

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6495612号
(P6495612)

(45) 発行日 平成31年4月3日 (2019.4.3)

(24) 登録日 平成31年3月15日 (2019.3.15)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 21/336 (2006.01)
 HO 1 L 29/786 (2006.01)
 HO 1 L 21/28 (2006.01)
 GO 2 F 1/1368 (2006.01)

HO 1 L 29/78 6 1 9 A
 HO 1 L 29/78 6 1 8 B
 HO 1 L 29/78 6 1 2 Z
 HO 1 L 29/78 6 1 7 J
 HO 1 L 21/28 3 0 1 B

請求項の数 4 (全 63 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-212327 (P2014-212327)
 (22) 出願日 平成26年10月17日 (2014.10.17)
 (65) 公開番号 特開2015-188054 (P2015-188054A)
 (43) 公開日 平成27年10月29日 (2015.10.29)
 審査請求日 平成29年10月11日 (2017.10.11)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-219516 (P2013-219516)
 (32) 優先日 平成25年10月22日 (2013.10.22)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2014-47260 (P2014-47260)
 (32) 優先日 平成26年3月11日 (2014.3.11)
 (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 久保田 大介
 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 岩本 勉

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】

第 1 の基板上のトランジスタと、
 前記トランジスタと接する無機絶縁膜と、
 前記無機絶縁膜と接する有機絶縁膜とを有し、
 前記トランジスタは、前記第 1 の基板上のゲート電極と、
 前記ゲート電極と重なる酸化半導体膜と、
 前記酸化半導体膜の一方の面に接するゲート絶縁膜と、
 前記酸化半導体膜に接する一対の電極と、
 前記一対の電極の一方と接続する画素電極と、を有し、
 前記ゲート電極の端部は、前記有機絶縁膜の端部より外側に位置し、
 前記無機絶縁膜は、前記酸化半導体膜の他方の面と接し、
 前記有機絶縁膜は、前記無機絶縁膜を介して前記酸化半導体膜と重なり、且つ隣接して設けられたトランジスタ上の有機絶縁膜とは分離されていることを特徴とする表示装置。

【請求項 2】

請求項 1 において、
 前記第 1 の基板と重なる第 2 の基板を有し、
 前記第 1 の基板及び前記第 2 の基板の間に前記トランジスタ及び前記有機絶縁膜を有し、

前記有機絶縁膜及び前記第2の基板の間に液晶層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、

前記無機絶縁膜は、前記酸化半導体膜の他方の面に接する酸化絶縁膜と、

前記酸化絶縁膜に接する窒化絶縁膜と、を有することを特徴とする表示装置。

【請求項4】

請求項1乃至請求項3のいずれか一項において、

前記酸化半導体膜は、第1の膜及び第2の膜を含む多層構造であり、

前記第1の膜は、前記第2の膜と金属元素の原子数比が異なることを特徴とする表示装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物、方法、または、製造方法に関する。または、本発明は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関する。特に、本発明の一態様は、半導体装置、表示装置、発光装置、蓄電装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法に関する。特に、本発明の一態様は、表示装置及びその作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

20

基板上に形成された半導体薄膜を用いてトランジスタ（薄膜トランジスタ（TFT）ともいう。）を構成する技術が注目されている。該トランジスタは、集積回路（IC）や画像表示装置（表示装置）のような電子デバイスに広く応用されている。トランジスタに適用可能な半導体薄膜としてシリコン系半導体材料が広く知られているが、その他の材料として酸化半導体が注目されている。

【0003】

例えば、トランジスタの活性層として、インジウム（In）、ガリウム（Ga）及び亜鉛（Zn）を含む酸化半導体を用いたトランジスタが開示されている（特許文献1参照）。

【0004】

30

また、トランジスタの活性層に用いる酸化半導体膜を、積層構造とすることで、キャリアの移動度を向上させる技術が開示されている（特許文献2参照）。

【0005】

ところで、酸化半導体においては、水素などの不純物の侵入により、電気的に浅いドナー準位が形成され、キャリアとなる電子が発生することが指摘されている。この結果、酸化半導体を用いたトランジスタは、しきい値電圧がマイナスシフトしノーマリーオン型になってしまい、ゲートに電圧を印加していない状態（つまりオフ状態）におけるリーク電流が増大する。そのため、水素のブロッキング性を有する酸化アルミニウム膜を酸化半導体膜のチャネル領域、ソース電極及びドレイン電極を被覆するように、基板の全面にわたって設けることで、酸化半導体膜への水素の侵入を抑制し、リーク電流の発生を抑制している（特許文献3参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2006-165528号公報

【特許文献2】特開2011-138934号公報

【特許文献3】特開2010-16163号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

50

酸化物半導体膜を有するトランジスタにおいて、経時変化やストレス試験により、トランジスタの電気特性、代表的にはしきい値電圧の変動量が増大するという問題がある。また、トランジスタがノーマリーオン特性を有すると、例えば、非動作時の消費電力の増大、または表示装置においてはコントラストの低下による表示品質の低下等の、様々な問題が生じる。

【0008】

そこで、本発明の一態様は、表示品質の優れた表示装置を提供する。または、本発明の一態様は、開口率が高く、且つ電荷容量を増大させることが可能な容量素子を有する表示装置を提供する。または、本発明の一態様は、消費電力が低減された表示装置を提供する。または、本発明の一態様は、電気特性の優れたトランジスタを有する表示装置を提供する。または、本発明の一態様は、新規な表示装置を提供する。または、本発明の一態様は、少ない工程数で、高開口率であり、広い視野角が得られる表示装置の作製方法を提供する。または、本発明の一態様は、新規な表示装置の作製方法を提供する。

10

【0009】

なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、これらの課題の全てを解決する必要はないものとする。なお、これら以外の課題は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の課題を抽出することが可能である。

【課題を解決するための手段】

【0010】

20

本発明の一態様は、第1の基板上のトランジスタと、トランジスタと接する無機絶縁膜と、無機絶縁膜と接する有機絶縁膜とを有する表示装置である。トランジスタは、第1の基板上のゲート電極と、ゲート電極と重なる酸化物半導体膜と、酸化物半導体膜の一方の面に接するゲート絶縁膜と、酸化物半導体膜に接する一対の電極と、を有する。無機絶縁膜は、酸化物半導体膜の他方の面と接する。なお、酸化物半導体膜の他方の面は、酸化物半導体膜の上面であってもよい。有機絶縁膜は、無機絶縁膜を介して酸化物半導体膜と重なり、且つ分離されている。なお、有機絶縁膜の厚さは、500nm以上10μm以下であることが好ましい。また、ゲート電極の端部は、有機絶縁膜の端部の外側に位置することが好ましい。または、ゲート電極の端部は、有機絶縁膜と重畳しないことが好ましい。また、上面図において、酸化物半導体膜は、有機絶縁膜に完全に覆われていてもよい。

30

【0011】

なお、表示装置は、第1の基板と重なる第2の基板を有し、第1の基板及び第2の基板の間にトランジスタ及び有機絶縁膜を有し、有機絶縁膜及び第2の基板の間に液晶層を有してもよい。

【0012】

または、表示装置は、第1の基板と重なる第2の基板を有し、第1の基板及び第2の基板の間にトランジスタ及び有機絶縁膜を有し、有機絶縁膜及び第2の基板の間に液晶層を有さなくともよい。この場合、有機絶縁膜は第1の基板及び第2の基板の間隔を保持するスペーサとして機能する。

【0013】

40

また、無機絶縁膜は、酸化物半導体膜の他方の面に接する酸化物絶縁膜と、酸化物絶縁膜に接する窒化物絶縁膜と、を有してもよい。

【0014】

また、一対の電極の一方と接続する画素電極を有してもよい。この場合、画素電極は、透光性を有する導電膜で形成される。さらに、ゲート絶縁膜及び無機絶縁膜に接して形成され、且つ無機絶縁膜を介して画素電極と重なる金属酸化物膜を有してもよい。また、金属酸化物膜の上面は、無機絶縁膜と接してもよい。金属酸化物膜は、酸化物半導体膜と同じ金属元素を含む。さらに、画素電極、無機絶縁膜、及び金属酸化物膜は容量素子として機能する。

【0015】

50

または、画素電極は、ゲート絶縁膜上に形成され、且つ酸化物半導体膜と同じ金属元素を含む金属酸化物膜であってもよい。この場合、無機絶縁膜を介して画素電極と重なる透光性を有する導電膜を有し、透光性を有する導電膜はコモン電極として機能する。さらに、画素電極、無機絶縁膜、及び透光性を有する導電膜は容量素子として機能する。

【0016】

酸化物半導体膜は、In-Ga酸化物、In-Zn酸化物、またはIn-M-Zn酸化物（MはAl、Ga、Y、Zr、Sn、La、Ce、またはNd）を有してもよい。また、酸化物半導体膜は、第1の膜及び第2の膜を含む多層構造であり、第1の膜は、第2の膜と金属元素の原子数比が異なってもよい。

【発明の効果】

10

【0017】

本発明の一態様により、表示品質の優れた表示装置を提供することができる。または、本発明の一態様により、開口率が高く、且つ電荷容量を増大させることが可能な容量素子を有する表示装置を提供することができる。または、本発明の一態様により、消費電力が低減された表示装置を提供することができる。本発明の一態様により、電気特性の優れたトランジスタを有する表示装置を提供することができる。または、本発明の一態様により、少ない工程数で、高開口率であり、広い視野角が得られる表示装置を作製することができる。または、本発明の一態様により、新規な表示装置を提供することができる。なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

20

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】半導体装置の一形態を説明する上面図及び断面図である。

【図2】半導体装置の一形態を説明する断面図である。

【図3】表示装置の一形態を説明するブロック図及び回路図である。

【図4】表示装置の一形態を説明する上面図である。

【図5】表示装置の一形態を説明する断面図である。

【図6】表示装置の一形態を説明する断面図である。

30

【図7】表示装置の一形態を説明する断面図である。

【図8】表示装置の一形態を説明する断面図である。

【図9】表示装置の一形態を説明する断面図である。

【図10】表示装置の作製方法の一形態を説明する断面図である。

【図11】表示装置の作製方法の一形態を説明する断面図である。

【図12】表示装置の作製方法の一形態を説明する断面図である。

【図13】表示装置の作製方法の一形態を説明する断面図である。

【図14】表示装置の一形態を説明する上面図及び断面図である。

【図15】表示装置の一形態を説明する上面図である。

【図16】表示装置の一形態を説明する上面図である。

40

【図17】表示装置の一形態を説明する上面図である。

【図18】表示装置の一形態を説明する上面図である。

【図19】表示装置の一形態を説明する上面図である。

【図20】表示装置の一形態を説明する断面図である。

【図21】表示装置の作製方法の一形態を説明する断面図である。

【図22】表示装置の作製方法の一形態を説明する断面図である。

【図23】表示装置の一形態を説明する断面図である。

【図24】表示装置の一形態を説明する断面図である。

【図25】表示装置の作製方法の一形態を説明する断面図である。

【図26】表示装置の一形態を説明する断面図である。

50

【図 27】酸化物半導体の断面 TEM 像および局所的なフーリエ変換像。

【図 28】酸化物半導体膜のナノビーム電子回折パターンを示す図、および透過電子回折測定装置の一例を示す図。

【図 29】透過電子回折測定による構造解析の一例を示す図、および平面 TEM 像。

【図 30】表示装置の駆動方法の一例を示す概念図である。

【図 31】表示モジュールを説明する図である。

【図 32】電子機器の一形態の外観図を説明する図である。

【図 33】表示装置の一形態を説明する断面図である。

【図 34】導電率の温度依存性を説明する図。

【図 35】電子照射による結晶部の変化を示す図。

10

【発明を実施するための形態】

【0019】

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、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは、当業者であれば容易に理解される。従って、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。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。

【0020】

20

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、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。

【0021】

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。

【0022】

また、「ソース」や「ドレイン」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「ドレイン」の用語は、入れ替えて用いることができるものとする。

30

【0023】

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もよいし、電圧を電位と読み替えてもよいこととする。

【0024】

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。

40

【0025】

また、本明細書において、結晶が三方晶または菱面体晶である場合、六方晶系として表す。

【0026】

（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。

50

【 0 0 2 7 】

図 1 (A) 乃至図 1 (C) に、半導体装置が有するトランジスタ 1 0 の上面図及び断面図を示す。図 1 (A) はトランジスタ 1 0 の上面図であり、図 1 (B) は、図 1 (A) の一点鎖線 A - B 間の断面図、図 1 (C) は、図 1 (A) の一点鎖線 C - D 間の断面図である。なお、図 1 (A) では、明瞭化のため、第 1 の基板 1 1、ゲート絶縁膜 1 4、無機絶縁膜 3 0などを省略している。

【 0 0 2 8 】

図 1 (A) 乃至図 1 (C) に示すトランジスタ 1 0 は、チャネルエッチ型のトランジスタであり、第 1 の基板 1 1 上に設けられるゲート電極として機能する導電膜 1 3 と、第 1 の基板 1 1 及びゲート電極として機能する導電膜 1 3 上に形成されるゲート絶縁膜 1 4 と、ゲート絶縁膜 1 4 を介して、ゲート電極として機能する導電膜 1 3 と重なる酸化物半導体膜 1 9 a と、酸化物半導体膜 1 9 a に接する、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜 2 1 a、2 1 b とを有する。また、ゲート絶縁膜 1 4、酸化物半導体膜 1 9 a、及び導電膜 2 1 a、2 1 b 上には、第 1 の絶縁膜が設けられ、第 1 の絶縁膜上に酸化物半導体膜 1 9 a と重なる第 2 の絶縁膜が設けられる。

【 0 0 2 9 】

第 1 の絶縁膜及び第 2 の絶縁膜の合計の厚さが、ゲート電極として機能する導電膜 1 3 に電圧が印加されたときに、第 2 の絶縁膜の表面に電荷が帯電しない厚さであることが好ましく、代表的には、600 nm 以上であることが好ましい。なお、酸化物半導体膜 1 9 a との界面における欠陥量を低減するためには、第 1 の絶縁膜は無機絶縁膜が好ましく、代表的には酸化物絶縁膜を有することが好ましい。また、プロセス時間を短くするためには、第 2 の絶縁膜は有機絶縁膜が好ましい。以下、第 1 の絶縁膜として無機絶縁膜 3 0 を用い、第 2 の絶縁膜として有機絶縁膜 3 1 を用いて説明する。また、ゲート電極の端部は、有機絶縁膜の端部の外側に位置することが好ましい。または、ゲート電極の端部は、有機絶縁膜と重畳しないことが好ましい。

【 0 0 3 0 】

無機絶縁膜 3 0 は、少なくとも酸化物絶縁膜を有し、さらには酸化物絶縁膜及び窒化物絶縁膜が積層されていることが好ましい。無機絶縁膜 3 0 において、酸化物半導体膜 1 9 a と接する領域において、酸化物絶縁膜が形成されることで、酸化物半導体膜 1 9 a と無機絶縁膜 3 0 との界面における欠陥量を低減することが可能である。

【 0 0 3 1 】

また、窒化物絶縁膜は、水、水素等のバリア膜として機能する。酸化物半導体膜 1 9 a に水、水素等が含まれると、酸化物半導体膜 1 9 a に含まれる酸素と、水、水素等とが反応してしまい、酸化物半導体膜 1 9 a に酸素欠損が形成される。酸素欠損により、酸化物半導体膜 1 9 a 中にはキャリアが生成され、トランジスタのしきい値電圧がマイナスシフトし、トランジスタはノーマリーオン特性となってしまう。このため、無機絶縁膜 3 0 の一部として窒化物絶縁膜を設けることで、外部から酸化物半導体膜 1 9 a への水、水素等の拡散量を低減することが可能であり、酸化物半導体膜 1 9 a の欠陥量を低減することが可能である。このため、無機絶縁膜 3 0 において、酸化物半導体膜 1 9 a 側から順に酸化物絶縁膜及び窒化物絶縁膜が積層されていることで、酸化物半導体膜 1 9 a 及び無機絶縁膜 3 0 の界面における欠陥量、及び酸化物半導体膜 1 9 a における酸素欠損量を低減することが可能であり、ノーマリーオフ特性のトランジスタを作製することが可能である。

【 0 0 3 2 】

さらに、本実施の形態に示すトランジスタ 1 0 において、無機絶縁膜 3 0 上に分離された有機絶縁膜 3 1 が、酸化物半導体膜 1 9 a と重なる。

【 0 0 3 3 】

有機絶縁膜 3 1 は、厚さが 500 nm 以上 10 μ m 以下であることが好ましい。

【 0 0 3 4 】

また、有機絶縁膜 3 1 は、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂等の有機樹脂で形成される。

【0035】

ここで、無機絶縁膜30上に有機絶縁膜31が形成されない場合であって、ゲート電極として機能する導電膜13に負の電圧が印加された場合について、図2(B)を用いて説明する。

【0036】

また、ゲート電極として機能する導電膜13に負の電圧が印加されると、電界が発生する。該電界は、酸化半導体膜19aで遮蔽されず、無機絶縁膜30にまで影響するため、無機絶縁膜30の表面に弱い正の電荷が帯電する。また、ゲート電極として機能する導電膜13に負の電圧が印加されると、空気中に含まれる正の荷電粒子が無機絶縁膜30の表面に吸着し、無機絶縁膜30の表面に弱い正の電荷が帯電する。

10

【0037】

無機絶縁膜30の表面に正の電荷が帯電することにより、電場が生じ、該電場が酸化半導体膜19a及び無機絶縁膜30の界面まで影響する。この結果、酸化半導体膜19a及び無機絶縁膜30の界面において、実質的に正のバイアスが印加された状態となり、トランジスタのしきい値電圧が負にシフトしてしまう。

【0038】

一方、図2(A)に示す本実施の形態に示すトランジスタ10は、無機絶縁膜30上に有機絶縁膜31を有する。有機絶縁膜31は、500nm以上と厚さが厚いため、ゲート電極として機能する導電膜13に負の電圧が印加されることによって発生する電場の影響が有機絶縁膜31の表面にまで影響せず、有機絶縁膜31の表面に正の電荷が帯電しにくい。また、500nm以上と厚さが厚いため、空気中に含まれる正の荷電粒子が、有機絶縁膜31の表面に吸着しても、該正の荷電粒子の電場は、酸化半導体膜19a及び無機絶縁膜30の界面まで影響しにくい。この結果、酸化半導体膜19a及び無機絶縁膜30の界面において、実質的に正のバイアスが印加された状態とならず、トランジスタのしきい値電圧の変動量が少ない。

20

【0039】

また、有機絶縁膜31においては、水等が拡散しやすいが、トランジスタ10ごとに有機絶縁膜が分離して形成されているため、外部からの水が有機絶縁膜31を通じて半導体装置内に拡散しない。また、無機絶縁膜30において、窒化物絶縁膜を有することで、外部から有機絶縁膜31に拡散した水が、酸化半導体膜19aに拡散することを防ぐことが可能である。

30

【0040】

以上のことから、分離された有機絶縁膜31をトランジスタ上に設けることで、トランジスタの電気特性のばらつきを低減することが可能である。また、ノーマリーオフ特性を有し、信頼性の高いトランジスタを作製することができる。また、有機絶縁膜は、印刷法、塗布法等を用いて形成することが可能であるため、作製時間を短縮することが可能である。

【0041】

<変形例1>

本実施の形態に示すトランジスタの変形例について、図1(D)を用いて説明する。本変形例に示すトランジスタ10aは、多階調マスクを用いて形成された酸化半導体膜19g及び一対の導電膜21f、21gを有することを特徴とする。

40

【0042】

多階調マスクを用いることで、複数の厚さを有するレジストマスクを形成することが可能であり、該レジストマスクを用い、酸化半導体膜19gを形成した後、酸素プラズマ等にレジストマスクを曝すことで、レジストマスクの一部が除去され、一対の導電膜を形成するためのレジストマスクとなる。このため、酸化半導体膜19g及び一対の導電膜21f、21gの作製工程におけるフォトリソグラフィ工程数を削減することができる。

【0043】

なお、多階調マスクを用いて形成した酸化半導体膜19gは、平面形状において一対

50

の導電膜 2 1 f、2 1 g の外側に一部が露出した形状となる。

【 0 0 4 4 】

< 変形例 2 >

本実施の形態に示すトランジスタの変形例について、図 1 (E) を用いて説明する。本変形例に示すトランジスタ 1 0 b は、チャネル保護型のトランジスタであることを特徴とする。

【 0 0 4 5 】

図 1 (E) に示すトランジスタ 1 0 b は、第 1 の基板 1 1 上に設けられるゲート電極として機能する導電膜 1 3 と、第 1 の基板 1 1 及びゲート電極として機能する導電膜 1 3 上に形成されるゲート絶縁膜 1 4 と、ゲート絶縁膜 1 4 を介して、ゲート電極として機能する導電膜 1 3 と重なる酸化物半導体膜 1 9 a と、酸化物半導体膜 1 9 a のチャネル領域及び側面を覆う無機絶縁膜 3 0 a と、無機絶縁膜 3 0 a の開口部において酸化物半導体膜 1 9 a に接する、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜 2 1 h、2 1 i とを有する。また、無機絶縁膜 3 0 a を介して酸化物半導体膜 1 9 a と重なる有機絶縁膜 3 1 を有する。有機絶縁膜 3 1 は、導電膜 2 1 h、2 1 i 及び無機絶縁膜 3 0 a 上に設けられる。

【 0 0 4 6 】

チャネル保護型のトランジスタは、酸化物半導体膜 1 9 a が無機絶縁膜 3 0 a に覆われているため、導電膜 2 1 h、2 1 i を形成するエッチングにおいて、酸化物半導体膜 1 9 a はダメージを受けない。このため、酸化物半導体膜 1 9 a の欠陥を低減することができる。

【 0 0 4 7 】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせる用いることができる。

【 0 0 4 8 】

(実施の形態 2)

本実施の形態では、本発明の一態様である表示装置について、図面を用いて説明する。

【 0 0 4 9 】

図 3 (A) に、表示装置の一例を示す。図 3 (A) に示す表示装置は、画素部 1 0 1 と、走査線駆動回路 1 0 4 と、信号線駆動回路 1 0 6 と、各々が平行または略平行に配設され、且つ走査線駆動回路 1 0 4 によって電位が制御される m 本の走査線 1 0 7 と、各々が平行または略平行に配設され、且つ信号線駆動回路 1 0 6 によって電位が制御される n 本の信号線 1 0 9 と、を有する。さらに、画素部 1 0 1 はマトリクス状に配設された複数の画素 1 0 3 を有する。また、信号線 1 0 9 に沿って、各々が平行または略平行に配設された容量線 1 1 5 を有する。なお、容量線 1 1 5 は、走査線 1 0 7 に沿って、各々が平行または略平行に配設されていてもよい。また、走査線駆動回路 1 0 4 及び信号線駆動回路 1 0 6 をまとめて駆動回路部という場合がある。

【 0 0 5 0 】

なお、表示装置は、複数の画素を駆動させる駆動回路等を含む。また、表示装置は、別の基板上に配置された制御回路、電源回路、信号生成回路及びバックライトモジュール等を含み、液晶モジュールとよばれることもある。

【 0 0 5 1 】

各走査線 1 0 7 は、画素部 1 0 1 において m 行 n 列に配設された画素 1 0 3 のうち、いずれかの行に配設された n 個の画素 1 0 3 と電氣的に接続される。また、各信号線 1 0 9 は、m 行 n 列に配設された画素 1 0 3 のうち、いずれかの列に配設された m 個の画素 1 0 3 に電氣的と接続される。m、n は、ともに 1 以上の整数である。また、各容量線 1 1 5 は、m 行 n 列に配設された画素 1 0 3 のうち、いずれかの列に配設された m 個の画素 1 0 3 と電氣的に接続される。なお、容量線 1 1 5 が、走査線 1 0 7 に沿って、各々が平行または略平行に配設されている場合は、m 行 n 列に配設された画素 1 0 3 のうち、いずれかの行に配設された n 個の画素 1 0 3 に電氣的に接続される。

【 0 0 5 2 】

なお、ここでは、一画素とは、走査線及び信号線で囲まれ、且つ一つの色を示す領域のことをいう。このため、R（赤）G（緑）B（青）の色要素からなるカラー表示装置の場合には、画像の最小単位は、Rの画素とGの画素とBの画素との三画素から構成される。なお、R（赤）G（緑）B（青）に、イエロー、シアン、マゼンタなどの画素を加えることで、色の再現性を高めることができる。また、R（赤）G（緑）B（青）に、W（白）の画素を加えることで表示装置の消費電力を低下することができる。また、液晶表示装置の場合、W（白）の画素をR（赤）G（緑）B（青）ごとに加えることで、液晶表示装置の明るさを高めることが可能であるため、バックライトの明るさを抑制できる。この結果、液晶表示装置の消費電力を低減することが可能である。

