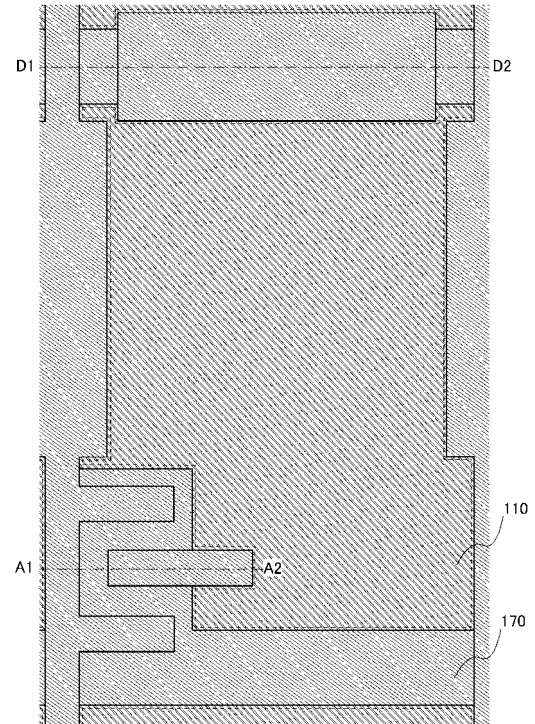
【図 31】



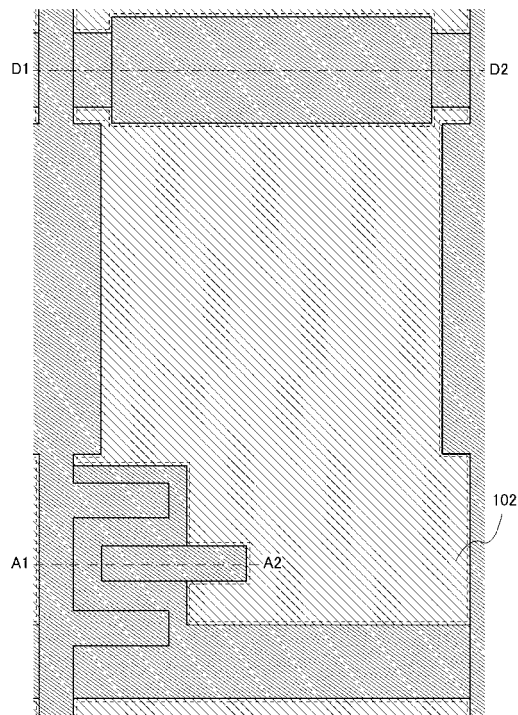
【図 3 2】



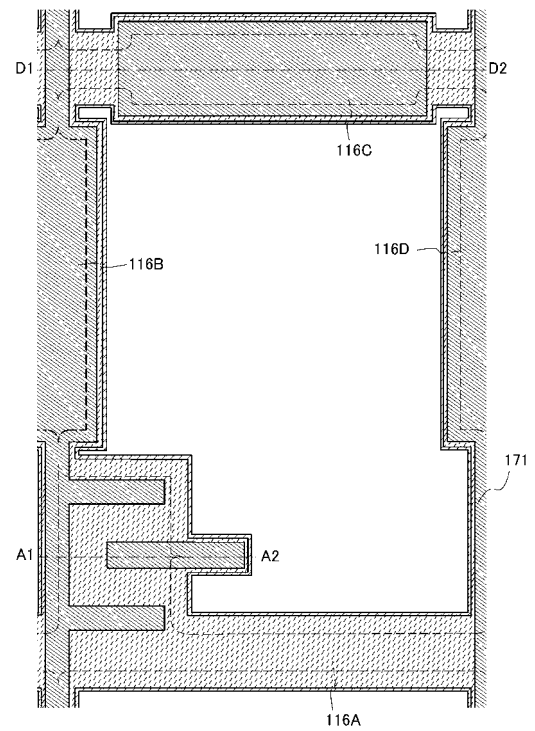
【図 3 3】



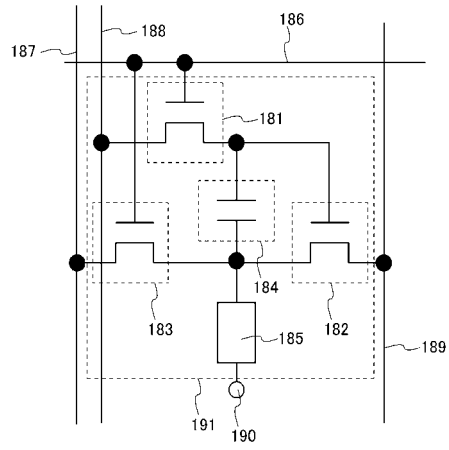
【図 3 4】



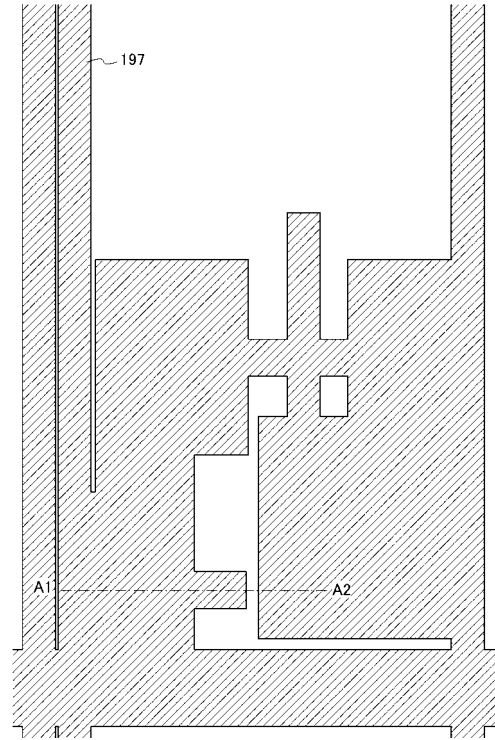
