

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6456598号
(P6456598)

(45) 発行日 平成31年1月23日(2019.1.23)

(24) 登録日 平成30年12月28日(2018.12.28)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 26/02 (2006.01)

G02B 26/02

B

G09F 9/37 (2006.01)

G09F 9/37

B81B 7/02 (2006.01)

B81B 7/02

請求項の数 3 (全 42 頁)

(21) 出願番号 特願2014-83351 (P2014-83351)
 (22) 出願日 平成26年4月15日 (2014.4.15)
 (65) 公開番号 特開2014-225006 (P2014-225006A)
 (43) 公開日 平成26年12月4日 (2014.12.4)
 審査請求日 平成29年4月11日 (2017.4.11)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-88181 (P2013-88181)
 (32) 優先日 平成25年4月19日 (2013.4.19)
 (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398番地
 (72) 発明者 山崎 舜平
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 審査官 鈴木 俊光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画素電極を有する表示素子と、
 前記表示素子と重ねて配置されたMEMSシャッターと、
 前記MEMSシャッターと電気的に接続された制御回路とを有し、
 前記制御回路は、第1のトランジスタと、容量素子とを有し、
 前記第1のトランジスタは、酸化物半導体膜を有し、
 前記容量素子は、第1の導電膜と、第2の導電膜とを有し、
 前記第1の導電膜は、前記画素電極として機能する領域を有し、
 前記第2の導電膜は、前記酸化物半導体膜と同層に設けられることを特徴とする表示装置。 10

【請求項 2】

請求項1において、
 前記酸化物半導体膜上の酸化物絶縁膜と、
 前記酸化物絶縁膜上の窒化物絶縁膜と、を有し、
 前記酸化物絶縁膜は、開口部を有し、
 前記窒化物絶縁膜は、前記開口部を介して前記第1の導電膜と接する領域を有し、
 前記窒化物絶縁膜は、前記容量素子の誘電体膜として機能する領域を有することを特徴とする表示装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、
前記第 2 の導電膜および前記酸化物半導体膜は、In、Ga、及びZnを含むことを特徴とする表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、微小構造体であるMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を応用したメカニカルシャッター（以下「MEMSシャッター」という。）を用いた表示装置が注目されている。MEMSシャッターを用いた表示装置は、画素ごとに設けたMEMSシャッターを、トランジスタを用いて高速で開閉することによって表示を行う（例えば、特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2008-197668号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

MEMSシャッターを用いた表示装置のような機械的に作動させる表示装置において、画像の品質の改良や消費電力の削減のために、高速動作かつ低消費電力で駆動することが求められている。

【0005】

そこで、本発明の一態様は、高速動作かつ低消費電力で駆動することができる表示装置を提供することを課題の一とする。

【0006】

また、デバイス素子の高密度集積化に伴い、個々の素子の微細化が必要となってきた。このような問題を鑑み、占有面積が小さく、微細化を達成した表示装置を提供することを課題の一とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を鑑み、本発明の一態様では、MEMSシャッターのような遮光手段を制御するスイッチング素子の一部に酸化物半導体を含むトランジスタを用いる。また、データ保持に用いる容量素子を該トランジスタの作製工程で形成する。このように容量素子を形成すると、容量素子上の段差を小さくすることができ、たとえば、容量素子上に遮光手段の一部が重畠し、占有面積が小さく、微細化を達成した表示装置を作製することができる。具体的な構成は以下の通りである。

【0008】

本発明の一態様は、支持体と、画素を有する表示部と、支持体内に設けられた、画素の少なくとも一部と重畠するように第1の開口部が設けられた遮光層と第1の開口部を遮光する可動遮光層を含む遮光手段と、遮光手段と電気的に接続し、酸化物半導体膜を含む第1のトランジスタと、第1のトランジスタと電気的に接続する容量素子と、を有し、容量素子は、酸化物半導体膜と同一表面上に形成される第1の導電膜と、第1のトランジスタを覆い、かつ第1の導電膜上に第2の開口部が設けられた酸化物絶縁膜と、酸化物絶縁膜上で、かつ第2の開口部において第1の導電膜に接する窒化物絶縁膜と、第1のトランジスタと電気的に接続し、かつ窒化物絶縁膜上の第2の導電膜と、を有することを特徴とする表示装置である。

【0009】

10

20

30

40

50

また、上記構成において、第1のトランジスタは、ゲート電極と、ゲート電極に接するゲート絶縁膜と、ゲート絶縁膜に接する酸化物半導体膜と、酸化物半導体膜に接する一対の導電膜と、を有し、第1の導電膜は、ゲート絶縁膜に接する。

【0010】

また、上記構成において、第1の導電膜および酸化物半導体膜は、In、Ga、若しくはZnを含む。

【0011】

また、上記構成において、遮光手段は、MEMSシャッターである。

【0012】

また、上記構成において、第1のトランジスタおよび容量素子と重畠し、電気的に接続する第2のトランジスタを有し、第2のトランジスタは、半導体材料を含む基板に設けられている。10

【発明の効果】

【0013】

本発明の一態様より、高速動作かつ低消費電力で駆動することができる表示装置を提供することができる。さらに、占有面積が小さく、微細化を達成した表示装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】表示装置を説明する斜投影図。

20

【図2】表示装置の等角投影図。

【図3】表示装置におけるシャッターを説明する斜視図。

【図4】表示装置内の制御回路の概略図。

【図5】半導体装置の一形態を説明する断面図。

【図6】半導体装置の作製方法の一形態を説明する断面図。

【図7】半導体装置の作製方法の一形態を説明する断面図。

【図8】半導体装置の作製方法の一形態を説明する断面図。

【図9】半導体装置の作製方法の一形態を説明する断面図。

【図10】半導体装置の作製方法の一形態を説明する断面図。

【図11】トランジスタの一形態を説明する断面図。

30

【図12】トランジスタの一形態を説明する断面図。

【図13】トランジスタの一形態を説明する断面図。

【図14】トランジスタの一形態を説明する断面図。

【図15】トランジスタの一形態を説明する断面図。

【図16】トランジスタの一形態を説明する断面図。

【図17】半導体装置の一形態を説明する断面図。

【図18】半導体装置の一形態を説明する断面図。

【図19】表示装置を用いた電子機器を説明する図。

【図20】表示装置を用いた電子機器を説明する図。

【発明を実施するための形態】

40

【0015】

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。従って、本発明は、以下に示す実施の形態および実施例の記載内容に限定して解釈されるものではない。また、以下に説明する実施の形態において、同一部分または同様の機能を有する部分には、同一の符号または同一のハッチパターンを異なる図面間で共通して用い、その繰り返しの説明は省略する。

【0016】

なお、本明細書で説明する各図において、各構成の大きさ、膜の厚さ、または領域は、

50

明瞭化のために誇張されている場合がある。よって、必ずしもそのスケールに限定されない。

【0017】

また、本明細書にて用いる第1、第2、第3などの用語は、構成要素の混同を避けるために付したものであり、数的に限定するものではない。そのため、例えば、「第1の」を「第2の」または「第3の」などと適宜置き換えて説明することができる。

【0018】

また、「ソース」や「ドレン」の機能は、回路動作において電流の方向が変化する場合などには入れ替わることがある。このため、本明細書においては、「ソース」や「ドレン」という用語は、入れ替えて用いることができるものとする。

10

【0019】

また、電圧とは2点間における電位差のことをいい、電位とはある一点における静電場の中にある単位電荷が持つ静電エネルギー（電気的な位置エネルギー）のことをいう。ただし、一般的に、ある一点における電位と基準となる電位（例えば接地電位）との電位差のことを、単に電位もしくは電圧と呼び、電位と電圧が同義語として用いられることが多い。このため、本明細書では特に指定する場合を除き、電位を電圧と読み替えてよいし、電圧を電位と読み替えてよいこととする。

【0020】

また、「電気的に接続」には、「何らかの電気的作用を有するもの」を介して接続されている場合が含まれる。ここで、「何らかの電気的作用を有するもの」は、接続対象間での電気信号の授受を可能とするものであれば、特に制限はない。

20

【0021】

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

【0022】

（実施の形態1）

本実施の形態では、本発明の一態様である半導体装置について図面を用いて説明する。

【0023】

図1は、半導体装置の一例として表示装置の構成を模式的に示した図である。図1に示す表示装置100は、表示部102と、シャッター状の遮光手段104を有する。

30

【0024】

シャッター状の遮光手段104は、遮光状態と透過状態を切り替えることができる。なお、遮光手段104は上記遮光状態と透過状態を切り替えることができる機構を有すればよく、例えば、開口部を有する遮光層と当該開口部を遮光することができる可動遮光層からなるシャッターなどを用いることができる。

【0025】

図2は、表示装置100の具体的な等角投影図である。表示装置100は、行および列内に配置された複数の支持体106a乃至支持体106d（総称して支持体106ともいう）を有する。支持体106は、遮光手段104と、開口部112とを有する。また、支持体106aは画素102aに対応している。支持体106b乃至支持体106dにおいても同様にそれぞれ画素102b乃至画素102dに対応している。なお、表示部102は、画素102a乃至画素102dで構成されている。また、支持体106そのものは透光性を有している。特定の画素に対応する色固有の支持体106のうちの1つ以上を選択的に透過状態にすることによって、表示装置100は、カラーの画素を生成することができる。

40

【0026】

また、表示部102は、パッシブマトリクス型としてもよいし、トランジスタによって素子の駆動が制御されるアクティブマトリクス型としてもよい。いずれの場合においても

50

、各画素と電気的に接続される配線を格子状に設ける必要がある。開口率の向上を図る点において、表示部の配線として用いる導電膜としては透光性を有する導電材料が好ましい。

【0027】

また、表示部102をアクティブマトリクス型とする場合、トランジスタも透光性を有する材料で形成するのが好ましい。トランジスタに用いる透光性を有する半導体膜としては、酸化物半導体膜を用いるのが好ましい。当該酸化物半導体膜としては、In-Sn-Ga-Zn酸化物や、In-Ga-Zn酸化物、In-Sn-Zn酸化物、In-Al-Zn酸化物、Sn-Ga-Zn酸化物、Al-Ga-Zn酸化物、Sn-Al-Zn酸化物や、In-Zn酸化物、Sn-Zn酸化物などが用いられる。

10

【0028】

遮光手段104は、MEMS技術を用いて形成するMEMSシャッターである。遮光手段104は、MEMS構造体部とMEMS駆動素子部とを設ける。MEMS構造体部は、3次元的な立体構造を有し、かつ一部が可動する微小構造体であるシャッターを複数有する。

【0029】

また、MEMS構造体部には、遮光層および可動遮光層の他に可動遮光層を基板平面に平行にスライドさせるためのアクチュエータや、可動遮光層を支持する構造体などが含まれる。また、MEMSシャッターの構造例の詳細については後で記載する。

【0030】

また、アクチュエータを介して可動遮光層を駆動させるトランジスタがMEMS駆動素子部に形成される。MEMS駆動素子部に用いるトランジスタは透光性を有する材料で形成されることが好ましく、表示部102で用いるトランジスタと同様のものを用いることができる。また、MEMS駆動素子部の配線として用いる導電膜としては透光性を有する導電材料が好ましい。

20

【0031】

また、各支持体106は、走査線114、信号線116、電源線118と電気的に接続され、これらの配線から供給される電位に応じて、遮光手段104の遮光状態と透過状態を切り替える。

【0032】

30

次に、遮光手段104として用いることのできるMEMSシャッターの構造例について図3を用いて説明する。

【0033】

図3は、シャッター300である。シャッター300は、アクチュエータ311に結合された可動遮光層302を有する。アクチュエータ311は開口部304を有する遮光層（図面が煩雑となるため図示せず）上に設けられており、2つの柔軟性を有するアクチュエータ315を有する。可動遮光層302の一方の辺は、アクチュエータ315と電気的に接続されている。アクチュエータ315は、可動遮光層302を、構造体323と構造体327とを結ぶ線分の方向に移動させる機能を有する。

【0034】

40

アクチュエータ315は、可動遮光層302および構造体319と電気的に接続する可動電極321と、構造体323と電気的に接続する可動電極325とを有する。可動電極325は、可動電極321に隣接しており、可動電極325の一端は構造体323と電気的に接続し、他端は自由に動くことができる。また、可動電極325の自由に動くことが可能な端部は、可動電極321および構造体319の接続部で最も近くなるように、湾曲している。

【0035】

可動遮光層302の他方の辺は、アクチュエータ311によって及ぼされた力に対抗する復元力を有するスプリング317に接続されている。スプリング317は構造体327に接続されている。

50

【0036】

構造体319、構造体323、構造体327は、開口部304を有する遮光層の表面の近傍において、可動遮光層302、アクチュエータ315、およびスプリング317を、浮遊させる機械的支持体として機能する。

【0037】

可動遮光層302の下方には、遮光層で囲まれる開口部304が設けられる。なお、可動遮光層302および開口部304の形状はこれに限られるものではない。

【0038】

シャッター300に含まれる構造体323は、トランジスタ(図示せず)と電気的に接続する。当該トランジスタは、可動遮光層を駆動するためのトランジスタである。これにより、構造体323に接続される可動電極325に、トランジスタを介して任意の電圧を印加することができる。また、構造体319、構造体327は、それぞれ接地電極(GND)と接続する。このため、構造体319に接続する可動電極321、および構造体327に接続するスプリング317の電位は、GNDとなっている。なお、構造体319、構造体327は、任意の電圧を印加できる共通電極と電気的に接続されてもよい。また、構造体319、構造体327をアクチュエータ311に置き換えて2つのアクチュエータ311をもつシャッターとしてもよい。

10

【0039】

可動電極325に電圧が印加されると、可動電極325と可動電極321との間の電位差により、可動電極321および可動電極325が電気的に引き寄せあう。この結果、可動電極321に接続する可動遮光層302が、構造体323の方へ引きよせられ、構造体323の方へ移動する。可動電極321はスプリングとして働くため、可動電極321と可動電極325との間の電位差が除去されると、可動電極321は、可動電極321に蓄積された応力を解放しながら、可動遮光層302をその初期位置に押し戻す。なお、可動電極321が可動電極325に引き寄せられている状態で、開口部304が可動遮光層302に塞がれるように設定してもよいし、逆に開口部304上に可動遮光層302が重ならないように設定してもよい。

20

【0040】

シャッター300の作製方法について、以下に説明する。開口部304を有する遮光層上にフォトリソグラフィ工程により所定の形状を有する犠牲層を形成する。犠牲層としては、ポリイミド、アクリル等の有機樹脂、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン等の無機絶縁膜等で形成することができる。なお、本明細書などにおいて、酸化窒化シリコンとは、その組成として、窒素よりも酸素の含有量が多いものを指し、窒化酸化シリコンとは、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多いものを指すものとする。ここで、酸素および窒素の含有量は、ラザフォード後方散乱法(RBS: Rutherford Backscattering Spectrometry)または水素前方散乱法(HFS: Hydrogen Forward scattering Spectrometry)を用いて測定するものとする。

30

【0041】

次に、犠牲層上に印刷法、スパッタリング法、蒸着法等により遮光性を有する材料を形成した後、選択的にエッチングをしてシャッター300を形成する。遮光性を有する材料としては例えば、クロム、モリブデン、ニッケル、チタン、銅、タンゲステン、タンタル、ネオジム、アルミニウム、シリコンなどの金属、合金または酸化物などを用いることができる。または、インクジェット法によりシャッター300を形成する。シャッター300は、厚さ100nm以上5μm以下で形成することが好ましい。

40

【0042】

次に、犠牲層を除去することで、空間において可動式のシャッター300を形成することができる。なお、この後、シャッター300の表面を酸素プラズマ、熱酸化等で酸化し、酸化膜を形成することが好ましい。または、原子層蒸着法、CVD法により、シャッター300の表面に、アルミナ、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸

50

化シリコン、DLC (Diamond-Like Carbon) 等の絶縁膜を形成することが好ましい。当該絶縁膜をシャッター300に設けることで、シャッター300の経年劣化を低減することができる。

【0043】

次に、遮光手段を含む制御回路200について図4を用いて説明する。

【0044】

図4は、表示装置内の制御回路200の概略図である。制御回路200は、遮光手段を遮光状態にするアクチュエータと透過状態にするアクチュエータを有するシャッターを含む支持体206内の画素のアレイを制御する。アレイ内の画素は、それぞれが実質的に正方形の形状であり、ピッチ、すなわち、画素間の距離は、 $180\text{ }\mu\text{m}$ 乃至 $200\text{ }\mu\text{m}$ である。
10

【0045】

制御回路200は、各行の各画素について、走査線204を有し、各列の各画素について、第1の信号線208aおよび第2の信号線208bを有する。第1の信号線208aは、遮光手段を透過状態にする信号を供給し、第2の信号線208bは、遮光手段を遮光状態にする信号を供給する。制御回路200は、さらに、充電線212と、作動線214と、共通電源線215とを有する。これらの充電線212、作動線214および共通電源線215は、アレイ内の複数行および複数列内の画素間で共有される。

【0046】

各画素を含む支持体206は、遮光手段を透過状態にするために充電するトランジスタ216と、遮光手段を透過状態にするために放電するトランジスタ218と電気的に接続し、トランジスタ218は、遮光手段を透過状態にするためにデータを書き込むためのトランジスタ217と、容量素子219と電気的に接続される。なお、トランジスタ216とトランジスタ218は、透過状態にするアクチュエータと電気的に接続されている。
20

【0047】

また、各画素を含む支持体206は、遮光手段を遮光状態にするために充電するトランジスタ220と、遮光手段を遮光状態にするために放電するトランジスタ222と電気的に接続し、トランジスタ222は、遮光手段を遮光状態にするためにデータを書き込むためのトランジスタ227と、容量素子229と電気的に接続される。なお、トランジスタ220とトランジスタ222は、遮光状態にするアクチュエータと電気的に接続されている。
30

【0048】

また、トランジスタ216、トランジスタ218、トランジスタ220およびトランジスタ222は、酸化物半導体以外の材料をチャネル領域に用いたトランジスタであり、十分な高速動作が可能である。

【0049】

さらに、トランジスタ217およびトランジスタ227は高純度化された酸化物半導体をチャネル領域として用いる。高純度化された酸化物半導体をチャネル領域として用いるトランジスタは、非導通状態となることによって、浮遊状態となるノード（たとえば、トランジスタ217と、トランジスタ218と、容量素子219）とが接続されたノード、トランジスタ222と、トランジスタ227と、容量素子229とが接続されたノード）においてデータを保持することができ、オフ電流が極めて小さい。オフ電流が極めて小さいため、リフレッシュ動作が不要となるか、または、リフレッシュ動作の頻度を極めて低くすることが可能となるため、消費電力を十分に低減することができる。
40

【0050】

実際、酸化物半導体によって形成されたチャネルの幅Wが 1 m のトランジスタのオフ電流を測定した結果、ドレイン電圧VDが $+1\text{ V}$ または $+10\text{ V}$ の場合、ゲート電圧VGが -5 V から -20 V の範囲では、トランジスタのオフ電流は検出限界である $1 \times 10^{-12}\text{ A}$ 以下、すなわち、単位チャネル幅($1\text{ }\mu\text{m}$)あたり 1 aA ($1 \times 10^{-18}\text{ A}$)以下となることがわかった。さらにより正確な測定を行った結果、室温(25)における
50

オフ電流は、ソース - ドレイン電圧が 4 V および 3.1 Vにおいて、それぞれ約 $40 \text{ zA} / \mu\text{m}$ (つまり、 $4 \times 10^{-20} \text{ A} / \mu\text{m}$)、 $10 \text{ zA} / \mu\text{m}$ ($1 \times 10^{-20} \text{ A} / \mu\text{m}$) 以下であることが分かった。85 においても、ソース - ドレイン電圧が 3.1 V では $100 \text{ zA} / \mu\text{m}$ ($1 \times 10^{-19} \text{ A} / \mu\text{m}$) 以下であることが分かった。

【0051】

このように、高純度化された酸化物半導体を用いたトランジスタではオフ電流が十分に小さいことが確認された。なお、オフ電流のより正確な測定に関しては、特開 2011-166130 号公報を参照されたい。

【0052】

また、トランジスタ 217 およびトランジスタ 227 の酸化物半導体膜と同一平面上に導電膜を形成し、該導電膜を容量素子 219 および容量素子 229 の電極の一方として用いる。このような導電膜を用いて形成した容量素子上は、段差が小さく、集積化しやすくなるため、表示装置を微細化することができる。たとえば、容量素子上に遮光手段の一部やトランジスタが重畠し、占有面積が小さく、微細化した表示装置を作製することができる。

10

【0053】

制御回路 200 は、最初に充電線 212 に電圧を印加する。充電線 212 はトランジスタ 216 およびトランジスタ 220 のそれぞれのゲートとドレインに接続されており、この電圧の印加によって、トランジスタ 216 およびトランジスタ 220 を導通させる。充電線 212 は、支持体 206 のシャッターの作動に必要な最小限の電圧（例えば 15 V）が印加される。遮光手段を遮光状態にするアクチュエータと透過状態にするアクチュエータが充電された後は、充電線 212 は 0 V になり、トランジスタ 216 およびトランジスタ 220 は非導通状態となる。両方のアクチュエータの電荷は、保持される。

20

【0054】

画素の各行は、走査線 204 に書き込み電圧 V_w を供給することによって、順に画素に書き込まれる。画素の特定の行が書き込まれている間、制御回路 200 は、データ電圧を画素の各列に対応した第 1 の信号線 208a または第 2 の信号線 208b の一方に印加する。書き込まれる行の走査線 204 への電圧 V_w の印加により、対応する行のトランジスタ 217 およびトランジスタ 227 は、導通する。トランジスタ 217 およびトランジスタ 227 が導通すると、第 1 の信号線 208a および第 2 の信号線 208b から供給される電荷は、容量素子 219 および容量素子 229 にそれぞれ保持される。

30

【0055】

制御回路 200 において、作動線 214 は、トランジスタ 218 およびトランジスタ 222 のそれぞれのソースに接続される。作動線 214 を共通電源線 215 の電位よりもかなり大きな電位にすることで、容量素子 219 および容量素子 229 にそれぞれ保持されている電荷に関わらず、トランジスタ 218 およびトランジスタ 222 が導通することはない。制御回路 200 における作動は、作動線 214 の電位を共通電源線 215 の電位以下にし、トランジスタ 218 またはトランジスタ 222 は、いずれかの容量素子 219 または容量素子 229 に保持されたデータの電荷によって導通 / 非導通が決まる。

40

【0056】

トランジスタ 218 またはトランジスタ 222 が導通する場合、遮光手段を遮光状態にするアクチュエータの電荷または透過状態にするアクチュエータの電荷はトランジスタ 218 またはトランジスタ 222 を介して流出する。たとえば、トランジスタ 218 のみを導通することによって、透過状態にするアクチュエータの電荷はトランジスタ 218 を介して作動線 214 に流出する。結果として、支持体 206 のシャッターと透過状態にするアクチュエータとの間に電位差が生じ、シャッターは透過状態にするアクチュエータのほうに電気的に引き寄せられ、透過状態となる。

【0057】

次に、制御回路 200 中においてスイッチング素子として用いるトランジスタと電荷を保持することができる容量素子の断面図を示す。ここでは、制御回路 200 中の半導体装

50

置であるトランジスタ 217 および容量素子 219 について図 5 を用いて説明する。

【0058】

基板 402 上には、画素部のトランジスタのゲート電極 404 が形成されている。基板 402 の材質などに大きな制限はないが、少なくとも、後の熱処理に耐えうる程度の耐熱性を有している必要がある。例えば、ガラス基板、セラミック基板、石英基板、サファイア基板等を、基板 402 として用いてもよい。また、SOI 基板等を適用することも可能であり、これらの基板上に半導体素子が設けられたものを、基板 402 として用いてもよい。なお、基板 402 として、ガラス基板を用いる場合、第 6 世代 ($1500\text{mm} \times 1850\text{mm}$)、第 7 世代 ($1870\text{mm} \times 2200\text{mm}$)、第 8 世代 ($2200\text{mm} \times 2400\text{mm}$)、第 9 世代 ($2400\text{mm} \times 2800\text{mm}$)、第 10 世代 ($2950\text{mm} \times 3400\text{mm}$) 等の大面積基板を用いることで、大型の液晶表示装置を作製することができる。10

【0059】

また、基板 402 として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、トランジスタを形成してもよい。または、基板 402 とトランジスタの間に剥離層を設けてもよい。剥離層は、その上に素子部を一部あるいは全部完成させた後、基板 402 より分離し、他の基板に転載するのに用いることができる。その際、トランジスタは耐熱性の劣る基板や可撓性の基板にも転載できる。

【0060】

ゲート電極 404 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、タンゲステンから選ばれた金属元素、または上述した金属元素を成分とする合金か、上述した金属元素を組み合わせた合金等を用いて形成することができる。また、マンガン、ジルコニウムのいずれか一または複数から選択された金属元素を用いてもよい。また、ゲート電極 404 は、単層構造でも、二層以上の積層構造としてもよい。例えば、シリコンを含むアルミニウム膜の単層構造、アルミニウム膜上にチタン膜を積層する二層構造、窒化チタン膜上にチタン膜を積層する二層構造、窒化チタン膜上にタンゲステン膜を積層する二層構造、窒化タンタル膜または窒化タンゲステン膜上にタンゲステン膜を積層する二層構造、チタン膜と、そのチタン膜上にアルミニウム膜を積層し、さらにその上にチタン膜を形成する三層構造等がある。また、アルミニウムに、チタン、タンタル、タンゲステン、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の膜、または複数組み合わせた合金膜、もしくは窒化膜を用いてもよい。2030

【0061】

また、ゲート電極 404 は、インジウム錫酸化物、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、インジウム亜鉛酸化物、酸化シリコンを添加したインジウム錫酸化物等の透光性を有する導電性材料を適用することもできる。また、上記透光性を有する導電性材料と、上記金属元素の積層構造とすることもできる。

【0062】

また、ゲート電極 404 とゲート絶縁膜の一部として機能する絶縁膜 405 との間に、In-Ga-Zn 系酸窒化物膜、In-Sn 系酸窒化物膜、In-Ga 系酸窒化物膜、In-Zn 系酸窒化物膜、Sn 系酸窒化物膜、In 系酸窒化物膜、金属窒化物膜 (InN、ZnN 等) 等を設けてもよい。これらの膜は 5eV 以上、好ましくは 5.5eV 以上の仕事関数を有し、酸化物半導体の電子親和力よりも大きい値であるため、酸化物半導体を用いたトランジスタのしきい値電圧をプラスにシフトすることができ、所謂ノーマリーオフ特性のスイッチング素子を実現できる。例えば、In-Ga-Zn 系酸窒化物膜を用いる場合、少なくとも酸化物半導体膜 408a より高い窒素濃度、具体的には 7 原子% 以上の In-Ga-Zn 系酸窒化物膜を用いる。40

【0063】

基板 402、およびゲート電極 404 上には、絶縁膜 405、絶縁膜 406 が形成されている。絶縁膜 405、絶縁膜 406 は、トランジスタ 217 のゲート絶縁膜としての機50

能を有する。

【0064】

絶縁膜405としては、例えば窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウム等の窒化物絶縁膜を用いて形成することが好ましい。

【0065】

絶縁膜406としては、例えば酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウムまたはGa-Zn系金属酸化物、窒化シリコンなどを用いればよく、積層または単層で設ける。また、絶縁膜406としては、ハフニウムシリケート($HfSi_xO_y$)、窒素が添加されたハフニウムシリケート、ハフニウムアルミネート($HfAl_xO_y$)、窒素が添加されたハフニウムアルミネート、酸化ハフニウム、酸化イットリウムなどのhigh-k材料を用いることでトランジスタのゲートリークを低減できる。
10

【0066】

絶縁膜405および絶縁膜406の合計の厚さは、5nm以上400nm以下、より好ましくは10nm以上300nm以下、より好ましくは50nm以上250nm以下とするとよい。

【0067】

絶縁膜406上には、酸化物半導体膜408a、導電膜408bが形成されている。酸化物半導体膜408aは、ゲート電極404と重畠する位置に形成され、トランジスタのチャネル領域として機能する。導電膜408bは、容量素子219の一方の電極として機能する。
20

【0068】

酸化物半導体膜408a、および導電膜408bは、代表的には、In-Ga酸化物、In-Zn酸化物、In-M-Zn酸化物(MはAl、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、またはHf)がある。

【0069】

なお、酸化物半導体膜408a、および導電膜408bがIn-M-Zn酸化物であるとき、ZnおよびOを除いてのInおよびMの原子数比率は、Inが25atomic%以上、Mが75atomic%未満、さらに好ましくはInが34atomic%以上、Mが66atomic%未満とする。
30

【0070】

酸化物半導体膜408a、および導電膜408bは、エネルギーギャップが2eV以上、好ましくは2.5eV以上、より好ましくは3eV以上である。このように、エネルギーギャップの広い酸化物半導体を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができる。

【0071】

酸化物半導体膜408a、および導電膜408bの厚さは、3nm以上200nm以下、好ましくは3nm以上100nm以下、さらに好ましくは3nm以上50nm以下とする。

【0072】

酸化物半導体膜408a、および導電膜408bとしてIn:Ga:Zn=1:1:1または3:1:2の原子数比のIn-Ga-Zn酸化物を用いることができる。なお、酸化物半導体膜408a、および導電膜408bの原子数比はそれぞれ、誤差として上記の原子数比のプラスマイナス20%の変動を含む。
40

【0073】

酸化物半導体膜408a、および導電膜408bは共に、ゲート絶縁膜上(ここでは、絶縁膜406上)に形成されるが、不純物濃度が異なる。具体的には、酸化物半導体膜408aと比較して、導電膜408bの不純物濃度が高い。例えば、酸化物半導体膜408aに含まれる水素濃度は、 5×10^{19} atoms/cm³未満、好ましくは 5×10^{18} atoms/cm³未満、好ましくは 1×10^{18} atoms/cm³以下、より好ま
50

しくは 5×10^{17} atoms / cm³ 以下、さらに好ましくは 1×10^{16} atoms / cm³ 以下であり、導電膜 408b に含まれる水素濃度は、 8×10^{19} atoms / cm³ 以上、好ましくは 1×10^{20} atoms / cm³ 以上、より好ましくは 5×10^{20} atoms / cm³ 以上である。また、酸化物半導体膜 408a と比較して、導電膜 408b に含まれる水素濃度は 2 倍、好ましくは 10 倍以上である。

【0074】

また、導電膜 408b は、酸化物半導体膜 408a より抵抗率が低い。導電膜 408b の抵抗率が、酸化物半導体膜 408a の抵抗率の 1×10^{-8} 倍以上 1×10^{-1} 倍以下であることが好ましく、代表的には 1×10^{-3} cm 以上 1×10^{-4} cm 未満、さらに好ましくは、抵抗率が 1×10^{-3} cm 以上 1×10^{-1} cm 未満であるとよい。

10

【0075】

酸化物半導体膜 408a において、第 14 族元素の一つであるシリコンや炭素が含まれると、酸化物半導体膜 408a において酸素欠損が増加し、n型化してしまう。このため、酸化物半導体膜 408a におけるシリコンや炭素の濃度（二次イオン質量分析法により得られる濃度）を、 2×10^{18} atoms / cm³ 以下、好ましくは 2×10^{17} atoms / cm³ 以下とする。