10

【 0 0 5 3 】

図3（B）、（C）は、図3（A）に示す表示装置の画素103に用いることができる回路構成の一例を示している。

【 0 0 5 4 】

図3（B）に示す画素103は、液晶素子121と、トランジスタ102と、容量素子105と、を有する。

【 0 0 5 5 】

液晶素子121の一对の電極の一方の電位は、画素103の仕様に依拠して適宜設定される。液晶素子121は、書き込まれるデータにより配向状態が設定される。また、複数の画素103のそれぞれが有する液晶素子121の一对の電極の一方に共通の電位（コモン電位）を与えてもよい。また、各行の画素103毎の液晶素子121の一对の電極の一方に異なる電位を与えてもよい。

20

【 0 0 5 6 】

なお、液晶素子121は、液晶の光学的変調作用によって光の透過または非透過を制御する素子である。なお、液晶の光学的変調作用は、液晶にかかる電界（横方向の電界、縦方向の電界又は斜め方向の電界を含む）によって制御される。なお、液晶素子121としては、ネマチック液晶、コレステリック液晶、スメクチック液晶、サーモトロピック液晶、ライオトロピック液晶、強誘電液晶、反強誘電液晶等が挙げられる。

【 0 0 5 7 】

液晶素子121を有する表示装置の駆動方法としては、例えば、TNモード、VAモード、ASM（Axially Symmetric Aligned Micro-cell）モード、OCB（Optically Compensated Birefringence）モード、MVAモード、PVA（Patterned Vertical Alignment）モード、IPSモード、FFSモード、またはTBA（Transverse Bend Alignment）モードなどを用いてもよい。ただし、これに限定されず、液晶素子及びその駆動方式として様々なものを用いることができる。

30

【 0 0 5 8 】

また、ブルー相（Blue Phase）を示す液晶とカイラル剤とを含む液晶組成物により液晶素子を構成してもよい。ブルー相を示す液晶は、応答速度が1ms以下と短く、光学的等方性であるため、配向処理が不要であり、視野角依存性が小さい。

40

【 0 0 5 9 】

図3（B）に示す画素103の構成において、トランジスタ102のソース電極及びドレイン電極の一方は、信号線109に電気的に接続され、他方は液晶素子121の一对の電極の他方に電気的に接続される。また、トランジスタ102のゲート電極は、走査線107に電気的に接続される。トランジスタ102は、オン状態またはオフ状態になることにより、データ信号のデータの書き込みを制御する機能を有する。

【 0 0 6 0 】

図3（B）に示す画素103の構成において、容量素子105の一对の電極の一方は、電位が供給される容量線115に電気的に接続され、他方は、液晶素子121の一对の電極の他方に電気的に接続される。なお、容量線115の電位の値は、画素103の仕様に

50

応じて適宜設定される。容量素子 105 は、書き込まれたデータを保持する保持容量としての機能を有する。

【0061】

例えば、図3(B)の画素103を有する表示装置では、走査線駆動回路104により各行の画素103を順次選択し、トランジスタ102をオン状態にしてデータ信号のデータを書き込む。

【0062】

データが書き込まれた画素103は、トランジスタ102がオフ状態になることで保持状態になる。これを行毎に順次行うことにより、画像を表示できる。

【0063】

また、図3(C)に示す画素103は、表示素子のスイッチングを行うトランジスタ133と、画素の駆動を制御するトランジスタ102と、トランジスタ135と、容量素子105と、発光素子131と、を有する。

【0064】

トランジスタ133のソース電極及びドレイン電極の一方は、データ信号が与えられる信号線109に電氣的に接続される。さらに、トランジスタ133のゲート電極は、ゲート信号が与えられる走査線107に電氣的に接続される。

【0065】

トランジスタ133は、オン状態またはオフ状態になることにより、データ信号のデータの書き込みを制御する機能を有する。

【0066】

トランジスタ102のソース電極及びドレイン電極の一方は、アノード線として機能する配線137と電氣的に接続され、トランジスタ102のソース電極及びドレイン電極の他方は、発光素子131の一方の電極に電氣的に接続される。さらに、トランジスタ102のゲート電極は、トランジスタ133のソース電極及びドレイン電極の他方、及び容量素子105の一方の電極に電氣的に接続される。

【0067】

トランジスタ102は、オン状態またはオフ状態になることにより、発光素子131に流れる電流を制御する機能を有する。

【0068】

トランジスタ135のソース電極及びドレイン電極の一方はデータの基準電位が与えられる配線139と接続され、トランジスタ135のソース電極及びドレイン電極の他方は、発光素子131の一方の電極、及び容量素子105の他方の電極に電氣的に接続される。さらに、トランジスタ135のゲート電極は、ゲート信号が与えられる走査線107に電氣的に接続される。

【0069】

トランジスタ135は、発光素子131に流れる電流を調整する機能を有する。例えば、発光素子131が劣化等により、発光素子131の内部抵抗が上昇した場合、トランジスタ135のソース電極及びドレイン電極の一方が接続された配線139に流れる電流をモニタリングすることで、発光素子131に流れる電流を補正することができる。配線139に与えられる電位としては、例えば、0Vとすることができる。

【0070】

容量素子105の一对の電極の一方は、トランジスタ102のゲート電極、及びトランジスタ133のソース電極及びドレイン電極の他方と電氣的に接続され、容量素子105の一对の電極の他方は、トランジスタ135のソース電極及びドレイン電極の他方、及び発光素子131の一方の電極に電氣的に接続される。

【0071】

図3(C)に示す画素103の構成において、容量素子105は、書き込まれたデータを保持する保持容量としての機能を有する。

【0072】

10

20

30

40

50

発光素子 131 の一対の電極の一方は、トランジスタ 135 のソース電極及びドレイン電極の他方、容量素子 105 の他方、及びトランジスタ 102 のソース電極及びドレイン電極の他方と電氣的に接続される。また、発光素子 131 の一対の電極の他方は、カソードとして機能する配線 141 に電氣的に接続される。

【0073】

発光素子 131 としては、例えば有機エレクトロルミネセンス素子（有機 EL 素子ともいう）などを用いることができる。ただし、発光素子 131 としては、これに限定されず、無機材料からなる無機 EL 素子を用いても良い。

【0074】

なお、配線 137 及び配線 141 の一方には、高電源電位 VDD が与えられ、他方には、低電源電位 VSS が与えられる。図 3（C）に示す構成においては、配線 137 に高電源電位 VDD を、配線 141 に低電源電位 VSS を、それぞれ与える構成としている。

【0075】

図 3（C）の画素 103 を有する表示装置では、走査線駆動回路 104 により各行の画素 103 を順次選択し、トランジスタ 102 をオン状態にしてデータ信号のデータを書き込む。

【0076】

データが書き込まれた画素 103 は、トランジスタ 133 がオフ状態になることで保持状態になる。さらに、トランジスタ 133 は、容量素子 105 と接続しているため、書き込まれたデータを長時間保持することが可能となる。また、トランジスタ 133 により、ソース電極とドレイン電極の間に流れる電流量が制御され、発光素子 131 は、流れる電流量に応じた輝度で発光する。これを行毎に順次行うことにより、画像を表示できる。

【0077】

なお、図 3（B）及び図 3（C）では、表示素子として、液晶素子 121 や発光素子 131 を用いた例を示したが、本発明の実施形態の一態様は、これに限定されない。様々な表示素子を用いることも可能である。例えば、EL（エレクトロルミネッセンス）素子（有機物及び無機物を含む EL 素子、有機 EL 素子、無機 EL 素子）、LED（白色 LED、赤色 LED、緑色 LED、青色 LED など）、トランジスタ（電流に応じて発光するトランジスタ）、電子放出素子、電子インク、電気泳動素子、グレーティングライトバルブ（GLV）、プラズマディスプレイ（PDP）、MEMS（マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム）、デジタルマイクロミラーデバイス（DMD）、DMS（デジタル・マイクロ・シャッター）、IMOD（インターフェアレンス・モジュレーション）素子、エレクトロウェットティング素子、圧電セラミックディスプレイ、カーボンナノチューブ、など、電気磁気的作用により、コントラスト、輝度、反射率、透過率などが変化する表示媒体を有するものがある。EL 素子を用いた表示装置の一例としては、EL ディスプレイなどがある。電子放出素子を用いた表示装置の一例としては、フィールドエミッションディスプレイ（FED）又は SED 方式平面型ディスプレイ（SED：Surface-conduction Electron-emitter Display）などがある。なお、液晶素子を用いた表示装置の一例としては、液晶ディスプレイ（透過型液晶ディスプレイ、半透過型液晶ディスプレイ、反射型液晶ディスプレイ、直視型液晶ディスプレイ、投射型液晶ディスプレイ）などがある。電子インク又は電気泳動素子を用いた表示装置の一例としては、電子ペーパーなどがある。

【0078】

次に、表示装置に含まれる素子基板の具体的な構成について説明する。ここでは、画素 103 に液晶素子を用いた液晶表示装置の具体的な例について説明する。ここでは、図 3（B）に示す画素 103 の上面図を図 4 に示す。

【0079】

ここでは、表示装置として FFS 駆動の液晶表示装置を用い、該液晶表示装置に含まれる複数の画素 103a、103b、103c の上面図を図 4 に示す。

【0080】

図4において、走査線として機能する導電膜13は、信号線として機能する導電膜に略直交する方向（図中左右方向）に延伸して設けられている。信号線として機能する導電膜21aは、走査線として機能する導電膜に略直交する方向（図中上下方向）に延伸して設けられている。なお、走査線として機能する導電膜13は、走査線駆動回路104（図3（A）を参照。）と電氣的に接続されており、信号線として機能する導電膜21aは、信号線駆動回路106（図3（A）を参照。）に電氣的に接続されている。

【0081】

トランジスタ102は、走査線として機能する導電膜及び信号線として機能する導電膜が交差する領域に設けられている。トランジスタ102は、ゲート電極として機能する導電膜13、ゲート絶縁膜（図4に図示せず。）、ゲート絶縁膜上に形成されたチャンネル領域が形成される酸化物半導体膜19a、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜21a、21bにより構成される。なお、導電膜13は、走査線として機能する導電膜としても機能し、酸化物半導体膜19aと重畳する領域がトランジスタ102のゲート電極として機能する。また、導電膜21aは、信号線として機能する導電膜としても機能し、酸化物半導体膜19aと重畳する領域がトランジスタ102のソース電極またはドレイン電極として機能する。また、図4において、走査線として機能する導電膜は、上面形状において端部が酸化物半導体膜19aの端部より外側に位置する。このため、走査線として機能する導電膜はバックライトなどの光源からの光を遮る遮光膜として機能する。この結果、トランジスタに含まれる酸化物半導体膜19aに光が照射されず、トランジスタの電気特性の変動を抑制することができる。

【0082】

また、トランジスタ102において、酸化物半導体膜19aと重なる有機絶縁膜31を有する。有機絶縁膜31は、無機絶縁膜（図4に図示せず。）を介して、酸化物半導体膜19a、特に、酸化物半導体膜19aであって且つ導電膜21a、21bの間の領域と重なる。

【0083】

トランジスタ102ごとに有機絶縁膜31が分離して形成されているため、外部からの水が有機絶縁膜31を通じて液晶表示装置内に拡散しないため、液晶表示装置内に設けられるトランジスタの電気特性のばらつきを低減することが可能である。

【0084】

また、導電膜21bは、画素電極19bと電氣的に接続する。また、画素電極19b上において、絶縁膜を介してコモン電極29が設けられている。画素電極19b上に設けられる絶縁膜において、一点破線で示す開口部40が設けられている。開口部40において、画素電極19bは、窒化物絶縁膜（図4に図示せず。）と接する。

【0085】

コモン電極29は、信号線として機能する導電膜21aと交差する方向に延伸した縞状の領域を有する。また、該縞状の領域は、信号線として機能する導電膜21aと平行または略平行な方向に延伸した領域と接続する。このため、画素において、縞状の領域を有するコモン電極29は、各縞状の領域が同電位である。

【0086】

容量素子105は、画素電極19b、及びコモン電極29が重なる領域で形成される。画素電極19b及びコモン電極29は透光性を有する。即ち、容量素子105は透光性を有する。

【0087】

図4に示すように、FFSモードの液晶表示装置において、信号線として機能する導電膜と交差する方向に延伸した縞状の領域を有するコモン電極が設けられるため、コントラストの優れた表示装置を作製することができる。

【0088】

また、容量素子105は透光性を有するため、画素103内に容量素子105を大きく（大面積に）形成することができる。従って、開口率を高めつつ、代表的には50%以上

10

20

30

40

50

、好ましくは60%以上とすることが可能であると共に、電荷容量を増大させた表示装置を得ることができる。例えば、解像度の高い表示装置、例えば液晶表示装置においては、画素の面積が小さくなり、容量素子の面積も小さくなる。このため、解像度の高い表示装置において、容量素子に蓄積される電荷容量が小さくなる。しかしながら、本実施の形態に示す容量素子105は透光性を有するため、当該容量素子を画素に設けることで、各画素において十分な電荷容量を得つつ、開口率を高めることができる。代表的には、画素密度が200ppi以上、さらには300ppi以上、更には500ppi以上である高解像度の表示装置に好適に用いることができる。

【0089】

また、液晶表示装置において、容量素子の電荷容量を大きくするほど、電界を加えた状況において、液晶素子の液晶分子の配向を一定に保つことができる期間を長くすることができる。静止画を表示させる場合、当該期間を長くできるため、画像データを書き換える回数を低減することが可能であり、消費電力を低減することができる。また、本実施の形態に示す構造により、高解像度の表示装置においても、開口率を高めることができるため、バックライトなどの光源の光を効率よく利用することができ、表示装置の消費電力を低減することができる。

【0090】

次いで、図4の一点鎖線A-B、C-Dにおける断面図を図5に示す。図5に示すトランジスタ102は、チャンネルエッチ型のトランジスタである。なお、一点破線A-Bは、トランジスタ102のチャンネル長方向、及び容量素子105の断面図であり、C-Dにおける断面図は、トランジスタ102のチャンネル幅方向の断面図である。

【0091】

本実施の形態に示す液晶表示装置は、一对の基板（第1の基板11と第2の基板342）と、第1の基板11に接する素子層と、第2の基板342に接する素子層と、各素子層の間の液晶層320とを有する。なお、素子層とは、基板と液晶層の間に形成される層を総称していう。また、一对の基板（第1の基板11と第2の基板342）間に液晶素子322が挟持されている。

【0092】

液晶素子322は、第1の基板11の上方の画素電極19bと、コモン電極29と、窒化物絶縁膜27と、配向性を制御する膜（以下、配向膜33という。）と、液晶層320と、を有する。なお、画素電極19bは、液晶素子322の一方の電極として機能し、コモン電極29は、液晶素子322の他方の電極として機能する。

【0093】

はじめに、第1の基板11に形成される素子層に関して説明する。図5に示すトランジスタ102は、シングルゲート構造のトランジスタであり、第1の基板11上に設けられるゲート電極として機能する導電膜13を有する。また、第1の基板11及びゲート電極として機能する導電膜13上に形成される窒化物絶縁膜15と、窒化物絶縁膜15上に形成される酸化物絶縁膜17と、窒化物絶縁膜15及び酸化物絶縁膜17を介して、ゲート電極として機能する導電膜13と重なる酸化物半導体膜19aと、酸化物半導体膜19aに接する、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜21a、21bとを有する。窒化物絶縁膜15及び酸化物絶縁膜17は、ゲート絶縁膜14として機能する。また、酸化物絶縁膜17、酸化物半導体膜19a、及びソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜21a、21b上には、酸化物絶縁膜23が形成され、酸化物絶縁膜23上には酸化物絶縁膜25が形成される。酸化物絶縁膜23、酸化物絶縁膜25、導電膜21b上には窒化物絶縁膜27が形成される。酸化物絶縁膜23、酸化物絶縁膜25、及び窒化物絶縁膜27は、無機絶縁膜30として機能する。また、画素電極19bが、酸化物絶縁膜17上に形成される。画素電極19bは、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜21a、21bの一方、ここでは導電膜21bに接続される。また、コモン電極29が、窒化物絶縁膜27上に形成される。また、無機絶縁膜30を介してトランジスタ102の酸化物半導体膜19aと重なる有機絶縁膜31を有する。

【0094】

また、画素電極19bと、窒化物絶縁膜27と、コモン電極29とが重なる領域が容量素子105として機能する。

【0095】

有機絶縁膜31の厚さは、500nm以上10μm以下であることが好ましい。図5に示す有機絶縁膜31の厚さは、第1の基板11上に形成された無機絶縁膜30と第2の基板342に形成された素子層との間隔より小さい。このため、有機絶縁膜31と第2の基板342に形成された素子層との間に、液晶層320を有する。すなわち、有機絶縁膜31上の配向膜33と、第2の基板342の素子層に含まれる配向膜352との間において液晶層320を有する。

10

【0096】

なお、図6に示すように、有機絶縁膜31a上に配向膜33と、第2の基板342上に設けられた素子層に含まれる配向膜352とが接する構造であってもよい。この場合、有機絶縁膜31aは、スペーサとして機能するため、液晶表示装置のセルギャップを有機絶縁膜31aで維持することができる。

【0097】

なお、図5及び図6などにおいて、配向膜33は、有機絶縁膜31、有機絶縁膜31aなどの上に設けられているが、本発明の実施形態の一態様は、これに限定されない。場合によっては、または、状況に応じて、図33に示すように、配向膜33上に有機絶縁膜31bが設けられていてもよい。この場合、ラビング工程は、一例としては、配向膜33を形成した直後ではなく、配向膜33上に有機絶縁膜31bなどを形成した後に行ってもよい。

20

【0098】

酸化半導体膜19aと重なる有機絶縁膜31、31a、31bをトランジスタ102上に設けることで、酸化半導体膜19aの表面と有機絶縁膜31、31a、31bの表面との距離を離すことが可能である。この結果、酸化半導体膜19aの表面は、有機絶縁膜31、31a、31bの表面に吸着された正の荷電粒子による電場の影響を受けず、トランジスタ102の信頼性を高めることができる。

【0099】

なお、本発明の実施形態の一態様の断面図は、これに限定されない。様々な構成をとることができる。例えば、画素電極19bは、スリットを有してもよい。または、画素電極19bは櫛歯形状でもよい。その場合の断面図の例を、図7に示す。または、図8に示すように、窒化物絶縁膜27の上に、分離されず連続した有機絶縁膜31cが設けられてもよい。例えば、分離されず連続した有機絶縁膜31cを設けることで、有機絶縁膜31cの表面を平坦にすることができる。つまり、有機絶縁膜31cは、一例としては、平坦化膜としての機能を有することができる。または、図9に示すように、コモン電極29と、導電膜21bとが重なるようにして、容量素子105bを形成してもよい。このような構成とすることにより、画素電極の電位を保持する容量素子として機能させることができる。したがって、このような構成とすることにより、容量素子の電荷容量を増やすことができる。

30

40

【0100】

以下に、表示装置の構成の詳細について説明する。

【0101】

第1の基板11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、第1の基板11として用いてもよい。また、シリコンや炭化シリコンなどの単結晶半導体基板、多結晶半導体基板、シリコンゲルマニウム等を材料とした化合物半導体基板、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、第1の基板11として用いてもよい。なお、第1の基板11として、ガラス基板を用いる場合、第6世代(1500mm×1850mm)、第7世

50

代(1870mm×2200mm)、第8世代(2200mm×2400mm)、第9世代(2400mm×2800mm)、第10世代(2950mm×3400mm)等の大面積基板を用いることで、大型の表示装置を作製することができる。

【0102】

また、第1の基板11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102を形成してもよい。または、第1の基板11とトランジスタ102の間に剥離層を設けてもよい。剥離層は、その上に表示装置を一部あるいは全部完成させた後、第1の基板11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102は耐熱性の劣る基板や可撓性の基板にも転載できる。

【0103】

ゲート電極として機能する導電膜13は、アルミニウム、クロム、銅、タンタル、チタン、モリブデン、タングステンから選ばれた金属元素、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、ゲート電極として機能する導電膜13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、チタン膜上にアルミニウム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グ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グステン膜上にタングステン膜を積層する二層構造、チタン膜上に銅膜を積層する二層構造、モリブデン膜上に銅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、タングステン、モリブデン、クロム、ネオジム、スカンジウムから選ばれた一または複数を組み合わせた合金膜、もしくは窒化膜を用いてもよい。

【0104】

また、ゲート電極として機能する導電膜13は、インジウム錫酸化物、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、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。

【0105】

窒化物絶縁膜15は、酸素の透過性の低い窒化物絶縁膜を用いることが可能である。更には、酸素、水素、及び水の透過性の低い窒化物絶縁膜を用いることが可能である。酸素の透過性の低い窒化物絶縁膜、酸素、水素、及び水の透過性の低い窒化物絶縁膜としては、窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、窒化アルミニウム膜、窒化酸化アルミニウム膜等がある。また、酸素の透過性の低い窒化物絶縁膜、酸素、水素、及び水の透過性の低い窒化物絶縁膜の代わりに、酸化アルミニウム膜、酸化窒化アルミニウム膜、酸化ガリウム膜、酸化窒化ガリウム膜、酸化イットリウム膜、酸化窒化イットリウム膜、酸化ハフニウム膜、酸化窒化ハフニウム膜等の酸化物絶縁膜を用いることができる。

【0106】

窒化物絶縁膜15の厚さは、5nm以上100nm以下、より好ましくは20nm以上80nm以下とするとよい。

【0107】

酸化物絶縁膜17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。

【0108】

また、酸化物絶縁膜17として、ハフニウムシリケート(HfSiO_x)、窒素が添加されたハフニウムシリケート($\text{HfSi}_x\text{O}_y\text{N}_z$)、窒素が添加されたハフニウムアルミネート($\text{HfAl}_x\text{O}_y\text{N}_z$)、酸化ハフニウム、酸化イットリウムなどの比誘電率の

10

20

30

40

50

高い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。

【0109】

酸化物絶縁膜17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。よい。

【0110】

酸化物半導体膜19a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、Ga、Y、Zr、Sn、La、Ce、またはNd）がある。

【0111】

なお、酸化物半導体膜19aがIn-M-Zn酸化物であるとき、InおよびMの和を100atomic%としたときInとMの原子数比率は、好ましくはInが25atomic%より高く、Mが75atomic%未満、さらに好ましくはInが34atomic%より高く、Mが66atomic%未満とする。

10

【0112】

酸化物半導体膜19a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102のオフ電流を低減することができる。

【0113】

酸化物半導体膜19a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。

【0114】

20

酸化物半導体膜19aがIn-M-Zn酸化物膜（MはAl、Ga、Y、Zr、Sn、La、Ce、またはNd）の場合、In-M-Zn酸化物膜を成膜するために用いるスパッタリングターゲットの金属元素の原子数比は、In-M-Znを満たすことが好ましい。このようなスパッタリングターゲットの金属元素の原子数比として、In:M:Zn=1:1:1、In:M:Zn=1:1:1.2、In:M:Zn=3:1:2が好ましい。なお、成膜される酸化物半導体膜19aの原子数比はそれぞれ、誤差として上記のスパッタリングターゲットに含まれる金属元素の原子数比のプラスマイナス40%の変動を含む。

【0115】

酸化物半導体膜19a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19a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。

30

【0116】

なお、これらに限られず、必要とするトランジスタの半導体特性及び電気特性（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19a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。

【0117】

40

なお、酸化物半導体膜19a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、さらに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る。ここでは、不純物濃度が低く、欠陥準位密度の低い（酸素欠損量の少ない）ことを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。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場合、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×

50

$10^6 \mu\text{m}$ 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。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、電気特性の変動が小さく、信頼性の高いトランジスタとなる。不純物としては、水素、窒素、アルカリ金属、またはアルカリ土類金属等がある。

【0118】

酸化物半導体膜に含まれる水素は金属原子と結合する酸素と反応して水になると共に、酸素が脱離した格子（または酸素が脱離した部分）に酸素欠損が形成される。当該酸素欠損に水素が入ることで、キャリアである電子が生成される場合がある。また、水素の一部が金属原子と結合する酸素と結合することで、キャリアである電子を生成する場合がある。従って、水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。

【0119】

このため、酸化物半導体膜19aは酸素欠損と共に、水素ができる限り低減されていることが好ましい。具体的には、酸化物半導体膜19aにおいて、二次イオン質量分析法（SIMS: Secondary Ion Mass Spectrometry）により得られる水素濃度を、 $5 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 未満、好ましくは $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下、より好ましくは $5 \times 10^{17} \text{atoms/cm}^3$ 以下、さらに好ましくは $1 \times 10^{16} \text{atoms/cm}^3$ 以下とする。

【0120】

酸化物半導体膜19a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19a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19a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、 $2 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $2 \times 10^{17} \text{atoms/cm}^3$ 以下とする。

【0121】

また、酸化物半導体膜19a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、 $1 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $2 \times 10^{16} \text{atoms/cm}^3$ 以下にする。アルカリ金属及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19a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。

