

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6075926号
(P6075926)

(45) 発行日 平成29年2月8日(2017.2.8)

(24) 登録日 平成29年1月20日(2017.1.20)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/336 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 2 6 C

H O 1 L 29/786 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 1 8 B

H O 1 L 51/50 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 1 7 S

H O 5 B 33/14 (2006.01)

H O 5 B 33/14 A

H O 5 B 33/08 (2006.01)

H O 5 B 33/14 Z

請求項の数 8 (全 29 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-77463 (P2015-77463)
 (22) 出願日 平成27年4月6日(2015.4.6)
 (62) 分割の表示 特願2011-78585 (P2011-78585)
 の分割
 原出願日 平成23年3月31日(2011.3.31)
 (65) 公開番号 特開2015-144311 (P2015-144311A)
 (43) 公開日 平成27年8月6日(2015.8.6)
 審査請求日 平成27年5月6日(2015.5.6)
 (31) 優先権主張番号 特願2010-86449 (P2010-86449)
 (32) 優先日 平成22年4月2日(2010.4.2)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷398番地
 (72) 発明者 山崎 舜平
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内

審査官 竹口 泰裕

(56) 参考文献 特開2009-033004 (JP, A)
)
 特開2010-016347 (JP, A)
)
 特開2010-067954 (JP, A)
)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

絶縁膜と、
 前記絶縁膜上に接する金属酸化物膜と、
 前記金属酸化物膜上に接する酸化物半導体膜と、
 前記酸化物半導体膜上に接するソース電極及びドレイン電極と、
 前記酸化物半導体膜上、前記ソース電極上、及び前記ドレイン電極上に接するゲート絶縁膜と、
 前記ゲート絶縁膜上のゲート電極と、を有し、
 前記酸化物半導体膜は、チャンネル形成領域を有し、
 前記ソース電極及び前記ドレイン電極を前記酸化物半導体膜上に接して形成する前に、
 前記金属酸化物膜と前記酸化物半導体膜とに対して、窒素雰囲気下、250 以上600
 以下の熱処理(ただし、レーザアニールを除く)を行うことを特徴とする半導体装置の
 作製方法。

【請求項2】

絶縁膜と、
 前記絶縁膜上に接する金属酸化物膜と、
 前記金属酸化物膜上に接する酸化物半導体膜と、
 前記酸化物半導体膜上に接するソース電極及びドレイン電極と、
 前記酸化物半導体膜上、前記ソース電極上、及び前記ドレイン電極上に接するゲート絶

縁膜と、

前記ゲート絶縁膜上のゲート電極と、を有し、

前記酸化物半導体膜は、チャンネル形成領域を有し、

前記金属酸化物膜は、酸化ガリウムを有し、

前記ソース電極及び前記ドレイン電極を前記酸化物半導体膜上に接して形成する前に、
前記金属酸化物膜と前記酸化物半導体膜とに対して、窒素雰囲気下、250 以上600
以下の熱処理（ただし、レーザアニールを除く）を行うことを特徴とする半導体装置の
作製方法。

【請求項3】

絶縁膜と、

前記絶縁膜上に接する金属酸化物膜と、

前記金属酸化物膜上に接する酸化物半導体膜と、

前記酸化物半導体膜上に接するソース電極及びドレイン電極と、

前記酸化物半導体膜上、前記ソース電極上、及び前記ドレイン電極上に接するゲート絶
縁膜と、

前記ゲート絶縁膜上のゲート電極と、を有し、

前記酸化物半導体膜は、チャンネル形成領域を有し、

前記金属酸化物膜は、前記酸化物半導体膜と同種の成分を有し、

前記ソース電極及び前記ドレイン電極を前記酸化物半導体膜上に接して形成する前に、
前記金属酸化物膜と前記酸化物半導体膜とに対して、窒素雰囲気下、250 以上600
以下の熱処理（ただし、レーザアニールを除く）を行うことを特徴とする半導体装置の
作製方法。

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれか一において、

前記酸化物半導体膜のチャンネル長方向の側端部は、前記金属酸化物膜のチャンネル長方向
の側端部と一致していることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項5】

請求項1乃至4のいずれか一において、

前記金属酸化物膜のエネルギーギャップは、前記酸化物半導体膜のエネルギーギャップ
よりも大きいことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項6】

請求項1乃至5のいずれか一において、

前記金属酸化物膜の伝導帯の下端のエネルギーは、前記酸化物半導体膜の伝導帯の下端
のエネルギーよりも高いことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項7】

請求項1乃至6のいずれか一において、

前記ゲート絶縁膜のエネルギーギャップは、前記酸化物半導体膜のエネルギーギャップ
よりも大きいことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項8】

請求項1乃至7のいずれか一において、

前記ゲート絶縁膜の伝導帯の下端のエネルギーは、前記酸化物半導体膜の伝導帯の下端
のエネルギーよりも高いことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

半導体装置および半導体装置の作製方法に関する。

【0002】

なお、本明細書中において半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置
全般を指し、電気光学装置、半導体回路および電子機器は全て半導体装置である。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

絶縁表面を有する基板上に形成された半導体薄膜を用いてトランジスタ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物半導体が注目されている。

【 0 0 0 4 】

例えば、トランジスタの活性層として、電子キャリア濃度が $10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であるインジウム（Ｉｎ）、ガリウム（Ｇａ）、および亜鉛（Ｚｎ）を含む非晶質酸化物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）。

10

【 0 0 0 5 】

酸化物半導体を用いたトランジスタは、アモルファスシリコンを用いたトランジスタよりも動作速度が高く、多結晶シリコンを用いたトランジスタよりも製造が容易であるものの、電気的特性が変動しやすく信頼性が低いという問題点が知られている。例えば、光ＢＴ試験前後において、トランジスタのしきい値電圧は変動してしまう。これに対して、特許文献２および特許文献３では、酸化物半導体を用いたトランジスタのしきい値電圧のシフトを抑制するために、酸化物半導体層の上部面または下部面の少なくとも一面に設けた界面安定化層によって酸化物半導体層の界面における電荷トラップを防止する技術が開示されている。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 6 - 1 6 5 5 2 8 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 1 0 - 1 6 3 4 7 号 公 報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 1 0 - 1 6 3 4 8 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、特許文献２または特許文献３で開示されたトランジスタは、界面安定化層として、ゲート絶縁層および保護層と同質性を有する層を用いており、活性層との界面の状態を良好に保つことができないため、活性層と界面安定化層との界面における電荷トラップを抑制することが困難である。特に、界面安定化層と活性層が同等のバンドギャップを有する場合には、電荷の蓄積が容易に起こりえる。

30

【 0 0 0 8 】

したがって、酸化物半導体を用いたトランジスタは、未だ十分な信頼性を有しているとは言えない。

【 0 0 0 9 】

このような問題に鑑み、酸化物半導体を用いた半導体装置に安定した電気的特性を付与し、高信頼性化することを目的の一とする。

【 課題を解決するための手段 】

40

【 0 0 1 0 】

開示する発明の一態様は、酸化物半導体膜のゲート電極とは反対側（バックチャネル側）に、酸化物半導体膜と接して金属酸化物膜が存在し、且つ該金属酸化物膜は酸化物半導体膜と同種の成分でなることを技術的思想とするものである。つまり、開示する発明の一態様は、金属酸化物膜および酸化物半導体膜とは異なる成分でなる絶縁膜と、金属酸化物膜と、酸化物半導体膜と、が積層された構造を備えている。ここで、「酸化物半導体膜と同種の成分」とは、酸化物半導体膜の構成元素から選択される一または複数の金属元素を含むことを意味する。

【 0 0 1 1 】

このような積層構造を備えることにより、半導体装置の動作などに起因して生じうる電荷

50

などが、上述の絶縁膜と酸化物半導体膜との界面に捕獲されることを十分に抑制することができるのである。この効果は、酸化物半導体膜と相性の良い材料によって構成された金属酸化物膜を酸化物半導体膜と接する態様で存在させることで、半導体装置の動作などに起因して生じる電荷などが酸化物半導体膜と金属酸化物膜との界面に捕獲されることを抑制し、さらに、界面に電荷の捕獲中心が形成されうる材料を用いて構成された絶縁膜を金属酸化物膜と接する態様で存在させることにより、金属酸化物膜と絶縁膜との界面に上述の電荷を捕獲させることができるというメカニズムによるものである。

【0012】

すなわち、金属酸化物膜のみでは、電荷が多量に生じる状況において酸化物半導体膜との界面における電荷の捕獲を抑制するのが困難になるところ、金属酸化物膜と接する態様の絶縁膜を設けることにより、金属酸化物膜と絶縁膜との界面に優先的に電荷を捕獲し、酸化物半導体膜と金属酸化物膜との界面における電荷の捕獲を抑制することができるのである。このように、開示する発明の一態様に係る効果は、絶縁膜と、金属酸化物膜と、酸化物半導体膜と、が積層された構造に起因するものであって、金属酸化物膜と、酸化物半導体膜と、の積層構造が生ずる効果とは異質のものであるといえることができる。

【0013】

そして、酸化物半導体膜の界面における電荷の捕獲を抑制し、電荷の捕獲中心を酸化物半導体膜から遠ざけることができるという上述の効果により、半導体装置の動作不具合を抑制し、半導体装置の信頼性を向上させることができるのである。

【0014】

なお、上述のメカニズムから、金属酸化物膜は十分な厚みを有していることが望ましい。金属酸化物膜が薄い場合には、金属酸化物膜と絶縁膜との界面に捕獲される電荷の影響が大きくなる場合があるためである。例えば、金属酸化物膜は、酸化物半導体膜よりも厚くするのが好適である。

【0015】

また、絶縁性を有する金属酸化物膜は、ソース電極およびドレイン電極と酸化物半導体膜との接続を妨げない態様で形成されるので、ソース電極またはドレイン電極と、酸化物半導体膜との間に金属酸化物膜が存在する場合と比較して抵抗の増大を防ぐことができる。よって、トランジスタの電気的特性の低下を抑制することができる。

【0016】

なお、酸化物半導体は薄膜形成工程において、酸素の過不足などによる化学量論的組成からのずれや、電子供与体を形成する水素や水分の混入などが生じると、その電気伝導度が変化してしまう。このような現象は、酸化物半導体を用いたトランジスタにとって電気的特性の変動要因となる。したがって、熱処理によって、水素、水分、水酸基または水素化物（水素化合物ともいう）などの不純物を酸化物半導体より排除し、かつ不純物の排除工程によって同時に減少してしまう酸化物半導体を構成する主成分材料である酸素を供給することによって、酸化物半導体膜を高純度化および電気的に*i*型（真性）化する。

【0017】

*i*型（真性）の酸化物半導体とは、*n*型不純物である水素を酸化物半導体から除去し、酸化物半導体の主成分以外の不純物が極力含まれないように高純度化することにより*i*型（真性）の酸化物半導体、または*i*型（真性）に限りなく近い酸化物半導体としたものである。

【0018】

なお、酸化物半導体膜を*i*型化する工程において、酸化物半導体膜と同種の成分でなる金属酸化物膜も同時に*i*型化することも可能である。開示する発明の一態様において、酸化物半導体膜に接して設けられた金属酸化物膜は、水分や水素等の不純物が十分に低減され、電気的に*i*型化した金属酸化物膜であることが望ましい。