【0076】

また、酸化物半導体膜 408a において、二次イオン質量分析法により得られるアルカリ金属またはアルカリ土類金属の濃度を、 1×10^{18} atoms / cm³ 以下、好ましくは 2×10^{16} atoms / cm³ 以下にする。アルカリ金属およびアルカリ土類金属は、酸化物半導体と結合するとキャリアを生成する場合があり、トランジスタのオフ電流が増大してしまうことがある。このため、酸化物半導体膜 408a のアルカリ金属またはアルカリ土類金属の濃度を低減することが好ましい。

20

【0077】

また、酸化物半導体膜 408a に窒素が含まれていると、キャリアである電子が生じ、キャリア密度が増加し、n型化しやすい。この結果、窒素が含まれている酸化物半導体を用いたトランジスタはノーマリーオン特性となりやすい。従って、当該酸化物半導体膜において、窒素はできる限り低減されていることが好ましい、例えば、二次イオン質量分析法により得られる窒素濃度は、 5×10^{18} atoms / cm³ 以下にすることが好ましい。

30

【0078】

酸化物半導体膜 408a としては、キャリア密度の低い酸化物半導体膜を用いる。例えば、酸化物半導体膜 408a は、キャリア密度が 1×10^{17} 個 / cm³ 以下、好ましくは 1×10^{15} 個 / cm³ 以下、さらに好ましくは 1×10^{13} 個 / cm³ 以下、より好ましくは 1×10^{11} 個 / cm³ 以下の酸化物半導体膜を用いる。

【0079】

なお、これらに限らず、必要とするトランジスタの半導体特性および電気特性（電界効果移動度、しきい値電圧等）に応じて適切な組成のものを用いればよい。また、必要とするトランジスタの半導体特性を得るために、酸化物半導体膜 408a のキャリア密度や不純物濃度、欠陥密度、金属元素と酸素の原子数比、原子間距離、密度等を適切なものとすることが好ましい。

40

【0080】

酸化物半導体膜 408a は、絶縁膜 406 および絶縁膜 412 等の、酸化物半導体膜との界面特性を向上させることが可能な材料で形成される膜と接しているため、酸化物半導体膜 408a は、半導体として機能し、酸化物半導体膜 408a を有するトランジスタは、優れた電気特性を有する。

【0081】

なお、酸化物半導体膜 408a として、不純物濃度が低く、欠陥準位密度の低い酸化物半導体膜を用いることで、優れた電気特性を有するトランジスタを作製することができ好ましい。ここでは、不純物濃度が低く、欠陥準位密度の低い（酸素欠損の少ない）ことを

50

高純度真性または実質的に高純度真性とよぶ。高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体は、キャリア発生源が少ないため、キャリア密度を低くすることができる場合がある。従って、当該酸化物半導体膜にチャネル領域が形成されるトランジスタは、しきい値電圧がマイナスとなる電気特性（ノーマリーオンともいう）になることが少ない場合がある。また、高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、欠陥準位密度が低いため、トラップ準位密度も低くなる場合がある。また、高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、オフ電流が著しく小さく、チャネル幅が $1 \times 10^{-6} \mu\text{m}$ でチャネル長Lが $10 \mu\text{m}$ の素子であっても、ソース電極とドレイン電極間の電圧（ドレイン電圧）が 1V から 10V の範囲において、オフ電流が、半導体パラメータアナライザの測定限界以下、すなわち $1 \times 10^{-13}\text{A}$ 以下という特性を得ることができる。10

【0082】

一方、導電膜408bは、開口部462（図8（A）参照）において窒化絶縁膜で形成される絶縁膜414と接する。絶縁膜414（図8（C）参照）は、外部からの不純物、例えば、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等が、酸化物半導体膜へ拡散するのを防ぐ材料で形成される膜であり、さらには水素を含む。このため、絶縁膜414の水素が酸化物半導体膜408aと同時に形成された酸化物半導体膜に拡散すると、該酸化物半導体膜において水素は酸素と結合し、キャリアである電子を生成する。また、絶縁膜414をプラズマCVD法またはスパッタリング法で成膜すると、酸化物半導体膜がプラズマに曝され、酸素欠損が生成される。当該酸素欠損に絶縁膜414に含まれる水素が入ることで、キャリアである電子を生成する。この結果、酸化物半導体膜は、導電性が高くなり導体として機能する。即ち、導電性の高い酸化物半導体膜や導電性の高い金属酸化膜ともいえる。ここでは、酸化物半導体膜408aと同様の材料を主成分とし、導電性が高められた金属酸化膜を、導電膜408bとよぶ。20

【0083】

ただし、本発明の実施形態の一態様は、これに限定されず、導電膜408bは、場合によつては、絶縁膜414と接していないことも可能である。

【0084】

また、本発明の実施形態の一態様は、これに限定されず、導電膜408bは、場合によつては、酸化物半導体膜408aと別々の工程で形成されてもよい。その場合には、導電膜408bは、酸化物半導体膜408aと、異なる材質を有していても良い。例えば、導電膜408bは、インジウム錫酸化物、酸化タンクスチタンを含むインジウム酸化物、酸化タンクスチタ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、酸化シリコンを含むインジウム錫酸化物等を用いて形成してもよい。40

【0085】

本実施の形態に示す半導体装置は、トランジスタの半導体膜と同時に、容量素子の一方となる電極を形成する。また、画素電極として機能する導電膜を容量素子の他方の電極として用いる。これらのため、容量素子を形成するために、新たに導電膜を形成する工程が不要であり、半導体装置の作製工程を削減できる。また、一対の電極が透光性を有するため、容量素子は透光性を有する。この結果、容量素子の占有面積を大きくしつつ、画素の開口率を高めることができる。

【0086】

また、酸化物半導体膜の構造について説明する。

【0087】

50

酸化物半導体膜は、単結晶酸化物半導体膜と非単結晶酸化物半導体膜とに大別される。非単結晶酸化物半導体膜とは、非晶質酸化物半導体膜、微結晶酸化物半導体膜、多結晶酸化物半導体膜、CAAC-OS(C Axis Aligned Crystalline Oxide Semiconductor)膜などをいう。

【0088】

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

【0089】

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

【0090】

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

10

20

【0091】

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

【0092】

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

30

【0093】

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

【0094】

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

【0095】

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

40

【0096】

一方、CAAC-OS膜に対し、c軸に垂直な方向からX線を入射させるin-plane法による解析では、2θが56°近傍にピークが現れる場合がある。このピークは、InGaZnO₄の結晶の(110)面に帰属される。InGaZnO₄の単結晶酸化物半導体膜であれば、2θを56°近傍に固定し、試料面の法線ベクトルを軸(c軸)とし

50

て試料を回転させながら分析（スキャン）を行うと、(110)面と等価な結晶面に帰属されるピークが6本観察される。これに対し、CAC-OS膜の場合は、2を56°近傍に固定してスキャンした場合でも、明瞭なピークが現れない。

【0097】

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

【0098】

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

10

【0099】

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

20

【0100】

なお、InGaN₄の結晶を有するCAC-OS膜のout-of-plane法による解析では、2が31°近傍のピークの他に、2が36°近傍にもピークが現れる場合がある。2が36°近傍のピークは、CAC-OS膜中の一部に、c軸配向性を有さない結晶が含まれることを示している。CAC-OS膜は、2が31°近傍にピークを示し、2が36°近傍にピークを示さないことが好ましい。

【0101】

CAC-OS膜を用いたトランジスタは、可視光や紫外光の照射による電気特性の変動が小さい。よって、当該トランジスタは、信頼性が高い。

【0102】

30

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

【0103】

導電膜410a、導電膜410bは、導電材料として、アルミニウム、チタン、クロム、ニッケル、銅、イットリウム、ジルコニア、モリブデン、銀、タンタル、またはタンゲステンからなる単体金属、またはこれを主成分とする合金を単層構造または積層構造として用いる。例えば、シリコンを含むアルミニウム膜の単層構造、アルミニウム膜上にチタン膜を積層する二層構造、タンゲステン膜上にチタン膜を積層する二層構造、銅-マグネシウム-アルミニウム合金膜上に銅膜を積層する二層構造、チタン膜または窒化チタン膜と、そのチタン膜または窒化チタン膜上に重ねてアルミニウム膜または銅膜を積層し、さらにその上にチタン膜または窒化チタン膜を形成する三層構造、モリブデン膜または窒化モリブデン膜と、そのモリブデン膜または窒化モリブデン膜上に重ねてアルミニウム膜または銅膜を積層し、さらにその上にモリブデン膜または窒化モリブデン膜を形成する三層構造等がある。なお、酸化インジウム、酸化錫または酸化亜鉛を含む透明導電材料を用いてもよい。

40

【0104】

絶縁膜406、酸化物半導体膜408a、導電膜408b、および導電膜410a、導電膜410b上には、絶縁膜412、絶縁膜414が形成されている。絶縁膜412は、絶縁膜406と同様に、酸化物半導体膜との界面特性を向上させることができると可能な材料を用いることが好ましく、酸化物絶縁膜を用いて形成することができる。ここでは、絶縁膜4

50

12としては、絶縁膜412a、絶縁膜412bを積層して形成する。

【0105】

絶縁膜412aは、酸素を透過する酸化物絶縁膜である。なお、絶縁膜412aは、後に形成する絶縁膜412bを形成する際の、酸化物半導体膜408a、および導電膜408bへのダメージ緩和膜としても機能する。

【0106】

絶縁膜412aとしては、厚さが5nm以上150nm以下、好ましくは5nm以上50nm以下の酸化シリコン、酸化窒化シリコン等を用いることができる。

【0107】

また、絶縁膜412aは、欠陥量が少ないことが好ましく、代表的には、ESR測定により、シリコンのダングリングボンドに由来する $g = 2.001$ に現れる信号のスピントラップ密度が $3 \times 10^{17} \text{ spins/cm}^3$ 以下であることが好ましい。これは、絶縁膜412aに含まれる欠陥密度が多いと、当該欠陥に酸素が結合してしまい、絶縁膜412aにおける酸素の透過量率が減少してしまうためである。10

【0108】

また、絶縁膜412aと酸化物半導体膜408a、および導電膜408bとの界面における欠陥量が少ないことが好ましく、代表的には、ESR測定により、酸化物半導体膜408a、および導電膜408bの欠陥に由来する $g = 1.93$ に現れる信号のスピントラップ密度が $1 \times 10^{17} \text{ spins/cm}^3$ 以下、さらには検出下限以下であることが好ましい。20

【0109】

なお、絶縁膜412aにおいては、外部から絶縁膜412aに入った酸素が全て絶縁膜412aの外部に移動せず、絶縁膜412aにとどまる酸素もある。また、絶縁膜412aに酸素が入ると共に、絶縁膜412aに含まれる酸素が絶縁膜412aの外部へ移動することで絶縁膜412aにおいて酸素の移動が生じる場合もある。20

【0110】

絶縁膜412aとして酸素を透過する酸化物絶縁膜を形成すると、絶縁膜412a上に設けられる絶縁膜412bから脱離する酸素を、絶縁膜412aを介して酸化物半導体膜408a、および導電膜408bに移動させることができる。

【0111】

絶縁膜412aに接するように絶縁膜412bが形成されている。絶縁膜412bは、化学量論組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化物絶縁膜を用いて形成する。化学量論組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化物絶縁膜は、加熱により酸素の一部が脱離する。化学量論組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化物絶縁膜は、TDS分析にて、酸素原子に換算しての酸素の脱離量が $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、好ましくは $3.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上である酸化物絶縁膜である。30

【0112】

絶縁膜412bとしては、厚さが30nm以上500nm以下、好ましくは50nm以上400nm以下の、酸化シリコン、酸化窒化シリコン等を用いることができる。

【0113】

また、絶縁膜412bは、欠陥量が少ないことが好ましく、代表的には、ESR測定により、シリコンのダングリングボンドに由来する $g = 2.001$ に現れる信号のスピントラップ密度が $1.5 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ 未満、更には $1 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ 以下であることが好ましい。なお、絶縁膜412bは、絶縁膜412aと比較して酸化物半導体膜408a、および導電膜408bから離れているため、絶縁膜412aより、欠陥密度が多くともよい。40

【0114】

絶縁膜414として、酸素、水素、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等のプロッキング効果を有する窒化物絶縁膜を設けることで、酸化物半導体膜408a、および導電膜408bからの酸素の外部への拡散を防ぐことができる。窒化物絶縁膜としては、窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウム等がある。50

【0115】

なお、酸素、水素、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等のプロッキング効果を有する窒化物絶縁膜上に、酸素、水素、水等のプロッキング効果を有する酸化物絶縁膜を設けてもよい。酸素、水素、水等のプロッキング効果を有する酸化物絶縁膜としては、酸化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、酸化ガリウム、酸化窒化ガリウム、酸化イットリウム、酸化窒化イットリウム、酸化ハフニウム、酸化窒化ハフニウム等がある。また、容量素子の電荷容量を制御するため、酸素、水素、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等のプロッキング効果を有する窒化物絶縁膜上に窒化物絶縁膜または酸化物絶縁膜を適宜設けてもよい。

【0116】

10

また、絶縁膜414上には導電膜416が形成されている。導電膜416は、開口部464(図8(C)参照)において導電膜410bと電気的に接続され、画素の画素電極としての機能を有する。また、導電膜416は、容量素子の一対の電極の一方として機能することができる。

【0117】

導電膜416としては、酸化タンクステンを含むインジウム酸化物、酸化タンク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、ITO、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材料を用いることができる。

【0118】

20

配向膜418としては、ポリイミド等の有機樹脂を用いることができる。配向膜418の膜厚は、40nm以上100nm以下、さらには50nm以上90nm以下とすることが好ましい。このような膜厚とすることで、液晶材料のプレチルト角を大きくすることができます。液晶材料のプレチルト角を大きくすることで、ディスクリネーションを低減することができる。

【0119】

また、一対の基板(基板402と基板442)間に液晶素子422が挟持されている。

【0120】

液晶素子422は、基板402の上方の導電膜416と、配向膜418、配向膜452と、液晶層420と、導電膜450と、を有する。なお、透光性を有する導電膜416は、液晶素子422の一方の電極として機能し、導電膜450は、液晶素子422の他方の電極として機能する。なお、図示しないが液晶素子422を駆動するトランジスタは別途設けられている。

30

【0121】

また、基板442上には、有色性を有する膜(以下、有色膜446という)が形成されている。有色膜446は、カラーフィルタとしての機能を有する。また、有色膜446に隣接する遮光膜444が基板442上に形成される。遮光膜444は、ブラックマトリクスとして機能する。また、有色膜446は、必ずしも設ける必要はなく、例えば、液晶表示装置が白黒の場合等によって、有色膜446を設けない構成としてもよい。

【0122】

40

有色膜446としては、特定の波長帯域の光を透過する有色膜であればよく、例えば、赤色の波長帯域の光を透過する赤色(R)のカラーフィルタ、緑色の波長帯域の光を透過する緑色(G)のカラーフィルタ、青色の波長帯域の光を透過する青色(B)のカラーフィルタなどを用いることができる。

【0123】

遮光膜444としては、特定の波長帯域の光を遮光する機能を有していればよく、金属膜または黒色顔料等を含んだ有機絶縁膜などを用いることができる。

【0124】

また、有色膜446上には、絶縁膜448が形成されている。絶縁膜448は、平坦化層としての機能、または有色膜446が含有しうる不純物を液晶素子側へ拡散するのを抑

50

制する機能を有する。

【0125】

また、絶縁膜448上には、導電膜450が形成されている。導電膜450は、画素部の液晶素子が有する一対の電極の他方としての機能を有する。なお、導電膜416上には、配向膜418が形成され、導電膜450上には、配向膜452が形成されている。