【0122】

また、酸化物半導体膜19a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、 $5 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下にすることが好ましい。

【0123】

また、酸化物半導体膜19aは、例えば非単結晶構造でもよい。非単結晶構造は、例えば、後述するCAAC-OS（C Axis Aligned - Crystalline Oxide Semiconductor）、多結晶構造、後述する微結晶構造、または非晶質構造を含む。非単結晶構造において、非晶質構造は最も欠陥準位密度が高く、CAAC-OSは最も欠陥準位密度が低い。

【0124】

酸化物半導体膜19aは、例えば非晶質構造でもよい。非晶質構造の酸化物半導体膜は、例えば、原子配列が無秩序であり、結晶成分を有さない。

【 0 1 2 5 】

なお、酸化物半導体膜 1 9 a が、非晶質構造の領域、微結晶構造の領域、多結晶構造の領域、C A A C - O S の領域、単結晶構造の二種以上の領域を有する混合膜であってもよい。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、C A A C - O S の領域、単結晶構造の領域のいずれか二種以上の領域を有する単層構造の場合がある。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、C A A C - O S の領域、単結晶構造の領域のいずれか二種以上の領域の積層構造を有する場合がある。

【 0 1 2 6 】

画素電極 1 9 b は、酸化物半導体膜 1 9 a と同時に形成された酸化物半導体膜を加工して形成される。このため、画素電極 1 9 b は、酸化物半導体膜 1 9 a と同様の金属元素を有する膜である。また、酸化物半導体膜 1 9 a と同様の結晶構造、または異なる結晶構造を有する膜である。しかしながら、酸化物半導体膜 1 9 a と同時に形成された酸化物半導体膜に、不純物または酸素欠損を有せしめることで、導電性を有する膜となり、画素電極 1 9 b として機能する。酸化物半導体膜に含まれる不純物としては、水素がある。なお、水素の代わりに不純物として、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が含まれていてもよい。または、画素電極 1 9 b は、酸化物半導体膜 1 9 a と同時に形成された膜であり、プラズマダメージ等により酸素欠損が形成され、導電性が高められた膜である。または、画素電極 1 9 b は、酸化物半導体膜 1 9 a と同時に形成された膜であり、且つ不純物を含むと共に、プラズマダメージ等により酸素欠損が形成され、導電性が高められた膜である。

【 0 1 2 7 】

このため、酸化物半導体膜 1 9 a 及び画素電極 1 9 b は共に、酸化物絶縁膜 1 7 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 1 9 a と比較して、画素電極 1 9 b の不純物濃度が高い。例えば、酸化物半導体膜 1 9 a に含まれる水素濃度は、 $5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、より好ましくは $5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、さらに好ましくは $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であり、画素電極 1 9 b に含まれる水素濃度は、 $8 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、好ましくは $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、より好ましくは $5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上である。また、酸化物半導体膜 1 9 a と比較して、画素電極 1 9 b に含まれる水素濃度は 2 倍以上、好ましくは 10 倍以上である。

【 0 1 2 8 】

また、酸化物半導体膜 1 9 a と同時に形成された酸化物半導体膜をプラズマに曝すことにより、酸化物半導体膜にダメージを与え、酸素欠損を形成することができる。例えば、酸化物半導体膜上に、プラズマ C V D 法またはスパッタリング法で膜を成膜すると、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。または、酸化物絶縁膜 2 3 及び酸化物絶縁膜 2 5 を形成するためのエッチング処理において酸化物半導体膜がプラズマに曝されることで、酸素欠損が生成される。または、酸化物半導体膜が、酸素及び水素の混合ガス、水素、希ガス、アンモニア等のプラズマに曝されることで、酸素欠損が生成される。この結果、酸化物半導体膜は導電性が高くなり、導電性を有する膜となり、画素電極 1 9 b として機能する。

【 0 1 2 9 】

即ち、画素電極 1 9 b は、導電性の高い酸化物半導体膜で形成されるともいえる。また、画素電極 1 9 b は、導電性の高い金属酸化物膜で形成されるともいえる。

【 0 1 3 0 】

また、窒化物絶縁膜 2 7 として、窒化シリコン膜を用いる場合、窒化シリコン膜は水素を含む。このため、窒化物絶縁膜 2 7 の水素が酸化物半導体膜 1 9 a 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が生成される。また、窒化シリコン膜をプラズマ C V D 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、窒化シリコン膜に含まれる水素が入ることで、キャリアである電子が生成される。これらの結果、酸化物半導体膜は導電性が高くなり、画素電極 19b となる。

【0131】

酸素欠損が形成された酸化物半導体に水素を添加すると、酸素欠損サイトに水素が入り伝導帯近傍にドナー準位が形成される。この結果、酸化物半導体は、導電性が高くなり、導電体化する。導電体化された酸化物半導体を酸化物導電体とすることができる。すなわち、画素電極 19b は、酸化物導電体膜で形成されるということが出来る。一般に、酸化物半導体は、エネルギーギャップが大きいので、可視光に対して透光性を有する。一方、酸化物導電体は、伝導帯近傍にドナー準位を有する酸化物半導体である。したがって、該ドナー準位による吸収の影響は小さく、可視光に対して酸化物半導体と同程度の透光性を有する。

10

【0132】

画素電極 19b は、酸化物半導体膜 19a より抵抗率が低い。画素電極 19b の抵抗率が、酸化物半導体膜 19a の抵抗率の 1×10^{-8} 倍以上 1×10^{-1} 倍未満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。

【0133】

ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜 21a、21b は、アルミニウム、チタン、クロム、ニッケル、銅、イットリウム、ジルコニウム、モリブデン、銀、タンタル、またはタング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、チタン膜上にアルミニウム膜を積層する二層構造、タングステン膜上にアルミニウム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、チタン膜上に銅膜を積層する二層構造、タングステン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。

20

30

【0134】

酸化物絶縁膜 23 または酸化物絶縁膜 25 として、化学量論的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ることが好ましい。ここでは、酸化物絶縁膜 23 として、酸素を透過する酸化物絶縁膜を形成し、酸化物絶縁膜 25 として、化学量論的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形成する。

【0135】

酸化物絶縁膜 23 は、酸素を透過する酸化物絶縁膜である。このため、酸化物絶縁膜 23 上に設けられる、酸化物絶縁膜 25 から脱離する酸素を、酸化物絶縁膜 23 を介して酸化物半導体膜 19a に移動させることができる。また、酸化物絶縁膜 23 は、後に形成する酸化物絶縁膜 25 を形成する際の、酸化物半導体膜 19a へのダメージ緩和膜としても機能する。

40

【0136】

酸化物絶縁膜 23 としては、厚さが 5 nm 以上 150 nm 以下、好ましくは 5 nm 以上 50 nm 以下の酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜等を用いることができる。なお、本明細書中において、酸化窒化シリコン膜とは、その組成として、窒素よりも酸素の含有量が多い膜を指し、窒化酸化シリコン膜とは、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多い膜を指す。

【0137】

また、酸化物絶縁膜 23 は、窒素を含み、且つ欠陥量の少ない酸化物絶縁膜であること

50

が好ましい。

【0138】

窒素を含み、且つ欠陥量の少ない酸化物絶縁膜の代表例としては、酸化窒化シリコン膜、酸化窒化アルミニウム膜等がある。

【0139】

欠陥の少ない酸化物絶縁膜は、100 K以下のESRで測定して得られたスペクトルにおいてg値が2.037以上2.039以下の第1のシグナル、g値が2.001以上2.003以下の第2のシグナル、及びg値が1.964以上1.966以下の第3のシグナルが観測される。なお、第1のシグナル及び第2のシグナルのスプリット幅、並びに第2のシグナル及び第3のシグナルのスプリット幅は、XバンドのESR測定において約5 mTである。また、g値が2.037以上2.039以下の第1のシグナル、g値が2.001以上2.003以下の第2のシグナル、及びg値が1.964以上1.966以下である第3のシグナルのスピンの密度の合計が、 $1 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ 未満であり、代表的には $1 \times 10^{17} \text{ spins/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ 未満である。

10

【0140】

なお、100 K以下のESRスペクトルにおいてg値が2.037以上2.039以下の第1シグナル、g値が2.001以上2.003以下の第2のシグナル、及びg値が1.964以上1.966以下の第3のシグナルは、窒素酸化物(NO_x 、xは0以上2以下、好ましくは1以上2以下)起因のシグナルに相当する。窒素酸化物の代表例としては、一酸化窒素、二酸化窒素等がある。即ち、g値が2.037以上2.039以下乃至1.964以上1.966以下であるシグナルのスピンの密度が少ないほど、酸化物絶縁膜に含まれる窒素酸化物の含有量が少ないといえる。

20

【0141】

酸化物絶縁膜23が、上記のように、窒素酸化物の含有量が少ないと、酸化物絶縁膜23と酸化物半導体膜との界面におけるキャリアのトラップを低減することが可能である。この結果、半導体装置に含まれるトランジスタしきい値電圧の変動を低減することが可能であり、トランジスタの電気特性の変動を低減することができる。

【0142】

また、酸化物絶縁膜23は、SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry) で測定される窒素濃度が $6 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることが好ましい。この結果、酸化物絶縁膜23において、窒素酸化物が生成されにくくなり、酸化物絶縁膜23と、酸化物半導体膜19aとの界面におけるキャリアのトラップを低減することが可能である。また、半導体装置に含まれるトランジスタのしきい値電圧の変動を低減することが可能であり、トランジスタの電気特性の変動を低減することができる。

30

【0143】

なお、酸化物絶縁膜23において、膜中に窒素酸化物及びアンモニアが含まれると、作製工程のプロセスにおける加熱処理において、窒素酸化物及びアンモニアが反応し、窒素酸化物が窒素ガスとなって脱離する。この結果、酸化物絶縁膜23の窒素濃度及び窒素酸化物の含有量を低減することができる。また、酸化物絶縁膜23と、酸化物半導体膜19aとの界面におけるキャリアのトラップを低減することが可能である。また、半導体装置に含まれる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り、トランジスタの電気特性の変動を低減することができる。

40

【0144】

なお、酸化物絶縁膜23においては、外部から酸化物絶縁膜23に入った酸素が全て酸化物絶縁膜23の外部に移動せず、酸化物絶縁膜23にとどまる酸素もある。また、酸化物絶縁膜23に酸素が入ると共に、酸化物絶縁膜23に含まれる酸素が酸化物絶縁膜23の外部へ移動することで酸化物絶縁膜23において酸素の移動が生じる場合もある。

【0145】

50

酸化物絶縁膜 23 として酸素を透過する酸化物絶縁膜を形成すると、酸化物絶縁膜 23 上に設けられる、酸化物絶縁膜 25 から脱離する酸素を、酸化物絶縁膜 23 を介して酸化物半導体膜 19a に移動させることができる。

【0146】

酸化物絶縁膜 23 に接するように酸化物絶縁膜 25 が形成されている。酸化物絶縁膜 25 は、化学量論的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。化学量論的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。化学量論的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。なお、上記 TDS 分析時における膜の表面温度としては 100 以上 700 以下、または 100 以上 500 以下の範囲が好ましい。

10

【0147】

酸化物絶縁膜 25 としては、厚さが 30 nm 以上 500 nm 以下、好ましくは 50 nm 以上 400 nm 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。

【0148】

また、酸化物絶縁膜 25 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、 $g = 2.001$ に現れる信号のスピン密度が $1.5 \times 10^{18} \text{ spins/cm}^3$ 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、酸化物絶縁膜 25 は、酸化物絶縁膜 23 と比較して酸化物半導体膜 19a から離れているため、酸化物絶縁膜 23 より、欠陥密度が多くともよい。

20

【0149】

窒化物絶縁膜 27 は、窒化物絶縁膜 15 と同様に酸素の透過性の低い窒化物絶縁膜を用いることが可能である。更には、酸素、水素、及び水の透過性の低い窒化物絶縁膜を用いることが可能である。

【0150】

窒化物絶縁膜 27 としては、厚さが 50 nm 以上 300 nm 以下、好ましくは 100 nm 以上 200 nm 以下の、窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、窒化アルミニウム膜、窒化酸化アルミニウム膜等がある。

【0151】

30

酸化物絶縁膜 23 または酸化物絶縁膜 25 において、化学量論的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が含まれると、酸化物絶縁膜 23 または酸化物絶縁膜 25 に含まれる酸素の一部を酸化物半導体膜 19a に移動させ、酸化物半導体膜 19a に含まれる酸素欠損量を低減することが可能である。

【0152】

酸化物半導体膜中に酸素欠損が含まれている酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、しきい値電圧がマイナス方向に変動しやすく、ノーマリーオン特性となりやすい。これは、酸化物半導体膜に含まれる酸素欠損に起因して電荷が生じ、低抵抗化するためである。トランジスタがノーマリーオン特性を有すると、動作時に動作不良が発生しやすくなる、または非動作時の消費電力が高くなるなどの、様々な問題が生じる。また、経時変化やストレス試験により、トランジスタの電気特性、代表的にはしきい値電圧の変動量が増大するという問題がある。

40

【0153】

しかしながら、本実施の形態に示すトランジスタ 102 は、酸化物半導体膜 19a 上に設けられる酸化物絶縁膜 23 または酸化物絶縁膜 25 が、化学量論的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である。さらに、酸化物半導体膜 19a、酸化物絶縁膜 23、及び酸化物絶縁膜 25 を、窒化物絶縁膜 15 及び酸化物絶縁膜 17 で包み込む。この結果、酸化物絶縁膜 23 または酸化物絶縁膜 25 に含まれる酸素が、効率よく酸化物半導体膜 19a に移動し、酸化物半導体膜 19a の酸素欠損量を低減することが可能である。この結果、ノーマリーオフ特性を有するトランジスタとなる。また、経時変化やスト

50

レス試験により、トランジスタの電気特性、代表的にはしきい値電圧の変動量を低減することができる。

【0154】

コモン電極29は、透光性を有する膜、好ましくは透光性を有する導電膜を用いる。透光性を有する導電膜は、酸化タングステンを含むインジウム酸化物膜、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物膜、酸化チタンを含むインジウム酸化物膜、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物膜、インジウム錫酸化物（以下、ITOと示す。）膜、インジウム亜鉛酸化物膜、酸化ケイ素を添加したインジウム錫酸化物膜等がある。

【0155】

信号線として機能する導電膜21aの延伸方向とコモン電極29の延伸方向が交差する。このため、信号線として機能する導電膜21aとコモン電極29との間で生じる電界と、画素電極19bとコモン電極29との間で生じる電界との間で、方位ずれが生じ、且つそのずれの角度が大きい。このため、ネガ型液晶分子を用いた場合、信号線として機能する導電膜近傍の液晶分子の配向状態と、隣接する画素に設けられた画素電極とコモン電極との間で生じる電界により生じた画素電極近傍の液晶分子の配向状態とは、互いに影響されにくい。この結果、画素の透過率の変化が抑制される。この結果、画像のちらつきを低減することが可能である。

【0156】

また、リフレッシュレートが低い液晶表示装置において、保持期間であっても、信号線として機能する導電膜21a近傍の液晶分子の配向は、隣接する画素に設けられた画素電極とコモン電極29との間で生じる電界による画素電極近傍の液晶分子の配向状態へ影響を与えにくい。この結果、保持期間において、画素の透過率を維持することが可能であり、ちらつきを低減することができる。

【0157】

また、コモン電極29は、信号線として機能する導電膜21aと交差する方向に縞状に延伸する領域を有する。このため、画素電極19b及び導電膜21a近傍において、意図しない液晶分子の配向を防ぐことが可能であり、光漏れを抑制することができる。この結果、コントラストの優れた表示装置を作製することができる。

【0158】

なお、コモン電極29の形状は図4に示す形状に限定されず、直線状の縞状であってもよい。また、縞状の場合、延伸方向が、信号線として機能する導電膜と平行であってもよい。また、コモン電極29は、櫛歯状であってもよい。または、コモン電極は第1の基板11上に全面に形成されてもよい。または、画素電極19bとは異なる透光性を有する導電膜がコモン電極29上に絶縁膜を介して形成されてもよい。

【0159】

コモン電極29、窒化物絶縁膜27、及び有機絶縁膜31上に配向膜33が形成される。

【0160】

次に、図5に示すトランジスタ102及び容量素子105の作製方法について、図10乃至図12を用いて説明する。

【0161】

図10(A)に示すように、第1の基板11上に導電膜13となる導電膜12を形成する。導電膜12は、スパッタリング法、化学気相堆積(CVD)法(有機金属化学堆積(MOCVD)法、メタル化学気相堆積法、原子層成膜(ALD)法あるいはプラズマ化学気相堆積(PECVD)法を含む。)、蒸着法、パルスレーザー堆積(PLD)法等により形成する。有機金属化学堆積(MOCVD)法、メタル化学気相堆積法、原子層成膜(ALD)法を用いることで、プラズマによるダメージの少ない導電膜を形成することができる。

【0162】

ここでは、第1の基板11としてガラス基板を用いる。また、導電膜12として、厚さ

10

20

30

40

50

100nmのタングステン膜をスパッタリング法により形成する。

【0163】

次に、導電膜12上に、第1のフォトマスクを用いたフォトリソグラフィ工程によりマスクを形成する。次に、該マスクを用いて導電膜12の一部をエッチングして、図10(B)に示すように、ゲート電極として機能する導電膜13を形成する。この後、マスクを除去する。

【0164】

なお、ゲート電極として機能する導電膜13は、上記形成方法の代わりに、電解メッキ法、印刷法、インクジェット法等で形成してもよい。

【0165】

ここでは、ドライエッチング法によりタングステン膜をエッチングして、ゲート電極として機能する導電膜13を形成する。

【0166】

次に、図10(C)に示すように、ゲート電極として機能する導電膜13上に、窒化物絶縁膜15と、後に酸化物絶縁膜17となる酸化物絶縁膜16を形成する。次に、酸化物絶縁膜16上に、後に酸化物半導体膜19a、画素電極19bとなる酸化物半導体膜18を形成する。

【0167】

窒化物絶縁膜15及び酸化物絶縁膜16は、スパッタリング法、化学気相堆積(CVD)法(有機金属化学堆積(MOCVD)法、メタル化学気相堆積法、原子層成膜(ALD)法あるいはプラズマ化学気相堆積(PECVD)法を含む。)、蒸着法、パルスレーザー堆積(PLD)法、塗布法、印刷法等により形成する。有機金属化学堆積(MOCVD)法、メタル化学気相堆積法、原子層成膜(ALD)法を用いることで、プラズマによるダメージの少ない窒化物絶縁膜15及び酸化物絶縁膜16を形成することができる。また、原子層成膜(ALD)法を用いることで、窒化物絶縁膜15及び酸化物絶縁膜16の被覆性を高めることが可能である。

【0168】

ここでは、シラン、窒素、及びアンモニアを原料ガスとしたプラズマCVD法を用いて、窒化物絶縁膜15として、厚さ300nmの窒化シリコン膜を形成する。

【0169】

酸化物絶縁膜16として酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、または窒化酸化シリコン膜を形成する場合、原料ガスとしては、シリコンを含む堆積性気体及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。

【0170】

酸化物絶縁膜16として酸化ガリウム膜を形成する場合、MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法を用いて形成することができる。

【0171】

ここでは、シラン及び一酸化二窒素を原料ガスとしたプラズマCVD法を用いて、酸化物絶縁膜16として、厚さ50nmの酸化窒化シリコン膜を形成する。

【0172】

酸化物半導体膜18は、スパッタリング法、化学気相堆積(CVD)法(有機金属化学堆積(MOCVD)法、原子層成膜(ALD)法あるいはプラズマ化学気相堆積(PECVD)法を含む)、パルスレーザー蒸着法、レーザーアブレーション法、塗布法等を用いて形成することができる。有機金属化学堆積(MOCVD)法、メタル化学気相堆積法、原子層成膜(ALD)法を用いることで、プラズマによるダメージの少ない酸化物半導体膜18を形成するとともに、酸化物絶縁膜16へのダメージを低減することができる。また、原子層成膜(ALD)法を用いることで、酸化物半導体膜18の被覆性

10

20

30

40

50

を高めることが可能である。

【0173】

スパッタリング法で酸化物半導体膜を形成する場合、プラズマを発生させるための電源装置は、RF電源装置、AC電源装置、DC電源装置等を適宜用いることができる。

【0174】

スパッタリングガスは、希ガス（代表的にはアルゴン）、酸素ガス、希ガス及び酸素の混合ガスを適宜用いる。なお、希ガス及び酸素の混合ガスの場合、希ガスに対して酸素のガス比を高めることが好ましい。

【0175】

また、ターゲットは、形成する酸化物半導体膜の組成にあわせて、適宜選択すればよい。

【0176】

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を得るためには、チャンバー内を高真空排気するのみならずスパッタガスの高純度化も必要である。スパッタガスとして用いる酸素ガスやアルゴンガスは、露点が -40 以下、好ましくは -80 以下、より好ましくは -100 以下、より好ましくは -120 以下にまで高純度化したガスを用いることで酸化物半導体膜に水分等が取り込まれることを可能な限り防ぐことができる。

【0177】

ここでは、In-Ga-Zn酸化物ターゲット（In:Ga:Zn=1:1:1）を用いたスパッタリング法により、酸化物半導体膜として厚さ 35 nm のIn-Ga-Zn酸化物膜を形成する。

【0178】

次に、酸化物半導体膜18上に、第2のフォトリソグラフィ工程によりマスクを形成した後、該マスクを用いて酸化物半導体膜の一部をエッチングすることで、図10（D）に示すような、分離された酸化物半導体膜19a、19cを形成する。この後、マスクを除去する。

【0179】

ここでは、酸化物半導体膜18上にマスクを形成し、ウエットエッチング法により酸化物半導体膜18の一部を選択的にエッチングすることで、酸化物半導体膜19a、19cを形成する。

【0180】

次に、図11（A）に示すように、のちに導電膜21a、21bとなる導電膜20を形成する。

【0181】

導電膜20は、導電膜12と同様の方法を適宜用いて形成することができる。

【0182】

ここでは、厚さ 50 nm のタングステン膜及び厚さ 300 nm の銅膜を順にスパッタリング法により積層する。

【0183】

次に、導電膜20上に第3のフォトリソグラフィ工程によりマスクを形成する。次に、該マスクを用いて導電膜20をエッチングして、図11（B）に示すように、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜21a、21bを形成する。この後、マスクを除去する。

【0184】

ここでは、銅膜上にフォトリソグラフィ工程によりマスクを形成する。次に、当該マスクを用いてタングステン膜及び銅膜をエッチングして、導電膜21a、21bを形成する。なお、ウエットエッチング法を用いて銅膜をエッチングする。次に、 SF_6 を用いたドライエッチング法により、タングステン膜をエッチングすることで、該エッチングにおいて、銅膜の表面にフッ化物が形成される。該フッ化物により、銅膜からの銅元素の拡散が

10

20

30

40

50

低減され、酸化物半導体膜 19 a における銅濃度を低減することができる。

【0185】

次に、図 11 (C) に示すように、酸化物半導体膜 19 a、19 c、及び導電膜 21 a、21 b 上に、後に酸化物絶縁膜 23 となる酸化物絶縁膜 22、及び後に酸化物絶縁膜 25 となる酸化物絶縁膜 24 を形成する。酸化物絶縁膜 22 及び酸化物絶縁膜 24 は、窒化物絶縁膜 15 及び酸化物絶縁膜 16 と同様の方法を適宜用いて形成することができる。

【0186】

なお、酸化物絶縁膜 22 を形成した後、大気に曝すことなく、連続的に酸化物絶縁膜 24 を形成することが好ましい。酸化物絶縁膜 22 を形成した後、大気開放せず、原料ガスの流量、圧力、高周波電力及び基板温度の一以上を調整して、酸化物絶縁膜 24 を連続的に形成することで、酸化物絶縁膜 22 及び酸化物絶縁膜 24 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、酸化物絶縁膜 24 に含まれる酸素を酸化物半導体膜 19 a に移動させることが可能であり、酸化物半導体膜 19 a の酸素欠損量を低減することができる。

【0187】

酸化物絶縁膜 22 として、堆積性気体に対する酸化性気体を 20 倍より大きく 100 倍未満、好ましくは 40 以上 80 以下とし、処理室内の圧力を 100 Pa 未満、好ましくは 50 Pa 以下とする CVD 法を用いることで、窒素を含み、且つ欠陥量の少ない酸化物絶縁膜を用いて形成することができる。

【0188】

酸化物絶縁膜 22 の原料ガスとしては、シリコンを含む堆積性気体及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。

【0189】

上記条件を用いることで、酸化物絶縁膜 22 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、酸化物絶縁膜 22 を設けることで、酸化物絶縁膜 24 の形成工程において、酸化物半導体膜 19 a へのダメージ低減が可能である。