【図 3 5】



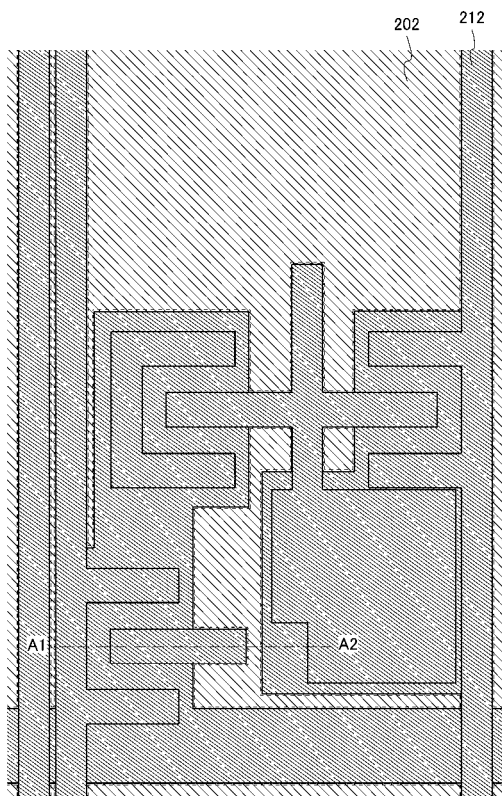
【図 36】



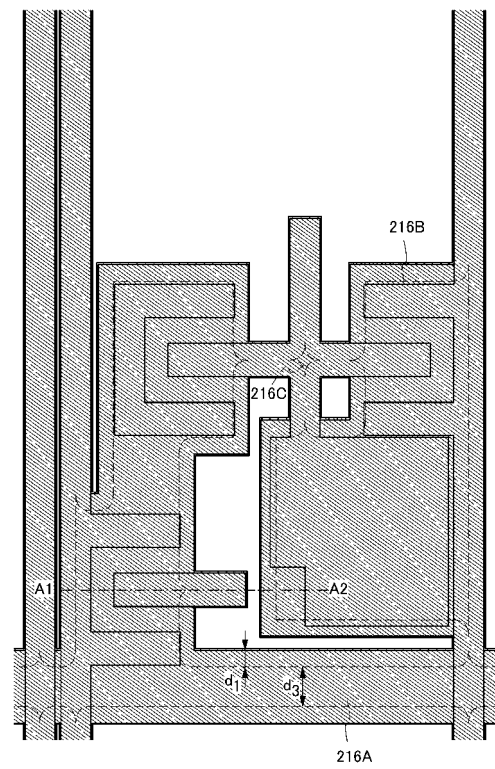
【図 37】



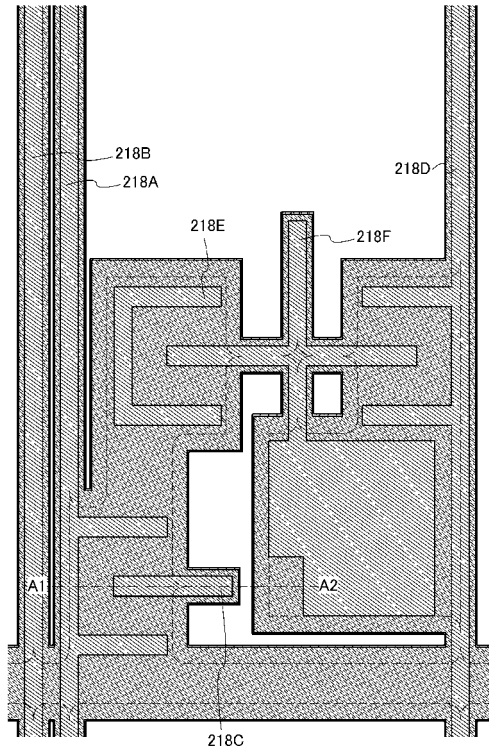
【図 38】



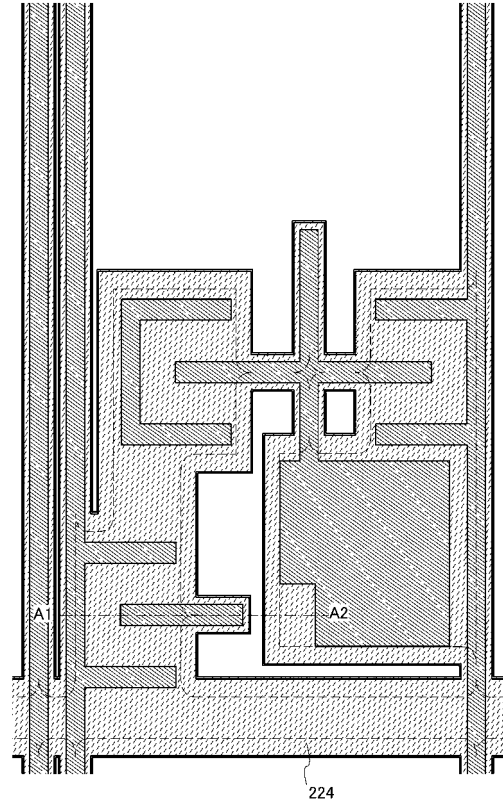
【図 39】