【0126】

また、導電膜416と導電膜450との間には、液晶層420が形成されている。また、液晶層420は、シール材(図示しない)を用いて、基板402と基板442の間に封止されている。なお、シール材は、外部からの水分等の入り込みを抑制するために、無機材料と接触する構成が好ましい。

10

【0127】

また、導電膜416と導電膜450との間に液晶層420の厚さ(セルギャップともいう)を維持するスペーサを設けてもよい。

【0128】

図5に示す液晶表示装置に示す基板402上に設けられた素子部の作製方法について、図6乃至図9を用いて説明する。なお、ここでは、基板402上に設けられた素子部としては、基板402と配向膜418に挟まれた領域のことをさす。

【0129】

まず、基板402を準備する。ここでは、基板402としてガラス基板を用いる。

【0130】

次に、基板402上に導電膜を形成し、該導電膜を所望の領域に加工することで、ゲート電極404を形成する。なお、ゲート電極404の形成は、所望の領域に第1のパターニングによるマスクの形成を行い、該マスクに覆われていない領域をエッチングすることで形成することができる。(図6(A)参照)。

20

【0131】

また、ゲート電極404としては、代表的には、蒸着法、CVD法、スパッタリング法、スピノコート法等を用いて形成することができる。

【0132】

次に、基板402、およびゲート電極404上に、絶縁膜405を形成し、絶縁膜405上に絶縁膜406を形成する。

30

【0133】

絶縁膜405および絶縁膜406は、スパッタリング法、CVD法等により形成することができる。なお、絶縁膜405および絶縁膜406は、真空中で連続して形成すると不純物の混入が抑制され好ましい。

【0134】

次に、絶縁膜406上に酸化物半導体膜407を形成する(図6(B)参照)。

【0135】

酸化物半導体膜407は、スパッタリング法、塗布法、パルスレーザー蒸着法、レーザープレーション法などを用いて形成することができる。

【0136】

次に、酸化物半導体膜407を所望の領域に加工することで、島状の、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cを形成する。なお、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cの形成は、所望の領域に第2のパターニングによるマスクの形成を行い、該マスクに覆われていない領域をエッチングすることで形成することができる。エッチングとしては、ドライエッティング、ウエットエッティング、または双方を組み合わせたエッティングを用いることができる(図6(C)参照)。

40

【0137】

なお、この後、加熱処理を行って、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cに含まれる水素、水等を脱離させ、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cに含まれる水素濃度および水濃度を低減してもよい。この結果、高純度化された酸化物半導

50

体膜 4 0 8 a、酸化物半導体膜 4 0 8 c を形成することができる。該加熱処理の温度は、代表的には、250 以上 650 以下、好ましくは 300 以上 500 以下とする。なお、該加熱処理の温度を、代表的には、300 以上 400 以下、好ましくは 320 以上 370 以下とすることで、大面積基板においても基板の反りやシクリンクを低減することが可能であり、歩留まりが向上する。

【0138】

当該加熱処理は、電気炉、RTA 装置等を用いることができる。RTA 装置を用いることで、短時間に限り、基板の歪み点以上の温度で熱処理を行うことができる。そのため加熱処理時間を短縮することが可能であり、加熱処理中の基板の反りを低減することが可能であり、大面積基板において特に好ましい。

10

【0139】

また、加熱処理は、窒素、酸素、超乾燥空気（水の含有量が 20 ppm 以下、好ましくは 1 ppm 以下、好ましくは 10 ppb 以下の空気）、または希ガス（アルゴン、ヘリウム等）の雰囲気下で行えばよい。なお、上記窒素、酸素、超乾燥空気、または希ガスに水素、水等が含まれないことが好ましい。また、窒素または希ガス雰囲気で加熱処理した後、酸素または超乾燥空気雰囲気で加熱してもよい。この結果、酸化物半導体膜中に含まれる水素、水等を脱離させると共に、酸化物半導体膜中に酸素を供給することができる。この結果、酸化物半導体膜中に含まれる酸素欠損量を低減することができる。

【0140】

次に、絶縁膜 4 0 6、および酸化物半導体膜 4 0 8 a、酸化物半導体膜 4 0 8 c 上に導電膜 4 0 9 を形成する（図 7 (A) 参照）。

20

【0141】

導電膜 4 0 9 としては、例えば、スパッタリング法を用いて形成することができる。

【0142】

次に、導電膜 4 0 9 を所望の領域に加工することで、導電膜 4 1 0 a、導電膜 4 1 0 b を形成する。なお、導電膜 4 1 0 a、導電膜 4 1 0 b の形成は、所望の領域に第 3 のパターニングによるマスクの形成を行い、該マスクに覆われていない領域をエッチングすることで、形成することができる（図 7 (B) 参照）。

【0143】

次に、絶縁膜 4 0 6、酸化物半導体膜 4 0 8 a、酸化物半導体膜 4 0 8 c、および導電膜 4 1 0 a、導電膜 4 1 0 b 上を覆うように、絶縁膜 4 1 1 a、絶縁膜 4 1 1 b が積層された絶縁膜 4 1 1 を形成する（図 7 (C) 参照）。

30

【0144】

なお、絶縁膜 4 1 1 a を形成した後、大気に曝すことなく、連続的に絶縁膜 4 1 1 b を形成することが好ましい。絶縁膜 4 1 1 a を形成した後、大気開放せず、原料ガスの流量、圧力、高周波電力および基板温度の一以上を調整して、絶縁膜 4 1 1 b を連続的に形成することで、絶縁膜 4 1 1 a、絶縁膜 4 1 1 b における界面の大気成分由来の不純物濃度を低減することができると共に、絶縁膜 4 1 1 b に含まれる酸素を酸化物半導体膜 4 0 8 a、酸化物半導体膜 4 0 8 c に移動させることができあり、酸化物半導体膜 4 0 8 a、酸化物半導体膜 4 0 8 c の酸素欠損量を低減することができる。

40

【0145】

絶縁膜 4 1 1 a としては、プラズマ CVD 装置の真空排気された処理室内に載置された基板を 180 以上 400 以下、好ましくは 200 以上 370 以下に保持し、処理室に原料ガスを導入して処理室内における圧力を 20 Pa 以上 250 Pa 以下、さらに好ましくは 100 Pa 以上 250 Pa 以下とし、処理室内に設けられる電極に高周波電力を供給する条件により、酸化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜を形成することができる。

【0146】

絶縁膜 4 1 1 a の原料ガスとしては、シリコンを含む堆積性気体および酸化性気体を用いることが好ましい。シリコンを含む堆積性気体の代表例としては、シラン、ジシラン、

50

トリシラン、フッ化シラン等がある。酸化性気体としては、酸素、オゾン、一酸化二窒素、二酸化窒素等がある。

【0147】

上記条件を用いることで、絶縁膜411aとして酸素を透過する酸化物絶縁膜を形成することができる。また、絶縁膜411aを設けることで、後に形成する絶縁膜411bの形成工程において、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cへのダメージ低減が可能である。

【0148】

当該成膜条件において、基板温度を絶縁膜411aの成膜温度とすることで、シリコンおよび酸素の結合力が強くなる。この結果、絶縁膜411aとして、酸素が透過し、緻密であり、かつ硬い酸化物絶縁膜、代表的には、250において0.5重量%のフッ酸に対するエッチング速度が10nm/分以下、好ましくは8nm/分以下である酸化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜を形成することができる。10

【0149】

また、当該工程において、加熱をしながら絶縁膜411aを形成するため、当該工程において酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cに含まれる水素、水等を脱離させることができる。

【0150】

また、絶縁膜411aを形成する工程において加熱するため、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cが露出された状態での加熱時間が少なく、加熱処理による酸化物半導体膜からの酸素の脱離量を低減することができる。即ち、酸化物半導体膜中に含まれる酸素欠損量を低減することができる。20

【0151】

さらには、処理室の圧力を100Pa以上250Pa以下とすることで、絶縁膜411aに含まれる水の含有量が少なくなるため、トランジスタの電気特性のばらつきを低減すると共に、しきい値電圧の変動を抑制することができる。

【0152】

また、処理室の圧力を100Pa以上250Pa以下とすることで、絶縁膜411aを成膜する際に、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cへのダメージを低減することが可能であり、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cに含まれる酸素欠損量を低減することができる。特に、絶縁膜411aまたは後に形成される絶縁膜411bの成膜温度を高くする、代表的には220より高い温度とすることで、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cに含まれる酸素の一部が脱離し、酸素欠損が形成されやすい。また、トランジスタの信頼性を高めるため、後に形成する絶縁膜411bの欠陥量を低減するための成膜条件を用いると、酸素脱離量が低減しやすい。これらの結果、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cの酸素欠損を低減することが困難な場合がある。しかしながら、処理室の圧力を100Pa以上250Pa以下とし、絶縁膜411aの成膜時における酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cへのダメージを低減することで、絶縁膜411bからの少ない酸素脱離量でも酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408c中の酸素欠損を低減することが可能である。30

【0153】

なお、シリコンを含む堆積性気体に対する酸化性気体量を100倍以上とすることで、絶縁膜411aに含まれる水素含有量を低減することが可能である。この結果、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cに混入する水素量を低減できるため、トランジスタのしきい値電圧のマイナスシフトを抑制することができる。

【0154】

絶縁膜411bとしては、プラズマCVD装置の真空排気された処理室内に載置された基板を180以上280以下、さらに好ましくは200以上240以下に保持し、処理室に原料ガスを導入して処理室内における圧力を100Pa以上250Pa以下、さらに好ましくは100Pa以上200Pa以下とし、処理室内に設けられる電極に0.40

17 W / cm² 以上 0.5 W / cm² 以下、さらに好ましくは 0.25 W / cm² 以上 0.35 W / cm² 以下の高周波電力を供給する条件により、酸化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜を形成する。

【0155】

絶縁膜 411b の原料ガスとしては、シリコンを含む堆積性気体および酸化性気体を用いることが好ましい。シリコンを含む堆積性気体の代表例としては、シラン、ジシラン、トリシラン、フッ化シラン等がある。酸化性気体としては、酸素、オゾン、一酸化二窒素、二酸化窒素等がある。

【0156】

絶縁膜 411b の成膜条件として、上記圧力の反応室において上記パワー密度の高周波電力を供給することで、プラズマ中で原料ガスの分解効率が高まり、酸素ラジカルが増加し、原料ガスの酸化が進むため、絶縁膜 411b 中における酸素含有量が化学量論比よりも多くなる。しかしながら、基板温度が、上記絶縁膜 411b の成膜温度であると、シリコンと酸素の結合力が弱いため、加熱により酸素の一部が脱離する。この結果、化学量論組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含み、加熱により酸素の一部が脱離する酸化物絶縁膜を形成することができる。また、酸化物半導体膜 408a、酸化物半導体膜 408c 上に絶縁膜 411a が設けられている。このため、絶縁膜 411b の形成工程において、絶縁膜 411a が酸化物半導体膜 408a、酸化物半導体膜 408c の保護膜となる。この結果、酸化物半導体膜 408a、酸化物半導体膜 408c へのダメージを低減しつつ、高いパワー密度の高周波電力を用いて絶縁膜 411b を形成することができる。

10

20

【0157】

なお、絶縁膜 411b の成膜条件において、酸化性気体に対するシリコンを含む堆積性気体の流量を増加することで、絶縁膜 411b の欠陥量を低減することが可能である。代表的には、E S R 測定により、シリコンのダングリングボンドに由来する $g = 2.001$ に現れる信号のスピントラップ濃度が 6×10^{17} spins / cm³ 未満、好ましくは 3×10^{17} spins / cm³ 以下、好ましくは 1.5×10^{17} spins / cm³ 以下である欠陥量の少ない酸化物絶縁膜を形成することができる。この結果トランジスタの信頼性を高めることができる。

【0158】

次に、加熱処理を行う。該加熱処理の温度は、代表的には、150 以上基板歪み点未満、好ましくは 200 以上 450 以下、さらに好ましくは 300 以上 450 以下とする。なお、該加熱処理の温度を、代表的には、300 以上 400 以下、好ましくは 320 以上 370 以下とすることで、大面積基板においても基板の反りやシュリンクを低減することが可能であり、歩留まりが向上する。

30

【0159】

該加熱処理は、電気炉、R T A 装置等を用いることができる。R T A 装置を用いることで、短時間に限り、基板の歪み点以上の温度で熱処理を行うことができる。そのため加熱処理時間を短縮することができる。

【0160】

加熱処理は、窒素、酸素、超乾燥空気（水の含有量が 20 ppm 以下、好ましくは 1 ppm 以下、好ましくは 10 ppb 以下の空気）、または希ガス（アルゴン、ヘリウム等）の雰囲気下で行えばよい。なお、上記窒素、酸素、超乾燥空気、または希ガスに水素、水等が含まれないことが好ましい。

40

【0161】

当該加熱処理により、絶縁膜 411b に含まれる酸素の一部を酸化物半導体膜 408a、酸化物半導体膜 408c に移動させ、酸化物半導体膜 408a、酸化物半導体膜 408c に含まれる酸素欠損を低減することが可能である。この結果、酸化物半導体膜 408a、酸化物半導体膜 408c に含まれる酸素欠損量をさらに低減することができる。

【0162】

また、絶縁膜 411a、絶縁膜 411b に水、水素等が含まれる場合、水、水素等をプロ

50

ツкиングする機能を有する絶縁膜413を後に形成し、加熱処理を行うと、絶縁膜411a、絶縁膜411bに含まれる水、水素等が、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cに移動し、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cに欠陥が生じてしまう。しかしながら、当該加熱により、絶縁膜411a、絶縁膜411bに含まれる水、水素等を脱離させることができ、トランジスタの電気特性のばらつきを低減すると共に、しきい値電圧の変動を抑制することができる。

【0163】

なお、加熱しながら絶縁膜411bを絶縁膜411a上に形成することで、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cに酸素を移動させ、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cに含まれる酸素欠損を低減することができるため、当該加熱処理を行わなくともよい。10

【0164】

また、導電膜410a、導電膜410bを形成する際、導電膜のエッチングによって、酸化物半導体膜408a、酸化物半導体膜408cはダメージを受け、酸化物半導体膜408aのバックチャネル(酸化物半導体膜408aにおいて、ゲート電極404と対向する面と反対側の面)側に酸素欠損が生じる。しかし、絶縁膜411bに化学量論組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化物絶縁膜を適用することで、加熱処理によって当該バックチャネル側に生じた酸素欠損を修復することができる。これにより、酸化物半導体膜408aに含まれる欠陥を低減することができるため、トランジスタの信頼性を向上させることができる。20

【0165】

なお、当該加熱処理は、後に形成される開口部462を形成した後に行ってもよい。

【0166】

次に、絶縁膜411を所望の領域に加工することで、絶縁膜412、および開口部462を形成する。なお、絶縁膜412、および開口部462の形成は、所望の領域に第4のパターニングによるマスクの形成を行い、該マスクに覆われていない領域をエッチングすることで形成することができる(図8(A)参照)。

【0167】

なお、開口部462は、酸化物半導体膜408cの表面が露出するように形成する。開口部462の形成方法としては、例えば、ドライエッチング法を用いることができる。ただし、開口部462の形成方法としては、これに限定されず、ウエットエッチング法、またはドライエッチング法とウエットエッチング法を組み合わせた形成方法としてもよい。30

【0168】

次に、絶縁膜406、絶縁膜412および酸化物半導体膜408c上に絶縁膜413を形成する(図8(B)参照)。

【0169】

絶縁膜413としては、外部からの不純物、例えば、酸素、水素、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等が、酸化物半導体膜へ拡散するのを防ぐ材料を用いることが好ましく、更には水素を含むことが好ましく、代表的には窒素を含む無機絶縁材料、例えば窒化物絶縁膜を用いることができる。絶縁膜413としては、例えば、CVD法を用いて形成することができる。40