【0190】

ここでは、酸化物絶縁膜 22 として、流量 50 sccm のシラン及び流量 2000 sccm の一酸化二窒素を原料ガスとし、処理室内の圧力を 20 Pa、基板温度を 220 とし、27.12 MHz の高周波電源を用いて 100 W の高周波電力を平行平板電極に供給したプラズマ CVD 法により、厚さ 50 nm の酸化窒化シリコン膜を形成する。当該条件により、窒素を含み、且つ欠陥量の少ない酸化窒化シリコン膜を形成することができる。

【0191】

酸化物絶縁膜 24 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 100 Pa 以上 250 Pa 以下、さらに好ましくは 100 Pa 以上 200 Pa 以下とし、処理室内に設けられる電極に 0.17 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。

【0192】

酸化物絶縁膜 24 の原料ガスとしては、シリコンを含む堆積性気体及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。

【0193】

酸化物絶縁膜 24 の成膜条件として、上記圧力の処理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

10

20

30

40

50

加し、原料ガスの酸化が進むため、酸化物絶縁膜 2 4 中における酸素含有量が化学量論比よりも多くなる。一方、基板温度が、上記温度で形成された膜では、シリコンと酸素の結合力が弱いため、後の工程の加熱処理により膜中の酸素の一部が脱離する。この結果、化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含み、加熱により酸素の一部が脱離する酸化物絶縁膜を形成することができる。また、酸化物半導体膜 1 9 a 上に酸化物絶縁膜 2 2 が設けられている。このため、酸化物絶縁膜 2 4 の形成工程において、酸化物絶縁膜 2 2 が酸化物半導体膜 1 9 a の保護膜となる。この結果、酸化物半導体膜 1 9 a へのダメージを低減しつつ、パワー密度の高い高周波電力を用いて酸化物絶縁膜 2 4 を形成することができる。

【 0 1 9 4 】

10

ここでは、酸化物絶縁膜 2 4 として、流量 2 0 0 s c c m のシラン及び流量 4 0 0 0 s c c m の一酸化二窒素を原料ガスとし、処理室の圧力を 2 0 0 P a 、基板温度を 2 2 0 とし、2 7 . 1 2 M H z の高周波電源を用いて 1 5 0 0 W の高周波電力を平行平板電極に供給したプラズマ C V D 法により、厚さ 4 0 0 n m の酸化窒化シリコン膜を形成する。なお、プラズマ C V D 装置は電極面積が 6 0 0 0 c m ² である平行平板型のプラズマ C V D 装置であり、供給した電力を単位面積あたりの電力（電力密度）に換算すると 0 . 2 5 W / c m ² である。

【 0 1 9 5 】

また、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜 2 1 a 、2 1 b 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 1 9 a はダメージを受け、酸化物半導体膜 1 9 a のバックチャネル（酸化物半導体膜 1 9 a において、ゲート電極として機能する導電膜 1 3 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、酸化物絶縁膜 2 4 に化学量論的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 1 9 a 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 1 0 2 の信頼性を向上させることができる。

20

【 0 1 9 6 】

次に、酸化物絶縁膜 2 4 上に、第 4 のフォトマスクを用いたフォトリソグラフィ工程によりマスクを形成する。次に、該マスクを用いて酸化物絶縁膜 2 2 及び酸化物絶縁膜 2 4 の一部をエッチングして、図 1 1 (D) に示すように、開口部 4 0 を有する酸化物絶縁膜 2 3 及び酸化物絶縁膜 2 5 を形成する。この後、マスクを除去する。

30

【 0 1 9 7 】

当該工程において、ドライエッチング法により、酸化物絶縁膜 2 2 及び酸化物絶縁膜 2 4 をエッチングすることが好ましい。この結果、酸化物半導体膜 1 9 c はエッチング処理においてプラズマに曝されるため、酸化物半導体膜 1 9 c の酸素欠損量を増加させることが可能である。

【 0 1 9 8 】

次に、加熱処理を行う。該加熱処理の温度は、代表的には、1 5 0 以上 4 0 0 以下、好ましくは 3 0 0 以上 4 0 0 以下、好ましくは 3 2 0 以上 3 7 0 以下とする。

【 0 1 9 9 】

40

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。

【 0 2 0 0 】

加熱処理は、窒素、酸素、超乾燥空気（水の含有量が 2 0 p p m 以下、好ましくは 1 p p m 以下、好ましくは 1 0 p p b 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。

【 0 2 0 1 】

当該加熱処理により、酸化物絶縁膜 2 5 に含まれる酸素の一部を酸化物半導体膜 1 9 a

50

に移動させ、酸化物半導体膜 19 a に含まれる酸素欠損量をさらに低減することができる。

【0202】

また、酸化物絶縁膜 23 及び酸化物絶縁膜 25 に水、水素等が含まれる場合であって、窒化物絶縁膜 26 が、さらに水、水素等に対するバリア性を有する場合、窒化物絶縁膜 26 を後に形成し、加熱処理を行うと、酸化物絶縁膜 23 及び酸化物絶縁膜 25 に含まれる水、水素等が、酸化物半導体膜 19 a に移動し、酸化物半導体膜 19 a に欠陥が生じてしまう。しかしながら、当該加熱により、酸化物絶縁膜 23 及び酸化物絶縁膜 25 に含まれる水、水素等を脱離させることが可能であり、トランジスタ 102 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。

10

【0203】

なお、加熱しながら酸化物絶縁膜 24 を、酸化物絶縁膜 22 上に形成することで、酸化物半導体膜 19 a に酸素を移動させ、酸化物半導体膜 19 a に含まれる酸素欠損量を低減することが可能であるため、当該加熱処理を行わなくともよい。

【0204】

また、当該加熱処理は、酸化物絶縁膜 22 及び酸化物絶縁膜 24 を形成した後に行ってもよいが、酸化物絶縁膜 23 及び酸化物絶縁膜 25 を形成した後の加熱処理の方が、酸化物半導体膜 19 c への酸素の移動が生じないと共に、酸化物半導体膜 19 c が露出されているため酸化物半導体膜 19 c から酸素が脱離し、酸素欠損が形成されるため、より導電性を有する膜を形成でき、好ましい。

20

【0205】

ここでは、窒素及び酸素雰囲気、350、1時間の加熱処理を行う。

【0206】

次に、図12(A)に示すように、窒化物絶縁膜 26 を形成する。

【0207】

窒化物絶縁膜 26 は、窒化物絶縁膜 15 及び酸化物絶縁膜 16 と同様の方法を適宜用いて形成することができる。窒化物絶縁膜 26 をスパッタリング法、CVD法等により形成することで、酸化物半導体膜 19 c がプラズマに曝されるため、酸化物半導体膜 19 c の酸素欠損量を増加させることができる。

【0208】

また、酸化物半導体膜 19 c は導電性が向上し、画素電極 19 b となる。なお、窒化物絶縁膜 26 として、プラズマCVD法により窒化シリコン膜を形成すると、窒化シリコン膜に含まれる水素が酸化物半導体膜 19 c に拡散するため、画素電極 19 b の導電性を高めることができる。

30

【0209】

窒化物絶縁膜 26 としてプラズマCVD法で窒化シリコン膜を形成する場合、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300以上400以下、さらに好ましくは320以上370以下とすることで、緻密な窒化シリコン膜を形成できるため好ましい。

【0210】

窒化シリコン膜を形成する場合、シリコンを含む堆積性気体、窒素、及びアンモニアを原料ガスとして用いることが好ましい。原料ガスとして、窒素と比較して少量のアンモニアを用いることで、プラズマ中でアンモニアが解離し、活性種が発生する。当該活性種が、シリコンを含む堆積性気体に含まれるシリコン及び水素の結合、及び窒素の三重結合を切断する。この結果、シリコン及び窒素の結合が促進され、シリコン及び水素の結合が少なく、欠陥が少なく、緻密な窒化シリコン膜を形成することができる。一方、原料ガスにおいて、窒素に対するアンモニアの量が多いと、シリコンを含む堆積性気体及び窒素それぞれの分解が進まず、シリコン及び水素結合が残存してしまい、欠陥が増大した、且つ粗な窒化シリコン膜が形成されてしまう。これらのため、原料ガスにおいて、アンモニアに対する窒素の流量比を5以上50以下、好ましくは10以上50以下とすることが好まし

40

50

い。

【0211】

ここでは、プラズマCVD装置の処理室に、流量50 sccmのシラン、流量5000 sccmの窒素、及び流量100 sccmのアンモニアを原料ガスとし、処理室の圧力を100 Pa、基板温度を350 とし、27.12 MHzの高周波電源を用いて1000 Wの高周波電力を平行平板電極に供給したプラズマCVD法により、窒化物絶縁膜26として、厚さ50 nmの窒化シリコン膜を形成する。なお、プラズマCVD装置は電極面積が6000 cm²である平行平板型のプラズマCVD装置であり、供給した電力を単位面積あたりの電力(電力密度)に換算すると $1.7 \times 10^{-1} \text{ W/cm}^2$ である。

【0212】

次に、加熱処理を行ってもよい。該加熱処理の温度は、代表的には、150 以上400 以下、好ましくは300 以上400 以下、好ましくは320 以上370 以下とする。この結果、しきい値電圧のマイナスシフトを低減することができる。また、しきい値電圧の変動量を低減することができる。

【0213】

次に、図示しないが、第5のフォトリソグラフィ工程により、マスクを形成する。次に、該マスクを用いて、窒化物絶縁膜15、酸化物絶縁膜16、酸化物絶縁膜23、酸化物絶縁膜25、窒化物絶縁膜26のそれぞれ一部をエッチングして、窒化物絶縁膜27を形成すると共に、導電膜13と同時に形成された接続端子の一部を露出する開口部を形成する。または、酸化物絶縁膜23、酸化物絶縁膜25、窒化物絶縁膜26のそれぞれ一部をエッチングして、窒化物絶縁膜27を形成すると共に、導電膜21a、21bと同時に形成された接続端子の一部を露出する開口部を形成する。

【0214】

次に、図12(B)に示すように、窒化物絶縁膜27上に、後にコモン電極29となる導電膜28を形成する。

【0215】

導電膜28は、スパッタリング法、CVD法、蒸着法等により導電膜を形成する。

【0216】

次に、導電膜28上に、第6のフォトリソグラフィ工程によりマスクを形成する。次に、該マスクを用いて導電膜28の一部をエッチングして、図12(C)に示すように、コモン電極29を形成する。なお、図示しないが、コモン電極29は、導電膜13と同時に形成された接続端子、または導電膜21a、21bと同時に形成された接続端子と接続される。この後、マスクを除去する。

【0217】

次に、図13に示すように、窒化物絶縁膜27上に有機絶縁膜31を形成する。有機絶縁膜は、塗布法、印刷法等を適宜用いて形成することができる。

【0218】

塗布法を用いて有機絶縁膜を形成する場合、感光性の組成物を窒化物絶縁膜27及びコモン電極29上に塗布した後、第7のフォトリソグラフィ工程により組成物を露光及び現像し、その後加熱処理を行う。なお、非感光性の組成物を窒化物絶縁膜27及びコモン電極29上に塗布した場合、非感光性の組成物上にレジストを塗布し、第7のフォトリソグラフィ工程によりレジストを加工してマスクを形成し、該マスクを用いて非感光性の組成物をエッチングすることで、有機絶縁膜31を形成することができる。

【0219】

以上の工程により、トランジスタ102を作製すると共に、容量素子105を作製することができる。

【0220】

本実施の形態に示す表示装置の素子基板は、無機絶縁膜を介してトランジスタと重なる有機絶縁膜を有する。このため、トランジスタの信頼性を高めることが可能であり、表示

10

20

30

40

50

品質が維持された表示装置を作製することができる。

【0221】

また、本実施の形態に示す表示装置の素子基板は、上面形状がジグザグ状であり、且つ信号線として機能する導電膜と交差する方向に縞状に延伸した領域を有するコモン電極が形成される。このため、コントラストの優れた表示装置を作製することができる。また、リフレッシュレートが低い液晶表示装置において、ちらつきを低減することができる。

【0222】

また、本実施の形態に示す表示装置の素子基板は、トランジスタの酸化物半導体膜と同時に、画素電極が形成されるため、6枚のフォトリソマスクを用いてトランジスタ102及び容量素子105を作製することが可能である。画素電極は容量素子の一方の電極として機能する。また、コモン電極は、容量素子の他方の電極として機能する。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、作製工程を削減できる。また、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可能である。また、低消費電力の表示装置を作製することができる。

10

【0223】

次に、第2の基板342に形成される素子層に関して説明する。第2の基板342上には、有色性を有する膜（以下、着色膜346という。）が形成されている。着色膜346は、カラーフィルタとしての機能を有する。また、着色膜346に隣接する遮光膜344が第2の基板342上に形成される。遮光膜344は、ブラックマトリクスとして機能する。また、着色膜346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表示の場合は、着色膜346を設けない構成としてもよい。

20

【0224】

着色膜346としては、特定の波長帯域の光を透過する着色膜であればよく、例えば、赤色の波長帯域の光を透過する赤色（R）の膜、緑色の波長帯域の光を透過する緑色（G）の膜、青色の波長帯域の光を透過する青色（B）の膜などを用いることができる。

【0225】

遮光膜344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。

【0226】

また、着色膜346上には、絶縁膜348が形成されている。絶縁膜348は、平坦化層としての機能、または着色膜346が含有しうる不純物を液晶素子側へ拡散するのを抑制する機能を有する。

30

【0227】

また、絶縁膜348上には、導電膜350が形成されてよい。導電膜350は、透光性を有する導電膜を用いて形成する。また、導電膜350は、コモン電極29と同電位とすることが好ましい。すなわち、導電膜350は共通電位が印加されることが好ましい。

【0228】

導電膜21bに液晶分子を駆動する電圧が印加された場合、導電膜21bとコモン電極29の間に電界が発生してしまう。この電界の影響を受け、導電膜21bとコモン電極29の間の液晶分子が配向しまい、ちらつきが生じる。

40

【0229】

しかしながら、液晶層320を介してコモン電極29と対向する導電膜350を設け、コモン電極29及び導電膜350を同電位とすることで、導電膜21bとコモン電極29の間における電界による液晶分子の基板垂直方向の配向変化を抑制することが可能であり、該領域における液晶分子の配向状態が安定する。この結果、ちらつきを低減できる。

【0230】

導電膜350上に配向膜352が形成される。

【0231】

また、配向膜33と配向膜352との間には、液晶層320が形成されている。また液

50

晶層 3 2 0 は、シール材（図示しない）を用いて、第 1 の基板 1 1 と第 2 の基板 3 4 2 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。

【 0 2 3 2 】

また、配向膜 3 3 と配向膜 3 5 2 との間に液晶層 3 2 0 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。

【 0 2 3 3 】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせる用いることができる。

【 0 2 3 4 】

< 変形例 1 >

実施の形態 1 に示す表示装置において、コモン電極に接続するコモン線を設ける構成について、図 1 4 を用いて説明する。

【 0 2 3 5 】

図 1 4 (A) は、表示装置に含まれる画素 1 0 3 a 、 1 0 3 b 、 1 0 3 c の上面図であり、図 1 4 (A) の一点破線 A - B 、 C - D の断面図を図 1 4 (B) に示す。

【 0 2 3 6 】

図 1 4 (A) に示すように、コモン電極 2 9 の上面形状は、ジグザグ状であり、信号線として機能する導電膜 2 1 a の延伸方向とコモン電極 2 9 の延伸方向が交差する。

【 0 2 3 7 】

ここで、コモン電極 2 9 の構成を分かりやすくするため、ハッチングを用いてコモン電極 2 9 の形状を説明する。コモン電極 2 9 は、右斜めハッチングで示した領域と、左斜めハッチングで示した領域とを有する。右斜めハッチングで示した領域は、縞状の領域（第 1 の領域）であり、ジグザグ状であり、信号線として機能する導電膜 2 1 a の延伸方向とコモン電極 2 9 の延伸方向が交差する。左斜めハッチングで示した領域は、縞状の領域（第 1 の領域）と接続される接続領域（第 2 の領域）であり、信号線として機能する導電膜 2 1 a と平行または略平行な方向に延伸する。

【 0 2 3 8 】

また、コモン線 2 1 c が、コモン電極 2 9 の接続領域（第 2 の領域）と重なる。

【 0 2 3 9 】

コモン線 2 1 c は、1 画素ごとに設けてもよい。または、コモン線 2 1 c は、複数の画素ごとに設けてもよい。たとえば、図 1 4 (A) に示すように、3 つの画素に対して 1 本のコモン線を設けることで、表示装置の平面においてコモン線の専有面積を低減することが可能である。この結果、画素の面積及び画素の開口率を高めることが可能である。

【 0 2 4 0 】

また、画素電極 1 9 b 及びコモン電極 2 9 が重なる領域において、画素電極 1 9 b と、コモン電極 2 9 の接続領域（第 2 の領域）との間で発生する電界では、液晶分子が駆動されにくい。このため、コモン電極 2 9 の接続領域（第 2 の領域）において、画素電極 1 9 b と重なる領域を低減することで、液晶分子が駆動される領域を増加させることが可能となり、開口率を向上することができる。例えば、図 1 4 (A) に示すように、コモン電極 2 9 の接続領域（第 2 の領域）を、画素電極 1 9 b と重ならない位置に設けることで、画素電極 1 9 b とコモン電極 2 9 の接続領域との重なる面積を低減することが可能であり、画素の開口率を高めることが可能である。

【 0 2 4 1 】

なお、図 1 4 (A) において、3 つの画素 1 0 3 a 、 1 0 3 b 、 1 0 3 c に対して 1 本のコモン線 2 1 c を設けているが、2 つの画素に対して 1 本のコモン線を設けてもよい。または、4 以上の画素に対して 1 本のコモン線を設けてもよい。

【 0 2 4 2 】

図 1 4 (B) に示すように、コモン線 2 1 c は、信号線として機能する導電膜 2 1 a と同時に形成することができる。また、コモン電極 2 9 は、酸化物絶縁膜 2 3 、酸化物絶縁

10

20

30

40

50

膜 2 5、及び窒化物絶縁膜 2 7 に形成される開口部 4 2 において、コモン線 2 1 c と接続される。

【0243】

コモン電極 2 9 を形成する材料と比較して、導電膜 2 1 a を形成する材料の抵抗率が低いため、コモン電極 2 9 及びコモン線 2 1 c の抵抗を低減することが可能である。

【0244】

<変形例 2>

本変形例では、高精細な表示装置に含まれるトランジスタにおいて、光漏れを低減することが可能なソース電極及びドレイン電極を有する点が実施の形態 2 と異なる。

【0245】

図 1 5 は、本実施の形態に示す表示装置の上面図である。ソース電極及びドレイン電極の一方として機能する導電膜 2 1 b の上面形状が L 字であることを特徴とする。すなわち、導電膜 2 1 b は、走査線として機能する導電膜 1 3 の延伸方向と垂直または略垂直な方向に延伸する領域 2 1 b __ 1 と、該導電膜 1 3 の延伸方向と平行または略平行な方向に延伸する領域 2 1 b __ 2 とが接続した平面形状を有し、且つ該領域 2 1 b __ 2 が、平面において、導電膜 1 3、画素電極 1 9 b、及びコモン電極 2 9 の一以上と重なることを特徴とする。または、導電膜 2 1 b は、該導電膜 1 3 の延伸方向と平行または略平行な方向に延伸する領域 2 1 b __ 2 を有し、該領域 2 1 b __ 2 が、平面において、導電膜 1 3 と、画素電極 1 9 b またはコモン電極 2 9 との間に位置することを特徴とする。

【0246】

高精細な表示装置において、画素の面積が縮小されるため、走査線として機能する導電膜 1 3 及びコモン電極 2 9 の間隔が狭まる。黒表示の画素において、トランジスタがオン状態となる電圧が、走査線として機能する導電膜 1 3 に印加されると、黒表示の画素電極 1 9 b において、画素電極及び走査線として機能する導電膜 1 3 との間に、電界が発生してしまう。この結果、液晶分子が意図しない方向に回転してしまい、光漏れの原因となる。

【0247】

しかしながら、本実施の形態に示す表示装置に含まれるトランジスタにおいて、ソース電極及びドレイン電極の一方として機能する導電膜 2 1 b において、導電膜 1 3、画素電極 1 9 b、及びコモン電極 2 9 の一以上と重なる領域 2 1 b __ 2 を有する、または、平面において、導電膜 1 3 と、画素電極 1 9 b またはコモン電極 2 9 との間に位置する領域 2 1 b __ 2 を有する。この結果、領域 2 1 b __ 2 が、走査線として機能する導電膜 1 3 の電界を遮蔽するため、該導電膜 1 3 及び画素電極 1 9 b の間に発生する電界を抑制することが可能であり、光漏れを低減することが可能である。

【0248】

なお、導電膜 2 1 b とコモン電極 2 9 とが、重なるようにしてもよい。その領域は、容量素子として機能させることが出来る。したがって、このような構成とすることにより、容量素子の電荷容量を増やすことが出来る。その場合の例を、図 1 6 に示す。

【0249】

<変形例 3>

本変形例では、高精細な表示装置において、光漏れを低減することが可能なコモン電極を有する点が実施の形態 2 と異なる。

【0250】

図 1 7 は、本実施の形態に示す表示装置の上面図である。コモン電極 2 9 a は、信号線として機能する導電膜 2 1 a と交差する方向に延伸する縞状の領域 2 9 a __ 1 と、該縞状の領域と接続し、且つ走査線として機能する導電膜 1 3 と重なる領域 2 9 a __ 2 を有することを特徴とする。

【0251】

高精細な表示装置において、画素の面積が縮小されるため、走査線として機能する導電膜 1 3 及び画素電極 1 9 b の間隔が狭まる。走査線として機能する導電膜 1 3 に電圧が印

10

20

30

40

50

加されると、該導電膜 1 3 及び画素電極 1 9 b の間に電界が発生してしまう。この結果、液晶分子が意図しない方向に動作してしまい、光漏れの原因となる。

【 0 2 5 2 】

しかしながら、本実施の形態に示す表示装置は、走査線として機能する導電膜 1 3 と交差する領域 2 9 a _ 2 を有するコモン電極 2 9 a を有する。この結果、走査線として機能する導電膜 1 3 とコモン電極 2 9 a の間において電界が生じるため、走査線として機能する導電膜 1 3 と画素電極 1 9 b の間に発生する電界により生じる液晶分子の配向を抑制することが可能であり、光漏れを低減することが可能である。

【 0 2 5 3 】

なお、導電膜 2 1 b とコモン電極 2 9 a とが、重なるように形成してもよい。その領域は、容量素子として機能させることができる。したがって、このような構成とすることにより、容量素子の電荷容量を増やすことが出来る。その場合の例を、図 1 8 に示す。

【 0 2 5 4 】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせ用いることができる。

【 0 2 5 5 】

(実施の形態 3)

本実施の形態では、表示装置の一例として、V A 駆動の液晶表示装置を用いて説明する。はじめに、液晶表示装置に含まれる複数の画素 1 0 3 の上面図を図 1 9 に示す。

【 0 2 5 6 】

図 1 9 において、走査線として機能する導電膜 1 3 は、信号線として機能する導電膜に略直交する方向 (図中左右方向) に延伸して設けられている。信号線として機能する導電膜 2 1 a は、走査線として機能する導電膜に略直交する方向 (図中上下方向) に延伸して設けられている。容量線として機能する導電膜 2 1 e は、信号線と平行方向に延伸して設けられている。なお、走査線として機能する導電膜 1 3 は、走査線駆動回路 1 0 4 (図 1 を参照。) と電氣的に接続されており、信号線として機能する導電膜 2 1 a 及び容量線として機能する導電膜 2 1 e は、信号線駆動回路 1 0 6 (図 1 を参照。) に電氣的に接続されている。

【 0 2 5 7 】

トランジスタ 1 0 2 は、走査線として機能する導電膜及び信号線として機能する導電膜が交差する領域に設けられている。トランジスタ 1 0 2 は、ゲート電極として機能する導電膜 1 3、ゲート絶縁膜 (図 1 9 に図示せず。)、ゲート絶縁膜上に形成されたチャネル領域が形成される酸化物半導体膜 1 9 a、一对の電極として機能する導電膜 2 1 a、2 1 b により構成される。なお、導電膜 1 3 は、走査線としても機能し、酸化物半導体膜 1 9 a と重畳する領域がトランジスタ 1 0 2 のゲート電極として機能する。また、導電膜 2 1 a は、信号線としても機能し、酸化物半導体膜 1 9 a と重畳する領域がトランジスタ 1 0 2 のソース電極またはドレイン電極として機能する。また、図 1 9 において、走査線として機能する導電膜は、上面形状において端部が酸化物半導体膜 1 9 a の端部より外側に位置する。このため、走査線として機能する導電膜はバックライトなどの光源からの光を遮る遮光膜として機能する。この結果、トランジスタに含まれる酸化物半導体膜 1 9 a に光が照射されず、トランジスタの電気特性の変動を抑制することができる。