【0019】

高純度化された酸化物半導体膜を有するトランジスタは、しきい値電圧やオン電流などの電気的特性に温度依存性がほとんど見られない。また、光劣化によるトランジスタ特性の

10

20

30

40

50

変動も少ない。

【0020】

以下に、本発明の一態様について具体的に説明する。

【0021】

本発明の一態様は、第1の絶縁膜と、第1の絶縁膜上において該第1の絶縁膜と接する金属酸化物膜と、金属酸化物膜と接する酸化物半導体膜と、酸化物半導体膜と接するソース電極およびドレイン電極と、酸化物半導体膜、ソース電極、およびドレイン電極と接するゲート絶縁膜と、ゲート絶縁膜上のゲート電極と、を有する半導体装置である。

【0022】

また、本発明の一態様は、第1の絶縁膜と、第1の絶縁膜上において該第1の絶縁膜と接する金属酸化膜と、金属酸化膜上のソース電極およびドレイン電極と、金属酸化物膜、ソース電極、およびドレイン電極と接する酸化物半導体膜と、酸化物半導体膜、ソース電極、およびドレイン電極と接するゲート絶縁膜と、ゲート絶縁膜上のゲート電極と、を有する半導体装置である。

【0023】

上記において、金属酸化物膜は、酸化物半導体膜の構成元素から選択される一または複数の金属元素の酸化物を含んで構成されることが好ましい。

【0024】

また、上記において、金属酸化物膜のエネルギーギャップは、酸化物半導体膜のエネルギーギャップより大きいことが好ましい。また、金属酸化物膜の伝導帯の下端のエネルギーは、酸化物半導体膜の伝導帯の下端のエネルギーより高いことが好ましい。

【0025】

上記において、金属酸化物膜は、酸化ガリウムを含んで構成されることが好ましい。また、上記において、第1の絶縁膜は、酸化シリコンを含んで構成されることが好ましい。また、上記において、ゲート絶縁膜は、酸化シリコンまたは酸化ハフニウムを含んで構成されることが好ましい。

【0026】

上記において、酸化物半導体膜のチャネル長方向の側端部と金属酸化物膜のチャネル長方向の側端部が一致する構造とすることもできる。

【0027】

なお、上記において、ソース電極とドレイン電極の間隔によって決定されるトランジスタのチャネル長 L は、 10 nm 以上 $10\text{ }\mu\text{ m}$ 以下、例えば、 $0.1\text{ }\mu\text{ m} \sim 0.5\text{ }\mu\text{ m}$ とすることができる。もちろん、チャネル長 L は、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上であっても構わない。また、チャネル幅 W についても、 10 nm 以上とすることができる。

【発明の効果】

【0028】

本発明の一形態により、安定した電気特性を有するトランジスタが提供される。

【0029】

または、本発明の一形態により、電気特性が良好で信頼性の高いトランジスタを有する半導体装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】半導体装置の一態様を示す平面図および断面図

【図2】酸化物半導体膜および金属酸化物膜を有するトランジスタにおけるバンド図

【図3】半導体装置の一態様を示す図

【図4】半導体装置の作製工程の一例を示す図

【図5】半導体装置の作製工程の一例を示す図

【図6】半導体装置の一形態を説明する図

【図7】半導体装置の一形態を説明する図

【図8】半導体装置の一形態を説明する図

10

20

30

40

50

【図 9】半導体装置の一形態を説明する図

【図 10】電子機器を示す図

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下では、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。ただし、本発明は以下の説明に限定されず、その形態および詳細を様々に変更し得ることは、当業者であれば容易に理解される。また、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0032】

なお、第 1、第 2 として付される序数詞は便宜上用いるものであり、工程順または積層順を示すものではない。また、本明細書において発明を特定するための事項として固有の名称を示すものではない。

【0033】

(実施の形態 1)

本実施の形態では、半導体装置および半導体装置の作製方法の一形態を、図 1 乃至図 5 を用いて説明する。

【0034】

半導体装置の構成例

図 1 には、開示する発明の一態様に係る半導体装置の例として、トランジスタ 110 の平面図および断面図を示す。ここで、図 1 (A) は平面図であり、図 1 (B) および図 1 (C) はそれぞれ、図 1 (A) における A - B 断面および C - D 断面に係る断面図である。なお、図 1 (A) では、煩雑になることを避けるため、トランジスタ 110 の構成要素の一部 (例えばゲート絶縁膜 212、など) を省略している。

【0035】

図 1 に示すトランジスタ 110 は、基板 200 上の、絶縁膜 202、金属酸化物膜 204、酸化物半導体膜 206、ソース電極 208a、ドレイン電極 208b、ゲート絶縁膜 212、ゲート電極 214 を含む。図 1 に示すトランジスタにおいて、酸化物半導体膜 206 は、金属酸化物膜 204 上に接して設けられている。

【0036】

ここで、金属酸化物膜 204 は、酸化物半導体膜 206 と同種の成分でなる酸化物を用いるのが望ましい。具体的には、酸化物半導体膜の構成元素から選択される一または複数の金属元素の酸化物でなる膜である。このような材料は酸化物半導体膜 206 との相性が良く、これを金属酸化物膜 204 に用いることで、酸化物半導体膜との界面の状態を良好に保つことができるからである。つまり、上述の材料を金属酸化物膜 204 に用いることで、酸化物半導体膜とこれに接する金属酸化物膜の界面 (ここでは、金属酸化物膜 204 と酸化物半導体膜 206 との界面) における電荷の捕獲を抑制することができるのである。

【0037】

なお、酸化物半導体膜 206 を活性層として用いる関係上、金属酸化物膜 204 のエネルギーギャップは、酸化物半導体膜 206 のエネルギーギャップより大きいことが求められる。また、金属酸化物膜 204 と酸化物半導体膜 206 の間には、最低限、室温 (20) において、酸化物半導体膜 206 からキャリアが流出しない程度のエネルギー障壁の形成が求められる。例えば、金属酸化物膜 204 の伝導帯の下端と、酸化物半導体膜 206 の伝導帯の下端とのエネルギー差、あるいは酸化物半導体膜 206 の価電子帯の上端と金属酸化物膜 204 の価電子帯の上端とのエネルギー差は 0.5 eV 以上であるのが望ましく、0.7 eV 以上であるとより望ましい。また、1.5 eV 以下であると望ましい。

【0038】

具体的には、例えば、酸化物半導体膜 206 に In - Ga - Zn - O 系の材料を用いる場合には、酸化ガリウムを含む材料などを用いて金属酸化物膜 204 を形成すればよい。なお、酸化ガリウムと In - Ga - Zn - O 系の材料を接触させた場合のエネルギー障壁は、伝導帯側で約 0.8 eV となり、価電子帯側で約 0.95 eV となる。

【0039】

なお、酸化ガリウムは、 GaO_x とも表記され、 x の値は化学量論比よりも酸素が過剰となるのが好ましい。例えば、 x の値を1.4以上2.0以下とするのが好ましく、 x の値を1.5以上1.8以下とするのが好ましい。金属酸化物膜として用いる場合、酸化ガリウム膜は、水素や水などの不純物が十分に低減された膜であるのが望ましい。ただし、酸化ガリウム膜中に、イットリウムなどの3族元素、ハフニウムなどの4族元素、アルミニウムなどの13族元素、シリコンなどの14族元素、窒素、などの水素以外の不純物元素を含ませることで、酸化ガリウムのエネルギーギャップを拡大させて絶縁性を高めても良い。不純物を含まない酸化ガリウム膜のエネルギーギャップは4.9 eVであるが、上述の不純物を、例えば0原子%を超えて20原子%以下程度含ませることで、そのエネルギーギャップを6 eV程度まで拡大することができる。

10

【0040】

なお、電荷の発生源や捕獲中心を低減するという観点からは、金属酸化物膜における水素や水などの不純物は十分に低減されたものであるのが望ましい。この思想は、酸化物半導体膜における不純物低減の思想と共通するものである。

【0041】

また、絶縁膜202には、金属酸化物膜204と接触させることによって、その界面に電荷の捕獲中心が形成されうる材料を用いるのが望ましい。このような材料を絶縁膜202に用いることで、電荷は絶縁膜202と金属酸化物膜204との界面に捕獲されるため、金属酸化物膜204と酸化物半導体膜206の界面での電荷捕獲を十分に抑制することができるようになる。

20

【0042】

具体的には、絶縁膜202やゲート絶縁膜212は、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、これらの混合材料、などを用いればよい。例えば、金属酸化物膜204に酸化ガリウムを含む材料を用いる場合には、絶縁膜202やゲート絶縁膜212には、酸化シリコンや窒化シリコンなどを用いるのが好適である。また、金属酸化物膜204と接する関係上、絶縁膜202やゲート絶縁膜212のエネルギーギャップは、金属酸化物膜204のエネルギーギャップより大きいことが望ましい。

【0043】

なお、絶縁膜202と金属酸化物膜204との界面に電荷の捕獲中心を形成することができるのであれば、絶縁膜202やゲート絶縁膜212の材料を上述のものに限定する必要はない。また、絶縁膜202と金属酸化物膜204との界面に、電荷の捕獲中心が形成される処理を行っても良い。このような処理としては、例えば、プラズマ処理や元素の添加処理（イオン注入など）がある。

30

【0044】

トランジスタ110上には、さらに第2の絶縁膜が設けられていても良い。また、ソース電極208aやドレイン電極208bと配線とを電気的に接続させるために、絶縁膜202、金属酸化物膜204、ゲート絶縁膜212、などには開口が形成されていても良い。また、酸化物半導体膜206の下方に、さらに、第2のゲート電極を有していても良い。なお、酸化物半導体膜206は島状に加工されていることが望ましいが、島状に加工されていなくても良い。

40

【0045】

図2は、上述のトランジスタ110、すなわち、ゲート電極側から絶縁膜、酸化物半導体膜、金属酸化物膜および絶縁膜を接合した構造、におけるエネルギーバンド図（模式図）である。図2では、絶縁膜として酸化シリコン（バンドギャップ E_g 8 eV ~ 9 eV）を、金属酸化物膜として酸化ガリウム（バンドギャップ E_g 4.9 eV）を、酸化物半導体膜としてIn-Ga-Zn-O系非単結晶膜（バンドギャップ E_g 3.15 eV）を用いた場合について示している。なお、酸化シリコンの真空準位と伝導帯下端のエネルギー差は0.95 eVであり、酸化ガリウムの真空準位と伝導帯下端のエネルギー差は3

50

、5 eVであり、In - Ga - Zn - O系非単結晶膜の真空準位と伝導帯下端のエネルギー差は4.3 eVである。

【0046】

図2に示すように、酸化物半導体膜のゲート電極側（チャネル側）には、酸化物半導体膜と絶縁膜との界面には約3.35 eVおよび約2.5 eVのエネルギー障壁が存在する。同様に、酸化物半導体膜のゲート電極とは反対側（バックチャネル側）にも、酸化物半導体膜と金属酸化物膜との界面に約0.8 eVおよび約0.95 eVのエネルギー障壁が存在する。酸化物半導体膜と絶縁膜との界面、および酸化物半導体膜と金属酸化物膜との界面において、このようなエネルギー障壁が存在することにより、酸化物半導体膜と絶縁膜との界面、および酸化物半導体膜と金属酸化物膜との界面においてキャリアの移動は妨げられるため、キャリアは酸化物半導体膜から絶縁膜、または酸化物半導体膜から金属酸化物膜に移動することなく、酸化物半導体膜中を移動する。つまり、酸化物半導体膜を、酸化物半導体膜よりもバンドギャップが大きい材料（ここでは、金属酸化物膜と絶縁膜）で挟むように設けることにより、キャリアは酸化物半導体膜中を移動することになる。