【0170】

絶縁膜413は、外部からの不純物、例えば、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等が、酸化物半導体膜へ拡散するのを防ぐ材料で形成される膜であり、さらには水素を含む。このため、絶縁膜413の水素が酸化物半導体膜408cに拡散すると、該酸化物半導体膜408cにおいて水素は酸素と結合し、キャリアである電子を生成する。また、絶縁膜413をプラズマCVD法またはスパッタリング法で成膜すると、酸化物半導体膜がプラズマに曝され、酸素欠損が生成される。当該酸素欠損に絶縁膜414に含まれる水素が入ることで、キャリアである電子を生成する。この結果、酸化物半導体膜408cは、導電性が高くなり、導電膜408bとなる。50

【0171】

また、上記窒化シリコン膜は、プロック性を高めるために、高温で成膜されることが好ましく、例えば、基板温度100以上400以下、より好ましくは300以上400以下の温度で加熱して成膜することが好ましい。また、高温で成膜する場合は、酸化物半導体膜408aとして用いる酸化物半導体から酸素が脱離し、キャリア濃度が上昇する現象が発生することがあるため、このような現象が発生しない温度とする。

【0172】

次に、絶縁膜413および絶縁膜412を所望の領域に加工することで、絶縁膜414、および開口部464を形成する。なお、絶縁膜414、および開口部464は、所望の領域に第5のパターニングによるマスクの形成を行い、該マスクに覆われていない領域をエッチングすることで形成することができる（図8（C）参照）。 10

【0173】

また、開口部464は、導電膜410bが露出するように形成する。

【0174】

なお、開口部464の形成方法としては、例えば、ドライエッチング法を用いることができる。ただし、開口部464の形成方法としては、これに限定されず、ウェットエッチング法、またはドライエッチング法とウェットエッチング法を組み合わせた形成方法としてもよい。

【0175】

次に、開口部464を覆うように絶縁膜414上に導電膜415を形成する（図9（A）参照）。 20

【0176】

導電膜415としては、例えば、スパッタリング法を用いて形成することができる。

【0177】

次に、導電膜415を所望の領域に加工することで、導電膜416を形成する。なお、導電膜416の形成は、所望の領域に第6のパターニングによるマスクの形成を行い、該マスクに覆われていない領域をエッチングすることで形成することができる（図9（B）参照）。

【0178】

以上の工程で基板402上に、トランジスタ217および容量素子219を形成することができる。なお、本実施の形態に示す作製工程においては、第1乃至第6のパターニング、すなわち6枚のマスクで、トランジスタおよび容量素子を同時に形成することができる。 30

【0179】

なお、本実施の形態では、絶縁膜414に含まれる水素を酸化物半導体膜408cに拡散させて、酸化物半導体膜408cの導電性を高めたが、酸化物半導体膜408aをマスクで覆い、酸化物半導体膜408cに不純物、代表的には、水素、ホウ素、リン、スズ、アンチモン、希ガス元素、アルカリ金属、アルカリ土類金属等を添加して、酸化物半導体膜408cの導電性を高めてもよい。酸化物半導体膜408cに水素、ホウ素、リン、スズ、アンチモン、希ガス元素等を添加する方法としては、イオンドーピング法、イオン注入法等がある。一方、酸化物半導体膜408cにアルカリ金属、アルカリ土類金属等を添加する方法としては、該不純物を含む溶液を酸化物半導体膜408cに曝す方法がある。また、水素およびアルゴンを含むプラズマ雰囲気で酸化物半導体膜408cを処理することで、水素を導入してもよい。 40

【0180】

次に、基板402に対向して設けられる基板442上に設けられた素子部について、以下説明を行う。なお、ここでは、基板442上に設けられた素子部としては、基板442と配向膜452に挟まれた領域のことをさす。

【0181】

まず、基板442を準備する。基板442としては、基板402に示す材料を援用する 50

ことができる。次に、基板442上に遮光膜444、有色膜446を形成する(図10(A)参照)。

【0182】

遮光膜444および有色膜446は、様々な材料を用いて、印刷法、インクジェット法、フォトリソグラフィ技術を用いたエッティング方法などでそれぞれ所望の位置に形成する。

【0183】

次に、遮光膜444、および有色膜446上に絶縁膜448を形成する(図10(B)参照)。

【0184】

絶縁膜448としては、例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、ポリイミド等の有機絶縁膜を用いることができる。絶縁膜448を形成することによって、例えば、有色膜446中に含まれる不純物等を液晶層420側に拡散することを抑制することができる。ただし、絶縁膜448は、必ずしも設ける必要はなく、絶縁膜448を形成しない構造としてもよい。

【0185】

次に、絶縁膜448上に導電膜450を形成する(図10(C)参照)。導電膜450としては、導電膜415に示す材料を援用することができる。

【0186】

以上の工程で基板442上に形成される構造を形成することができる。

10

【0187】

次に、基板402と基板442上、より詳しくは基板402上に形成された絶縁膜414、導電膜416と、基板442上に形成された導電膜450上に、それぞれ配向膜418と配向膜452を形成する。配向膜418、配向膜452は、ラビング法、光配向法等を用いて形成することができる。その後、基板402と、基板442との間に液晶層420を形成する。液晶層420の形成方法としては、ディスペンサ法(滴下法)や、基板402と基板442とを貼り合わせてから毛細管現象を用いて液晶を注入する注入法を用いることができる。

【0188】

また、有色光をバックライトとして用い、時間シーケンシャル方式でMEMSシャッターを駆動してもよい。この場合、導電膜416より上の配向膜、液晶素子、有色膜等は不要である。

20

【0189】

以上の工程で、図5に示す半導体装置を作製することができる。

【0190】

さらに、制御回路200中の半導体装置であるトランジスタ217および容量素子219の下にトランジスタ218がある構成について図17を用いて説明する。以下では、トランジスタ218について詳細に説明する。

【0191】

図17は、トランジスタ217および容量素子219の下にトランジスタ218がある構成の断面図である。図17に示される半導体装置は、下部に酸化物半導体以外の材料を用いたトランジスタ218を有し、上部に酸化物半導体を用いたトランジスタ217と容量素子219を有するものである。なお、トランジスタ218は、n型トランジスタとして説明するが、p型トランジスタを採用しても良い。特に、トランジスタ218は、p型とすることが容易である。

30

【0192】

図17に示すように、トランジスタ218は基板550上に形成されている。基板550は、基板402と同様のものを用いることができる。

【0193】

トランジスタ218は、素子分離絶縁膜551により、他のトランジスタと電気的に分

40

50

離されている。素子分離絶縁膜 551 の形成には、選択酸化法 (L O C O S (Local Oxidation of Silicon) 法) またはトレンチ分離法等を用いることができる。なお、基板 550 として SOI (Silicon On Insulator) 型の半導体基板を用いてもよい。この場合、素子分離は、半導体層をエッチングにより素子ごとに分割すればよい。

【0194】

トランジスタ 218 は、高濃度不純物領域 557 および低濃度不純物領域 558 と、ゲート電極 559 と、基板 550 とゲート電極 559 の間に設けられたゲート絶縁膜 556 と、を有する。ゲート電極 559 の周囲にはサイドウォール絶縁膜 587 が形成されている。10

【0195】

トランジスタ 218 上には、絶縁膜 566 が設けられている。絶縁膜 566 には開口部が形成されており、上記開口部に、高濃度不純物領域 557 に接して配線 562 および配線 563 が形成されている。また、ゲート電極 559 に接して配線 565 が形成されている。

【0196】

そして、配線 562 は、絶縁膜 566 上に形成された配線 568 と電気的に接続されており、配線 563 は、絶縁膜 566 上に形成された配線 570 と電気的に接続されており、配線 565 は、絶縁膜 566 上に形成された配線 569 と電気的に接続されている。

【0197】

配線 568 乃至配線 570 上には、絶縁膜 571 が形成されている。絶縁膜 571 上に酸化物半導体を含むトランジスタ 217 が形成されている。絶縁膜 571 には開口部が形成されており、上記開口部においてトランジスタ 217 のソース電極およびドレイン電極として機能する導電膜 410a および導電膜 410b の一方が配線 569 と電気的に接続されている。20

【0198】

また、図 18 に示すようにトランジスタ 218 を、酸化物半導体をチャネル領域に用いたトランジスタにしてもよい。また、トランジスタ 218 の酸化物半導体を C A A C - O S 膜にし、トランジスタ 217 の酸化物半導体を微結晶酸化物半導体膜にしてもよい。なお、トランジスタ 218 に酸化物半導体を用いた場合の酸化物半導体膜 508、ソース電極およびドレイン電極として機能する導電膜 510a および導電膜 510b、ゲート絶縁膜 505、ゲート電極 504 等の材料は先に示したトランジスタ 217 を参照することができる。30

【0199】

このように、トランジスタ 218 上にトランジスタ 217 と容量素子 219 を積層することで占有面積が小さくすることができ、微細化した表示装置を作製することができる。

【0200】

なお、本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態と適宜組み合わせができる。

【0201】

(実施の形態 2)

本実施の形態では、実施の形態 1 に示すトランジスタ 217 および容量素子 219 に適用可能な変形例について、説明する。40

【0202】

<変形例 1、トランジスタについて>

図 11 (A) は、実施の形態 1 に示すトランジスタ 217 の酸化物半導体膜 408a と導電膜 410a および導電膜 410b とのコンタクトの方法が図 5 と異なる。本変形例は、ボトムコンタクト型のトランジスタ 257 である。

【0203】

また、図 11 (B) に示すトランジスタ 267 は、実施の形態 1 に示すトランジスタ 2

50

17のソース電極およびドレイン電極として機能する導電膜410aおよび導電膜410bを形成せず、絶縁膜412および絶縁膜414に開口部を設け、該開口部を介して酸化物半導体膜408aと接し、ソース電極およびドレイン電極として機能する導電膜416および導電膜417を有する。なお、導電膜416は、容量素子219の一方の電極としても機能する。

【0204】

<変形例2、下地絶縁膜について>

実施の形態1に示すトランジスタ217において、必要に応じて、基板402およびゲート電極404の間に下地絶縁膜を設けることができる。下地絶縁膜としては、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化シリコン、窒化酸化シリコン、酸化ガリウム、酸化ハフニウム、酸化イットリウム、酸化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム等がある。なお、下地絶縁膜として、窒化シリコン、酸化ガリウム、酸化ハフニウム、酸化イットリウム、酸化アルミニウム等を用いることで、基板402から不純物、代表的にはアルカリ金属、水、水素等の酸化物半導体膜408aへの拡散を抑制することができる。

10

【0205】

下地絶縁膜は、スパッタリング法、CVD法等により形成することができる。

【0206】

<変形例3、ゲート絶縁膜について>

実施の形態1に示すトランジスタ217において、必要に応じて、ゲート絶縁膜として機能する絶縁膜の積層構造を変形することができる。

20

【0207】

図12(A)に示すように、ゲート絶縁膜は、絶縁膜405および絶縁膜406がゲート電極として機能するゲート電極404側から順に積層される。

【0208】

ゲート電極404側に窒化物絶縁膜で形成される絶縁膜405を設けることで、ゲート電極404からの不純物、代表的には、水素、窒素、アルカリ金属、またはアルカリ土類金属等が酸化物半導体膜408aに移動することを防ぐことができる。

【0209】

また、酸化物半導体膜408a側に酸化物絶縁膜で形成される絶縁膜406を設けることで、絶縁膜406および酸化物半導体膜408a界面における欠陥準位を低減することが可能である。この結果、電気特性の劣化の少ないトランジスタを得ることができる。なお、絶縁膜406として、絶縁膜412bと同様に、化学量論組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化物絶縁膜を用いて形成すると、絶縁膜406および酸化物半導体膜408a界面における欠陥準位をさらに低減することができるため、さらに好ましい。

30

【0210】

また、図12(A)に示すように、絶縁膜405は、欠陥の少ない窒化物絶縁膜405aと、水素プロッキング性の高い窒化物絶縁膜405bとが、ゲート電極404側から順に積層される積層構造とすることができる。絶縁膜405として、欠陥の少ない窒化物絶縁膜405aを設けることで、ゲート絶縁膜の絶縁耐圧を向上させることができる。また、水素プロッキング性の高い窒化物絶縁膜405bを設けることで、ゲート電極404および窒化物絶縁膜405aからの水素が酸化物半導体膜408aに移動することを防ぐことができる。

40

【0211】

図12(A)に示す窒化物絶縁膜405a、窒化物絶縁膜405bの作製方法の一例を以下に示す。はじめに、シラン、窒素、およびアンモニアの混合ガスを原料ガスとして用いたプラズマCVD法により、欠陥の少ない窒化シリコン膜を窒化物絶縁膜405aとして形成する。次に、原料ガスを、シランおよび窒素の混合ガスに切り替えて、水素濃度が少なく、かつ水素をプロッキングすることが可能な窒化シリコン膜を窒化物絶縁膜405bとして成膜する。このような形成方法により、欠陥が少なく、かつ水素のプロッキング性を有する窒化物絶縁膜が積層されたゲート絶縁膜を形成することができる。

50

【0212】

または、図12(B)に示すように、絶縁膜405は、不純物のプロッキング性が高い窒化物絶縁膜405cと、欠陥の少ない窒化物絶縁膜405aと、水素プロッキング性の高い窒化物絶縁膜405bとが、ゲート電極側から順に積層される積層構造とすることができます。絶縁膜405として、不純物のプロッキング性が高い窒化物絶縁膜405cを設けることで、ゲート電極からの不純物、代表的には、水素、窒素、アルカリ金属、またはアルカリ土類金属等が酸化物半導体膜408aに移動することを防ぐことができる。

【0213】

図12(B)に示す窒化物絶縁膜405a、窒化物絶縁膜405b、窒化物絶縁膜405cの作製方法の一例を以下に示す。はじめに、シラン、窒素、およびアンモニアの混合ガスを原料ガスとして用いたプラズマCVD法により、不純物のプロッキング性が高い窒化シリコン膜を窒化物絶縁膜405cとして形成する。次に、アンモニアの流量の増加させることで、欠陥の少ない窒化シリコン膜を窒化物絶縁膜405aとして形成する。次に、原料ガスを、シランおよび窒素の混合ガスに切り替えて、水素濃度が少なく、かつ水素をプロッキングすることが可能な窒化シリコン膜を窒化物絶縁膜405bとして成膜する。このような形成方法により、欠陥が少なく、かつ不純物のプロッキング性を有する窒化物絶縁膜が積層された絶縁膜405を形成することができる。

【0214】

<変形例4、一対の電極について>

実施の形態1に示すトランジスタ217において、導電膜410a、導電膜410bに用いることが可能な材料について、説明する。

【0215】

実施の形態1に示すトランジスタ217に設けられる導電膜410a、導電膜410bとして、タンゲステン、チタン、アルミニウム、銅、モリブデン、クロム、またはタンタル単体若しくは合金等の酸素と結合しやすい導電材料を用いることが好ましい。この結果、酸化物半導体膜408aに含まれる酸素と導電膜410a、導電膜410bに含まれる導電材料とが結合し、酸化物半導体膜408aにおいて、酸素欠損の多い領域が形成される。また、酸化物半導体膜408aに導電膜410a、導電膜410bを形成する導電材料の構成元素の一部が混入する場合もある。これらの結果、図13に示すように、酸化物半導体膜408aにおいて、導電膜410a、導電膜410bと接する領域近傍に、低抵抗領域434a、低抵抗領域434bが形成される。低抵抗領域434a、低抵抗領域434bは、導電膜410a、導電膜410bに接し、かつ絶縁膜406と、導電膜410a、導電膜410bの間に形成される。低抵抗領域434a、低抵抗領域434bは、導電性が高いため、酸化物半導体膜408aと導電膜410a、導電膜410bとの接触抵抗を低減することが可能であり、トランジスタのオン電流を増大させることが可能である。