【 0 2 5 8 】

また、トランジスタ 1 0 2 において、実施の形態 1 と同様に、酸化物半導体膜 1 9 a と重なる有機絶縁膜 3 1 を有する。有機絶縁膜 3 1 は、無機絶縁膜 (図 1 9 に図示せず。) を介して、酸化物半導体膜 1 9 a、特に、酸化物半導体膜 1 9 a であって且つ導電膜 2 1 a、2 1 b の間の領域と重なる。

【 0 2 5 9 】

また、導電膜 2 1 b は、開口部 4 1 において、画素電極として機能する透光性を有する導電膜 2 9 c と電氣的に接続されている。

【 0 2 6 0 】

10

20

30

40

50

容量素子 105 は、容量線として機能する導電膜 21e と接続されている。また、容量素子 105 は、ゲート絶縁膜上に形成される導電性を有する膜 19d と、トランジスタ 102 上に設けられる誘電体膜と、画素電極として機能する透光性を有する導電膜 29c と、で構成されている。誘電体膜は、酸素に対するバリア膜で形成される。ゲート絶縁膜上に形成される導電性を有する膜 19d は透光性を有する。即ち、容量素子 105 は透光性を有する。

【0261】

このように容量素子 105 は透光性を有するため、画素 103 内に容量素子 105 を大きく（大面積に）形成することができる。従って、開口率を高めつつ、代表的には 55% 以上、好ましくは 60% 以上とすることが可能であると共に、電荷容量を増大させた半導体装置を得ることができる。例えば、解像度の高い半導体装置、例えば液晶表示装置においては、画素の面積が小さくなり、容量素子の面積も小さくなる。このため、解像度の高い半導体装置において、容量素子に蓄積される電荷容量が小さくなる。しかしながら、本実施の形態に示す容量素子 105 は透光性を有するため、当該容量素子を画素に設けることで、各画素において十分な電荷容量を得つつ、開口率を高めることができる。代表的には、画素密度が 200 ppi 以上、さらには 300 ppi 以上、更には 500 ppi 以上である高解像度の半導体装置に好適に用いることができる。

【0262】

また、本発明の一態様は、高解像度の表示装置においても、開口率を高めることができるため、バックライトなどの光源の光を効率よく利用することができ、表示装置の消費電力を低減することができる。

【0263】

次いで、図 19 の一点鎖線 A - B、C - D における断面図を図 20 に示す。図 19 に示すトランジスタ 102 は、チャンネルエッチ型のトランジスタである。なお、一点破線 A - B は、トランジスタ 102 のチャンネル長方向、トランジスタ 102 と画素電極として機能する導電膜 29c の接続部、及び容量素子 105 の断面図であり、C - D における断面図は、トランジスタ 102 のチャンネル幅方向の断面図である。

【0264】

本実施の形態に示す液晶表示装置は VA 駆動の液晶表示装置であるため、第 1 の基板 11 の素子層に含まれる画素電極として機能する導電膜 29c と、第 2 の基板 342 の素子層に含まれる導電膜 350 と、液晶層 320 とで液晶素子 322a を構成する。

【0265】

また、図 20 に示すトランジスタ 102 は、実施の形態 1 に示すトランジスタ 102 と同様の構造をしている。また、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜 21a、21b の一方、ここでは導電膜 21b に接続する画素電極として機能する導電膜 29c が、窒化物絶縁膜 27 上に形成される。また、窒化物絶縁膜 27 の開口部 41 において、導電膜 21b と画素電極として機能する導電膜 29c が接続する。

【0266】

画素電極として機能する導電膜 29c は、実施の形態 2 に示すコモン電極 29 と同様の材料及び作製方法を適宜用いることができる。

【0267】

また、図 20 に示す容量素子 105 は、酸化物絶縁膜 17 上に形成される導電性を有する膜 19d と、窒化物絶縁膜 27 と、画素電極として機能する導電膜 29c とを有する。

【0268】

本実施の形態に示すトランジスタ 102 上には分離された酸化物絶縁膜 23、25 が形成される。分離された酸化物絶縁膜 23、25 が酸化物半導体膜 19a と重畳する。

【0269】

また、窒化物絶縁膜 27 上に酸化物半導体膜 19a と重なる有機絶縁膜 31 を有する。酸化物半導体膜 19a と重なる有機絶縁膜 31 をトランジスタ 102 上に設けることで、酸化物半導体膜 19a の表面と有機絶縁膜 31 の表面との距離を離すことが可能である。

10

20

30

40

50

この結果、酸化物半導体膜 19 a の表面は、有機絶縁膜 3 1 の表面に吸着された正の荷電粒子による電場の影響を受けず、トランジスタ 10 2 の信頼性を高めることができる。

【0270】

また、容量素子 10 5 において、導電性を有する膜 19 d は、実施の形態 2 と異なり、導電膜 21 b と接続しない。一方、導電性を有する膜 19 d は、導電膜 21 d と接する。導電膜 21 d は容量線として機能する。導電性を有する膜 19 d は、実施の形態 2 に示す画素電極 19 b と同様の金属酸化物膜を用いて形成することができる。すなわち、導電性を有する膜 19 d は、酸化物半導体膜 19 a と同じ金属元素を有する金属酸化物膜である。また、導電性を有する膜 19 d は実施の形態 2 に示す画素電極 19 b と同じ作製方法を適宜用いることができる。

10

【0271】

次に、図 20 に示すトランジスタ 10 2 及び容量素子 10 5 の作製方法について、図 21 及び図 22 を用いて説明する。

【0272】

第 1 の基板 11 上に導電膜を形成した後、実施の形態 2 に示す第 1 のフォトリソグラフィ工程を経て得られたマスクを用いて該導電膜をエッチングして、第 1 の基板 11 上にゲート電極として機能する導電膜 13 を形成する（図 21（A）参照。）

【0273】

次に、第 1 の基板 11 及びゲート電極として機能する導電膜 13 上に、窒化物絶縁膜 15 及び酸化物絶縁膜 16 を形成する。次に、酸化物絶縁膜 16 上に酸化物半導体膜を形成した後、実施の形態 2 に示す第 2 のフォトリソグラフィ工程を経て得られたマスクを用いて該酸化物半導体膜をエッチングして、酸化物半導体膜 19 a、19 c を形成する（図 21（B）参照。）

20

【0274】

次に、酸化物絶縁膜 16 及び酸化物半導体膜 19 a、19 c 上に導電膜を形成した後、実施の形態 2 に示す第 3 のフォトリソグラフィ工程を経て得られたマスクを用いて、該導電膜をエッチングして、導電膜 21 a、21 b、21 d を形成する（図 21（C）参照。）。この際、酸化物半導体膜 19 c と接しないように、導電膜 21 b を形成する。また、酸化物半導体膜 19 c と接するように導電膜 21 d を形成する。

【0275】

次に、酸化物絶縁膜 16、酸化物半導体膜 19 a、19 c、及び導電膜 21 a、21 b、21 d 上に窒化物絶縁膜を形成した後、実施の形態 2 に示す第 4 のフォトリソグラフィ工程を経て得られたマスクを用いて該窒化物絶縁膜をエッチングして、酸化物絶縁膜 23、25 を形成する（図 22（A）参照。）

30

【0276】

次に、酸化物絶縁膜 17、酸化物半導体膜 19 a、19 c、導電膜 21 a、21 b、21 d、及び酸化物絶縁膜 23、25 上に窒化物絶縁膜を形成した後、実施の形態 2 に示す第 5 のフォトリソグラフィの工程を経て得られたマスクを用いて該窒化物絶縁膜をエッチングして、導電膜 21 b の一部を露出する開口部 41 を有する窒化物絶縁膜 27 を形成する（図 22（B）参照。）

40

【0277】

当該工程により、酸化物半導体膜 19 c が、導電性を有する膜 19 d となる。なお、後に窒化物絶縁膜 27 として、プラズマ CVD 法により窒化シリコン膜を形成すると、窒化シリコン膜に含まれる水素が酸化物半導体膜 19 c に拡散するため、導電性を有する膜 19 d の導電性を高めることができる。

【0278】

次に、導電膜 21 b、窒化物絶縁膜 27 上に導電膜を形成した後、実施の形態 2 に示す第 6 のフォトリソグラフィの工程を経て得られたマスクを用いて該導電膜をエッチングして、導電膜 21 b に接続する導電膜 29 c を形成する（図 22（C）参照。）

【0279】

50

上記より、酸化物半導体膜を用いた半導体装置において電気特性が向上した半導体装置を得ることができる。

【0280】

本実施の形態に示す半導体装置の素子基板は、トランジスタの酸化物半導体膜と同時に、容量素子の一方となる電極が形成される。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、作製工程を削減できる。また、一对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。

【0281】

<変形例1>

本実施の形態では、実施の形態1乃至実施の形態4に示す半導体装置と比較して、少ないマスク枚数で作製可能な表示装置について、図23を用いて説明する。

【0282】

図23に示す表示装置は、トランジスタ102上に形成される酸化物絶縁膜22及び酸化物絶縁膜24をエッチングしないことで、マスク枚数を削減することが可能である。また、酸化物絶縁膜24上には窒化物絶縁膜27が形成され、酸化物絶縁膜22、24及び窒化物絶縁膜27に、導電膜21bの一部を露出する開口部41aが形成される。また、窒化物絶縁膜27上には、開口部41aにおいて、導電膜21bと接続する、画素電極として機能する導電膜29dが形成される。

【0283】

また、酸化物絶縁膜17上に導電膜21dが形成される。導電膜21dは、導電膜21a、21bと同時に形成されるため、導電膜21dを作製するためにフォトリソマスクは増加しない。導電膜21dは容量線として機能する。すなわち、導電膜21d、酸化物絶縁膜22、酸化物絶縁膜24、窒化物絶縁膜27、及び画素電極として機能する導電膜29dにおいて、容量素子105aを構成する。

【0284】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせる用いることができる。

【0285】

(実施の形態4)

本実施の形態では、実施の形態2と異なる表示装置及びその作製方法について図面を参照して説明する。本実施の形態では、トランジスタにおいて異なるゲート電極の間に酸化物半導体膜が設けられている構造、即ちデュアルゲート構造のトランジスタである点が実施の形態2と異なる。なお、実施の形態2と重複する構成は説明を省略する。

【0286】

表示装置に含まれる第1の基板11に設けられた素子層の具体的な構成について説明する。本実施の形態に示す表示装置に設けられるトランジスタは、ゲート電極として機能する導電膜13、酸化物半導体膜19a、導電膜21a、21b、及び酸化物絶縁膜25それぞれの一部または全部に重なるゲート電極として機能する導電膜29bを有する点が実施の形態2と異なる。ゲート電極として機能する導電膜29bは、開口部41a、41bにおいて、ゲート電極として機能する導電膜13と接続される。

【0287】

次いで、図24に示すトランジスタ102aは、チャネルエッチ型のトランジスタである。なお、A-Bは、トランジスタ102aのチャネル長方向、及び容量素子105aの断面図であり、C-Dにおける断面図は、トランジスタ102aのチャネル幅方向、及びゲート電極として機能する導電膜13及びゲート電極として機能する導電膜29bの接続部における断面図である。

【0288】

図24に示すトランジスタ102aは、デュアルゲート構造のトランジスタであり、第

10

20

30

40

50

1の基板11上に設けられるゲート電極として機能する導電膜13を有する。また、第1の基板11及びゲート電極として機能する導電膜13上に形成される窒化物絶縁膜15と、窒化物絶縁膜15上に形成される酸化物絶縁膜17と、窒化物絶縁膜15及び酸化物絶縁膜17を介して、ゲート電極として機能する導電膜13と重なる酸化物半導体膜19aと、酸化物半導体膜19aに接する、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜21a、21bとを有する。また、酸化物絶縁膜17、酸化物半導体膜19a、及びソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜21a、21b上には、酸化物絶縁膜23が形成され、酸化物絶縁膜23上には酸化物絶縁膜25が形成される。窒化物絶縁膜15、酸化物絶縁膜23、酸化物絶縁膜25、導電膜21b上には窒化物絶縁膜27が形成される。また、画素電極19bが、酸化物絶縁膜17上に形成される。画素電極19bは、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜21a、21bの一方、ここでは導電膜21bに接続される。また、コモン電極29、及びゲート電極として機能する導電膜29bが窒化物絶縁膜27上に形成される。

10

【0289】

C-Dにおける断面図に示すように、窒化物絶縁膜15、酸化物絶縁膜17、酸化物絶縁膜23、酸化物絶縁膜25、及び窒化物絶縁膜27に設けられる開口部41a、41bにおいて、ゲート電極として機能する導電膜29bは、ゲート電極として機能する導電膜13と接続される。即ち、ゲート電極として機能する導電膜13及びゲート電極として機能する導電膜29bは同電位である。

20

【0290】

このため、トランジスタ102aの各ゲート電極に同電位の電圧を印加することで、初期特性バラツキの低減、-GBTストレス試験の劣化の抑制及び異なるドレイン電圧におけるオン電流の立ち上がり電圧の変動の抑制が可能である。また、酸化物半導体膜19aにおいてキャリアの流れる領域が膜厚方向においてより大きくなるため、キャリアの移動量が増加する。この結果、トランジスタ102aのオン電流が大きくなると共に、電界効果移動度が高くなり、代表的には電界効果移動度が $20\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 以上となる。

【0291】

本実施の形態に示すトランジスタ102a上には酸化物絶縁膜23、25が形成される。酸化物絶縁膜23、25が酸化物半導体膜19aと重畳する。また、チャネル幅方向の断面図において、酸化物半導体膜19aの外側に酸化物絶縁膜23及び酸化物絶縁膜25の端部が位置する。また、図24に示すチャネル幅方向において、ゲート電極として機能する導電膜29bは、酸化物絶縁膜23及び酸化物絶縁膜25の端部に位置する。

30

【0292】

エッチング等で加工された酸化物半導体膜の端部においては、加工におけるダメージにより欠陥が形成されると共に、不純物付着などにより汚染される。このため、電界などのストレスが与えられることによって活性化しやすく、それによりn型（低抵抗）となりやすい。そのため、ゲート電極として機能する導電膜13と重なる酸化物半導体膜19aの端部において、n型化しやすくなる。当該n型化された端部が、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜21a、21bの間に設けられると、n型化された領域がキャリアのパスとなってしまう、寄生チャネルが形成される。しかしながら、C-Dの断面図に示すように、チャネル幅方向において、ゲート電極として機能する導電膜29bが、酸化物絶縁膜23、25を介して、酸化物半導体膜19aの側面と対向することで、ゲート電極として機能する導電膜29bの電界の影響により、酸化物半導体膜19aの側面、または側面及びその近傍を含む領域における寄生チャネルの発生が抑制される。この結果、しきい値電圧におけるドレイン電流の上昇が急峻である、電気特性の優れたトランジスタとなる。

40

【0293】

また、容量素子105aにおいて、画素電極19bは、酸化物半導体膜19aと同時に形成された膜であり、且つ不純物を含むことにより導電性が高められた膜である。または、画素電極19bは、酸化物半導体膜19aと同時に形成された膜であり、プラズマダメ

50

ージ等により酸素欠損が形成され、導電性が高められた膜である。または、画素電極 19 b は、酸化物半導体膜 19 a と同時に形成された膜であり、且つ不純物を含むと共に、プラズマダメージ等により酸素欠損が形成され、導電性が高められた膜である。

【0294】

本実施の形態に示す表示装置の素子基板は、トランジスタの酸化物半導体膜と同時に、画素電極が形成される。画素電極は容量素子の一方の電極として機能する。また、コモン電極は容量素子の他方の電極として機能する。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、作製工程を削減できる。また、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。

10

【0295】

以下に、トランジスタ 102 a の構成の詳細について説明する。なお、実施の形態 2 と同じ符号の構成については、説明を省略する。

【0296】

ゲート電極として機能する導電膜 29 b は、実施の形態 2 に示すコモン電極 29 と同様の材料を適宜用いることができる。

【0297】

次に、図 24 に示すトランジスタ 102 a 及び容量素子 105 a の作製方法について、図 10 乃至図 12 (A)、及び図 25 を用いて説明する。

【0298】

20

実施の形態 2 と同様に、図 10 乃至図 12 (A) の工程を経て、第 1 の基板 11 上にゲート電極として機能する導電膜 13、窒化物絶縁膜 15、酸化物絶縁膜 16、酸化物半導体膜 19 a、画素電極 19 b、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜 21 a、21 b、酸化物絶縁膜 22、酸化物絶縁膜 24、及び窒化物絶縁膜 26 をそれぞれ形成する。当該工程においては、第 1 のフォトリソマスク乃至第 4 のフォトリソマスクを用いたフォトリソグラフィ工程を行う。

【0299】

次に、窒化物絶縁膜 26 上に第 5 のフォトリソマスクを用いたフォトリソグラフィ工程によりマスクを形成した後、該マスクを用いて窒化物絶縁膜 26 の一部をエッチングして、図 25 (A) に示すように、開口部 41 a、41 b を有する窒化物絶縁膜 27 を形成する。

30

【0300】

次に、図 25 (B) に示すように、ゲート電極として機能する導電膜 13 及び窒化物絶縁膜 27 上に、後にコモン電極 29、ゲート電極として機能する導電膜 29 b となる導電膜 28 を形成する。

【0301】

次に、導電膜 28 上に、第 6 のフォトリソマスクを用いたフォトリソグラフィ工程によりマスクを形成する。次に、該マスクを用いて導電膜 28 の一部をエッチングして、図 25 (C) に示すように、コモン電極 29 及びゲート電極として機能する導電膜 29 b を形成する。この後、マスクを除去する。

【0302】

40

以上の工程により、トランジスタ 102 a を作製すると共に、容量素子 105 a を作製することができる。

【0303】

本実施の形態に示すトランジスタは、チャネル幅方向において、ゲート電極として機能する導電膜 29 b が、酸化物絶縁膜 23、25 を介して、酸化物半導体膜 19 a の側面と対向することで、ゲート電極として機能する導電膜 29 b の電界の影響により、酸化物半導体膜 19 a の側面、または側面及びその近傍を含む領域における寄生チャネルの発生が抑制される。この結果、しきい値電圧におけるドレイン電流の上昇が急峻である、電気特性の優れたトランジスタとなる。

【0304】

50

本実施の形態に示す表示装置の素子基板は、信号線と交差する方向に縞状に延伸した領域を有するコモン電極が形成される。このため、コントラストの優れた表示装置を作製することができる。

【0305】

また、本実施の形態に示す表示装置の素子基板は、トランジスタの酸化物半導体膜と同時に、画素電極が形成される。画素電極は容量素子の一方の電極として機能する。また、コモン電極は、容量素子の他方の電極として機能する。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、作製工程を削減できる。また、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。

10

【0306】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせ用いることができる。

【0307】

(実施の形態5)

本実施の形態では、上記実施の形態と比較して、酸化物半導体膜の欠陥量をさらに低減することが可能なトランジスタを有する表示装置について図面を参照して説明する。本実施の形態で説明するトランジスタは、実施の形態2乃至実施の形態4と比較して、複数の酸化物半導体膜を有する多層膜を有する点が異なる。ここでは、実施の形態2を用いて、トランジスタの詳細を説明する。

20

【0308】

図26に、表示装置が有する素子基板の断面図を示す。図26は、図4の一点鎖線A-B、C-D間の断面図に相当する。

【0309】

図26(A)に示すトランジスタ102bは、窒化物絶縁膜15及び酸化物絶縁膜17を介して、ゲート電極として機能する導電膜13と重なる多層膜37aと、多層膜37aに接するソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜21a、21bとを有する。また、窒化物絶縁膜15及び酸化物絶縁膜17、多層膜37a、及びソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜21a、21b上には、酸化物絶縁膜23、酸化物絶縁膜25、及び窒化物絶縁膜27が形成される。

30

【0310】

図26(A)に示す容量素子105bは、酸化物絶縁膜17上に形成される多層膜37bと、多層膜37bに接する窒化物絶縁膜27と、窒化物絶縁膜27に接するコモン電極29とを有する。多層膜37bは画素電極として機能する。

【0311】

本実施の形態に示すトランジスタ102bにおいて、多層膜37aは、酸化物半導体膜19a及び酸化物半導体膜39aを有する。即ち、多層膜37aは2層構造である。また、酸化物半導体膜19aの一部がチャネル領域として機能する。また、多層膜37aに接するように、酸化物絶縁膜23が形成されており、酸化物絶縁膜23に接するように酸化物絶縁膜25が形成されている。即ち、酸化物半導体膜19aと酸化物絶縁膜23との間に、酸化物半導体膜39aが設けられている。

40

【0312】

酸化物半導体膜39aは、酸化物半導体膜19a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。このため、酸化物半導体膜19aと酸化物半導体膜39a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。

【0313】

酸化物半導体膜39aは、代表的には、In-Ga酸化物膜、In-Zn酸化物膜、In-M-Zn酸化物膜(MはAl、Ga、Y、Zr、Sn、La、Ce、またはNd)であり、且つ酸化物半導体膜19aよりも伝導帯の下端のエネルギーが真空準位に近く、代

50

表的には、酸化物半導体膜 39a の伝導帯の下端のエネルギーと、酸化物半導体膜 19a の伝導帯の下端のエネルギーとの差が、0.05 eV 以上、0.07 eV 以上、0.1 eV 以上、または 0.15 eV 以上、且つ 2 eV 以下、1 eV 以下、0.5 eV 以下、または 0.4 eV 以下である。即ち、酸化物半導体膜 39a の電子親和力と、酸化物半導体膜 19a の電子親和力との差が、0.05 eV 以上、0.07 eV 以上、0.1 eV 以上、または 0.15 eV 以上、且つ 2 eV 以下、1 eV 以下、0.5 eV 以下、または 0.4 eV 以下である。

【0314】

酸化物半導体膜 39a 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。

10

【0315】

酸化物半導体膜 39a として、Al、Ga、Y、Zr、Sn、La、Ce、または Nd 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) 酸化物半導体膜 39a のエネルギーギャップを大きくする。(2) 酸化物半導体膜 39a の電子親和力を小さくする。(3) 外部からの不純物の拡散を低減する。(4) 酸化物半導体膜 19a と比較して、絶縁性が高くなる。(5) Al、Ga、Y、Zr、Sn、La、Ce、または Nd は、酸素との結合力が強い金属元素であるため、Ga、Y、Zr、La、Ce、または Nd 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。

【0316】

酸化物半導体膜 39a が In - M - Zn 酸化物膜であるとき、In および M の和を 100 atomic % としたとき、In と M の原子数比率は、In が 50 atomic % 未満、M が 50 atomic % より高く、さらに好ましくは、In が 25 atomic % 未満、M が 75 atomic % より高くとする。

20

【0317】

また、酸化物半導体膜 19a 及び酸化物半導体膜 39a が、In - M - Zn 酸化物 M (Al、Ga、Y、Zr、Sn、La、Ce、または Nd) の場合、酸化物半導体膜 19a と比較して、酸化物半導体膜 39a に含まれる M (Al、Ga、Y、Zr、Sn、La、Ce、または Nd) の原子数比が大きく、代表的には、酸化物半導体膜 19a 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。

30

【0318】

また、酸化物半導体膜 19a 及び酸化物半導体膜 39a が、In - M - Zn 酸化物 (M は Al、Ga、Y、Zr、Sn、La、Ce、または Nd) の場合、酸化物半導体膜 39a を In : M : Zn = x_1 : y_1 : z_1 [原子数比]、酸化物半導体膜 19a を In : M : Zn = x_2 : y_2 : z_2 [原子数比] とすると、 y_1 / x_1 が y_2 / x_2 よりも大きく、好ましくは、 y_1 / x_1 が y_2 / x_2 よりも 1.5 倍以上である。さらに好ましくは、 y_1 / x_1 が y_2 / x_2 よりも 2 倍以上大きく、より好ましくは、 y_1 / x_1 が y_2 / x_2 よりも 3 倍以上大きい。

【0319】

酸化物半導体膜 19a が In - M - Zn 酸化物膜 (M は Al、Ga、Y、Zr、Sn、La、Ce、または Nd) の場合、酸化物半導体膜 19a 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 = x_1 : y_1 : z_1 とすると、 x_1 / y_1 は、1/3 以上 6 以下、さらには 1 以上 6 以下であって、 z_1 / y_1 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、 z_1 / y_1 を 1 以上 6 以下とすることで、酸化物半導体膜 19a として C A A C - 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 = 1 : 1 : 1.2、In : M : Zn = 3 : 1 : 2 等がある。

40

【0320】

酸化物半導体膜 39a が In - M - Zn 酸化物膜 (M は Al、Ga、Y、Zr、Sn、La、Ce、または Nd) の場合、酸化物半導体膜 39a を成膜するために用いるター