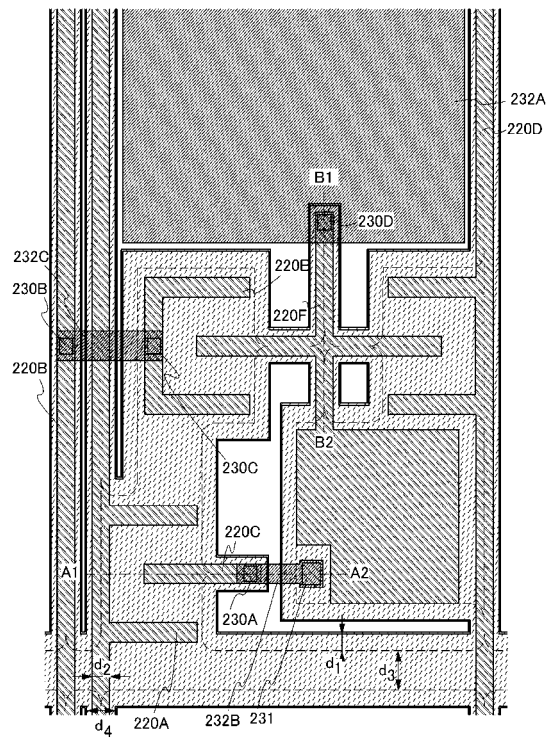
【図 40】



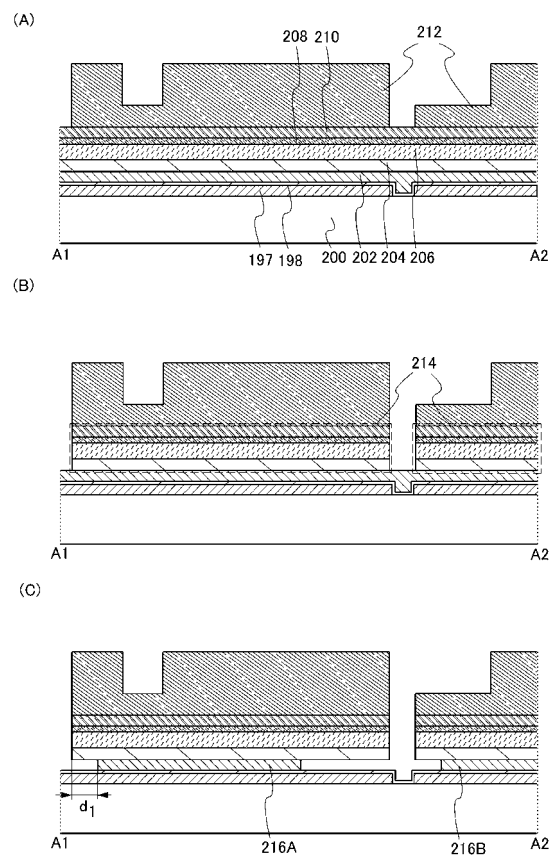
【図 41】



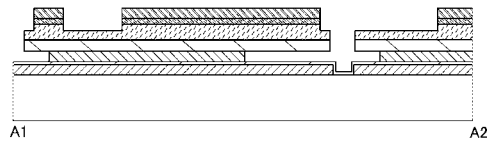
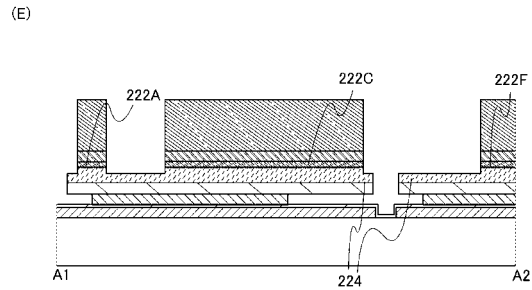
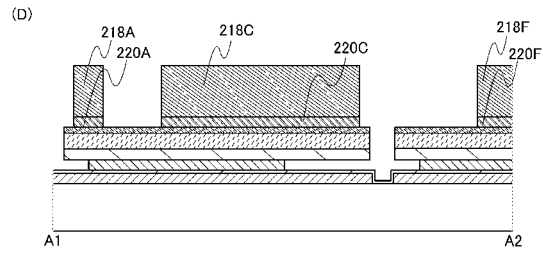