【0216】

また、導電膜410a、導電膜410bを、上記酸素と結合しやすい導電材料と、窒化チタン、窒化タンタル、ルテニウム等の酸素と結合しにくい導電材料との積層構造としてもよい。このような積層構造とすることで、導電膜410a、導電膜410bと酸化物半導体膜408aとの界面において、導電膜410a、導電膜410bの酸化を防ぐことが可能であり、導電膜410a、導電膜410bの高抵抗化を抑制することが可能である。

【0217】

<変形例5、酸化物半導体膜について>

実施の形態1に示すトランジスタ217の作製方法において、導電膜410a、導電膜410bを形成した後、酸化物半導体膜408aを酸素雰囲気で発生させたプラズマに曝し、酸化物半導体膜408aに酸素を供給することができる。酸化雰囲気としては、酸素、オゾン、一酸化二窒素、二酸化窒素等の雰囲気がある。さらに、当該プラズマ処理において、基板402側にバイアスを印加しない状態で発生したプラズマに酸化物半導体膜408aを曝すことが好ましい。この結果、酸化物半導体膜408aにダメージを与えることなく、酸化物半導体膜408aの表面を酸化することができる。

10

20

30

40

50

かつ酸素を供給することが可能であり、酸化物半導体膜408aに含まれる酸素欠損量を低減することができる。また、エッチング処理により酸化物半導体膜408aの表面に残存する不純物、例えば、フッ素、塩素等のハロゲン等を除去することができる。

【0218】

<変形例6、酸化物半導体膜について>

実施の形態1に示すトランジスタ217において、必要に応じて、酸化物半導体膜を積層構造とすることができます。

【0219】

図14に示すトランジスタは、絶縁膜406および導電膜410a、導電膜410bの間に、酸化物半導体膜を含む多層膜436が形成されている。

10

【0220】

多層膜436は、酸化物半導体膜436aおよび酸化物膜436bを有する。即ち、多層膜436は2層構造である。また、酸化物半導体膜436aの一部がチャネル領域として機能する。また、多層膜436に接するように、絶縁膜412aが形成されており、絶縁膜412aに接するように酸化物膜436bが形成されている。即ち、酸化物半導体膜436aと絶縁膜412aとの間に、酸化物膜436bが設けられている。

【0221】

酸化物膜436bは、酸化物半導体膜436aを構成する元素の一種以上から構成される酸化物膜である。酸化物膜436bは、酸化物半導体膜436aを構成する元素の一種以上から構成されるため、酸化物半導体膜436aと酸化物膜436bとの界面において、界面散乱が起こりにくい。従って、該界面においてはキャリアの動きが阻害されないため、トランジスタの電界効果移動度が高くなる。

20

【0222】

酸化物膜436bは、代表的には、In-Ga酸化物、In-Zn酸化物、In-M-Zn酸化物(MはAl、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、NdまたはHf)であり、かつ酸化物半導体膜436aよりも伝導帯の下端のエネルギーが真空準位に近く、代表的には、酸化物膜436bの伝導帯の下端のエネルギーと、酸化物半導体膜436aの伝導帯の下端のエネルギーとの差が、0.05eV以上、0.07eV以上、0.1eV以上、または0.15eV以上、かつ2eV以下、1eV以下、0.5eV以下、または0.4eV以下である。即ち、酸化物膜436bの電子親和力と、酸化物半導体膜436aの電子親和力との差が、0.05eV以上、0.07eV以上、0.1eV以上、または0.15eV以上、かつ2eV以下、1eV以下、0.5eV以下、または0.4eV以下である。

30

【0223】

酸化物膜436bは、Inを含むことで、キャリア移動度(電子移動度)が高くなるため好ましい。

【0224】

酸化物膜436bとして、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、NdまたはHfをInより高い原子数比で有することで、以下の効果を有する場合がある。(1)酸化物膜436bのエネルギーギャップを大きくする。(2)酸化物膜436bの電子親和力を小さくする。(3)外部からの不純物を遮蔽する。(4)酸化物半導体膜436aと比較して、絶縁性が高くなる。(5)Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、NdまたはHfは酸素との結合力が強い金属元素であるため、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、NdまたはHfをInより高い原子数比で有することで、酸素欠損が生じにくくなる。

40

【0225】

酸化物膜436bがIn-M-Zn酸化物であるとき、ZnおよびOを除いてのInとMの原子数比率は、好ましくは、Inが50atomic%未満、Mが50atomic%以上、さらに好ましくは、Inが25atomic%未満、Mが75atomic%以上とする。

50

【0226】

また、酸化物半導体膜436a、および酸化物膜436bがIn-M-Zn酸化物(MはAl、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、NdまたはHf)の場合、酸化物半導体膜436aと比較して、酸化物膜436bに含まれるM(Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、またはHf)の原子数比が大きく、代表的には、酸化物半導体膜436aに含まれる上記原子と比較して、1.5倍以上、好ましくは2倍以上、さらに好ましくは3倍以上高い原子数比である。

【0227】

また、酸化物半導体膜436a、および酸化物膜436bがIn-M-Zn酸化物(MはAl、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、NdまたはHf)の場合、酸化物膜436bをIn:M:Zn=x₁:y₁:z₁[原子数比]、酸化物半導体膜436aをIn:M:Zn=x₂:y₂:z₂[原子数比]とすると、y₁/x₁がy₂/x₂よりも大きく、好ましくは、y₁/x₁がy₂/x₂よりも1.5倍以上である。さらに好ましくは、y₁/x₁がy₂/x₂よりも2倍以上大きく、より好ましくは、y₁/x₁がy₂/x₂よりも3倍以上大きい。このとき、酸化物半導体膜において、y₂がx₂以上あると、当該酸化物半導体膜を用いたトランジスタに安定した電気特性を付与できるため好ましい。ただし、y₂がx₂の3倍以上になると、当該酸化物半導体膜を用いたトランジスタの電界効果移動度が低下してしまうため、y₂はx₂の3倍未満であると好ましい。

【0228】

酸化物半導体膜436aがIn-M-Zn酸化物の場合、酸化物半導体膜436aを成膜するために用いるターゲットにおいて、金属元素の原子数比をIn:M:Zn=x₁:y₁:z₁とすると、x₁/y₁は、1/3以上6以下、さらには1以上6以下であって、z₁/y₁は、1/3以上6以下、さらには1以上6以下であることが好ましい。なお、z₁/y₁を1以上6以下とすることで、酸化物半導体膜436aとしてCAAC-O_S膜が形成されやすくなる。ターゲットの金属元素の原子数比の代表例としては、In:M:Zn=1:1:1、In:M:Zn=3:1:2等がある。

【0229】

酸化物膜436bがIn-M-Zn酸化物の場合、酸化物膜436bを成膜するために用いるターゲットにおいて、金属元素の原子数比をIn:M:Zn=x₂:y₂:z₂とすると、x₂/y₂<x₁/y₁であって、z₂/y₂は、1/3以上6以下、さらには1以上6以下であることが好ましい。なお、z₂/y₂を1以上6以下とすることで、酸化物膜436bとしてCAAC-O_S膜が形成されやすくなる。ターゲットの金属元素の原子数比の代表例としては、In:M:Zn=1:3:2、In:M:Zn=1:3:3等がある。

【0230】

酸化物膜436bは、後に形成される絶縁膜412bを形成する際の、酸化物半導体膜436aへのダメージ緩和膜としても機能する。

【0231】

酸化物膜436bの厚さは、3nm以上100nm以下、好ましくは3nm以上50nmとする。

【0232】

また、酸化物膜436bは、酸化物半導体膜436aと同様に、例えば非単結晶構造でもよい。非単結晶構造は、例えば、CAAC-OS(C Axis Aligned Crystalline Oxide Semiconductor)、多結晶構造、微結晶構造、または非晶質構造を含む。

【0233】

なお、酸化物半導体膜436aおよび酸化物膜436bによって、非晶質構造の領域、微結晶構造の領域、多結晶構造の領域、CAAC-OSの領域、単結晶構造の二種以上を有する混合膜を構成してもよい。また、混合膜は、例えば、非晶質構造の領域、微結晶構造の領域、多結晶構造の領域、CAAC-OSの領域、単結晶構造の領域のいずれか二種

10

20

30

40

50

以上の領域の積層構造を有する場合がある。

【0234】

ここでは、酸化物半導体膜436aおよび絶縁膜412aの間に、酸化物膜436bが設けられている。このため、酸化物膜436bと絶縁膜412aの間において、不純物および欠陥によりトラップ準位が形成されても、当該トラップ準位と酸化物半導体膜436aとの間には隔たりがある。この結果、酸化物半導体膜436aを流れる電子がトラップ準位に捕獲されにくく、トランジスタのオン電流を増大させることができると共に、電界効果移動度を高めることができる。また、トラップ準位に電子が捕獲されると、該電子がマイナスの固定電荷となってしまう。この結果、トランジスタのしきい値電圧が変動してしまう。しかしながら、酸化物半導体膜436aとトラップ準位との間に隔たりがあるため、トラップ準位における電子の捕獲を低減することが可能であり、しきい値電圧の変動を低減することができる。10

【0235】

また、酸化物膜436bは、外部からの不純物を遮蔽することができるため、外部から酸化物半導体膜436aへ移動する不純物量を低減することが可能である。また、酸化物膜436bは、酸素欠損を形成しにくい。これらのため、酸化物半導体膜436aにおける不純物濃度および酸素欠損量を低減することが可能である。

【0236】

なお、酸化物半導体膜436aおよび酸化物膜436bは、各膜を単に積層するのではなく連続接合（ここでは特に伝導帯の下端のエネルギーが各膜の間で連続的に変化する構造）が形成されるように作製する。すなわち、各膜の界面において、トラップ中心や再結合中心のような欠陥準位を形成するような不純物が存在しないような積層構造とする。仮に、積層された酸化物半導体膜436aおよび酸化物膜436bの間に不純物が混在していると、エネルギー・バンドの連続性が失われ、界面でキャリアがトラップされ、あるいは再結合して、消滅してしまう。20

【0237】

連続接合を形成するためには、ロードロック室を備えたマルチチャンバー方式の成膜装置（スパッタリング装置）を用いて各膜を大気に触れさせることなく連続して積層することが必要となる。スパッタリング装置における各チャンバーは、酸化物半導体膜にとって不純物となる水等を可能な限り除去すべくクライオポンプのような吸着式の真空排気ポンプを用いて高真空排気（ 5×10^{-7} Pa乃至 1×10^{-4} Pa程度まで）することが好ましい。または、ターボ分子ポンプとコールドトラップを組み合わせて排気系からチャンバー内に気体、特に炭素または水素を含む気体が逆流しないようにしておくことが好ましい。30

【0238】

なお、図14において、多層膜436を酸化物半導体膜436aおよび酸化物膜436bの2層構造としたが、絶縁膜406と酸化物半導体膜436aの間に、さらに酸化物膜436bと同様の膜を設ける3層構造としてもよい。この場合、絶縁膜406および酸化物半導体膜436aの間に設ける酸化物膜の膜厚は、酸化物半導体膜436aより小さいと好ましい。酸化物膜の厚さを1nm以上5nm以下、好ましくは1nm以上3nm以下とすることで、トランジスタのしきい値電圧の変動量を低減することが可能である。40

【0239】

<変形例7、酸化物半導体膜について>

変形例6において、酸化物半導体膜を含む多層膜の構造を適宜変形することができる。

【0240】

図15に示すように、絶縁膜406および絶縁膜412aの間に、酸化物半導体膜を含む多層膜436が形成されている。

【0241】

多層膜436は、絶縁膜406および導電膜410a、導電膜410bの間に形成される酸化物半導体膜436aと、酸化物半導体膜436a、および導電膜410a、導電膜50

410b 上に形成される酸化物膜 436b とを有する。また、酸化物半導体膜 436a の一部がチャネル領域として機能する。また、多層膜 436 に接するように、絶縁膜 412a が形成されており、絶縁膜 412a に接するように酸化物膜 436b が形成されている。即ち、酸化物半導体膜 436a と絶縁膜 412a との間に、酸化物膜 436b が設けられている。

【0242】

本変形例に示すトランジスタ 217 は、導電膜 410a、導電膜 410b が酸化物半導体膜 436a と接していることから、変形例 6 に示すトランジスタ比較して、酸化物半導体膜 436a と導電膜 410a、導電膜 410b との接触抵抗が低く、オン電流が向上したトランジスタである。

10

【0243】

また、本変形例に示すトランジスタ 217 は、導電膜 410a、導電膜 410b が酸化物半導体膜 436a と接していることから、酸化物半導体膜 436a と導電膜 410a、導電膜 410b との接触抵抗を増大させずに、酸化物膜 436b を厚くすることができる。このようにすることで、絶縁膜 412b を形成する際のプラズマダメージまたは絶縁膜 412a、絶縁膜 412b の構成元素の混入などで生じるトラップ準位が、酸化物半導体膜 436a と酸化物膜 436b との界面近傍に形成されることを抑制できる。つまり、本比較例に示すトランジスタはオン電流の向上、およびしきい値電圧の変動量の低減を両立することができる。

【0244】

20

<変形例 8、トランジスタの構造について>

実施の形態 1 に示すトランジスタ 217 において、必要に応じて、酸化物半導体膜を介して対向する複数のゲート電極を設けることができる。

【0245】

図 16 に示すトランジスタ 217 は、基板 402 上に設けられるゲート電極 404 を有する。また、基板 402 およびゲート電極 404 上に形成される絶縁膜 405 および絶縁膜 406 と、絶縁膜 405 および絶縁膜 406 を介して、ゲート電極 404 と重なる酸化物半導体膜 408a と、酸化物半導体膜 408a に接する導電膜 410a、導電膜 410b と、を有する。また、絶縁膜 406、酸化物半導体膜 408a、および導電膜 410a、導電膜 410b 上には、絶縁膜 412a および絶縁膜 412b が積層された絶縁膜 412、および絶縁膜 414 が形成される。また、絶縁膜 412、および絶縁膜 414 を介して酸化物半導体膜 408a と重畠する導電膜 456 を有する。

30

【0246】

ゲート電極 404 および導電膜 456 は、酸化物半導体膜 408a を介して対向する。なお、導電膜 456 は、ゲート電極として機能する。導電膜 456 は、導電膜 416 と同時に形成することで、工程数を削減することができるため好ましい。

【0247】

本変形例に示すトランジスタ 217 は、酸化物半導体膜 408a を介して対向するゲート電極 404 および導電膜 456 を有する。ゲート電極 404 および導電膜 456 に異なる電位を印加することで、トランジスタ 217 のしきい値電圧を制御することができる。

40

【0248】

また、本実施の形態に示す構成および方法などは、他の実施の形態および実施例に示す構成および方法などと適宜組み合わせて用いることができる。

【0249】

(実施の形態 3)

本発明の一態様である半導体装置は、被検知体の近接または接触を検知可能なセンサ（たとえば、静電容量方式、抵抗膜方式、表面弾性方式、赤外線方式、光学方式などのタッチセンサ）や医療用の放射線画像を取得することが可能な放射線画像検出装置に適用することができる。また、本発明の一態様である半導体装置はさまざまな電子機器（遊戯機も含む）に適用することができる。電子機器としては、テレビジョン装置（テレビ、または

50

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、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、遊技機(パチンコ機、スロットマシン等)、ゲーム筐体が挙げられる。これらの電子機器の一例を図19に示す。

【0250】

図19(A)は、表示部を有するテーブル9000を示している。テーブル9000は、筐体9001に表示部9003が組み込まれており、表示部9003により映像を表示することが可能である。なお、4本の脚部9002により筐体9001を支持した構成を示している。また、電力供給のための電源コード9005を筐体9001に有している。