50

ゲットにおいて、金属元素の原子数比を $I n : M : Z n = x_2 : y_2 : z_2$ とすると、 $x_2 / y_2 < x_1 / y_1$ であって、 z_2 / y_2 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、 z_2 / y_2 を 1 以上 6 以下とすることで、酸化物半導体膜 39a として C A A C - 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、 $I n : M : Z n = 1 : 3 : 2$ 、 $I n : M : Z n = 1 : 3 : 4$ 、 $I n : M : Z n = 1 : 3 : 6$ 、 $I n : M : Z n = 1 : 3 : 8$ 、 $I n : M : Z n = 1 : 4 : 4$ 、 $I n : M : Z n = 1 : 4 : 5$ 、 $I n : M : Z n = 1 : 6 : 8$ 等がある。

【0321】

なお、酸化物半導体膜 19a 及び酸化物半導体膜 39a 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 40 % の変動を含む。

10

【0322】

酸化物半導体膜 39a は、後に形成する酸化物絶縁膜 25 を形成する際の、酸化物半導体膜 19a へのダメージ緩和膜としても機能する。

【0323】

酸化物半導体膜 39a の厚さは、 3 nm 以上 100 nm 以下、好ましくは 3 nm 以上 50 nm 以下とする。

【0324】

また、酸化物半導体膜 39a は、酸化物半導体膜 19a 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、後述する C A A C - O S (C A x i s A l i g n e d - C r y s t a l l i n e O x i d e S e m i c o n d u c t o r)、多結晶構造、後述する微結晶構造、または非晶質構造を含む。

20

【0325】

酸化物半導体膜 39a は、例えば非晶質構造でもよい。非晶質構造の酸化物半導体膜は、例えば、原子配列が無秩序であり、結晶成分を有さない。

【0326】

なお、酸化物半導体膜 19a 及び酸化物半導体膜 39a それぞれにおいて、非晶質構造の領域、微結晶構造の領域、多結晶構造の領域、C A A C - O S の領域、及び単結晶構造の領域の二種以上を有する混合膜を構成してもよい。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、C A A C - O S の領域、単結晶構造の領域のいずれか二種以上の領域を有する単層構造の場合がある。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、C A A C - O S の領域、単結晶構造の領域のいずれか二種以上の領域の積層構造を有する場合がある。

30

【0327】

ここでは、酸化物半導体膜 19a 及び酸化物絶縁膜 23 の間に、酸化物半導体膜 39a が設けられている。このため、酸化物半導体膜 39a と酸化物絶縁膜 23 の間において、不純物及び欠陥によりキャリアトラップが形成されても、当該キャリアトラップと酸化物半導体膜 19a との間には隔たりがある。この結果、酸化物半導体膜 19a を流れる電子がキャリアトラップに捕獲されにくく、トランジスタのオン電流を増大させることが可能であると共に、電界効果移動度を高めることができる。また、キャリアトラップ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 19a とキャリアトラップとの間に隔たりがあるため、キャリアトラップにおける電子の捕獲を削減することが可能であり、しきい値電圧の変動量を低減することができる。

40

【0328】

また、酸化物半導体膜 39a は、外部からの不純物を遮蔽することが可能であるため、外部から酸化物半導体膜 19a へ移動する不純物量を低減することが可能である。また、酸化物半導体膜 39a 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 19a における不純物濃度及び酸素欠損量を低減することが可能である。

【0329】

なお、酸化物半導体膜 19a 及び酸化物半導体膜 39a は、各膜を単に積層するのでは

50

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 1 9 a 及び酸化物半導体膜 3 9 a 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。

【 0 3 3 0 】

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る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。

10

【 0 3 3 1 】

なお、多層膜 3 7 a の代わりに、図 2 6 (B) に示すトランジスタ 1 0 2 c のように、多層膜 3 8 a を有してもよい。

【 0 3 3 2 】

また、多層膜 3 7 b の代わりに、図 2 6 (B) に示す容量素子 1 0 5 c のように、多層膜 3 8 b を有してもよい。

20

【 0 3 3 3 】

多層膜 3 8 a は、酸化物半導体膜 4 9 a、酸化物半導体膜 1 9 a、及び酸化物半導体膜 3 9 a を有する。即ち、多層膜 3 8 a は 3 層構造である。また、酸化物半導体膜 1 9 a がチャンネル領域として機能する。

【 0 3 3 4 】

酸化物半導体膜 4 9 a は、酸化物半導体膜 3 9 a と同様の材料及び形成方法を適宜用いることができる。

【 0 3 3 5 】

多層膜 3 8 b は、酸化物半導体膜 4 9 b、酸化物半導体膜 1 9 f、及び酸化物半導体膜 3 9 b を有する。即ち、多層膜 3 8 b は 3 層構造である。また、多層膜 3 8 b は画素電極として機能する。

30

【 0 3 3 6 】

酸化物半導体膜 1 9 f は、画素電極 1 9 b と同様の材料及び形成方法を適宜用いることができる。酸化物半導体膜 4 9 b は、酸化物半導体膜 3 9 b と同様の材料及び形成方法を適宜用いることができる。

【 0 3 3 7 】

また、酸化物絶縁膜 1 7 及び酸化物半導体膜 4 9 a が接する。即ち、酸化物絶縁膜 1 7 と酸化物半導体膜 1 9 a との間に、酸化物半導体膜 4 9 a が設けられている。

【 0 3 3 8 】

また、多層膜 3 8 a 及び酸化物絶縁膜 2 3 が接する。また、酸化物半導体膜 3 9 a 及び酸化物絶縁膜 2 3 が接する。即ち、酸化物半導体膜 1 9 a と酸化物絶縁膜 2 3 との間に、酸化物半導体膜 3 9 a が設けられている。

40

【 0 3 3 9 】

酸化物半導体膜 4 9 a は、酸化物半導体膜 1 9 a より膜厚が小さいと好ましい。酸化物半導体膜 4 9 a の厚さを 1 nm 以上 5 nm 以下、好ましくは 1 nm 以上 3 nm 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。

【 0 3 4 0 】

本実施の形態に示すトランジスタは、酸化物半導体膜 1 9 a 及び酸化物絶縁膜 2 3 の間に、酸化物半導体膜 3 9 a が設けられている。このため、酸化物半導体膜 3 9 a と酸化物

50

絶縁膜 23 の間において、不純物及び欠陥によりキャリアトラップが形成されても、当該キャリアトラップと酸化物半導体膜 19a との間には隔たりがある。この結果、酸化物半導体膜 19a を流れる電子がキャリアトラップに捕獲されにくく、トランジスタのオン電流を増大させることが可能であると共に、電界効果移動度を高めることができる。また、キャリアトラップ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 19a とキャリアトラップとの間に隔たりがあるため、キャリアトラップにおける電子の捕獲を削減することが可能であり、しきい値電圧の変動量を低減することができる。

【0341】

また、酸化物半導体膜 39a は、外部からの不純物を遮蔽することが可能であるため、外部から酸化物半導体膜 19a へ移動する不純物量を低減することが可能である。また、酸化物半導体膜 39a 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 19a における不純物濃度及び酸素欠損量を低減することが可能である。

【0342】

また、酸化物絶縁膜 17 と酸化物半導体膜 19a との間に、酸化物半導体膜 49a が設けられており、酸化物半導体膜 19a と酸化物絶縁膜 23 との間に、酸化物半導体膜 39a が設けられているため、酸化物半導体膜 49a と酸化物半導体膜 19a との界面近傍におけるシリコンや炭素の濃度、酸化物半導体膜 19a におけるシリコンや炭素の濃度、または酸化物半導体膜 39a と酸化物半導体膜 19a との界面近傍におけるシリコンや炭素の濃度を低減することができる。これらの結果、多層膜 38a において、一定光電流測定法で導出される吸収係数は、 $1 \times 10^{-3} / \text{cm}$ 未満、好ましくは $1 \times 10^{-4} / \text{cm}$ 未満となり、局在準位が極めて少ない。

【0343】

このような構造を有するトランジスタ 102c は、酸化物半導体膜 19a を含む多層膜 38a において欠陥が極めて少ないため、トランジスタの電気特性を向上させることが可能であり、代表的には、オン電流の増大及び電界効果移動度の向上が可能である。また、ストレス試験の一例である BT ストレス試験及び光 BT ストレス試験におけるしきい値電圧の変動量が少なく、信頼性が高い。

【0344】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせ用いることができる。

【0345】

(実施の形態 6)

本実施の形態では、上記実施の形態で説明した表示装置に含まれているトランジスタにおいて、酸化物半導体膜に適用可能な一態様について説明する。

【0346】

酸化物半導体膜は、例えば、非単結晶酸化物半導体膜と単結晶酸化物半導体膜とに分けられる。または、酸化物半導体は、例えば、結晶性酸化物半導体と非晶質酸化物半導体とに分けられる。

【0347】

なお、非単結晶酸化物半導体としては、CAAC-OS (C Axis Aligned Crystalline Oxide Semiconductor)、多結晶酸化物半導体、微結晶酸化物半導体、非晶質酸化物半導体などがある。また、結晶性酸化物半導体としては、単結晶酸化物半導体、CAAC-OS、多結晶酸化物半導体、微結晶酸化物半導体などがある。

【0348】

酸化物半導体膜は、単結晶構造の酸化物半導体(以下、単結晶酸化物半導体という。)、多結晶構造の酸化物半導体(以下、多結晶酸化物半導体という。)、微結晶構造の酸化物半導体(以下、微結晶酸化物半導体という。)、及び非晶質構造の酸化物半導体(以下、非晶質酸化物半導体という。の一以上で構成されてもよい。また、酸化物半導体膜は

10

20

30

40

50

、C A A C - O S 膜で構成されていてもよい。また、酸化物半導体膜は、非晶質酸化物半導体及び結晶粒を有する酸化物半導体で構成されていてもよい。以下に、代表例として、C A A C - O S 及び微結晶酸化物半導体について説明する。

【 0 3 4 9 】

< C A A C - O S >

まずは、C A A C - O S 膜について説明する。

【 0 3 5 0 】

C A A C - O S 膜は、c 軸配向した複数の結晶部を有する酸化物半導体膜の一つである。

【 0 3 5 1 】

透過型電子顕微鏡 (T E M : T r a n s m i s s i o n E l e c t r o n M i c r o s c o p e) によって、C A A C - O S 膜を明視野像および回折パターンの複合解析像 (高分解能 T E M 像ともいう。) を観察することで複数の結晶部を確認することができる。一方、高分解能 T E M 像によっても、明確な結晶部同士の境界、即ち結晶粒界 (グレインバウンダリーともいう。) を確認することができない。そのため、C A A C - O S 膜は、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。

【 0 3 5 2 】

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

【 0 3 5 3 】

一方、試料面と概略垂直な方向から、C A A C - O S 膜の平面の高分解能 T E M 像を察すると、結晶部において、金属原子が三角形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。

【 0 3 5 4 】

図 2 7 (A) は、C A A C - O S 膜の断面の高分解能 T E M 像である。また、図 2 7 (B) は、図 2 7 (A) をさらに拡大した断面の高分解能 T E M 像であり、理解を容易にするために原子配列を強調表示している。

【 0 3 5 5 】

図 2 7 (C) は、図 2 7 (A) の A - O - A ' 間において、丸で囲んだ領域 (直径約 4 n m) の局所的なフーリエ変換像である。図 2 7 (C) より、各領域において c 軸配向性が確認できる。また、A - O 間と O - A ' 間とでは、c 軸の向きが異なるため、異なるグレインであることが示唆される。また、A - O 間では、c 軸の角度が 1 4 . 3 °、1 6 . 6 °、2 6 . 4 ° のように少しずつ連続的に変化していることがわかる。同様に、O - A ' 間では、c 軸の角度が - 1 8 . 3 °、- 1 7 . 6 °、- 1 5 . 9 ° と少しずつ連続的に変化していることがわかる。

【 0 3 5 6 】

なお、C A A C - O S 膜に対し、電子回折を行うと、配向性を示すスポット (輝点) が観測される。例えば、C A A C - O S 膜の上面に対し、例えば 1 n m 以上 3 0 n m 以下の電子線を用いる電子回折 (ナノビーム電子回折ともいう。) を行うと、スポットが観測される (図 2 8 (A) 参照。) 。

【 0 3 5 7 】

断面の高分解能 T E M 像および平面の高分解能 T E M 像より、C A A C - O S 膜の結晶部は配向性を有していることがわかる。

【 0 3 5 8 】

なお、C A A C - O S 膜に含まれるほとんどの結晶部は、一辺が 1 0 0 n m 未満の立方体内に収まる大きさである。従って、C A A C - O S 膜に含まれる結晶部は、一辺が 1 0 n m 未満、5 n m 未満または 3 n m 未満の立方体内に収まる大きさの場合も含まれる。ただし、C A A C - O S 膜に含まれる複数の結晶部が連結することで、一つの大きな結晶領

10

20

30

40

50

域を形成する場合がある。例えば、平面の高分解能TEM像において、 2500 nm^2 以上、 $5\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上または $1000\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上となる結晶領域が観察される場合がある。

【0359】

C AAC - 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C AAC - OS膜のout-of-plane法による解析では、回折角(2 θ)が 31° 近傍にピークが現れる場合がある。このピークは、InGaZnO₄の結晶の(009)面に帰属されることから、C AAC - 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概略垂直な方向を向いていることが確認できる。

【0360】

一方、C AAC - OS膜に対し、c軸に概略垂直な方向からX線を入射させるin-plane法による解析では、2 θ 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の単結晶酸化半導体膜であれば、2 θ を 56° 近傍に固定し、試料面の法線ベクトルを軸(c軸)とし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、C AAC - OS膜の場合は、2 θ 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。

【0361】

以上のことから、C AAC - 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、前述の断面の高分解能TEM像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。

【0362】

なお、結晶部は、C AAC - 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、C AAC - 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、C AAC - 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C AAC - 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。

【0363】

また、C AAC - OS膜中において、c軸配向した結晶部の分布が均一でなくてもよい。例えば、C AAC - OS膜の結晶部が、C AAC - 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c軸配向した結晶部の割合が高くなる場合がある。また、不純物の添加されたC AAC - OS膜は、不純物が添加された領域が変質し、部分的にc軸配向した結晶部の割合の異なる領域が形成されることもある。

【0364】

なお、InGaZnO₄の結晶を有するC AAC - OS膜のout-of-plane法による解析では、2 θ が 31° 近傍のピークの他に、2 θ が 36° 近傍にもピークが現れる場合がある。2 θ が 36° 近傍のピークは、C AAC - 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。C AAC - OS膜は、2 θ が 31° 近傍にピークを示し、2 θ が 36° 近傍にピークを示さないことが好ましい。

【0365】

C AAC - OS膜は、不純物濃度の低い酸化半導体膜である。不純物は、水素、炭素、シリコン、遷移金属元素などの酸化半導体膜の主成分以外の元素である。特に、シリコンなどの、酸化半導体膜を構成する金属元素よりも酸素との結合力の強い元素は、酸化半導体膜から酸素を奪うことで酸化半導体膜の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。また、鉄やニッケルなどの重金属、アルゴン、二酸化炭素などは、原子半径(または分子半径)が大きいため、酸化半導体膜内部に含まれると、酸化半導体膜の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。なお、酸化半導体膜に含まれる不純物は、キャリアトラップやキャリア発生源となる場合がある。

10

20

30

40

50

【0366】

また、CAAC-OS膜は、欠陥準位密度の低い酸化物半導体膜である。例えば、酸化物半導体膜中の酸素欠損は、キャリアトラップとなることや、水素を捕獲することによってキャリア発生源となることがある。

【0367】

不純物濃度が低く、欠陥準位密度が低い（酸素欠損の少ない）ことを、高純度真性または実質的に高純度真性と呼ぶ。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膜は、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。従って、当該酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、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。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、キャリアトラップが少ない。そのため、当該酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、電気特性の変動が小さく、信頼性の高いトランジスタとなる。なお、酸化物半導体膜のキャリアトラップに捕獲された電荷は、放出するまでに要する時間が長く、あたかも固定電荷のように振る舞うことがある。そのため、不純物濃度が高く、欠陥準位密度が高い酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、電気特性が不安定となる場合がある。

10

【0368】

また、CAAC-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。

【0369】

20

<微結晶酸化物半導体>

次に、微結晶酸化物半導体膜について説明する。

【0370】

微結晶酸化物半導体膜は、高分解能TEM像において、結晶部を確認することのできる領域と、明確な結晶部を確認することのできない領域と、を有する。微結晶酸化物半導体膜に含まれる結晶部は、1nm以上100nm以下、または1nm以上10nm以下の大きさであることが多い。特に、1nm以上10nm以下、または1nm以上3nm以下の微結晶であるナノ結晶(nc:nanocrystal)を有する酸化物半導体膜を、nc-OS(nanocrystalline Oxide Semiconductor)膜と呼ぶ。また、nc-OS膜は、例えば、高分解能TEM像では、結晶粒界を明確に確認できない場合がある。

30

【0371】

nc-OS膜は、微小な領域（例えば、1nm以上10nm以下の領域、特に1nm以上3nm以下の領域）において原子配列に周期性を有する。また、nc-OS膜は、異なる結晶部間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、膜全体で配向性が見られない。従って、nc-OS膜は、分析方法によっては、非晶質酸化物半導体膜と区別が付かない場合がある。例えば、nc-OS膜に対し、結晶部よりも大きい径のX線を用いるXRD装置を用いて構造解析を行うと、out-of-plane法による解析では、結晶面を示すピークが検出されない。また、nc-OS膜に対し、結晶部よりも大きいプローブ径（例えば50nm以上）の電子線を用いる電子回折（制限視野電子回折ともいう。）を行うと、ハローパターンのような回折パターンが観測される。一方、nc-OS膜に対し、結晶部の大きさと近い結晶部より小さいプローブ径の電子線を用いるナノビーム電子回折を行うと、スポットが観測される。また、nc-OS膜に対しナノビーム電子回折を行うと、円を描くように（リング状に）輝度の高い領域が観測される場合がある。また、nc-OS膜に対しナノビーム電子回折を行うと、リング状の領域内に複数のスポットが観測される場合がある（図28（B）参照。）。

40

【0372】

nc-OS膜は、非晶質酸化物半導体膜よりも規則性の高い酸化物半導体膜である。そのため、nc-OS膜は、非晶質酸化物半導体膜よりも欠陥準位密度が低くなる。ただし、nc-OS膜は、異なる結晶部間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、nc-

50

OS膜は、CAAC-OS膜と比べて欠陥準位密度が高くなる。

【0373】

次に、非晶質酸化物半導体膜について説明する。

【0374】

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、結晶部を有さない酸化物半導体膜である。石英のような無定形状態を有する酸化物半導体膜が一例である。

【0375】

非晶質酸化物半導体膜は、高分解能TEM像において結晶部を確認することができない。

【0376】

非晶質酸化物半導体膜に対し、XRD装置を用いた構造解析を行うと、out-of-plane法による解析では、結晶面を示すピークが検出されない。また、非晶質酸化物半導体膜に対し、電子回折を行うと、ハローパターンが観測される。また、非晶質酸化物半導体膜に対し、ナノビーム電子回折を行うと、スポットが観測されず、ハローパターンが観測される。

【0377】

非晶質酸化物半導体膜は、水素などの不純物を高い濃度で含む酸化物半導体膜である。また、非晶質酸化物半導体膜は、欠陥準位密度の高い酸化物半導体膜である。

【0378】

不純物濃度が高く、欠陥準位密度が高い酸化物半導体膜は、キャリアトラップやキャリア発生源が多い酸化物半導体膜である。

【0379】

従って、非晶質酸化物半導体膜は、nc-OS膜と比べて、さらにキャリア密度が高くなる場合がある。そのため、非晶質酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、ノーマリーオンの電気特性になりやすい。従って、ノーマリーオンの電気特性が求められるトランジスタに好適に用いることができる場合がある。非晶質酸化物半導体膜は、欠陥準位密度が高いため、キャリアトラップが多くなる場合がある。従って、非晶質酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、CAAC-OS膜やnc-OS膜を用いたトランジスタと比べて、電気特性の変動が大きく、信頼性の低いトランジスタとなる。

【0380】

なお、酸化物半導体膜は、nc-OS膜と非晶質酸化物半導体膜との間の物性を示す構造を有する場合がある。そのような構造を有する酸化物半導体膜を、特に非晶質ライク酸化物半導体(amorphous-like OS: amorphous-like Oxide Semiconductor)膜と呼ぶ。

【0381】

amorphous-like OS膜は、高分解能TEM像において鬆(ボイドともいう。)が観察される場合がある。また、高分解能TEM像において、明確に結晶部を確認することのできる領域と、結晶部を確認することのできない領域と、を有する。amorphous-like OS膜は、TEMによる観察程度の微量な電子照射によって、結晶化が起こり、結晶部の成長が見られる場合がある。一方、良質なnc-OS膜であれば、TEMによる観察程度の微量な電子照射による結晶化はほとんど見られない。

【0382】

なお、amorphous-like OS膜およびnc-OS膜の結晶部の大きさの計測は、高分解能TEM像を用いて行うことができる。例えば、InGaZnO₄の結晶は層状構造を有し、In-O層の間に、Ga-Zn-O層を2層有する。InGaZnO₄の結晶の単位格子は、In-O層を3層有し、またGa-Zn-O層を6層有する、計9層がc軸方向に層状に重なった構造を有する。よって、これらの近接する層同士の間隔は、(009)面の格子面間隔(d値ともいう。)と同程度であり、結晶構造解析からその値は0.29nmと求められている。そのため、高分解能TEM像における格子縞に着目し、格子縞の間隔が0.28nm以上0.30nm以下である箇所においては、それぞ

10

20

30

40

50

れの格子縞が InGaZnO_4 の結晶の $a-b$ 面に対応すると見なした。その格子縞の観察される領域における最大長を、amorphous-like OS 膜および nc-OS 膜の結晶部の大きさとする。なお、結晶部の大きさは、0.8 nm 以上のものを選択的に評価する。

【0383】

図35は、高分解能TEM像により、amorphous-like OS 膜および nc-OS 膜の結晶部(20箇所から40箇所)の平均の大きさの変化を調査した例である。図35より、amorphous-like OS 膜は、電子の累積照射量に応じて結晶部が大きくなっていくことがわかる。具体的には、TEMによる観察初期においては1.2 nm程度の大きさだった結晶部が、累積照射量が $4.2 \times 10^8 \text{ e}^-/\text{nm}^2$ においては2.6 nm程度の大きさまで成長していることがわかる。一方、良質な nc-OS 膜は、電子照射開始時から電子の累積照射量が $4.2 \times 10^8 \text{ e}^-/\text{nm}^2$ になるまでの範囲で、電子の累積照射量によらず結晶部の大きさに変化が見られないことがわかる。

10

【0384】

また、図35に示す、amorphous-like OS 膜および nc-OS 膜の結晶部の大きさの変化を線形近似して、電子の累積照射量 $0 \text{ e}^-/\text{nm}^2$ まで外挿すると、結晶部の平均の大きさが正の値をとることがわかる。そのため、amorphous-like OS 膜および nc-OS 膜の結晶部が、TEMによる観察前から存在していることがわかる。

20

【0385】

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、CAAC-OS 膜のうち、二種以上を有する積層膜であってもよい。

【0386】

酸化物半導体膜が複数の構造を有する場合、ナノビーム電子回折を用いることで構造解析が可能となる場合がある。

【0387】

図28(C)に、電子銃室70と、電子銃室70の下光学系72と、光学系72の下試料室74と、試料室74の下光学系76と、光学系76の下観察室80と、観察室80に設置されたカメラ78と、観察室80の下フィルム室82と、を有する透過電子回折測定装置を示す。カメラ78は、観察室80内部に向けて設置される。なお、フィルム室82を有さなくても構わない。

30

【0388】

また、図28(D)に、図28(C)で示した透過電子回折測定装置内部の構造を示す。透過電子回折測定装置内部では、電子銃室70に設置された電子銃から放出された電子が、光学系72を介して試料室74に配置された物質88に照射される。物質88を通過した電子は、光学系76を介して観察室80内部に設置された蛍光板92に入射する。蛍光板92では、入射した電子の強度に応じたパターンが現れることで透過電子回折パターンを測定することができる。

【0389】

カメラ78は、蛍光板92を向いて設置されており、蛍光板92に現れたパターンを撮影することが可能である。カメラ78のレンズの中央、および蛍光板92の中央を通る直線と、蛍光板92の上面と、の傾き角度は、例えば、 15° 以上 80° 以下、 30° 以上 75° 以下、または 45° 以上 70° 以下とする。該角度が小さいほど、カメラ78で撮影される透過電子回折パターンは歪みが大きくなる。ただし、あらかじめ該角度がわかっているならば、得られた透過電子回折パターンの歪みを補正することも可能である。なお、カメラ78をフィルム室82に設置しても構わない場合がある。例えば、カメラ78をフィルム室82に、電子84の入射方向と対向するように設置してもよい。この場合、蛍光板92の裏面から歪みの少ない透過電子回折パターンを撮影することができる。