【図 42】



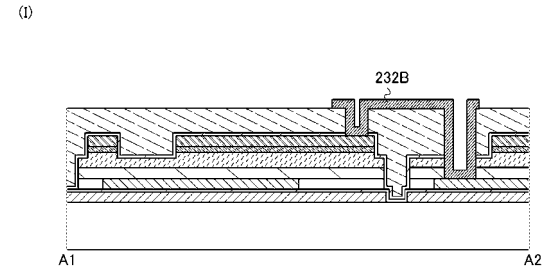
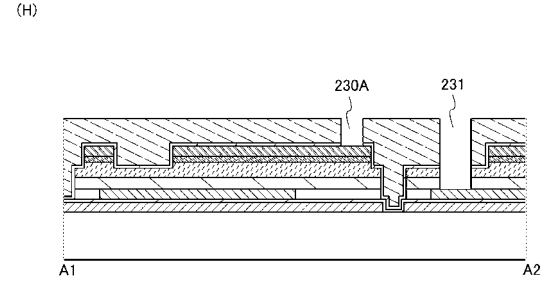
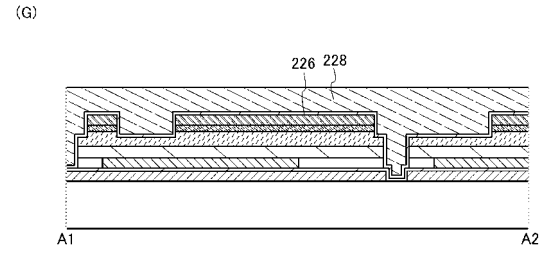
【図 43】



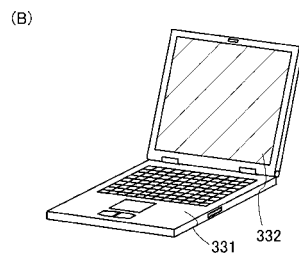
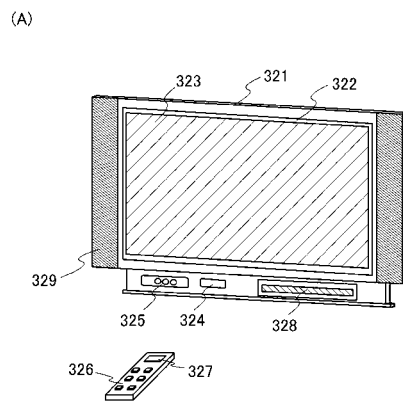
【図 4 4】