【0251】

上記実施の形態のいずれかに示す半導体装置は、表示部9003に用いることが可能である。それゆえ、表示部9003の表示品位を高くすることができます。

【0252】

表示部9003は、タッチ入力機能を有しており、テーブル9000の表示部9003に表示された表示ボタン9004を指などで触れることで、画面操作や、情報を入力することができ、また他の家電製品との通信を可能とする、または制御を可能とすることで、画面操作により他の家電製品をコントロールする制御装置としてもよい。例えば、イメージセンサ機能を有する半導体装置を用いれば、表示部9003にタッチ入力機能を持たせることができる。

【0253】

また、筐体9001に設けられたヒンジによって、表示部9003の画面を床に対して垂直に立てることもでき、テレビジョン装置としても利用できる。狭い部屋においては、大きな画面のテレビジョン装置は設置すると自由な空間が狭くなってしまうが、テーブルに表示部が内蔵されていれば、部屋の空間を有効に利用することができる。

【0254】

図19(B)は、テレビジョン装置9100を示している。テレビジョン装置9100は、筐体9101に表示部9103が組み込まれており、表示部9103により映像を表示することが可能である。なお、ここではスタンド9105により筐体9101を支持した構成を示している。

【0255】

テレビジョン装置9100の操作は、筐体9101が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機9110により行うことができる。リモコン操作機9110が備える操作キー9109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9103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9110に、当該リモコン操作機9110から出力する情報を表示する表示部9107を設ける構成としてもよい。

【0256】

図19(B)に示すテレビジョン装置9100は、受信機やモデムなどを備えている。テレビジョン装置9100は、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、一方方向(送信者から受信者)または双方(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。

【0257】

上記実施の形態のいずれかに示す半導体装置は、表示部9103、表示部9107に用いることが可能である。それゆえ、テレビジョン装置の表示品位を向上させることができます。

【0258】

図19(C)はコンピュータ9200であり、本体9201、筐体9202、表示部9203、キーボード9204、外部接続ポート9205、ポインティングデバイス9206などを含む。

【0259】

10

20

30

40

50

上記実施の形態のいずれかに示す半導体装置は、表示部 9203 に用いることが可能である。それゆえ、コンピュータ 9200 の表示品位を向上させることができる。

【0260】

図 20 (A) および図 20 (B) は 2 折り可能なタブレット型端末である。図 20 (A) は、開いた状態であり、タブレット型端末は、筐体 9630、表示部 9631a、表示部 9631b、表示モード切り替えスイッチ 9034、電源スイッチ 9035、省電力モード切り替えスイッチ 9036、留め具 9033、操作スイッチ 9038、を有する。

【0261】

上記実施の形態のいずれかに示す半導体装置は、表示部 9631a、表示部 9631b に用いることが可能である。それゆえ、タブレット端末の表示品位を向上させることができ。 10

【0262】

表示部 9631a は、一部をタッチパネルの領域 9632a とすることことができ、表示された操作キー 9638 にふれることでデータ入力をすることができる。なお、表示部 9631a においては、一例として半分の領域が表示のみの機能を有する構成、もう半分の領域がタッチパネルの機能を有する構成を示しているが該構成に限定されない。表示部 9631a の全ての領域がタッチパネルの機能を有する構成としても良い。例えば、表示部 9631a の全面をキーボードボタン表示させてタッチパネルとし、表示部 9631b を表示画面として用いることができる。

【0263】

また、表示部 9631b においても表示部 9631a と同様に、表示部 9631b の一部をタッチパネルの領域 9632b とすることができます。また、タッチパネルのキーボード表示切り替えボタン 9639 が表示されている位置に指やスタイラスなどでふれることで表示部 9631b にキーボードボタン表示することができる。 20

【0264】

また、タッチパネルの領域 9632a とタッチパネルの領域 9632b に対して同時にタッチ入力することもできる。

【0265】

また、表示モード切り替えスイッチ 9034 は、縦表示または横表示などの表示の向きを切り替え、白黒表示やカラー表示の切り替えなどを選択できる。省電力モード切り替えスイッチ 9036 は、タブレット型端末に内蔵している光センサで検出される使用時の外光の光量に応じて表示の輝度を最適なものとすることができます。タブレット型端末は光センサだけでなく、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサなどの他の検出装置を内蔵させててもよい。 30

【0266】

また、図 20 (A) では表示部 9631b と表示部 9631a の表示面積が同じ例を示しているが特に限定されず、一方のサイズともう一方のサイズが異なっていてもよく、表示の品質も異なっていてもよい。例えば一方が他方よりも高精細な表示を行える表示パネルとしてもよい。

【0267】

図 20 (B) は、閉じた状態であり、タブレット型端末は、筐体 9630、太陽電池 9633、充放電制御回路 9634 を有する。なお、図 20 (B) では充放電制御回路 9634 の一例としてバッテリー 9635、DCDC コンバータ 9636 を有する構成について示している。 40

【0268】

なお、タブレット型端末は 2 折り可能なため、未使用時に筐体 9630 を閉じた状態にすることができる。従って、表示部 9631a、表示部 9631b を保護できるため、耐久性に優れ、長期使用の観点からも信頼性の優れたタブレット型端末を提供できる。

【0269】

また、この他にも図 20 (A) および図 20 (B) に示したタブレット型端末は、様々 50

な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示する機能、カレンダー、日付または時刻などを表示部に表示する機能、表示部に表示した情報をタッチ入力操作または編集するタッチ入力機能、様々なソフトウェア（プログラム）によって処理を制御する機能、等を有することができる。

【0270】

タブレット型端末の表面に装着された太陽電池9633によって、電力をタッチパネル、表示部、または映像信号処理部等に供給することができる。なお、太陽電池9633は、筐体9630の片面または両面に設けることができ、バッテリー9635の充電を効率的に行う構成とすることができます。なおバッテリー9635としては、リチウムイオン電池を用いると、小型化を図れる等の利点がある。

10

【0271】

また、図20（B）に示す充放電制御回路9634の構成、および動作について図20（C）にブロック図を示し説明する。図20（C）には、太陽電池9633、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636、コンバータ9637、スイッチSW1乃至SW3、表示部9631について示しており、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636、コンバータ9637、スイッチSW1乃至SW3が、図20（B）に示す充放電制御回路9634に対応する箇所となる。

【0272】

まず、外光により太陽電池9633により発電がされる場合の動作の例について説明する。太陽電池で発電した電力は、バッテリー9635を充電するための電圧となるようDCDCコンバータ9636で昇圧または降圧がなされる。そして、表示部9631の動作に太陽電池9633からの電力が用いられる際にはスイッチSW1をオンにし、コンバータ9637で表示部9631に必要な電圧に昇圧または降圧をすることとなる。また、表示部9631での表示を行わない際には、SW1をオフにし、SW2をオンにしてバッテリー9635の充電を行う構成とすればよい。

20

【0273】

なお、太陽電池9633については、発電手段の一例として示したが、特に限定されず、圧電素子（ピエゾ素子）や熱電変換素子（ペルティエ素子）などの他の発電手段によるバッテリー9635の充電を行う構成であってもよい。例えば、無線（非接触）で電力を送受信して充電する無接点電力伝送モジュールや、また他の充電手段を組み合わせて行う構成としてもよい。

30

【0274】

なお、本実施の形態に示す構成などは、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【符号の説明】

【0275】

100	表示装置
102	表示部
102a	画素
102b	画素
102c	画素
102d	画素
104	遮光手段
106	支持体
106a	支持体
106b	支持体
106c	支持体
106d	支持体
112	開口部
114	走査線

40

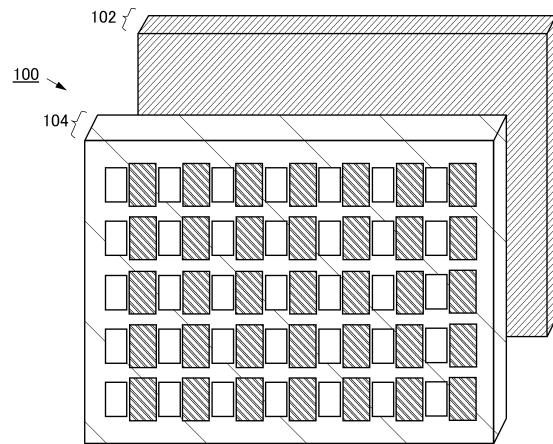
50

1 1 6	信号線	
1 1 8	電源線	
2 0 0	制御回路	
2 0 4	走査線	
2 0 6	支持体	
2 0 8 a	第1の信号線	
2 0 8 b	第2の信号線	
2 1 2	充電線	
2 1 4	作動線	
2 1 5	共通電源線	10
2 1 6	トランジスタ	
2 1 7	トランジスタ	
2 1 8	トランジスタ	
2 1 9	容量素子	
2 2 0	トランジスタ	
2 2 2	トランジスタ	
2 2 7	トランジスタ	
2 2 9	容量素子	
2 5 7	トランジスタ	
2 6 7	トランジスタ	20
3 0 0	シャッター	
3 0 2	可動遮光層	
3 0 4	開口部	
3 1 1	アクチュエータ	
3 1 5	アクチュエータ	
3 1 7	スプリング	
3 1 9	構造体	
3 2 1	可動電極	
3 2 3	構造体	
3 2 5	可動電極	30
3 2 7	構造体	
4 0 2	基板	
4 0 4	ゲート電極	
4 0 5	絶縁膜	
4 0 5 a	窒化物絶縁膜	
4 0 5 b	窒化物絶縁膜	
4 0 5 c	窒化物絶縁膜	
4 0 6	絶縁膜	
4 0 7	酸化物半導体膜	
4 0 8 a	酸化物半導体膜	40
4 0 8 b	導電膜	
4 0 8 c	酸化物半導体膜	
4 0 9	導電膜	
4 1 0 a	導電膜	
4 1 0 b	導電膜	
4 1 1	絶縁膜	
4 1 1 a	絶縁膜	
4 1 1 b	絶縁膜	
4 1 2	絶縁膜	
4 1 2 a	絶縁膜	50

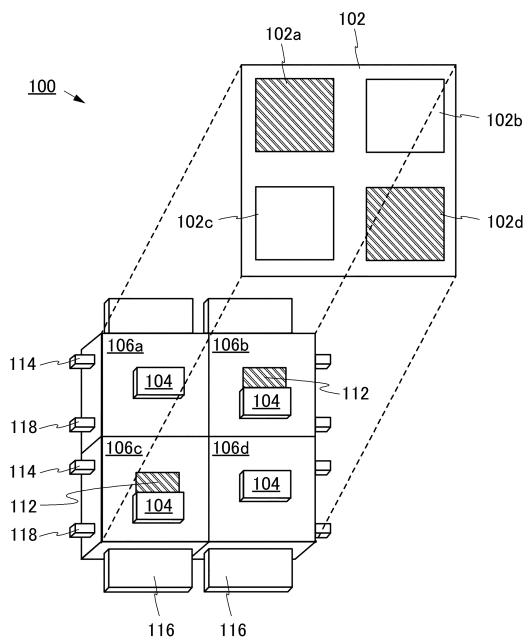
4 1 2 b	絶縁膜	
4 1 3	絶縁膜	
4 1 4	絶縁膜	
4 1 5	導電膜	
4 1 6	導電膜	
4 1 7	導電膜	
4 1 8	配向膜	
4 2 0	液晶層	
4 2 2	液晶素子	
4 3 4 a	低抵抗領域	10
4 3 4 b	低抵抗領域	
4 3 6	多層膜	
4 3 6 a	酸化物半導体膜	
4 3 6 b	酸化物膜	
4 4 2	基板	
4 4 4	遮光膜	
4 4 6	有色膜	
4 4 8	絶縁膜	
4 5 0	導電膜	
4 5 2	配向膜	20
4 5 6	導電膜	
4 6 2	開口部	
4 6 4	開口部	
5 0 4	ゲート電極	
5 0 5	ゲート絶縁膜	
5 0 8	酸化物半導体膜	
5 1 0 a	導電膜	
5 1 0 b	導電膜	
5 5 0	基板	
5 5 1	素子分離絶縁膜	30
5 5 6	ゲート絶縁膜	
5 5 7	高濃度不純物領域	
5 5 8	低濃度不純物領域	
5 5 9	ゲート電極	
5 6 2	配線	
5 6 3	配線	
5 6 5	配線	
5 6 6	絶縁膜	
5 6 8	配線	
5 6 9	配線	40
5 7 0	配線	
5 7 1	絶縁膜	
5 8 7	サイドウォール絶縁膜	
9 0 0 0	テーブル	
9 0 0 1	筐体	
9 0 0 2	脚部	
9 0 0 3	表示部	
9 0 0 4	表示ボタン	
9 0 0 5	電源コード	
9 0 3 3	具	50

9 0 3 4	スイッチ	
9 0 3 5	電源スイッチ	
9 0 3 6	スイッチ	
9 0 3 8	操作スイッチ	
9 1 0 0	テレビジョン装置	
9 1 0 1	筐体	
9 1 0 3	表示部	
9 1 0 5	スタンド	
9 1 0 7	表示部	
9 1 0 9	操作キー	10
9 1 1 0	リモコン操作機	
9 2 0 0	コンピュータ	
9 2 0 1	本体	
9 2 0 2	筐体	
9 2 0 3	表示部	
9 2 0 4	キーボード	
9 2 0 5	外部接続ポート	
9 2 0 6	ポインティングデバイス	
9 6 3 0	筐体	
9 6 3 1	表示部	20
9 6 3 1 a	表示部	
9 6 3 1 b	表示部	
9 6 3 2 a	領域	
9 6 3 2 b	領域	
9 6 3 3	太陽電池	
9 6 3 4	充放電制御回路	
9 6 3 5	バッテリー	
9 6 3 6	D C D C コンバータ	
9 6 3 7	コンバータ	
9 6 3 8	操作キー	30
9 6 3 9	ボタン	