40

【0390】

試料室74には、試料である物質88を固定するためのホルダが設置されている。ホル

50

ダは、物質 88 を通過する電子を透過するような構造をしている。ホルダは、例えば、物質 88 を X 軸、Y 軸、Z 軸などに移動させる機能を有していてもよい。ホルダの移動機能は、例えば、1 nm 以上 10 nm 以下、5 nm 以上 50 nm 以下、10 nm 以上 100 nm 以下、50 nm 以上 500 nm 以下、100 nm 以上 1 μm 以下などの範囲で移動させる精度を有すればよい。これらの範囲は、物質 88 の構造によって最適な範囲を設定すればよい。

【0391】

次に、上述した透過電子回折測定装置を用いて、物質の透過電子回折パターンを測定する方法について説明する。

【0392】

例えば、図 28 (D) に示すように物質におけるナノビームである電子 84 の照射位置を変化させる (スキャンする) ことで、物質の構造が変化していく様子を確認することができる。このとき、物質 88 が C A A C - O S 膜であれば、図 28 (A) に示したような回折パターンが観測される。または、物質 88 が n c - O S 膜であれば、図 28 (B) に示したような回折パターンが観測される。

【0393】

ところで、物質 88 が C A A C - O S 膜であったとしても、部分的に n c - O S 膜などと同様の回折パターンが観測される場合がある。したがって、C A A C - O S 膜の良否は、一定の範囲における C A A C - O S 膜の回折パターンが観測される領域の割合 (C A A C 化率ともいう。) で表すことができる場合がある。例えば、良質な C A A C - O S 膜であれば、C A A C 化率は、50 % 以上、好ましくは 80 % 以上、さらに好ましくは 90 % 以上、より好ましくは 95 % 以上となる。なお、C A A C - O S 膜と異なる回折パターンが観測される領域を非 C A A C 化率と表記する。

【0394】

一例として、成膜直後 (a s - s p u t t e r e d と表記。) 、または酸素を含む雰囲気における 450 加熱処理後の C A A C - O S 膜を有する各試料の上面に対し、スキャンしながら透過電子回折パターンを取得した。ここでは、5 nm / 秒の速度で 60 秒間スキャンしながら回折パターンを観測し、観測された回折パターンを 0.5 秒ごとに静止画に変換することで、C A A C 化率を導出した。なお、電子線としては、プローブ径が 1 nm のナノビーム電子線を用いた。なお、同様の測定は 6 試料に対して行った。そして C A A C 化率の算出には、6 試料における平均値を用いた。

【0395】

各試料における C A A C 化率を図 29 (A) に示す。成膜直後の C A A C - O S 膜の C A A C 化率は 75.7 % (非 C A A C 化率は 24.3 %) であった。また、450 加熱処理後の C A A C - O S 膜の C A A C 化率は 85.3 % (非 C A A C 化率は 14.7 %) であった。成膜直後と比べて、450 加熱処理後の C A A C 化率が高いことがわかる。即ち、高い温度 (例えば 400 以上) における加熱処理によって、非 C A A C 化率が低くなる (C A A C 化率が高くなる) ことがわかる。また、500 未満の加熱処理においても高い C A A C 化率を有する C A A C - O S 膜が得られることがわかる。

【0396】

ここで、C A A C - O S 膜と異なる回折パターンのほとんどは n c - O S 膜と同様の回折パターンであった。また、測定領域において非晶質酸化物半導体膜は、確認することができなかった。したがって、加熱処理によって、n c - O S 膜と同様の構造を有する領域が、隣接する領域の構造の影響を受けて再配列し、C A A C 化していることが示唆される。

【0397】

図 29 (B) および図 29 (C) は、成膜直後および 450 加熱処理後の C A A C - O S 膜の平面の高分解能 T E M 像である。図 29 (B) と図 29 (C) とを比較することにより、450 加熱処理後の C A A C - O S 膜は、膜質がより均質であることがわかる。即ち、高い温度における加熱処理によって、C A A C - O S 膜の膜質が向上することが

10

20

30

40

50

わかる。

【0398】

このような測定方法を用いれば、複数の構造を有する酸化物半導体膜の構造解析が可能となる場合がある。

【0399】

<酸化物半導体膜及び酸化物導電体膜について>

次に、酸化物半導体で形成される膜（以下、酸化物半導体膜（OS）という。）、及び画素電極19bとして用いることが可能な酸化物導電体で形成される膜（以下、酸化物導電体膜（OC）という。）それぞれにおける、導電率の温度依存性について、図34を用いて説明する。図34において、横軸に測定温度（下横軸は $1/T$ 、上横軸は T ）を示し、縦軸に導電率（ $1/\rho$ ）を示す。また、酸化物半導体膜（OS）の測定結果を三角印で示し、酸化物導電体膜（OC）の測定結果を丸印で示す。

10

【0400】

なお、酸化物半導体膜（OS）を含む試料は、ガラス基板上に、原子数比が $In:Ga:Zn=1:1:1.2$ のスパッタリングターゲットを用いたスパッタリング法により厚さ35nmの $In-Ga-Zn$ 酸化物膜を形成し、原子数比が $In:Ga:Zn=1:4:5$ のスパッタリングターゲットを用いたスパッタリング法により厚さ20nmの $In-Ga-Zn$ 酸化物膜を形成し、450℃の窒素雰囲気中で加熱処理した後、450℃の窒素及び酸素の混合ガス雰囲気中で加熱処理し、さらにプラズマCVD法で酸化窒化シリコン膜を形成して、作製された。

20

【0401】

また、酸化物導電体膜（OC）を含む試料は、ガラス基板上に、原子数比が $In:Ga:Zn=1:1:1$ のスパッタリングターゲットを用いたスパッタリング法により厚さ100nmの $In-Ga-Zn$ 酸化物膜を形成し、450℃の窒素雰囲気中で加熱処理した後、450℃の窒素及び酸素の混合ガス雰囲気中で加熱処理し、プラズマCVD法で窒化シリコン膜を形成して、作製された。

【0402】

図34からわかるように、酸化物導電体膜（OC）における導電率の温度依存性は、酸化物半導体膜（OS）における導電率の温度依存性より小さい。代表的には、80K以上290K以下における酸化物導電体膜（OC）の導電率の変化率は、 $\pm 20\%$ 未満である。または、150K以上250K以下における導電率の変化率は、 $\pm 10\%$ 未満である。即ち、酸化物導電体は、縮退半導体であり、伝導帯端とフェルミ準位とが一致または略一致していると推定される。このため、酸化物導電体膜（OC）を、抵抗素子、配線、電極、画素電極、コモン電極等に用いることが可能である。

30

【0403】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせることができる。

【0404】

（実施の形態7）

実施の形態2で述べたように、酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、オフ状態における電流値（オフ電流値）を低く制御することができる。よって、画像信号等の電気信号の保持時間を長くすることができ、書き込み間隔も長く設定できる。

40

【0405】

本実施の形態の液晶表示装置は、オフ電流値の低いトランジスタを適用することで、少なくとも2つの駆動方法（モード）で表示を行う液晶表示装置とすることができる。第1の駆動モードは、従来の液晶表示装置の駆動方法であり、1フレームごとにデータを逐次書き換える駆動方法である。第2の駆動モードは、データの書き込み処理を実行した後、データの書き換えを停止する駆動方法である。すなわち、リフレッシュレートを低減した駆動モードである。

【0406】

50

動画の表示は、第１の駆動モードにより行われる。静止画の表示は、フレームごとの画像データに変化がないため、１フレームごとにデータの書き換えを行う必要がない。そこで、静止画を表示する際は、第２の駆動モードで動作させると、画面のちらつきをなくすとともに、電力消費を削減することができる。

【０４０７】

また、本実施の形態の液晶表示装置に適用される液晶素子は、面積の大きい容量素子を有し、容量素子で蓄積する電荷容量が大きい。このため、画素電極の電位を保持する時間を長くすることが可能であり、リフレッシュレートを低減する駆動モードを適用できる。さらに、液晶表示装置においてリフレッシュレートを低減する駆動モードを適用した場合であっても、液晶層に印加された電圧の変化を長期間抑制することが可能であるため、使用者による画像のちらつきの知覚をより防止することができる。したがって、低消費電力化と表示品質の向上を図ることができる。

【０４０８】

ここで、リフレッシュレートを低減する効果に関して説明する。

【０４０９】

目の疲労には、神経系の疲労と、筋肉系の疲労の２種類がある。神経系の疲労は、長時間液晶表示装置の発光、点滅画面を見続けることで、その明るさが眼の網膜や神経、脳を刺激して疲れさせるものである。筋肉系の疲労は、ピント調節のときに使用する毛様体の筋肉を酷使することにより疲れさせるものである。

【０４１０】

図３０（Ａ）に、従来の液晶表示装置の表示を表す模式図を示す。図３０（Ａ）に示すように、従来の液晶表示装置の表示では、１秒間に６０回の画像の書き換えが行われている。このような画面を長時間見続けることにより、使用者の眼の網膜や神経、脳を刺激して眼の疲労が引き起こされるおそれがあった。

【０４１１】

本発明の一態様では、液晶表示装置の画素部に、オフ電流の極めて低いトランジスタ、例えば酸化物半導体を用いたトランジスタを適用する。また、液晶素子は、面積の大きい容量素子を有する。これらによって、容量素子に蓄積された電荷のリークを抑制することが可能となるため、フレーム周波数を下げても、液晶表示装置の輝度の維持が可能となる。

【０４１２】

つまり、図３０（Ｂ）に示すように、例えば、５秒間に１回の画像の書き換えが可能となるため、極力同じ映像を見ることが可能となり、使用者に視認される画面のちらつきが低減される。これにより、使用者の眼の網膜や神経、脳の刺激が低減され、神経系の疲労が軽減される。

【０４１３】

本発明の一態様によれば、目に優しい液晶表示装置を提供することができる。

【０４１４】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせ用いることができる。

【０４１５】

（実施の形態８）

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置が適用された電子機器の構成例について説明する。また、本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置を適用した表示モジュールについて、図３１を用いて説明を行う。

【０４１６】

図３１に示す表示モジュール８０００は、上部カバー８００１と下部カバー８００２との間に、ＦＰＣ８００３に接続されたタッチパネル８００４、ＦＰＣ８００５に接続された表示パネル８００６、バックライトユニット８００７、フレーム８００９、プリント基板８０１０、バッテリー８０１１を有する。なお、バックライトユニット８００７、バッ

テリ－８０１１、タッチパネル８００４などは、設けられない場合もある。

【０４１７】

本発明の一態様の表示装置は、例えば、表示パネル８００６に用いることができる。

【０４１８】

上部カバー８００１及び下部カバー８００２は、タッチパネル８００４及び表示パネル８００６のサイズに合わせて、形状や寸法を適宜変更することができる。

【０４１９】

タッチパネル８００４は、抵抗膜方式または静電容量方式のタッチパネルを表示パネル８００６に重畳して用いることができる。また、表示パネル８００６の対向基板（封止基板）に、タッチパネル機能を持たせるようにすることも可能である。または、表示パネル８００６の各画素内に光センサを設け、光学式のタッチパネルとすることも可能である。または、表示パネル８００６の各画素内にタッチセンサ用電極を設け、静電容量方式のタッチパネルとすることも可能である。

10

【０４２０】

バックライトユニット８００７は、光源８００８を有する。光源８００８をバックライトユニット８００７の端部に設け、光拡散板を用いる構成としてもよい。

【０４２１】

フレーム８００９は、表示パネル８００６の保護機能の他、プリント基板８０１０の動作により発生する電磁波を遮断するための電磁シールドとしての機能を有する。またフレーム８００９は、放熱板としての機能を有していてもよい。

20

【０４２２】

プリント基板８０１０は、電源回路、ビデオ信号及びクロック信号を出力するための信号処理回路を有する。電源回路に電力を供給する電源としては、外部の商用電源であっても良いし、別途設けたバッテリー８０１１による電源であってもよい。バッテリー８０１１は、商用電源を用いる場合には、省略可能である。

【０４２３】

また、表示モジュール８０００には、偏光板、位相差板、プリズムシートなどの部材を追加して設けてもよい。

【０４２４】

図３２は、本発明の一態様の表示装置を含む電子機器の外観図である。

30

【０４２５】

電子機器としては、例えば、テレビジョン装置（テレビ、またはテレビジョン受信機ともいう）、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ等のカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機（携帯電話、携帯電話装置ともいう）、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。

【０４２６】

図３２（Ａ）は、携帯型の情報端末であり、本体１００１、筐体１００２、表示部１００３ａ、１００３ｂなどによって構成されている。表示部１００３ｂはタッチパネルとなっており、表示部１００３ｂに表示されるキーボードボタン１００４を触れることで画面操作や、文字入力を行うことができる。勿論、表示部１００３ａをタッチパネルとして構成してもよい。上記実施の形態で示したトランジスタをスイッチング素子として液晶パネルや有機発光パネルを作製して表示部１００３ａ、１００３ｂに適用することにより、信頼性の高い携帯型の情報端末とすることができる。

40

【０４２７】

図３２（Ａ）に示す携帯型の情報端末は、様々な情報（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、日付又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操作又は編集する機能、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。また、筐体の裏面や側面に、外部接続用端子（イヤホン端子、ＵＳＢ端子など）、記録媒体挿入部などを備える構成としてもよい。

50

【 0 4 2 8 】

また、図 3 2 (A) に示す携帯型の情報端末は、無線で情報を送受信できる構成としてもよい。無線により、電子書籍サーバから、所望の書籍データなどを購入し、ダウンロードする構成とすることも可能である。

【 0 4 2 9 】

図 3 2 (B) は、携帯音楽プレイヤーであり、本体 1 0 2 1 には表示部 1 0 2 3 と、耳に装着するための固定部 1 0 2 2 と、スピーカー、操作ボタン 1 0 2 4、外部メモリスロット 1 0 2 5 等が設けられている。上記実施の形態で示したトランジスタをスイッチング素子として液晶パネルや有機発光パネルを作製して表示部 1 0 2 3 に適用することにより、より信頼性の高い携帯音楽プレイヤーとすることができる。

10

【 0 4 3 0 】

さらに、図 3 2 (B) に示す携帯音楽プレイヤーにアンテナやマイク機能や無線機能を持たせ、携帯電話と連携させれば、乗用車などを運転しながらワイヤレスによるハンズフリーでの会話も可能である。

【 0 4 3 1 】

図 3 2 (C) は、携帯電話であり、筐体 1 0 3 0 及び筐体 1 0 3 1 の二つの筐体で構成されている。筐体 1 0 3 1 には、表示パネル 1 0 3 2、スピーカー 1 0 3 3、マイクロフォン 1 0 3 4、ポインティングデバイス 1 0 3 6、カメラ 1 0 3 7、外部接続端子 1 0 3 8 などを備えている。また、筐体 1 0 3 0 には、携帯電話の充電を行う太陽電池 1 0 4 0、外部メモリスロット 1 0 4 1 などを備えている。また、アンテナは筐体 1 0 3 1 内部に内蔵されている。上記実施の形態で説明するトランジスタを表示パネル 1 0 3 2 に適用することにより、信頼性の高い携帯電話とすることができる。

20

【 0 4 3 2 】

また、表示パネル 1 0 3 2 はタッチパネルを備えており、図 3 2 (C) には映像表示されている複数の操作キー 1 0 3 5 を点線で示している。なお、太陽電池 1 0 4 0 で出力される電圧を各回路に必要な電圧に昇圧するための昇圧回路も実装している。

【 0 4 3 3 】

表示パネル 1 0 3 2 は、使用形態に応じて表示の方向が適宜変化する。また、表示パネル 1 0 3 2 と同一面上にカメラ 1 0 3 7 を備えているため、テレビ電話が可能である。スピーカー 1 0 3 3 及びマイクロフォン 1 0 3 4 は音声通話に限らず、テレビ電話、録音、再生などが可能である。さらに、筐体 1 0 3 0 と筐体 1 0 3 1 は、スライドし、図 3 2 (C) のように展開している状態から重なり合った状態とすることができ、携帯に適した小型化が可能である。

30

【 0 4 3 4 】

外部接続端子 1 0 3 8 は A C アダプタ及び U S B ケーブルなど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などとのデータ通信が可能である。また、外部メモリスロット 1 0 4 1 に記録媒体を挿入し、より大量のデータ保存及び移動に対応できる。

【 0 4 3 5 】

また、上記機能に加えて、赤外線通信機能、テレビ受信機能などを備えたものであってもよい。

40

【 0 4 3 6 】

図 3 2 (D) は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置 1 0 5 0 は、筐体 1 0 5 1 に表示部 1 0 5 3 が組み込まれている。表示部 1 0 5 3 により、映像を表示することが可能である。また、筐体 1 0 5 1 を支持するスタンド 1 0 5 5 に C P U が内蔵されている。上記実施の形態で説明するトランジスタを表示部 1 0 5 3 及び C P U に適用することにより、信頼性の高いテレビジョン装置 1 0 5 0 とすることができる。

【 0 4 3 7 】

テレビジョン装置 1 0 5 0 の操作は、筐体 1 0 5 1 が備える操作スイッチや、別体のリモートコントローラにより行うことができる。また、リモコン操作機に、当該リモコン操

50

作機から出力する情報を表示する表示部を設ける構成としてもよい。

【 0 4 3 8 】

なお、テレビジョン装置 1 0 5 0 は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般のテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線または無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向（送信者から受信者）または双方向（送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など）の情報通信を行うことも可能である。

【 0 4 3 9 】

また、テレビジョン装置 1 0 5 0 は、外部接続端子 1 0 5 4 や、記憶媒体再生録画部 1 0 5 2、外部メモリスロットを備えている。外部接続端子 1 0 5 4 は、U S B ケーブルなどの各種ケーブルと接続可能であり、パーソナルコンピュータなどとのデータ通信が可能である。記憶媒体再生録画部 1 0 5 2 では、ディスク状の記録媒体を挿入し、記録媒体に記憶されているデータの読み出し、記録媒体への書き込みが可能である。また、外部メモリスロットに差し込まれた外部メモリ 1 0 5 6 にデータ保存されている画像や映像などを表示部 1 0 5 3 に映し出すことも可能である。

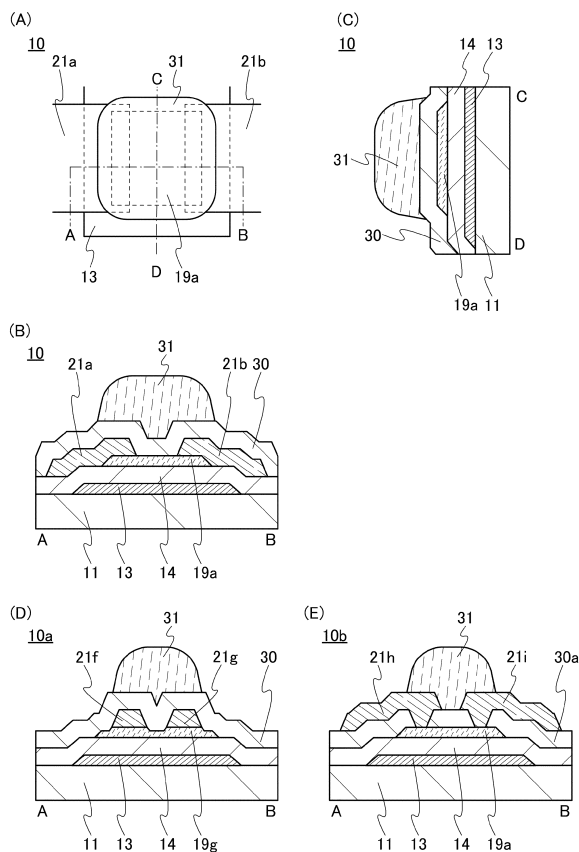
【 0 4 4 0 】

また、上記実施の形態で説明するトランジスタのオフリーク電流が極めて小さい場合は、当該トランジスタを外部メモリ 1 0 5 6 や C P U に適用することにより、消費電力が十分に低減された信頼性の高いテレビジョン装置 1 0 5 0 とすることができる。