10

【0047】

図3（A）乃至図3（D）に、トランジスタ110とは異なる構成のトランジスタの断面構造を示す。図3（A）乃至図3（D）では、開示する発明の一態様に係るトランジスタとして、トップゲート型のトランジスタを示している。

【0048】

図3（A）に示すトランジスタ120は、基板200上に、絶縁膜202、金属酸化物膜204、酸化物半導体膜206、ソース電極208a、ドレイン電極208b、ゲート絶縁膜212、ゲート電極214を含む点で、トランジスタ110と共通している。トランジスタ120とトランジスタ110との相違は、酸化物半導体膜206と、ソース電極208aやドレイン電極208bが接続する位置である。すなわち、トランジスタ120では、酸化物半導体膜206の下部において、酸化物半導体膜206と、ソース電極208aやドレイン電極208bとが接している。その他の構成要素については、図1のトランジスタ110と同様である。詳細は、図1に関する記載を参照することができる。

20

【0049】

図3（B）に示すトランジスタ130は、上述の各構成要素を含む点で、図3（A）に示すトランジスタ120と共通している。トランジスタ130とトランジスタ120との相違は、絶縁膜202が凸形状を有し、ソース電極208a、及びドレイン電極208bの形成位置、金属酸化物膜204が島状の形状を有している点などが異なる。その他の構成要素については、図3（A）と同様である。

30

【0050】

図3（C）に示すトランジスタ140は、上述の各構成要素を含む点で、図3（B）に示すトランジスタ130と共通している。トランジスタ140とトランジスタ130との相違は、絶縁膜202が平坦な形状を有し、金属酸化物膜204が凸形状を有する点である。なお、基板200が絶縁膜202の機能を有する場合には、絶縁膜202は設けなくとも良い。その他の構成要素については、図3（B）と同様である。

40

【0051】

図3（D）に示すトランジスタ150は、上述の各構成要素を含む点で、それぞれ、図1、図3（A）乃至図3（C）に示すトランジスタ110、トランジスタ120、トランジスタ130、トランジスタ140、と共通している。図3（D）に示すトランジスタ150と、図1、図3（A）乃至図3（C）に示すトランジスタ110、トランジスタ120、トランジスタ130、トランジスタ140との相違は、絶縁膜202、及び金属酸化物膜204が島状に加工されているか否かである。その他の構成要素については、図1、図3（A）乃至図3（C）と同様である。

【0052】

トランジスタの作製工程の例

以下、図4および図5を用いて、図1および図3（A）に示すトランジスタの作製工程の

50

例について説明する。

【 0 0 5 3 】

トランジスタ 1 1 0 の作製工程

図 4 (A) 乃至図 4 (D) を用いて、図 1 に示すトランジスタ 1 1 0 の作製工程の一例について説明する。なお、図 3 (D) に示すトランジスタ 1 5 0 の作製工程は、酸化物半導体膜 2 0 6 の形状に合わせて金属酸化物膜 2 0 4 などを加工する点を除き、トランジスタ 1 1 0 の作製工程と同様である。

【 0 0 5 4 】

まず、基板 2 0 0 上に絶縁膜 2 0 2 を形成し、絶縁膜 2 0 2 上に接するように、金属酸化物膜 2 0 4 を形成する (図 4 (A) 参照) 。

10

【 0 0 5 5 】

基板 2 0 0 の材質等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ことが必要となる。例えば、ガラス基板、セラミック基板、石英基板、サファイア基板などを、基板 2 0 0 として用いることができる。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などの化合物半導体基板、S O I 基板などを適用することも可能であり、これらの基板上に半導体素子が設けられたものを、基板 2 0 0 として用いてもよい。

【 0 0 5 6 】

また、基板 2 0 0 として、可撓性基板を用いてもよい。可撓性基板上にトランジスタを設ける場合、可撓性基板上に直接的にトランジスタを作り込んでよいし、他の基板にトランジスタを形成した後、これを剥離し、可撓性基板に転置しても良い。なお、トランジスタを剥離し、可撓性基板に転置するためには、上記他の基板とトランジスタとの間に剥離層を形成すると良い。

20

【 0 0 5 7 】

絶縁膜 2 0 2 には、金属酸化物膜 2 0 4 と接触させることによって、その界面に電荷の捕獲中心が形成されうる材料を用いるのが望ましい。このような材料を絶縁膜 2 0 2 に用いることで、電荷は絶縁膜 2 0 2 と金属酸化物膜 2 0 4 との界面に捕獲されるため、金属酸化物膜 2 0 4 と酸化物半導体膜 2 0 6 の界面での電荷捕獲を十分に抑制することができるようになる。

【 0 0 5 8 】

具体的には、絶縁膜 2 0 2 には、シリコン酸化物、シリコン窒化物、アルミニウム酸化物、アルミニウム窒化物、これらの混合材料、などを用いればよい。例えば、金属酸化物膜 2 0 4 にガリウム酸化物を含む材料を用いる場合には、絶縁膜 2 0 2 には、シリコン酸化物やシリコン窒化物などを用いるのが好適である。また、金属酸化物膜 2 0 4 と接する関係上、絶縁膜 2 0 2 のエネルギーギャップは、金属酸化物膜 2 0 4 のエネルギーギャップより大きいことが望ましい。

30

【 0 0 5 9 】

なお、絶縁膜 2 0 2 と金属酸化物膜 2 0 4 との界面に電荷の捕獲中心を形成することができるのであれば、絶縁膜 2 0 2 の材料を上述のものに限定する必要はない。また、絶縁膜 2 0 2 と金属酸化物膜 2 0 4 との界面に、電荷の捕獲中心が形成される処理を行っても良い。このような処理としては、例えば、プラズマ処理や元素の添加処理 (イオン注入など) がある。

40

【 0 0 6 0 】

絶縁膜 2 0 2 の作製方法に特に限定はないが、例えば、プラズマ C V D 法やスパッタリング法などの成膜方法を用いて絶縁膜 2 0 2 を作製することができる。また、絶縁膜 2 0 2 は、上述の材料を含む絶縁膜の単層構造としても良いし、積層構造としても良い。

【 0 0 6 1 】

なお、基板 2 0 0 として上述の如き絶縁材料を含むものを用いる場合には、基板 2 0 0 を絶縁膜 2 0 2 として扱うことができる。つまり、ここで言及するところの絶縁膜 2 0 2 を省略することも可能である。この場合、基板 2 0 0 は、酸化シリコンなどを用いたもので

50

あるとより望ましい。

【0062】

金属酸化物膜204には、酸化物半導体膜206と同種の成分でなる酸化物を用いるのが望ましい。このような材料は酸化物半導体膜206との相性が良く、これを金属酸化物膜204に用いることで、酸化物半導体膜との界面の状態を良好に保つことができるからである。つまり、上述の材料を金属酸化物膜204に用いることで、酸化物半導体膜とこれに接する金属酸化物膜の界面（ここでは、金属酸化物膜204と酸化物半導体膜206との界面）における電荷の捕獲を抑制することができるのである。

【0063】

なお、酸化物半導体膜206を活性層として用いる関係上、金属酸化物膜204のエネルギーギャップは、酸化物半導体膜206のエネルギーギャップより大きいことが求められる。また、金属酸化物膜204と酸化物半導体膜206の間には、最低限、室温（20）において、酸化物半導体膜206からキャリアが流出しない程度のエネルギー障壁の形成が求められる。例えば、金属酸化物膜204の伝導帯の下端と、酸化物半導体膜206の伝導帯の下端とのエネルギー差、あるいは、金属酸化物膜204の価電子帯の上端と、酸化物半導体膜206の価電子帯の上端とのエネルギー差は0.5 eV以上であるのが望ましく、0.7 eV以上であるとより望ましい。また、1.5 eV以下であると望ましい。

【0064】

なお、電荷の発生源や捕獲中心を低減するという観点からは、金属酸化物膜における水素や水などの不純物は十分に低減されたものであるのが望ましい。この思想は、酸化物半導体膜における不純物低減の思想と共通するものである。

【0065】

金属酸化物膜204は、水、水素等の不純物を混入させない方法を用いて成膜することが好ましい。金属酸化物膜204に水素が含まれると、その水素の酸化物半導体膜206への侵入、又は水素による酸化物半導体膜206中の酸素の引き抜き、が生じ酸化物半導体膜206のバックチャネルが低抵抗化（n型化）してしまい、寄生チャネルが形成されるおそれがある。よって、金属酸化物膜204はできるだけ水素を含まない膜になるように、成膜方法に水素を用いないことが重要である。

【0066】

よって、金属酸化物膜204は、スパッタリング法によって成膜するのが好ましく、成膜する際に用いるスパッタガスとしては、水素、水、水酸基又は水素化物などの不純物が除去された高純度ガスを用いることが好ましい。

【0067】

次に、金属酸化物膜204上に酸化物半導体膜を形成し、当該酸化物半導体膜を加工して島状の酸化物半導体膜206を形成する（図4（B）参照）。

【0068】

酸化物半導体膜は、水素や水などが混入しにくい方法で作製するのが望ましい。例えば、スパッタリング法などを用いて作製することができる。また、酸化物半導体膜の厚さは、3 nm以上30 nm以下とするのが望ましい。酸化物半導体膜を厚くしすぎると（例えば、膜厚を50 nm以上）、トランジスタがノーマリーオンになってしまうおそれがあるためである。

【0069】

酸化物半導体膜に用いる材料としては、四元系金属酸化物であるIn-Sn-Ga-Zn-O系の材料や、三元系金属酸化物であるIn-Ga-Zn-O系の材料、In-Sn-Zn-O系の材料、In-Al-Zn-O系の材料、Sn-Ga-Zn-O系の材料、Al-Ga-Zn-O系の材料、Sn-Al-Zn-O系の材料、二元系金属酸化物であるIn-Zn-O系の材料、Sn-Zn-O系の材料、Al-Zn-O系の材料、Zn-Mg-O系の材料、Sn-Mg-O系の材料、In-Mg-O系の材料、In-Ga-O系の材料、一元系金属酸化物であるIn-O系の材料、Sn-O系の材料、Zn-O系の材

10

20

30

40

50

料などを用いることができる。また、上記の材料に SiO_2 を含ませてもよい。ここで、例えば、 In-Ga-Zn-O 系の材料とは、インジウム(In)、ガリウム(Ga)、亜鉛(Zn)を有する酸化物半導体、という意味であり、その組成比は特に問わない。また、 In と Ga と Zn 以外の元素、例えば、 SiO_2 を含んでいてもよい。