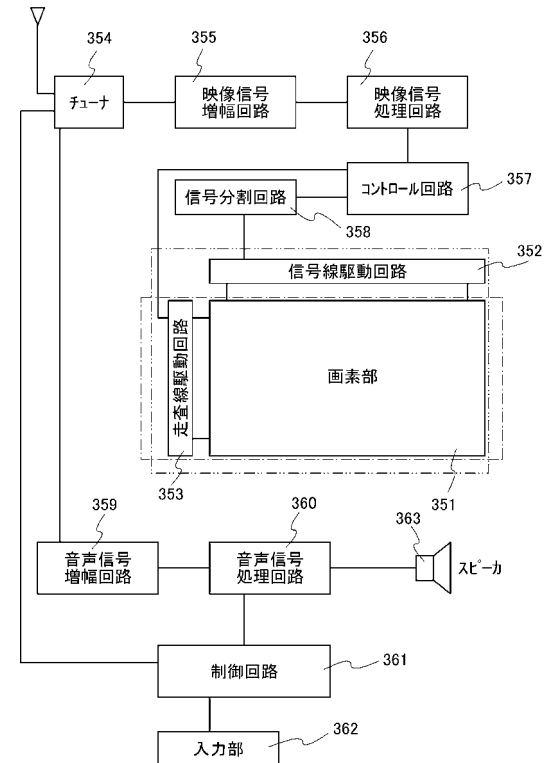
【図 4 5】



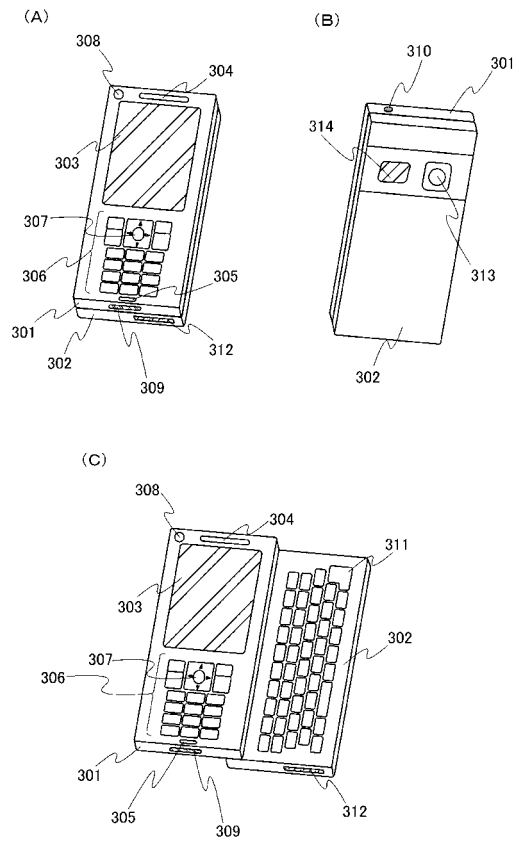
【図 4 6】



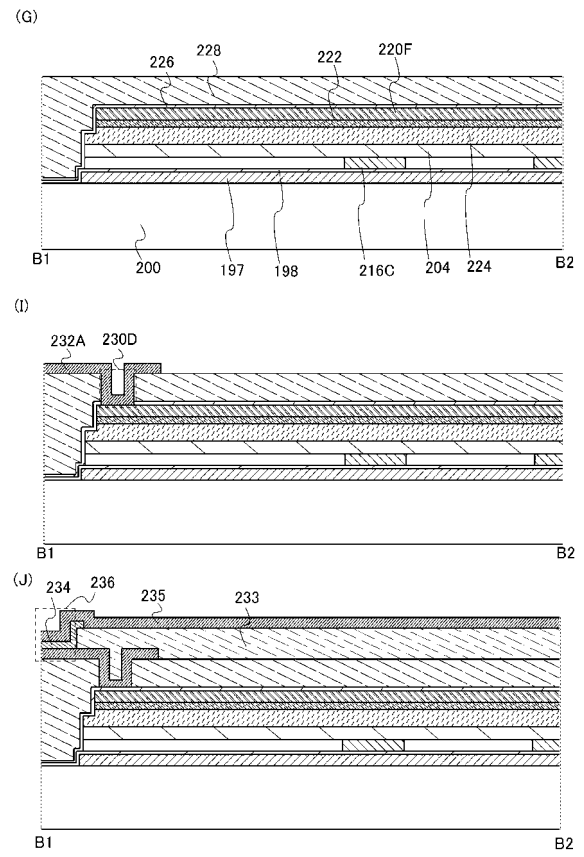
【図 4 7】



【図 48】



【図 49】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 9 - 9 2 8 3 8 (J P , A)
特開平 5 - 1 9 2 9 7 (J P , A)
特開昭 6 0 - 2 4 2 6 7 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 1 / 3 3 6
G 0 9 F 9 / 3 0
H 0 1 L 2 9 / 7 8 6