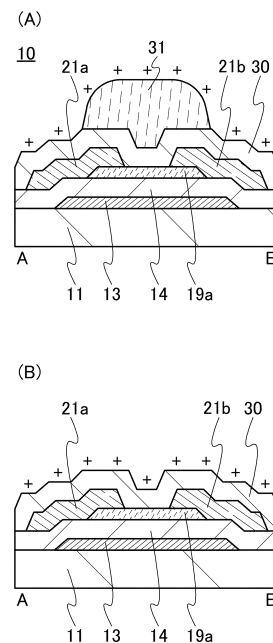
【 0 4 4 1 】

なお、本実施の形態に示す構成及び方法などは、他の実施の形態に示す構成及び方法などと適宜組み合わせる用いることができる。

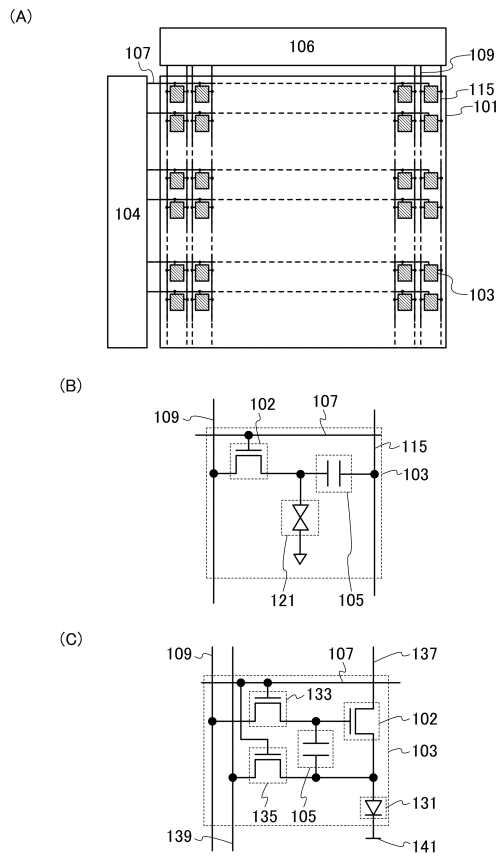
【 図 1 】



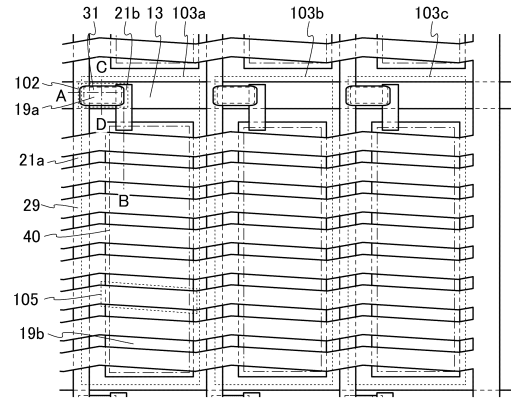
【 図 2 】



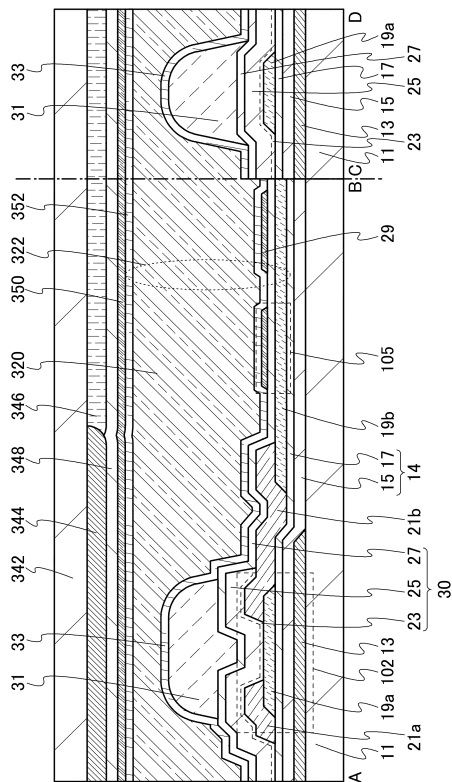
【図 3】



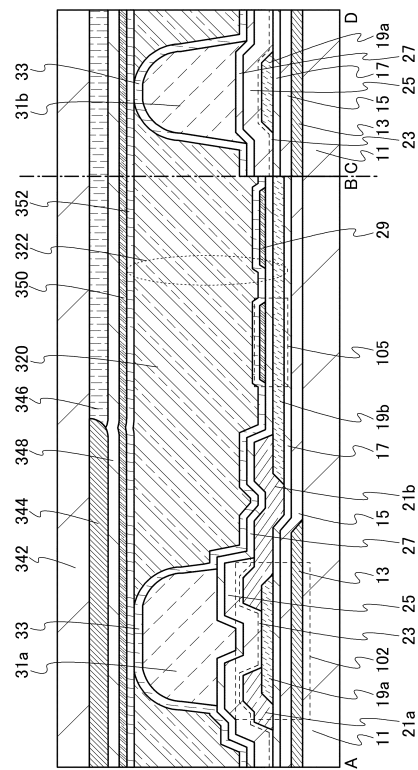
【図 4】



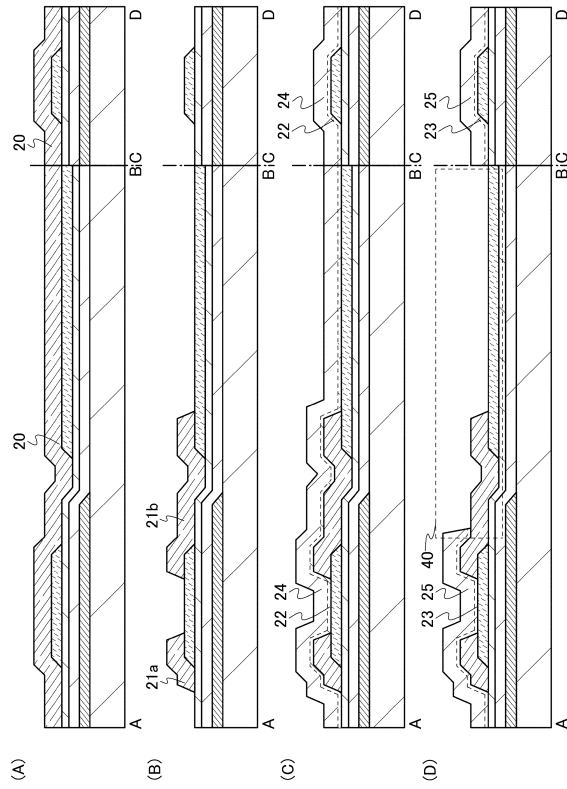
【図 5】



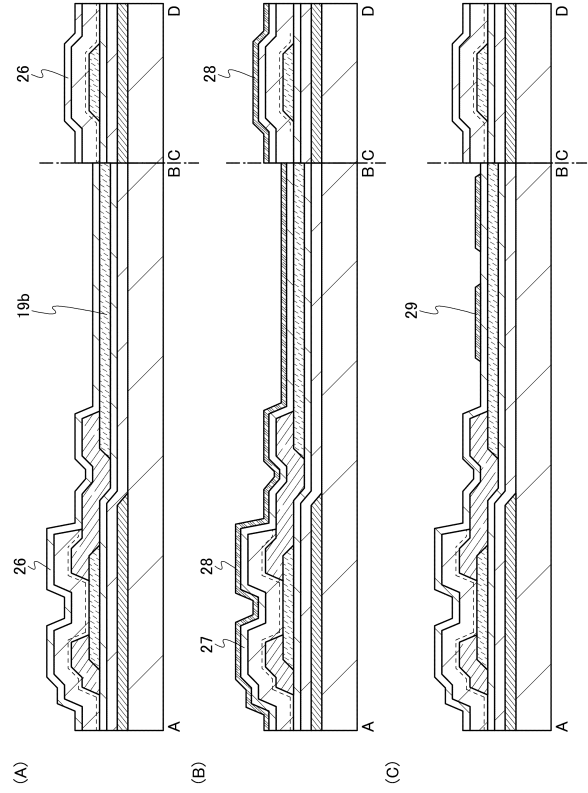
【図 6】



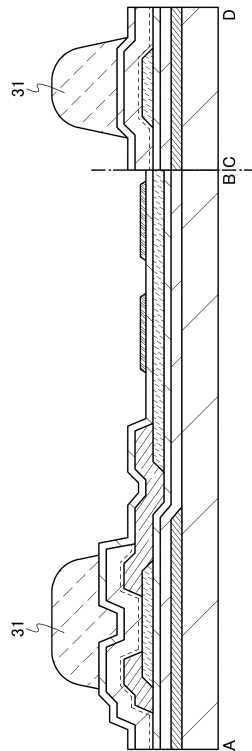
【図 1 1】



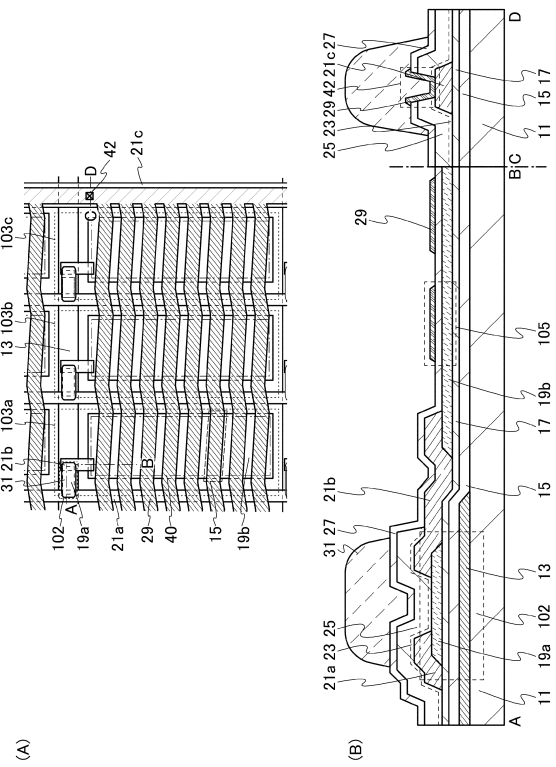
【図 1 2】



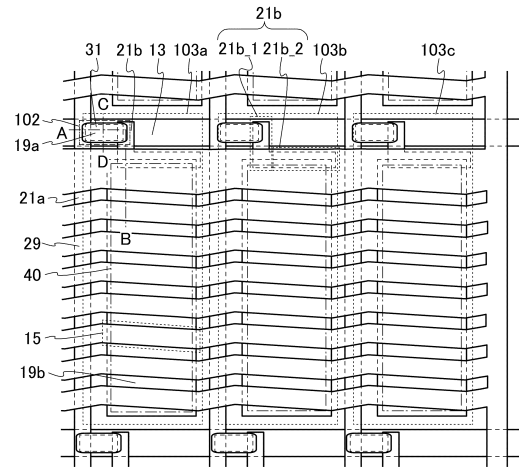
【図 1 3】



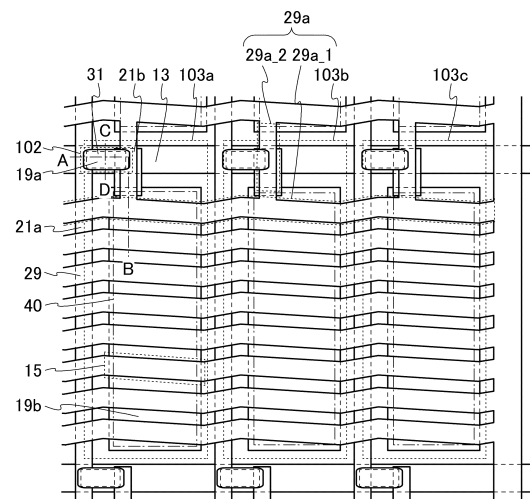
【図 1 4】



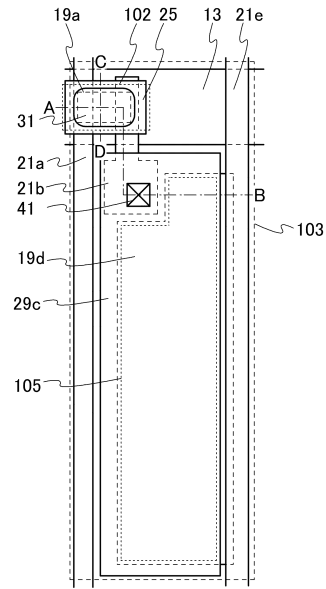
【 図 1 6 】



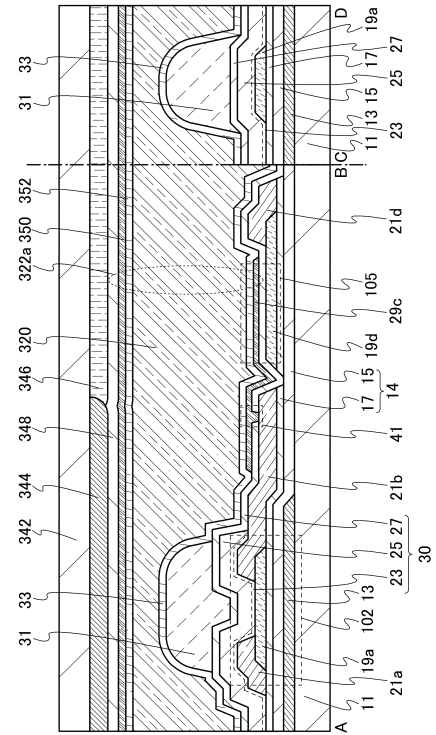
【 図 1 8 】



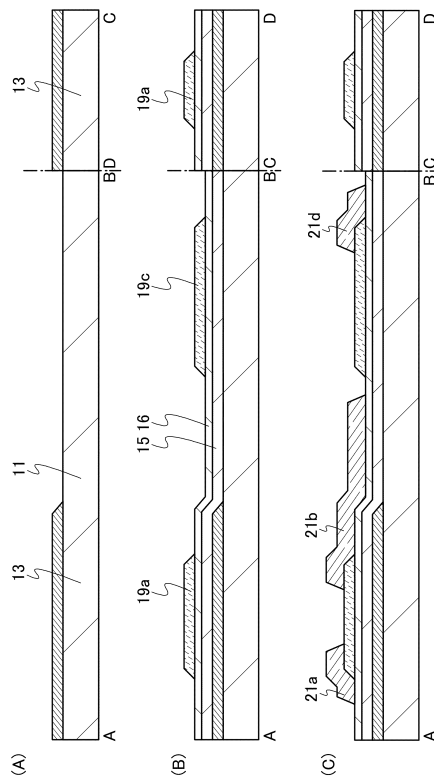
【図 19】



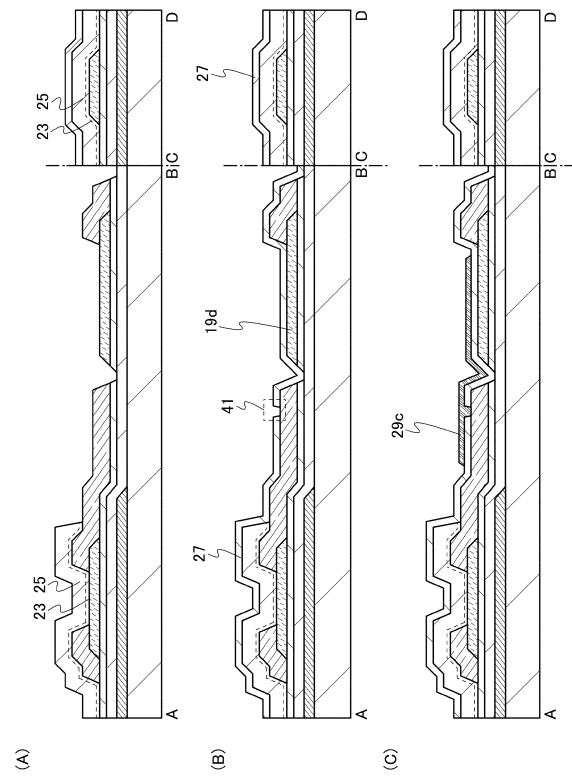
【図 20】



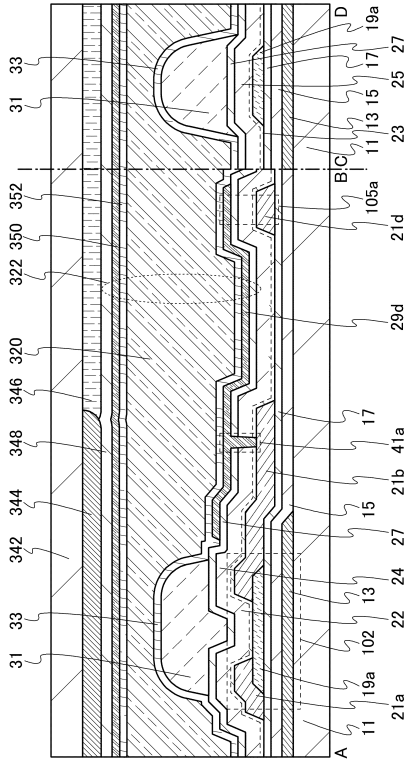
【図 21】



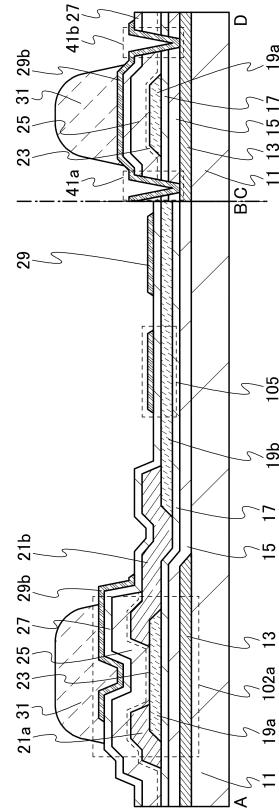
【図 22】



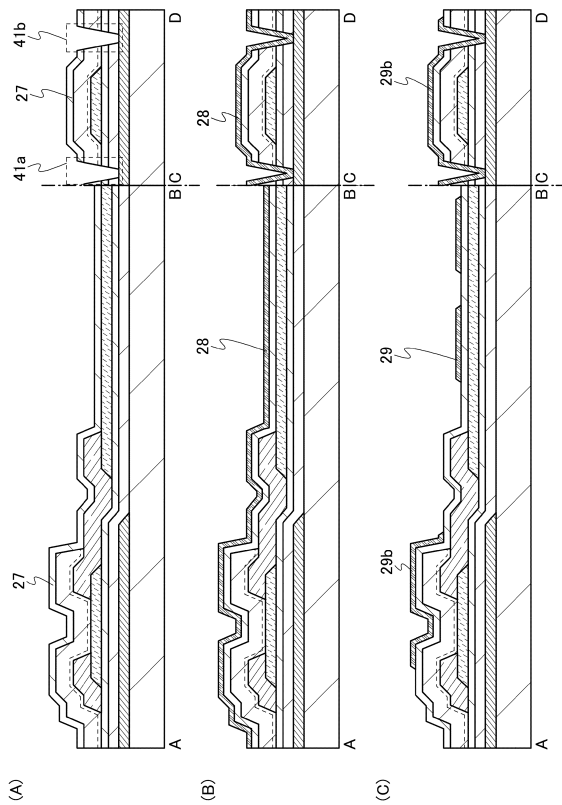
【 図 2 3 】



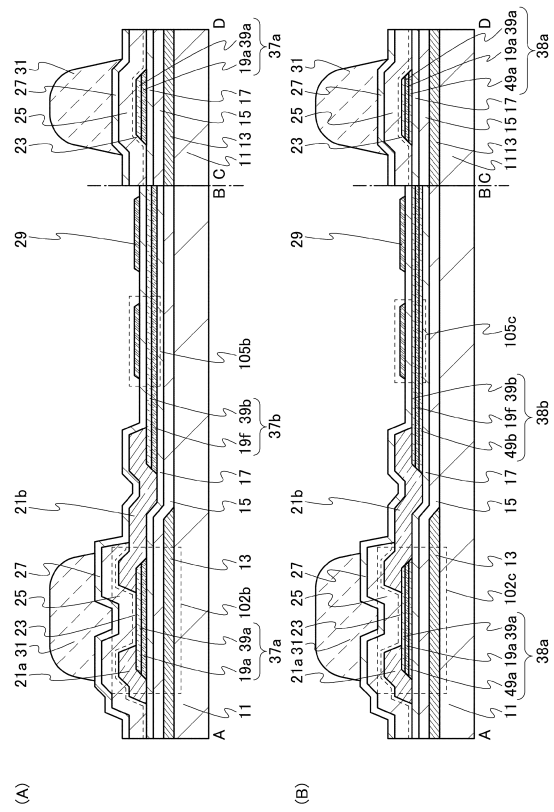
【 図 2 4 】



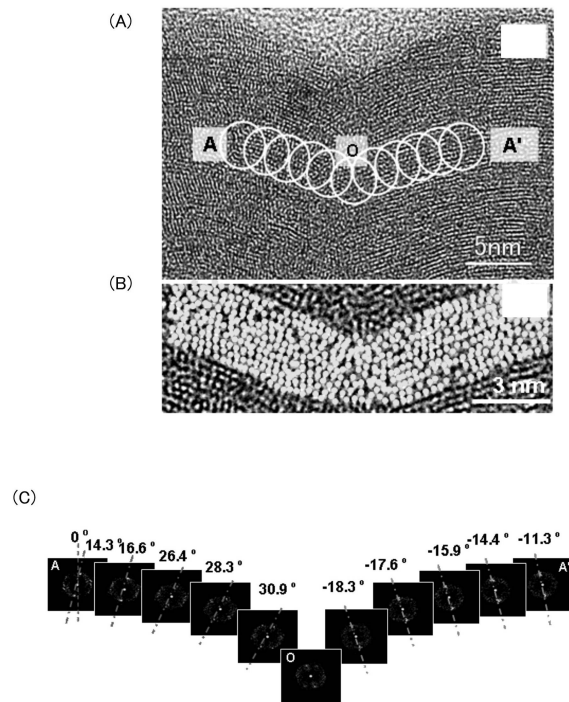
【 図 2 5 】



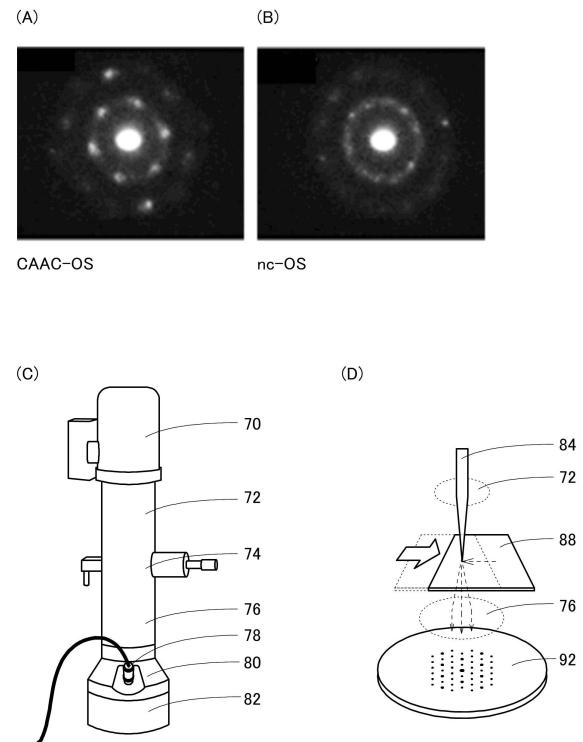
【 図 2 6 】



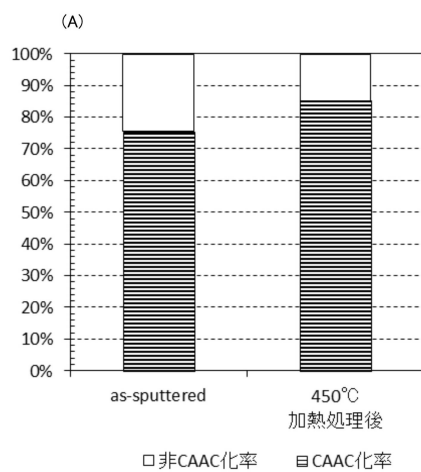
【図 27】



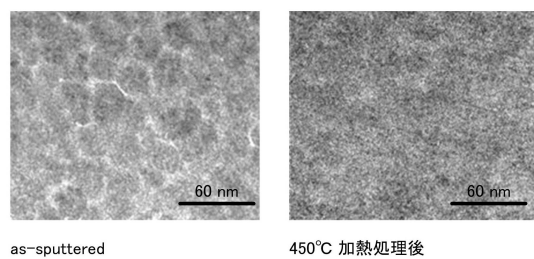
【図 28】



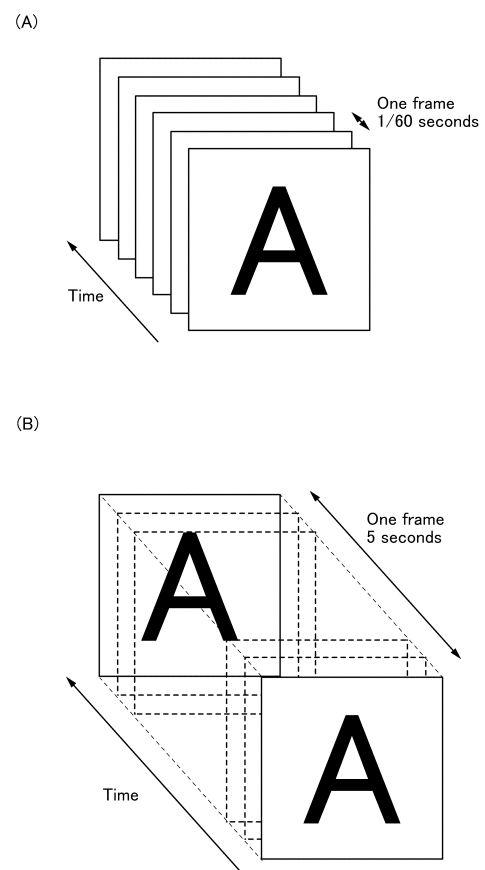
【図 29】



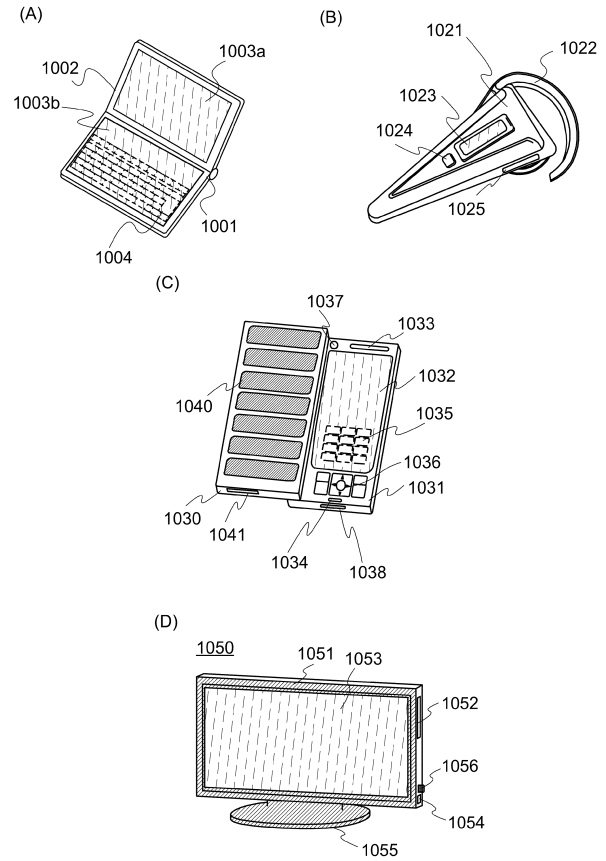
(B)



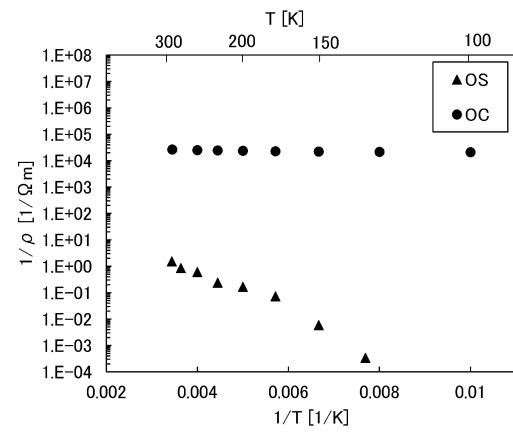
【図 30】



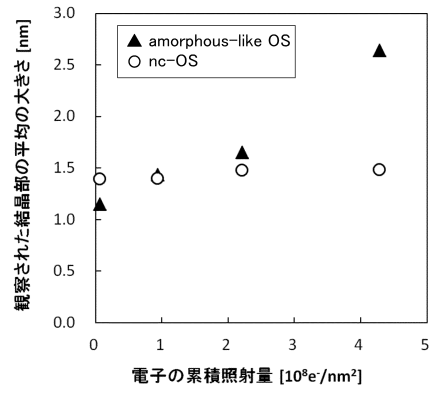
【 図 3 2 】



【 図 3 4 】



【図 35】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 21/28 3 0 1 R
G 0 2 F 1/1368

(56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 0 3 3 9 0 8 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 3 / 1 1 5 0 5 2 (W O , A 1)
特開 2 0 1 1 - 1 2 4 3 6 0 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 0 0 1 1 7 0 (U S , A 1)
特開 2 0 1 0 - 1 7 0 1 1 9 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 1 6 5 2 5 5 (U S , A 1)
特開 2 0 1 1 - 1 3 8 1 1 7 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 0 5 1 3 2 8 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 2 / 0 8 6 5 1 3 (W O , A 1)
特開 2 0 1 1 - 1 4 2 3 1 0 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 1 2 2 5 3 6 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 0 8 4 8 5 9 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 0 5 8 7 5 8 (J P , A)

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