【0070】

また、酸化物半導体膜は、化学式 $\text{InMO}_3(\text{ZnO})_m$ ($m > 0$) で表記される材料を用いた薄膜とすることができる。ここで、 M は、 Ga 、 Al 、 Mn および Co から選ばれた一または複数の金属元素を示す。例えば、 M として、 Ga 、 Ga および Al 、 Ga および Mn 、または Ga および Co などを用いることができる。

【0071】

また、酸化物半導体として In-Zn-O 系の材料を用いる場合、用いるターゲットの組成比は、原子数比で、 $\text{In}:\text{Zn} = 50:1 \sim 1:2$ (モル数比に換算すると $\text{In}_2\text{O}_3:\text{ZnO} = 25:1 \sim 1:4$)、好ましくは $\text{In}:\text{Zn} = 20:1 \sim 1:1$ (モル数比に換算すると $\text{In}_2\text{O}_3:\text{ZnO} = 10:1 \sim 1:2$)、さらに好ましくは $\text{In}:\text{Zn} = 15:1 \sim 1:5$ (モル数比に換算すると $\text{In}_2\text{O}_3:\text{ZnO} = 15:2 \sim 3:4$)とする。例えば、 In-Zn-O 系酸化物半導体の形成に用いるターゲットは、原子数比が $\text{In}:\text{Zn}:\text{O} = X:Y:Z$ のとき、 $Z > 1.5X + Y$ とする。

【0072】

本実施の形態では、酸化物半導体膜を、 In-Ga-Zn-O 系の金属酸化物ターゲットを用いたスパッタリング法により形成する。

【0073】

酸化物半導体として In-Ga-Zn-O 系の材料を用いる場合、用いるターゲットとしては、例えば、組成比として、 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{ZnO} = 1:1:1$ [mol比]の金属酸化物ターゲットを用いることができる。なお、ターゲットの材料および組成比を上述に限定する必要はない。例えば、 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{ZnO} = 1:1:2$ [mol比]の組成比の金属酸化物ターゲットを用いることもできる。

【0074】

金属酸化物ターゲットの充填率は、90%以上100%以下、好ましくは95%以上99.9%以下とする。充填率の高い金属酸化物ターゲットを用いることにより、成膜した酸化物半導体膜は緻密な膜とすることができる。

【0075】

成膜の雰囲気は、希ガス(代表的にはアルゴン)雰囲気下、酸素雰囲気下、または、希ガスと酸素の混合雰囲気下などとすればよい。また、酸化物半導体膜への水素、水、水酸基、水素化物などの混入を防ぐために、水素、水、水酸基、水素化物などの不純物が十分に除去された高純度ガスを用いた雰囲気とすることが望ましい。

【0076】

例えば、酸化物半導体膜は、次のように形成することができる。

【0077】

まず、減圧状態に保持された成膜室内に基板200を保持し、基板温度を100以上600以下好ましくは200以上400以下とする。基板200が加熱された状態で成膜を行うことで、酸化物半導体膜に含まれる不純物濃度を低減することができる。また、スパッタリングによる損傷を軽減することができる。

【0078】

次に、成膜室内の残留水分を除去しつつ、水素および水分などの不純物が十分に除去された高純度ガスを導入し、上記ターゲットを用いて基板200上に酸化物半導体膜を成膜する。成膜室内の残留水分を除去するためには、排気手段として、クライオポンプ、イオンポンプ、チタンサブリーションポンプなどの吸着型の真空ポンプを用いることが望ましい。また、排気手段は、ターボ分子ポンプにコールドトラップを加えたものであってもよい。クライオポンプを用いて排気した成膜室は、例えば、水素分子や、水(H_2O)などの水素原子を含む化合物(より好ましくは炭素原子を含む化合物も)などが除去されてい

10

20

30

40

50

るため、当該成膜室で成膜した酸化物半導体膜に含まれる不純物の濃度を低減できる。

【0079】

成膜条件の一例として、基板とターゲットの間との距離を100mm、圧力を0.6Pa、直流(DC)電源を0.5kW、成膜雰囲気酸素(酸素流量比率100%)雰囲気とすることができる。なお、パルス直流電源を用いると、成膜時に発生する粉状物質(パーティクル、ごみともいう)が軽減でき、膜厚分布も均一となるため好ましい。

【0080】

なお、酸化物半導体膜をスパッタリング法により形成する前に、アルゴンガスを導入してプラズマを発生させる逆スパッタを行い、金属酸化物膜204の表面に付着している粉状物質(パーティクル、ごみともいう)を除去することが好ましい。逆スパッタとは、基板に電圧を印加し、基板近傍にプラズマを形成して、基板側の表面を改質する方法である。なお、アルゴンに代えて、窒素、ヘリウム、酸素などのガスを用いてもよい。

10

【0081】

酸化物半導体膜の加工は、所望の形状のマスクを酸化物半導体膜上に形成した後、当該酸化物半導体膜をエッチングすることによって行うことができる。上述のマスクは、フォトリソグラフィなどの方法を用いて形成することができる。または、インクジェット法などの方法を用いてマスクを形成しても良い。なお、酸化物半導体膜を加工する際に、金属酸化物膜204の加工などをあわせて行うことで、図4(D)に示すトランジスタ110を作製することができる。

【0082】

なお、酸化物半導体膜のエッチングは、ドライエッチングでもウェットエッチングでもよい。もちろん、これらを組み合わせて用いてもよい。

20

【0083】

その後、酸化物半導体膜に対して、熱処理(第1の熱処理)を行うことが望ましい。この第1の熱処理によって酸化物半導体膜中の、過剰な水素(水や水酸基を含む)を除去し、酸化物半導体膜の構造を整え、エネルギーギャップ中の欠陥準位を低減することができる。第1の熱処理の温度は、250以上650以下、好ましくは450以上600以下、または基板の歪み点未満とする。

【0084】

さらに、この第1の熱処理によって、金属酸化物膜204中の過剰な水素(水や水酸基を含む)を除去することも可能である。

30

【0085】

熱処理は、例えば、抵抗発熱体などを用いた電気炉に被処理物を導入し、窒素雰囲気下、450、1時間の条件で行うことができる。この間、酸化物半導体膜は大気に触れさせず、水や水素の混入が生じないようにする。

【0086】

熱処理装置は電気炉に限られず、加熱されたガスなどの媒体からの熱伝導、または熱輻射によって、被処理物を加熱する装置を用いても良い。例えば、GRTA(Gas Rapid Thermal Anneal)装置、LRTA(Lamp Rapid Thermal Anneal)装置等のRTA(Rapid Thermal Anneal)装置を用いることができる。LRTA装置は、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、高圧水銀ランプなどのランプから発する光(電磁波)の輻射により、被処理物を加熱する装置である。GRTA装置は、高温のガスを用いて熱処理を行う装置である。ガスとしては、アルゴンなどの希ガス、または窒素のような、熱処理によって被処理物と反応しない不活性気体を用いられる。

40

【0087】

例えば、第1の熱処理として、熱せられた不活性ガス雰囲気中に被処理物を投入し、数分間熱した後、当該不活性ガス雰囲気から被処理物を取り出すGRTA処理を行ってもよい。GRTA処理を用いると短時間での高温熱処理が可能となる。また、被処理物の耐熱温

50

度を超える温度条件であっても適用が可能となる。なお、処理中に、不活性ガスを、酸素を含むガスに切り替えても良い。酸素を含む雰囲気において第1の熱処理を行うことで、酸素欠損に起因するエネルギーギャップ中の欠陥準位を低減することができるためである。

【0088】

なお、不活性ガス雰囲気としては、窒素、または希ガス（ヘリウム、ネオン、アルゴン等）を主成分とする雰囲気であって、水、水素などが含まれない雰囲気を適用するのが望ましい。例えば、熱処理装置に導入する窒素や、ヘリウム、ネオン、アルゴン等の希ガスの純度を、6N（99.9999%）以上、好ましくは7N（99.99999%）以上（すなわち、不純物濃度が1ppm以下、好ましくは0.1ppm以下）とする。

10

【0089】

いずれにしても、第1の熱処理によって不純物を低減し、i型（真性半導体）またはi型に限りなく近い酸化物半導体膜を形成することで、極めて優れた特性のトランジスタを実現することができる。

【0090】

ところで、上述の熱処理（第1の熱処理）には水素や水などを除去する効果があるから、当該熱処理を、脱水化処理や、脱水素化処理などと呼ぶこともできる。当該脱水化処理や、脱水素化処理は、例えば、酸化物半導体膜を島状に加工した後などのタイミングにおいて行うことも可能である。また、このような脱水化処理、脱水素化処理は、一回に限らず複数回行って良い。

20

【0091】

なお、ここでは、酸化物半導体膜を島状に加工した後に、第1の熱処理を行う構成について説明したが、開示する発明の一態様はこれに限定して解釈されない。第1の熱処理を行った後に、酸化物半導体膜を加工しても良い。

【0092】

次いで、金属酸化物膜204および酸化物半導体膜206上に、ソース電極およびドレイン電極（これと同じ層で形成される配線を含む）を形成するための導電膜を形成し、当該導電膜を加工して、ソース電極208aおよびドレイン電極208bを形成する（図4（C）参照）。なお、ここで形成されるソース電極208aの端部とドレイン電極208bの端部との間隔によって、トランジスタのチャネル長Lが決定されることになる。

30

【0093】

ソース電極208aおよびドレイン電極208bに用いる導電膜としては、例えば、Al、Cr、Cu、Ta、Ti、Mo、Wから選ばれた元素を含む金属膜、または上述した元素を成分とする金属窒化物膜（窒化チタン膜、窒化モリブデン膜、窒化タングステン膜）等を用いることができる。また、Al、Cuなどの金属膜の下側または上側の一方または双方にTi、Mo、Wなどの高融点金属膜またはそれらの金属窒化物膜（窒化チタン膜、窒化モリブデン膜、窒化タングステン膜）を積層させた構成を用いても良い。

【0094】

また、ソース電極208aおよびドレイン電極208bに用いる導電膜は、導電性の金属酸化物で形成しても良い。導電性の金属酸化物としては酸化インジウム（ In_2O_3 等）、酸化スズ（ SnO_2 等）、酸化亜鉛（ ZnO 等）、酸化インジウム酸化スズ合金（ In_2O_3 SnO_2 等、ITOと略記する）、酸化インジウム酸化亜鉛合金（ In_2O_3 ZnO 等）またはこれらの金属酸化物材料に酸化シリコンを含ませたものを用いることができる。

40

【0095】

導電膜の加工は、レジストマスクを用いたエッチングによって行うことができる。当該エッチングに用いるレジストマスク形成時の露光には、紫外線やKrFレーザ光やArFレーザ光などを用いるとよい。

【0096】

なお、チャネル長 $L = 25\text{nm}$ 未満の露光を行う場合には、例えば、数nm～数10nm

50

と極めて波長が短い超紫外線 (Extreme Ultraviolet) を用いて、レジストマスク形成時の露光を行うとよい。超紫外線による露光は、解像度が高く焦点深度も大きい。したがって、後に形成されるトランジスタのチャンネル長 L を微細化することが可能であり、回路の動作速度を高めることができる。

【0097】

また、いわゆる多階調マスクによって形成されたレジストマスクを用いてエッチング工程を行ってもよい。多階調マスクを用いて形成されたレジストマスクは、複数の膜厚を有する形状となり、アッシングによってさらに形状を変形させることができるため、異なるパターンに加工する複数のエッチング工程に用いることが可能である。このため、一枚の多階調マスクによって、少なくとも二種類以上の異なるパターンに対応するレジストマスクを形成することができる。つまり、工程の簡略化が可能となる。