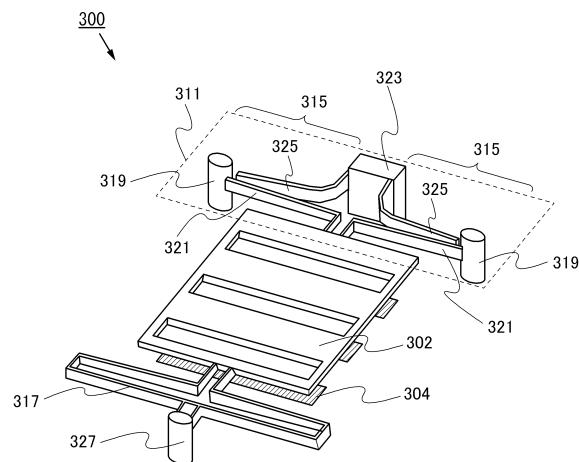
【図1】



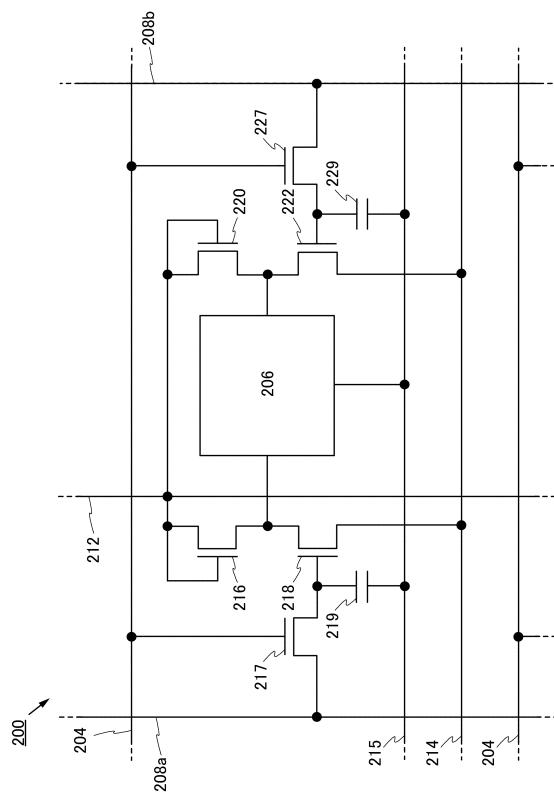
【図2】



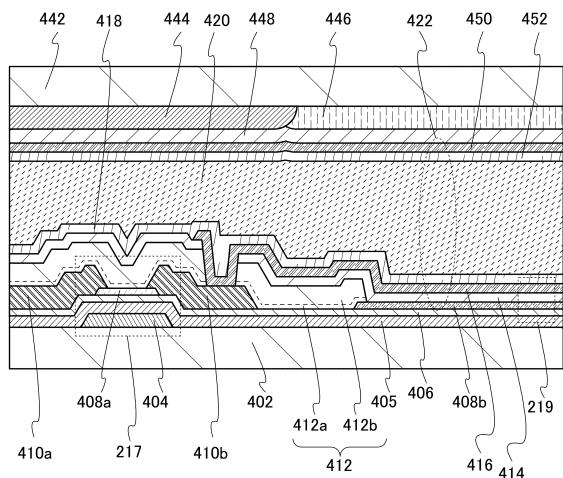
【図3】



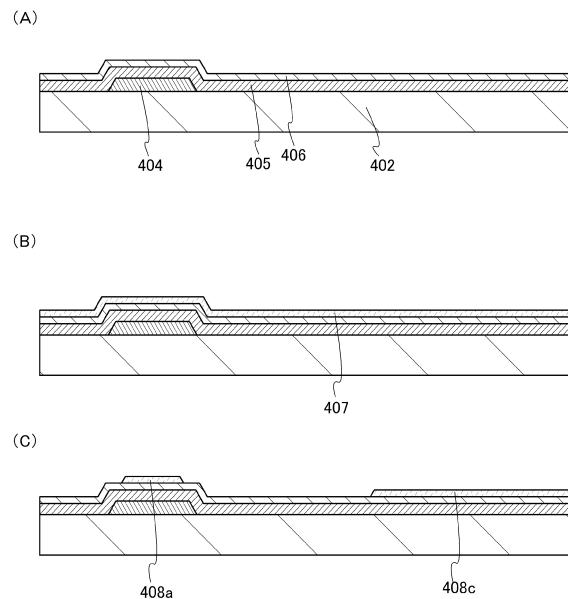
【図4】



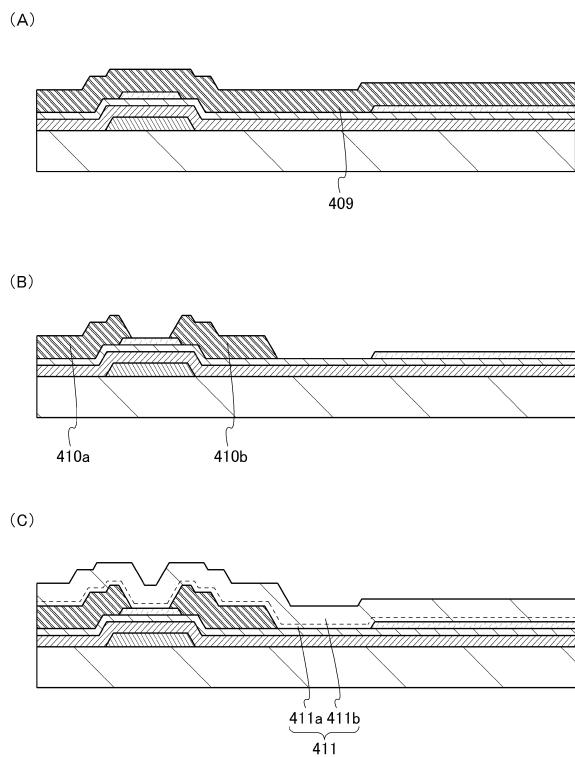
【図5】



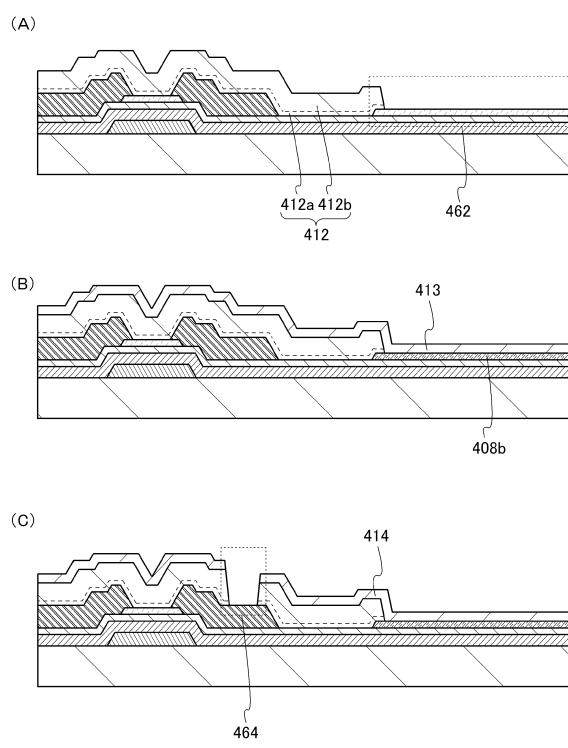
【図6】



【図7】

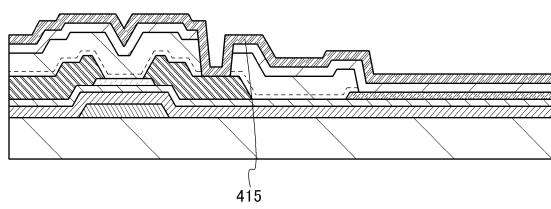


【図8】

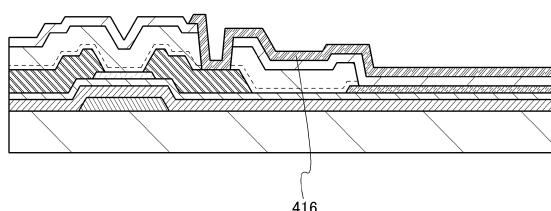


【図9】

(A)

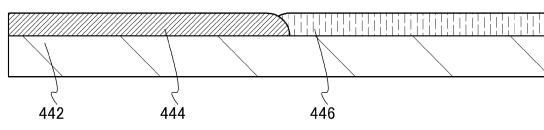


(B)

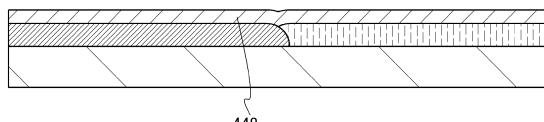


【図10】

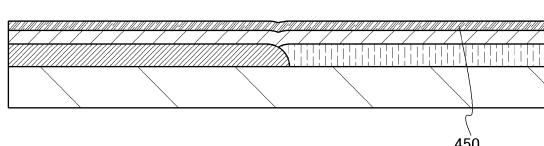
(A)



(B)

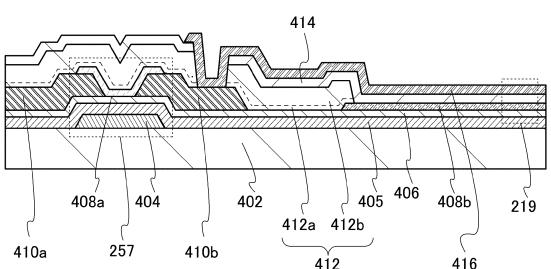


(C)

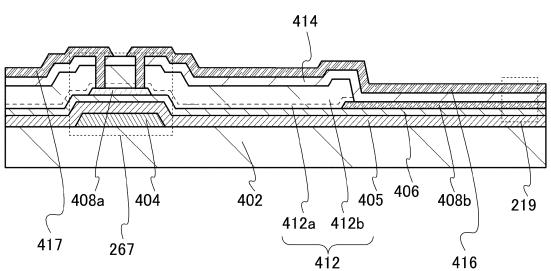


【図11】

(A)

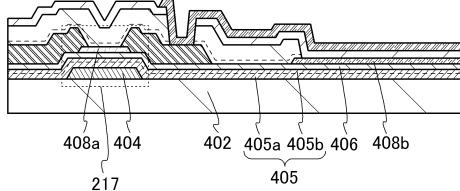


(B)

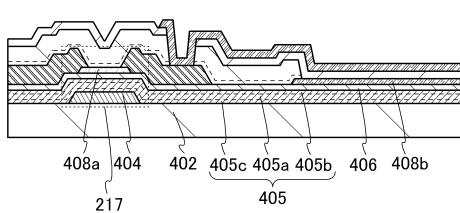


【図12】

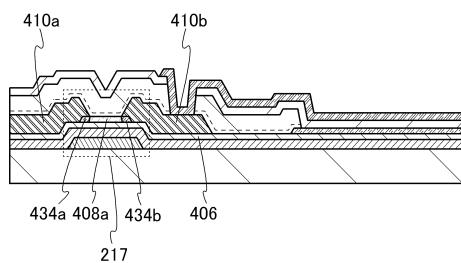
(A)



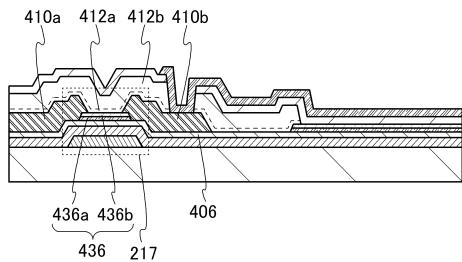
(B)



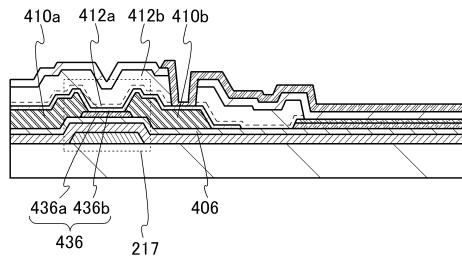
【図13】



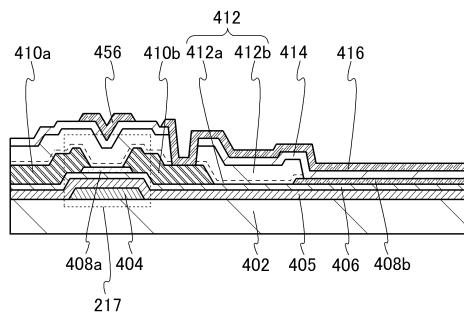
【図14】



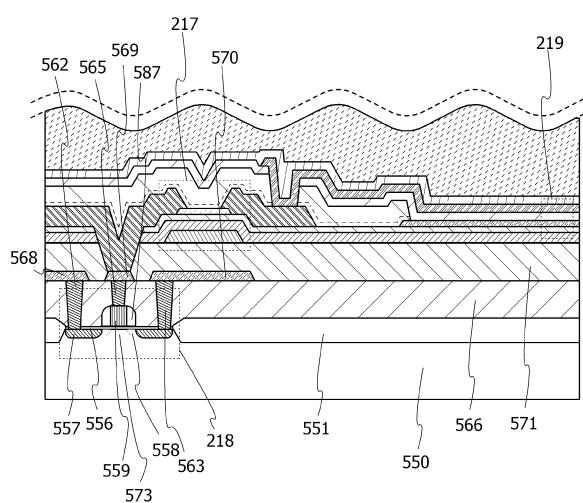
【図15】



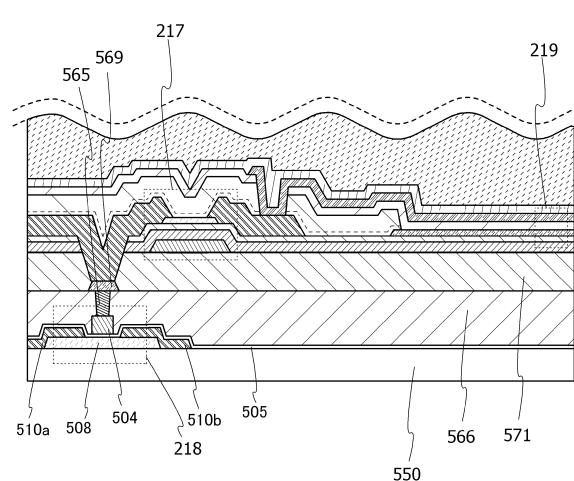
【図16】



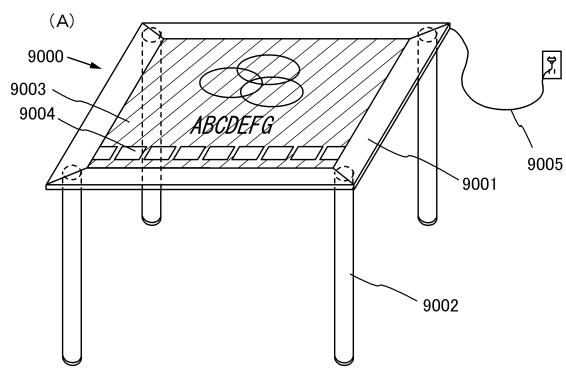
【図17】



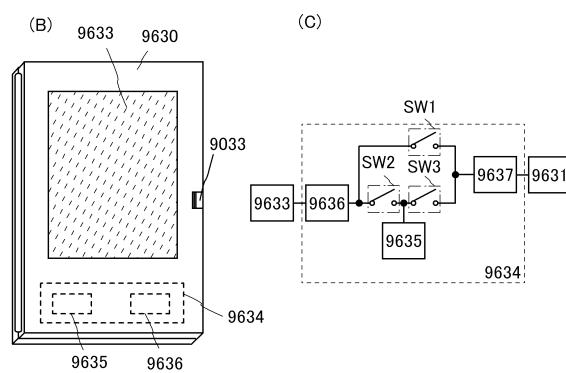
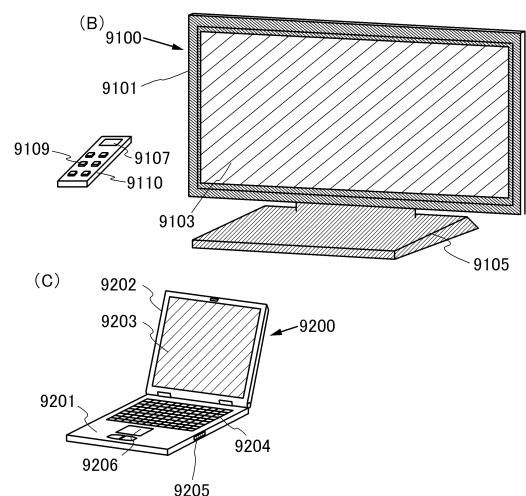
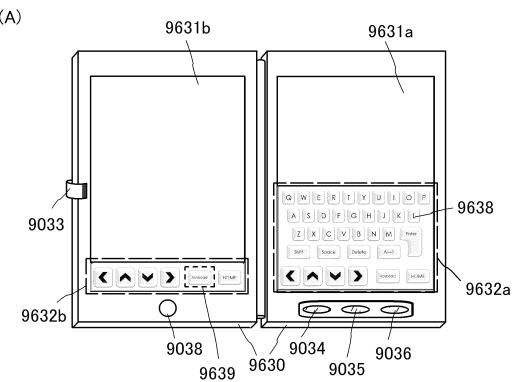
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-155320(JP,A)
特開2012-108494(JP,A)
特開2010-177223(JP,A)
特開2010-156963(JP,A)
特開2010-251721(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0141203(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B	2 6 / 0 2		
G 09 F	9 / 3 0	-	9 / 4 6
B 8 1 B	7 / 0 2		