10

【0098】

なお、導電膜のエッチングの際に、酸化物半導体膜 206 の一部がエッチングされ、溝部 (凹部) を有する酸化物半導体膜となることもある。

【0099】

その後、 N_2O 、 N_2 、または Ar などのガスを用いたプラズマ処理を行い、露出している酸化物半導体膜の表面に付着した吸着水などを除去してもよい。

【0100】

次に、ソース電極 208a およびドレイン電極 208b を覆い、かつ、酸化物半導体膜 206 の一部と接するように、ゲート絶縁膜 212 を形成する (図 4 (D) 参照)。

20

【0101】

ゲート絶縁膜 212 も、絶縁膜 202 と同様である。ただし、トランジスタのゲート絶縁膜として機能することを考慮して、酸化ハフニウムなどの比誘電率が高い材料を採用しても良い。

【0102】

ゲート絶縁膜 212 の形成後には、第 2 の熱処理を行うのが望ましい。第 2 の熱処理の温度は、250 以上 700 以下、好ましくは 450 以上 600 以下、または基板の歪み点未満とする。第 2 の熱処理のタイミングは、特に限定されない。例えば、ゲート電極 214 の形成後に第 2 の熱処理を行ってもよい。または、第 1 の熱処理に続けて第 2 の熱処理を行っても良いし、第 1 の熱処理に第 2 の熱処理を兼ねさせても良いし、第 2 の熱処理に第 1 の熱処理を兼ねさせてもよい。

30

【0103】

第 2 の熱処理は、窒素、酸素、超乾燥空気 (水の含有量が 20 ppm 以下、好ましくは 1 ppm 以下、好ましくは 10 ppb 以下の空気)、または希ガス (アルゴン、ヘリウムなど) の雰囲気下で行えばよいが、上記窒素、酸素、超乾燥空気、または希ガス等の雰囲気中に水、水素などが含まれないことが好ましい。また、熱処理装置に導入する窒素、酸素、または希ガスの純度を、6N (99.9999%) 以上好ましくは 7N (99.99999%) 以上 (即ち不純物濃度を 1 ppm 以下、好ましくは 0.1 ppm 以下) とすることが好ましい。

【0104】

また、この熱処理によって、金属酸化物膜 204 中の不純物も同時に除去され、高純度化されうる。

40

【0105】

上述のように、第 1 の熱処理と第 2 の熱処理の少なくとも一方を適用することで、酸化物半導体膜 206 を、その主成分以外の不純物が極力含まれないように高純度化することができる。高純度化された酸化物半導体膜 206 中ではドナーに由来するキャリアが極めて少なく (ゼロに近い)、キャリア濃度は $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 未満、好ましくは $1 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ 未満、さらに好ましくは $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$ 未満である。

【0106】

その後、ゲート電極 214 を形成する (図 4 (D) 参照)。ゲート電極 214 は、モリブ

50

デン、チタン、タンタル、タングステン、アルミニウム、銅、ネオジム、スカンジウム等の金属材料またはこれらを主成分とする合金材料を用いて形成することができる。なお、ゲート電極 214 は、単層構造としても良いし、積層構造としても良い。

【0107】

以上の工程でトランジスタ 110 が形成される（図 4（D）参照）。

【0108】

トランジスタ 120 の作製工程

図 5（A）乃至図 5（D）を用いて、図 3（A）に示すトランジスタ 120 の作製工程の一例について説明する。

【0109】

まず、基板 200 上に絶縁膜 202 を形成し、絶縁膜 202 上に接するように、金属酸化物膜 204 を形成する（図 5（A）参照）。詳細については、トランジスタ 110 の作製工程に関する記載を参酌できる。

【0110】

次に、金属酸化物膜 204 上に、ソース電極およびドレイン電極（これと同じ層で形成される配線を含む）を形成するための導電膜を形成し、当該導電膜を加工して、ソース電極 208a およびドレイン電極 208b を形成する（図 5（B）参照）。詳細については、トランジスタ 110 の作製工程に関する記載を参酌できる。

【0111】

次に、金属酸化物膜 204 上に、ソース電極 208a およびドレイン電極 208b と接続する酸化物半導体膜を形成し、当該酸化物半導体膜を加工して島状の酸化物半導体膜 206 を形成する（図 4（C）参照）。詳細については、トランジスタ 110 の作製工程に関する記載を参酌できる。

【0112】

次に、ソース電極 208a およびドレイン電極 208b を覆い、かつ、酸化物半導体膜 206 と接するようにゲート絶縁膜 212 を形成し、その後、ゲート電極 214 を形成する（図 4（D）参照）。ゲート絶縁膜 212 およびゲート電極 214 の詳細については、トランジスタ 110 の作製工程に関する記載を参酌できる。

【0113】

以上の工程でトランジスタ 120 が形成される（図 4（D）参照）。

【0114】

本実施の形態に係るトランジスタは、酸化物半導体膜の下面部に、酸化物半導体膜と同種の成分でなる金属酸化物膜が積層され、さらに、金属酸化物膜において酸化物半導体膜と接する面と対向する面には、金属酸化物膜及び酸化物半導体膜とは異なる成分でなる絶縁膜が接して設けられている。このように酸化物半導体膜と相性の良い材料によって構成された金属酸化物膜を酸化物半導体膜と接する態様で存在させることで、半導体装置の動作などに起因して生じる電荷などが酸化物半導体膜と金属酸化物膜との界面に捕獲されることを抑制し、さらに、界面に電荷の捕獲中心が形成されうる材料を用いて構成された絶縁物を金属酸化物膜と接する態様で存在させることにより、金属酸化物膜と絶縁物との界面に上述の電荷を捕獲させることができる。これによって、酸化物半導体膜への電荷の影響を緩和することができるため、酸化物半導体膜界面への電荷トラップに起因するトランジスタのしきい値変動を抑制することができる。

【0115】

また、トランジスタの活性層に用いる酸化物半導体膜は、熱処理によって、水素、水分、水酸基又は水素化物（水素化合物ともいう）などの不純物を酸化物半導体より排除し、かつ不純物の排除工程によって同時に減少してしまう酸化物半導体を構成する主成分材料である酸素を供給することによって、酸化物半導体膜を高純度化及び電氣的に i 型（真性）化されたものである。このように高純度化された酸化物半導体膜を含むトランジスタは、電氣的特性変動が抑制されており、電氣的に安定である。

【0116】

なお、酸化物半導体膜の界面に電荷がトラップされると、トランジスタのしきい値電圧はシフトする（例えば、バックチャネル側に正電荷がトラップされると、トランジスタのしきい値電圧は負方向にシフトする）が、このような電荷捕獲の要因の一つとして、陽イオン（またはその原因たる原子）の移動およびトラップのモデルを仮定することができる。そして、酸化物半導体を用いたトランジスタにおいては、このような陽イオン源として、水素原子が考えられる。開示する発明では、高純度化した酸化物半導体を用い、また、これが金属酸化物膜と絶縁膜との積層構造に接する構成を採用しているため、上述のモデルにおいて想定される水素に起因する電荷捕獲さえも抑制できるのである。なお、上述のモデルは、水素のイオン化率が例えば10%程度で成立しうると考えられている。

【0117】

10

以上のように、安定した電気的特性を有する酸化物半導体を用いた半導体装置を提供することができる。よって、信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

【0118】

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

【0119】

（実施の形態2）

実施の形態1で例示したトランジスタを用いて表示機能を有する半導体装置（表示装置ともいう）を作製することができる。また、トランジスタを含む駆動回路の一部または全体を、画素部と同じ基板上に一体形成し、システムオンパネルを形成することができる。

20

【0120】

図6（A）において、第1の基板4001上に設けられた画素部4002を囲むようにして、シール材4005が設けられ、第2の基板4006によって封止されている。図6（A）においては、第1の基板4001上のシール材4005によって囲まれている領域とは異なる領域に、別途用意された基板上に単結晶半導体膜又は多結晶半導体膜で形成された走査線駆動回路4004、信号線駆動回路4003が実装されている。また別途形成された信号線駆動回路4003と、走査線駆動回路4004または画素部4002に与えられる各種信号及び電位は、FPC（Flexible printed circuit）4018a、4018bから供給されている。

【0121】

30

図6（B）及び図6（C）において、第1の基板4001上に設けられた画素部4002と、走査線駆動回路4004とを囲むようにして、シール材4005が設けられている。また画素部4002と、走査線駆動回路4004の上に第2の基板4006が設けられている。よって画素部4002と、走査線駆動回路4004とは、第1の基板4001とシール材4005と第2の基板4006とによって、表示素子と共に封止されている。図6（B）及び図6（C）においては、第1の基板4001上のシール材4005によって囲まれている領域とは異なる領域に、別途用意された基板上に単結晶半導体膜又は多結晶半導体膜で形成された信号線駆動回路4003が実装されている。図6（B）及び図6（C）においては、別途形成された信号線駆動回路4003と、走査線駆動回路4004または画素部4002に与えられる各種信号及び電位は、FPC4018から供給されている。

40

【0122】

また図6（B）及び図6（C）においては、信号線駆動回路4003を別途形成し、第1の基板4001に実装している例を示しているが、この構成に限定されない。走査線駆動回路を別途形成して実装しても良いし、信号線駆動回路の一部または走査線駆動回路の一部のみを別途形成して実装しても良い。

【0123】

なお、別途形成した駆動回路の接続方法は、特に限定されるものではなく、COG（Chip On Glass）方法、ワイヤボンディング方法、或いはTAB（Tape Automated Bonding）方法などを用いることができる。図6（A）は、C

50

OG方法により信号線駆動回路4003、走査線駆動回路4004を実装する例であり、図6(B)は、COG方法により信号線駆動回路4003を実装する例であり、図6(C)は、TAB方法により信号線駆動回路4003を実装する例である。

【0124】

また、表示装置は、表示素子が封止された状態にあるパネルと、該パネルにコントローラを含むIC等を実装した状態にあるモジュールとを含む。

【0125】

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

【0126】

また第1の基板上に設けられた画素部及び走査線駆動回路は、トランジスタを複数有しており、実施の形態1または2のいずれかで一例を示したトランジスタを適用することができる。

【0127】

表示装置に設けられる表示素子としては液晶素子（液晶表示素子ともいう）、発光素子（発光表示素子ともいう）、を用いることができる。発光素子は、電流または電圧によって輝度が制御される素子とその範疇に含んでおり、具体的には無機EL（Electro Luminescence）、有機EL等が含まれる。また、電子インクなど、電気的作用によりコントラストが変化する表示媒体も適用することができる。

【0128】

半導体装置の一形態について、図7乃至図9を用いて説明する。図7乃至図9は、図6(B)のM-Nにおける断面図に相当する。

【0129】

図7乃至図9で示すように、半導体装置は接続端子電極4015及び端子電極4016を有しており、接続端子電極4015及び端子電極4016はFPC4018が有する端子と異方性導電膜4019を介して、電氣的に接続されている。

【0130】

接続端子電極4015は、第1の電極層4030と同じ導電膜から形成され、端子電極4016は、トランジスタ4010、トランジスタ4011のソース電極及びドレイン電極と同じ導電膜で形成されている。

【0131】

また第1の基板4001上に設けられた画素部4002と、走査線駆動回路4004は、トランジスタを複数有しており、図7乃至図9では、画素部4002に含まれるトランジスタ4010と、走査線駆動回路4004に含まれるトランジスタ4011とを例示している。

【0132】

本実施の形態では、トランジスタ4010、トランジスタ4011として、実施の形態1で示したトランジスタを適用することができる。トランジスタ4010、トランジスタ4011は、電氣的特性変動が抑制されており、電氣的に安定である。よって、図7乃至図9で示す本実施の形態の半導体装置として信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

【0133】

画素部4002に設けられたトランジスタ4010は表示素子と電氣的に接続し、表示パネルを構成する。表示素子は表示を行うことができれば特に限定されず、様々な表示素子を用いることができる。

【0134】

図7に表示素子として液晶素子を用いた液晶表示装置の例を示す。図7において、表示素

10

20

30

40

50

子である液晶素子4013は、第1の電極層4030、第2の電極層4031、及び液晶層4008を含む。なお、液晶層4008を挟持するように配向膜として機能する絶縁膜4032、及び絶縁膜4033が設けられている。第2の電極層4031は第2の基板4006側に設けられ、第1の電極層4030と第2の電極層4031とは液晶層4008を介して積層する構成となっている。

【0135】

また4035は絶縁膜を選択的にエッチングすることで得られる柱状のスペーサであり、液晶層4008の膜厚（セルギャップ）を制御するために設けられている。なお球状のスペーサを用いても良い。

【0136】

表示素子として、液晶素子を用いる場合、サーモトロピック液晶、低分子液晶、高分子液晶、高分子分散型液晶、強誘電性液晶、反強誘電性液晶等を用いることができる。これらの液晶材料は、条件により、コレステリック相、スメクチック相、キュービック相、カイラルネマチック相、等方相等を示す。

【0137】

また、配向膜を用いないブルー相を示す液晶を用いてもよい。ブルー相は液晶相の一つであり、コレステリック液晶を昇温していくと、コレステリック相から等方相へ転移する直前に発現する相である。ブルー相は狭い温度範囲でしか発現しないため、温度範囲を改善するために5重量%以上のカイラル剤を混合させた液晶組成物を用いることができる。ブルー相を示す液晶とカイラル剤とを含む液晶組成物は、応答速度が1msec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。また配向膜を設けなくてもよいのでラビング処理も不要となるため、ラビング処理によって引き起こされる静電破壊を防止することができ、作製工程中の液晶表示装置の不良や破損を軽減することができる。よって液晶表示装置の生産性を向上させることが可能となる。

【0138】

また、液晶材料の固有抵抗率は、 $1 \times 10^9 \sim 1 \times 10^{11} \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であり、好ましくは $1 \times 10^{11} \sim 1 \times 10^{12} \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であり、さらに好ましくは $1 \times 10^{12} \sim 1 \times 10^{13} \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ 以上である。なお、本明細書における固有抵抗率の値は、20℃で測定した値とする。

【0139】

液晶表示装置に設けられる保持容量の大きさは、画素部に配置されるトランジスタのリーク電流等を考慮して、所定の期間の間電荷を保持できるように設定される。高純度の酸化物半導体膜を有するトランジスタを用いることにより、各画素における液晶容量に対して1/3以下、好ましくは1/5以下の容量の大きさを有する保持容量を設ければ充分である。

【0140】

本実施の形態で用いる高純度化された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、電源オン状態では書き込み間隔も長く設定できる。よって、リフレッシュ動作の頻度を少なくすることができるため、消費電力を抑制する効果を奏する。

【0141】

また、本実施の形態で用いる高純度化された酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、比較的高い電界効果移動度が得られるため、高速駆動が可能である。よって、液晶表示装置の画素部に上記トランジスタを用いることで、高画質な画像を提供することができる。また、上記トランジスタは、同一基板上に駆動回路部または画素部に作り分けて作製することができるため、液晶表示装置の部品点数を削減することができる。

【0142】

液晶表示装置には、TN（Twisted Nematic）モード、IPS（In-Plane-Switching）モード、FFS（Fringe Field Switching）モード、ASM（Axially Symmetric aligned

10

20

30

40

50

Micro-cell)モード、OCB(Optical Compensated Birefringence)モード、FLC(Ferroelectric Liquid Crystal)モード、AFLC(AntiFerroelectric Liquid Crystal)モードなどを用いることができる。

【0143】

また、ノーマリーブラック型の液晶表示装置、例えば垂直配向(VA)モードを採用した透過型の液晶表示装置としてもよい。ここで、垂直配向モードとは、液晶表示パネルの液晶分子の配列を制御する方式の一種であり、電圧が印加されていないときにパネル面に対して液晶分子が垂直方向を向く方式である。垂直配向モードとしては、いくつか挙げられるが、例えば、MVA(Multi-Domain Vertical Alignment)モード、PVA(Patterned Vertical Alignment)モード、ASVモードなどを用いることができる。また、画素(ピクセル)をいくつかの領域(サブピクセル)に分け、それぞれ別の方向に分子を倒すよう工夫されているマルチドメイン化あるいはマルチドメイン設計といわれる方法を用いることができる。

10

【0144】

また、表示装置において、ブラックマトリクス(遮光層)、偏光部材、位相差部材、反射防止部材などの光学部材(光学基板)などは適宜設ける。例えば、偏光基板及び位相差基板による円偏光を用いてもよい。また、光源としてバックライト、サイドライトなどを用いてもよい。

【0145】

また、バックライトとして複数の発光ダイオード(LED)を用いて、時間分割表示方式(フィールドシーケンシャル駆動方式)を行うことも可能である。フィールドシーケンシャル駆動方式を適用することで、カラーフィルタを用いることなく、カラー表示を行うことができる。

20

【0146】

また、画素部における表示方式は、プログレッシブ方式やインターレース方式等を用いることができる。また、カラー表示する際に画素で制御する色要素としては、RGB(Rは赤、Gは緑、Bは青を表す)の三色に限定されない。例えば、RGBW(Wは白を表す)、又はRGBに、イエロー、シアン、マゼンタ等を一色以上追加したものがある。なお、色要素のドット毎にその表示領域の大きさが異なってもよい。ただし、本発明はカラー表示の表示装置に限定されるものではなく、モノクロ表示の表示装置に適用することもできる。

30

【0147】

また、表示装置に含まれる表示素子として、エレクトロルミネッセンスを利用する発光素子を適用することができる。エレクトロルミネッセンスを利用する発光素子は、発光材料が有機化合物であるか、無機化合物であるかによって区別され、一般的に、前者は有機EL素子、後者は無機EL素子と呼ばれている。

【0148】

有機EL素子は、発光素子に電圧を印加することにより、一对の電極から電子および正孔がそれぞれ発光性の有機化合物を含む層に注入され、電流が流れる。そして、それらキャリア(電子および正孔)が再結合することにより、発光性の有機化合物が励起状態を形成し、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。このようなメカニズムから、このような発光素子は、電流励起型の発光素子と呼ばれる。

40

【0149】

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

50

る。

【0150】

発光素子は発光を取り出すために少なくとも一対の電極の一方が透明であればよい。そして、基板上にトランジスタ及び発光素子を形成し、基板とは逆側の面から発光を取り出す上面射出や、基板側の面から発光を取り出す下面射出や、基板側及び基板とは反対側の面から発光を取り出す両面射出構造の発光素子があり、どの射出構造の発光素子も適用することができる。

【0151】

図8に表示素子として発光素子を用いた発光装置の例を示す。表示素子である発光素子4513は、画素部4002に設けられたトランジスタ4010と電気的に接続している。なお発光素子4513の構成は、第1の電極層4030、電界発光層4511、第2の電極層4031の積層構造であるが、示した構成に限定されない。発光素子4513から取り出す光の方向などに合わせて、発光素子4513の構成は適宜変えることができる。

10

【0152】

隔壁4510は、有機絶縁材料、又は無機絶縁材料を用いて形成する。特に感光性の樹脂材料を用い、第1の電極層4030上に開口部を形成し、その開口部の側壁が連続した曲率を持って形成される傾斜面となるように形成することが好ましい。

【0153】

電界発光層4511は、単数の層で構成されていても、複数の層が積層されるように構成されていてもどちらでも良い。

20

【0154】

発光素子4513に酸素、水素、水分、二酸化炭素等が侵入しないように、第2の電極層4031及び隔壁4510上に保護膜を形成してもよい。保護膜としては、窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、DLC膜等を形成することができる。また、第1の基板4001、第2の基板4006、及びシール材4005によって封止された空間には充填材4514が設けられ密封されている。このように外気に曝されないように気密性が高く、脱ガスの少ない保護フィルム（貼り合わせフィルム、紫外線硬化樹脂フィルム等）やカバー材でパッケージング（封入）することが好ましい。

【0155】

充填材4514としては窒素やアルゴンなどの不活性な気体の他に、紫外線硬化樹脂または熱硬化樹脂を用いることができ、PVC（ポリビニルクロライド）、アクリル、ポリイミド、エポキシ樹脂、シリコーン樹脂、PVB（ポリビニルブチラル）またはEVA（エチレンビニルアセテート）を用いることができる。例えば充填材として窒素を用いればよい。

30

【0156】

また、必要であれば、発光素子の射出面に偏光板、又は円偏光板（楕円偏光板を含む）、位相差板（ $\lambda/4$ 板、 $\lambda/2$ 板）、カラーフィルタなどの光学フィルムを適宜設けてもよい。また、偏光板又は円偏光板に反射防止膜を設けてもよい。例えば、表面の凹凸により反射光を拡散し、映り込みを低減できるアンチグレア処理を施すことができる。

【0157】

また、表示装置として、電子インクを駆動させる電子ペーパーを提供することも可能である。電子ペーパーは、電気泳動表示装置（電気泳動ディスプレイ）も呼ばれており、紙と同じ読みやすさ、他の表示装置に比べ低消費電力、薄くて軽い形状とすることが可能という利点を有している。

40

【0158】

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

50

動しないものである。また、第1の粒子の色と第2の粒子の色は異なるもの（無色を含む）とする。

【0159】

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

【0160】

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

【0161】

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

【0162】

また、電子ペーパーとして、ツイストボール表示方式を用いる表示装置も適用することができる。ツイストボール表示方式とは、白と黒に塗り分けられた球形粒子を表示素子に用いる電極層である第1の電極層及び第2の電極層の間に配置し、第1の電極層及び第2の電極層に電位差を生じさせての球形粒子の向きを制御することにより、表示を行う方法である。

【0163】

図9に、半導体装置の一形態としてアクティブマトリクス型の電子ペーパーを示す。図9の電子ペーパーは、ツイストボール表示方式を用いた表示装置の例である。ツイストボール表示方式とは、白と黒に塗り分けられた球形粒子を表示素子に用いる電極層間に配置し、電極層間に電位差を生じさせての球形粒子の向きを制御することにより、表示を行う方法である。

【0164】

トランジスタ4010と接続する第1の電極層4030と、第2の基板4006に設けられた第2の電極層4031との間には黒色領域4615a及び白色領域4615bを有し、周りに液体で満たされているキャビティ4612を含む球形粒子4613が設けられており、球形粒子4613の周囲は樹脂等の充填材4614で充填されている。第2の電極層4031が共通電極（対向電極）に相当する。第2の電極層4031は、共通電位線と電氣的に接続される。

【0165】

なお、図7乃至図9において、第1の基板4001、第2の基板4006としては、ガラス基板の他、可撓性を有する基板も用いることができ、例えば透光性を有するプラスチック基板などを用いることができる。プラスチックとしては、FRP（Fiber glass - Reinforced Plastics）板、PVF（ポリビニルフルオライド）フィルム、ポリエステルフィルムまたはアクリル樹脂フィルムを用いることができる。また、アルミニウムホイルをPVFフィルムやポリエステルフィルムで挟んだ構造のシートを用いることもできる。

【0166】

絶縁層4021は、無機絶縁材料又は有機絶縁材料を用いて形成することができる。なお、アクリル樹脂、ポリイミド、ベンゾシクロブテン樹脂、ポリアミド、エポキシ樹脂等の、耐熱性を有する有機絶縁材料を用いると、平坦化絶縁膜として好適である。また上記有機絶縁材料の他に、低誘電率材料（low-k材料）、シロキサン系樹脂、PSG（リンガラス）、BPSG（リンボロンガラス）等を用いることができる。なお、これらの材料で形成される絶縁膜を複数積層させることで、絶縁層を形成してもよい。

【0167】

絶縁層4021の形成法は、特に限定されず、その材料に応じて、スパッタリング法、ス

10

20

30

40

50

ピンコート法、ディッピング法、スプレー塗布、液滴吐出法（インクジェット法、スクリーン印刷、オフセット印刷等）、ロールコーティング、カーテンコーティング、ナイフコーティング等を用いることができる。

【0168】

表示装置は光源又は表示素子からの光を透過させて表示を行う。よって光が透過する画素部に設けられる基板、絶縁膜、導電膜などの薄膜はすべて可視光の波長領域の光に対して透光性とする。

【0169】

表示素子に電圧を印加する第1の電極層及び第2の電極層（画素電極層、共通電極層、対向電極層などともいう）においては、取り出す光の方向、電極層が設けられる場所、及び電極層のパターン構造によって透光性、反射性を選択すればよい。

10

【0170】

第1の電極層4030、第2の電極層4031は、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、インジウム錫酸化物（以下、ITOと示す。）、インジウム亜鉛酸化物、酸化ケイ素を添加したインジウム錫酸化物などの透光性を有する導電性材料を用いることができる。

【0171】

また、第1の電極層4030、第2の電極層4031はタングステン（W）、モリブデン（Mo）、ジルコニウム（Zr）、ハフニウム（Hf）、バナジウム（V）、ニオブ（Nb）、タンタル（Ta）、クロム（Cr）、コバルト（Co）、ニッケル（Ni）、チタン（Ti）、白金（Pt）、アルミニウム（Al）、銅（Cu）、銀（Ag）等の金属、又はその合金、若しくはその窒化物から一つ、又は複数種を用いて形成することができる。

20

【0172】

また、第1の電極層4030、第2の電極層4031として、導電性高分子（導電性ポリマーともいう）を含む導電性組成物を用いて形成することができる。導電性高分子としては、いわゆる電子共役系導電性高分子が用いることができる。例えば、ポリアニリンまたはその誘導体、ポリピロールまたはその誘導体、ポリチオフェンまたはその誘導体、若しくはアニリン、ピロールおよびチオフェンの2種以上からなる共重合体若しくはその誘導体などがあげられる。

30

【0173】

また、トランジスタは静電気などにより破壊されやすいため、駆動回路保護用の保護回路を設けることが好ましい。保護回路は、非線形素子を用いて構成することが好ましい。

【0174】

以上のように実施の形態1で例示したトランジスタを適用することで、信頼性の高い半導体装置を提供することができる。なお、実施の形態1で例示したトランジスタは上述の表示機能を有する半導体装置のみでなく、電源回路に搭載されるパワーデバイス、LSI等の半導体集積回路、対象物の情報を読み取るイメージセンサ機能を有する半導体装置など様々な機能を有する半導体装置に適用することが可能である。

40

【0175】

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

【0176】

（実施の形態3）

本明細書に開示する半導体装置は、さまざまな電子機器（遊技機も含む）に適用することができる。電子機器としては、例えば、テレビジョン装置（テレビ、またはテレビジョン受信機ともいう）、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ等のカメラ、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

50

が挙げられる。上記実施の形態で説明した半導体装置を具備する電子機器の例について説明する。

【0177】

図10(A)は、ノート型のパーソナルコンピュータであり、本体3001、筐体3002、表示部3003、キーボード3004などによって構成されている。実施の形態1または2で示した半導体装置を適用することにより、信頼性の高いノート型のパーソナルコンピュータとすることができる。

【0178】

図10(B)は、携帯情報端末(PDA)であり、本体3021には表示部3023と、外部インターフェイス3025と、操作ボタン3024等が設けられている。また操作

10

の付属品としてスタイラス3022がある。実施の形態1または2で示した半導体装置を適用することにより、より信頼性の高い携帯情報端末(PDA)とすることができる。

【0179】

図10(C)は、電子書籍の一例を示している。例えば、電子書籍2700は、筐体2701および筐体2703の2つの筐体で構成されている。筐体2701および筐体2703は、軸部2711により一体とされており、該軸部2711を軸として開閉動作を行うことができる。このような構成により、紙の書籍のような動作を行うことが可能となる。

筐体2701には表示部2705が組み込まれ、筐体2703には表示部2707が組み込まれている。表示部2705および表示部2707は、続き画面を表示する構成としてもよいし、異なる画面を表示する構成としてもよい。異なる画面を表示する構成とすることで、例えば右側の表示部(図10(C)では表示部2705)に文章を表示し、左側の表示部(図10(C)では表示部2707)に画像を表示することができる。実施の形態1または2で示した半導体装置を適用することにより、信頼性の高い電子書籍2700とすることができる。

20

【0180】

また、図10(C)では、筐体2701に操作部などを備えた例を示している。例えば、筐体2701において、電源2721、操作キー2723、スピーカー2725などを備えている。操作キー2723により、頁を送ることができる。なお、筐体の表示部と同一面にキーボードやポインティングデバイスなどを備える構成としてもよい。また、筐体の裏面や側面に、外部接続用端子(イヤホン端子、USB端子など)、記録媒体挿入部などを備える構成としてもよい。さらに、電子書籍2700は、電子辞書としての機能を持たせた構成としてもよい。

30

【0181】

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

【0182】

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

40

【0183】

図10(D)は、携帯電話であり、筐体2800及び筐体2801の二つの筐体で構成されている。筐体2801には、表示パネル2802、スピーカー2803、マイクロフォン2804、ポインティングデバイス2806、カメラ用レンズ2807、外部接続端子2808などを備えている。また、筐体2800には、携帯型情報端末の充電を行う太陽電池セル2810、外部メモリスロット2811などを備えている。また、アンテナは筐体2801内部に内蔵されている。実施の形態1または2で示した半導体装置を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。

【0184】

また、表示パネル2802はタッチパネルを備えており、図10(D)には映像表示されている複数の操作キー2805を点線で示している。なお、太陽電池セル2810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。

【0185】

50

表示パネル 2 8 0 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 2 8 0 2 と同一面上にカメラ用レンズ 2 8 0 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 2 8 0 3 及びマイクロフォン 2 8 0 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 2 8 0 0 と筐体 2 8 0 1 は、スライドし、図 1 0 (D) のように展開している状態から重なり合った状態とすることができ、携帯に適した小型化が可能である。

【 0 1 8 6 】

外部接続端子 2 8 0 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 2 8 1 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。

10

【 0 1 8 7 】

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。

【 0 1 8 8 】

図 1 0 (E) は、デジタルビデオカメラであり、本体 3 0 5 1、表示部 (A) 3 0 5 7、接眼部 3 0 5 3、操作スイッチ 3 0 5 4、表示部 (B) 3 0 5 5、バッテリー 3 0 5 6 などによって構成されている。実施の形態 1 または 2 で示した半導体装置を適用することにより、信頼性の高いデジタルビデオカメラとすることができる。

【 0 1 8 9 】

20

図 1 0 (F) 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 9 6 0 0 は、筐体 9 6 0 1 に表示部 9 6 0 3 が組み込まれている。表示部 9 6 0 3 により、映像を表示することが可能である。また、ここでは、スタンド 9 6 0 5 により筐体 9 6 0 1 を支持した構成を示している。実施の形態 1 または 2 で示した半導体装置を適用することにより、信頼性の高いテレビジョン装置 9 6 0 0 とすることができる。

【 0 1 9 0 】

テレビジョン装置 9 6 0 0 の操作は、筐体 9 6 0 1 が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機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 1 9 1 】

30

なお、テレビジョン装置 9 6 0 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 1 9 2 】

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

【 符号の説明 】

【 0 1 9 3 】

1 1 0	トランジスタ
1 2 0	トランジスタ
1 3 0	トランジスタ
1 4 0	トランジスタ
1 5 0	トランジスタ
2 0 0	基板
2 0 2	絶縁膜
2 0 4	金属酸化物膜
2 0 6	酸化物半導体膜
2 0 8 a	ソース電極
2 0 8 b	ドレイン電極

40

50

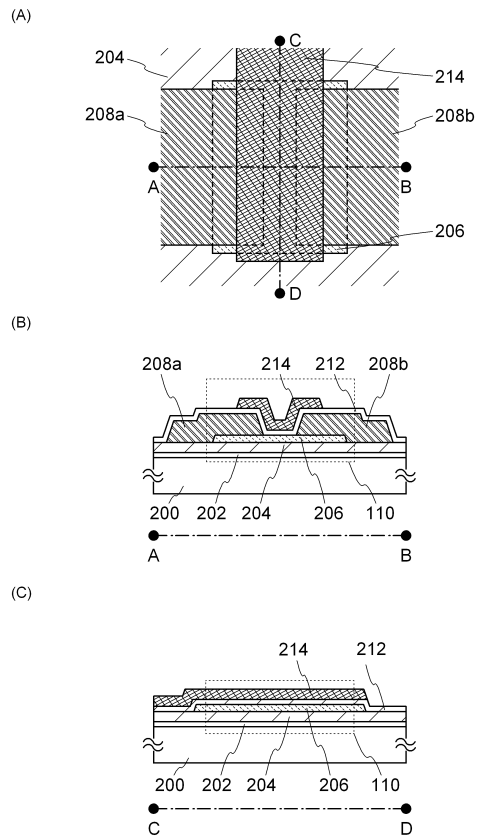
2 1 2	ゲート絶縁膜	
2 1 4	ゲート電極	
2 7 0 0	電子書籍	
2 7 0 1	筐体	
2 7 0 3	筐体	
2 7 0 5	表示部	
2 7 0 7	表示部	
2 7 1 1	軸部	
2 7 2 1	電源	
2 7 2 3	操作キー	10
2 7 2 5	スピーカー	
2 8 0 0	筐体	
2 8 0 1	筐体	
2 8 0 2	表示パネル	
2 8 0 3	スピーカー	
2 8 0 4	マイクロフォン	
2 8 0 5	操作キー	
2 8 0 6	ポインティングデバイス	
2 8 0 7	カメラ用レンズ	
2 8 0 8	外部接続端子	20
2 8 1 0	太陽電池セル	
2 8 1 1	外部メモリスロット	
3 0 0 1	本体	
3 0 0 2	筐体	
3 0 0 3	表示部	
3 0 0 4	キーボード	
3 0 2 1	本体	
3 0 2 2	スタイラス	
3 0 2 3	表示部	
3 0 2 4	操作ボタン	30
3 0 2 5	外部インターフェイス	
3 0 5 1	本体	
3 0 5 3	接眼部	
3 0 5 4	操作スイッチ	
3 0 5 5	表示部 (B)	
3 0 5 6	バッテリー	
3 0 5 7	表示部 (A)	
4 0 0 1	基板	
4 0 0 2	画素部	
4 0 0 3	信号線駆動回路	40
4 0 0 4	走査線駆動回路	
4 0 0 5	シール材	
4 0 0 6	基板	
4 0 0 8	液晶層	
4 0 1 0	トランジスタ	
4 0 1 1	トランジスタ	
4 0 1 3	液晶素子	
4 0 1 5	接続端子電極	
4 0 1 6	端子電極	
4 0 1 8	F P C	50

4 0 1 8 a	F P C
4 0 1 9	異方性導電膜
4 0 2 1	絶縁層
4 0 3 0	電極層
4 0 3 1	電極層
4 0 3 2	絶縁膜
4 0 3 3	絶縁膜
4 5 1 0	隔壁
4 5 1 1	電界発光層
4 5 1 3	発光素子
4 5 1 4	充填材
4 6 1 2	キャビティ
4 6 1 3	球形粒子
4 6 1 4	充填材
4 6 1 5 a	黒色領域
4 6 1 5 b	白色領域
9 6 0 0	テレビジョン装置
9 6 0 1	筐体
9 6 0 3	表示部
9 6 0 5	スタンド

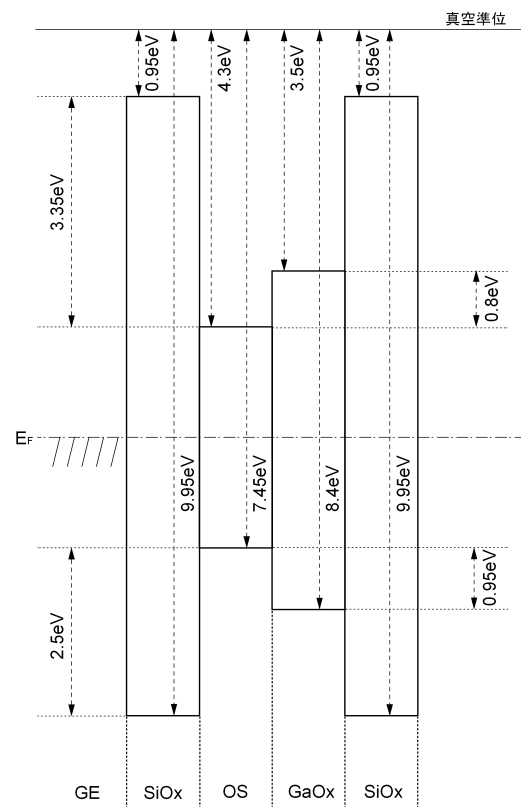
10

20

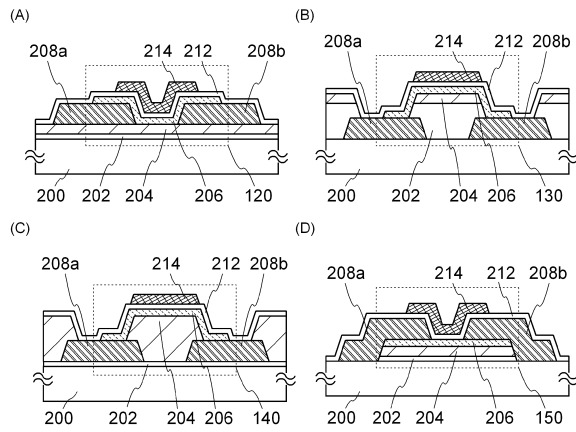
【図 1】



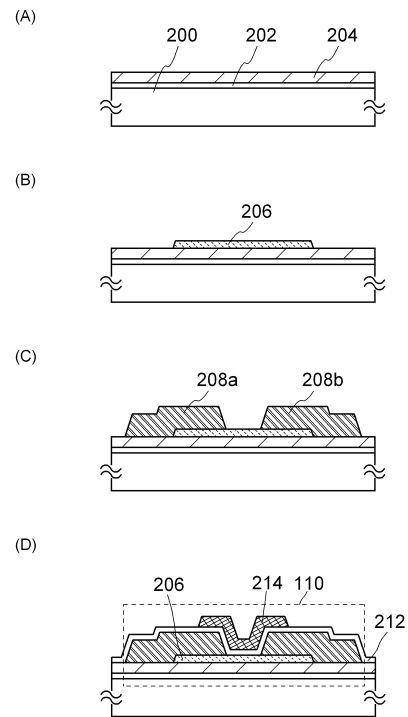
【図 2】



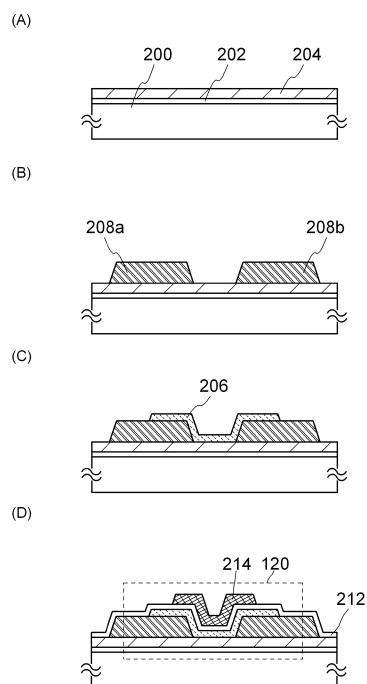
【図 3】



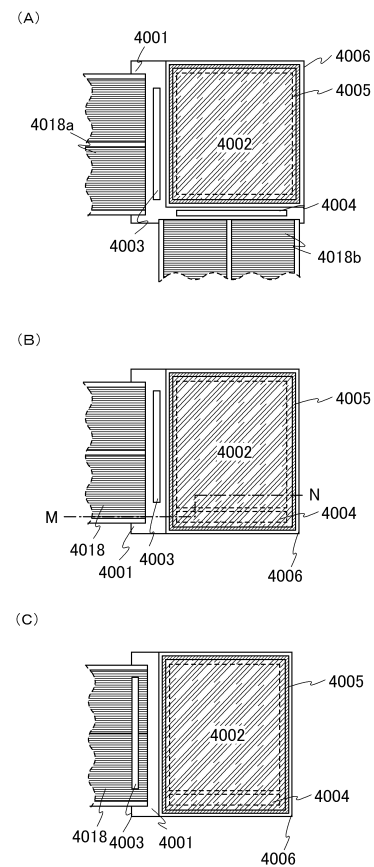
【図 4】



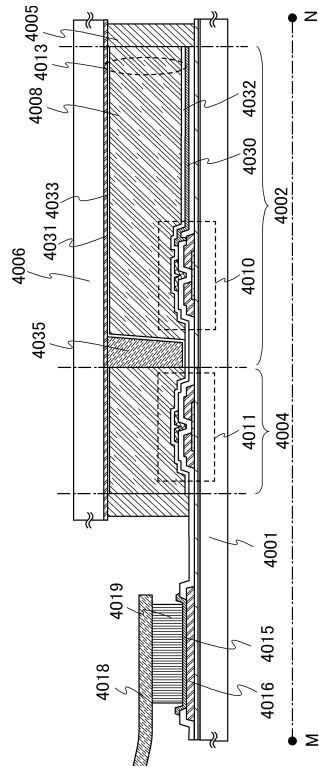
【図 5】



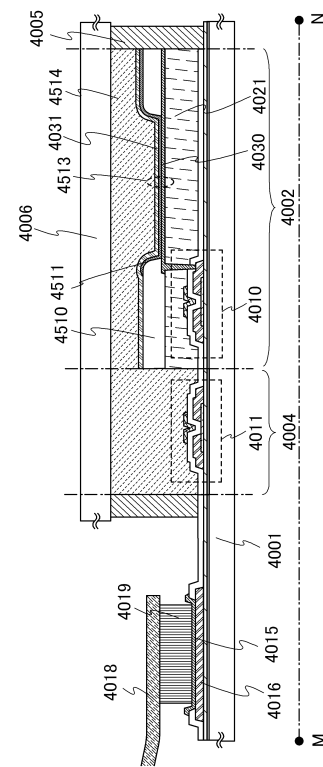
【図 6】



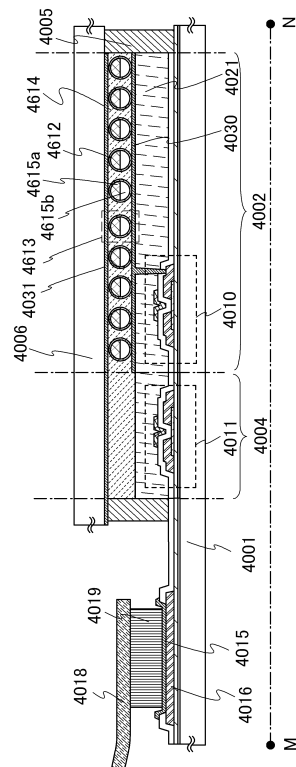
【図 7】



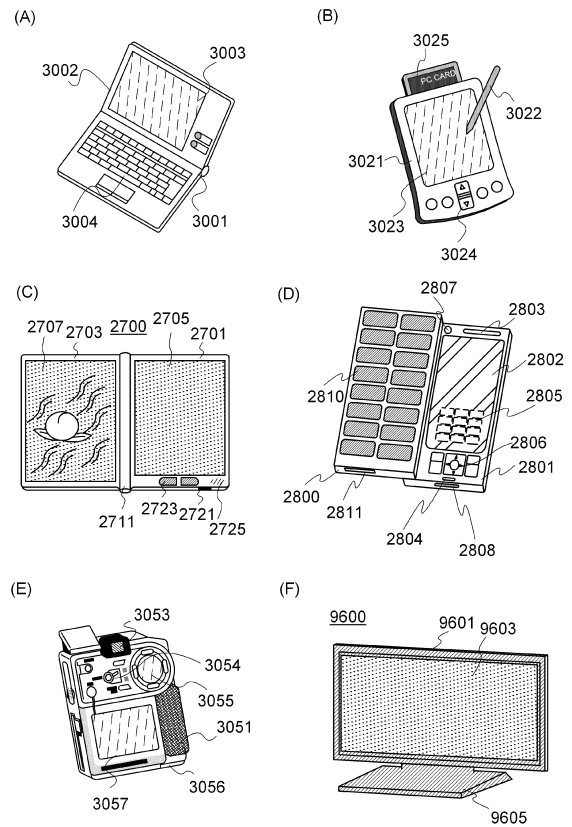
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

H 0 5 B 33/08

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 3 3 6、2 9 / 7 8 6