

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5524370号
(P5524370)

(45) 発行日 平成26年6月18日 (2014. 6. 18)

(24) 登録日 平成26年4月18日 (2014. 4. 18)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 29/786 (2006. 01)

H O 1 L 29/78 6 1 6 U

H O 1 L 21/336 (2006. 01)

H O 1 L 29/78 6 1 8 B

H O 1 L 21/28 (2006. 01)

H O 1 L 29/78 6 1 9 A

H O 1 L 29/417 (2006. 01)

H O 1 L 29/78 6 2 7 A

H O 1 L 21/3205 (2006. 01)

H O 1 L 29/78 6 1 6 V

請求項の数 4 (全 43 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-20195 (P2013-20195)
 (22) 出願日 平成25年2月5日 (2013. 2. 5)
 (65) 公開番号 特開2013-179290 (P2013-179290A)
 (43) 公開日 平成25年9月9日 (2013. 9. 9)
 審査請求日 平成25年9月5日 (2013. 9. 5)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-26624 (P2012-26624)
 (32) 優先日 平成24年2月9日 (2012. 2. 9)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

早期審査対象出願

(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 国際公開第2011/024770 (W
 O, A1)
 特開2004-304167 (JP, A
)
 特開2011-086923 (JP, A
)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ゲート電極と、
 前記ゲート電極上のゲート絶縁膜と、
 前記ゲート絶縁膜上の酸化物半導体膜と、
 前記酸化物半導体膜上のソース電極と、
 前記酸化物半導体膜上のドレイン電極と、を有し、
 前記ソース電極は、第1の金属膜、前記第1の金属膜上に接する第2の金属膜、及び前記第2の金属膜上に接する第3の金属膜を有し、
 前記第2の金属膜は銅を含み、
 前記第1の金属膜は、銅の拡散を抑制する材料を含み、
 前記第3の金属膜は、銅の拡散を抑制する材料を含み、
 前記第1の金属膜の端部は、前記第2の金属膜の端部よりも外側に延びており、
 前記第3の金属膜は、前記第2の金属膜の上面及び側面を覆い、
 前記第1の金属膜と前記第3の金属膜は、前記第2の金属膜の端部の外側で接し、
 前記ドレイン電極は、第4の金属膜、前記第4の金属膜上に接する第5の金属膜、及び前記第5の金属膜上に接する第6の金属膜を有し、
 前記第5の金属膜は銅を含み、
 前記第4の金属膜は、銅の拡散を抑制する材料を含み、
 前記第6の金属膜は、銅の拡散を抑制する材料を含み、

10

20

前記第４の金属膜の端部は、前記第５の金属膜の端部よりも外側に延びており、
前記第６の金属膜は、前記第５の金属膜の上面及び側面を覆い、
前記第４の金属膜と前記第６の金属膜は、前記第５の金属膜の端部の外側で接し、
前記酸化物半導体膜は、チャンネル形成領域を有し、
前記第１の金属膜の前記チャンネル形成領域側の端部は、前記酸化物半導体上面に接し、
前記第４の金属膜の前記チャンネル形成領域側の端部は、前記酸化物半導体上面に接する
ことを特徴とする半導体装置。

【請求項２】

ゲート電極と、
前記ゲート電極上のゲート絶縁膜と、
前記ゲート絶縁膜上の酸化物半導体膜と、
前記酸化物半導体膜上のソース電極と、
前記酸化物半導体膜上のドレイン電極と、を有し、
前記ソース電極は、第１の金属膜、前記第１の金属膜上に接する第２の金属膜、及び前
記第２の金属膜上に接する第３の金属膜を有し、
前記第２の金属膜は銅を含み、
前記第１の金属膜は、タングステン、タンタル、またはモリブデンを含み、
前記第３の金属膜は、タングステン、タンタル、またはモリブデンを含み、
前記第１の金属膜の端部は、前記第２の金属膜の端部よりも外側に延びており、
前記第３の金属膜は、前記第２の金属膜の上面及び側面を覆い、
前記第１の金属膜と前記第３の金属膜は、前記第２の金属膜の端部の外側で接し、
前記ドレイン電極は、第４の金属膜、前記第４の金属膜上に接する第５の金属膜、及び
前記第５の金属膜上に接する第６の金属膜を有し、
前記第５の金属膜は銅を含み、
前記第４の金属膜は、タングステン、タンタル、またはモリブデンを含み、
前記第６の金属膜は、タングステン、タンタル、またはモリブデンを含み、
前記第４の金属膜の端部は、前記第５の金属膜の端部よりも外側に延びており、
前記第６の金属膜は、前記第５の金属膜の上面及び側面を覆い、
前記第４の金属膜と前記第６の金属膜は、前記第５の金属膜の端部の外側で接し、
前記酸化物半導体膜は、チャンネル形成領域を有し、
前記第１の金属膜の前記チャンネル形成領域側の端部は、前記酸化物半導体上面に接し、
前記第４の金属膜の前記チャンネル形成領域側の端部は、前記酸化物半導体上面に接する
ことを特徴とする半導体装置。

【請求項３】

請求項１または請求項２において、
前記第２の金属膜は、第１のマスクを用いたエッチング工程を経て形成されたものであ
り、
前記第５の金属膜は、第２のマスクを用いたエッチング工程を経て形成されたものであ
ることを特徴とする半導体装置。

【請求項４】

請求項１乃至請求項３のいずれか一において、
前記酸化物半導体膜は、前記酸化物半導体膜表面に対し垂直に沿うようにｃ軸配向した
結晶を含み、
前記酸化物半導体膜は、透過型電子顕微鏡による観察像において結晶粒界が観察されな
い領域を有することを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

半導体装置及び半導体装置の作製方法に関する。また、当該半導体装置を有する表示装
置、及び電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

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（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物半導体が注目されている。

【0003】

例えば、酸化物半導体として、Zn-O系酸化物、又はIn-Ga-Zn-O系酸化物を用いてトランジスタを作製する技術が開示されている（特許文献1及び特許文献2参照）。

10

【0004】

また、トランジスタを用いた表示装置（例えば液晶パネル、有機ELパネル）において、画面サイズが大型化する傾向にある。画面サイズの大型化に伴い、トランジスタ等のアクティブ素子を用いる表示装置の場合、配線抵抗により素子に印加される電圧が、接続されている配線の位置で異なってしまい、表示ムラや階調不良などの表示品質が低下するといった問題があった。

【0005】

さらに、表示装置の画面の解像度がハイビジョン画質（HD、1366×768）、フルハイビジョン画質（FHD、1920×1080）と高精細化の傾向にあり、解像度が3840×2048または4096×2180といった、所謂4Kデジタルシネマ用の表示装置の開発も急がれている。

20

【0006】

表示装置の画面の解像度の向上に伴い、表示装置の駆動回路等に用いる駆動周波数も高くなる傾向にあり、配線または信号線等には、信号遅延が少ない低抵抗材料の適用が望まれている。

【0007】

配線または信号線などに用いる材料として、従来アルミニウム膜が広く用いられていたが、さらなる低抵抗化のために銅膜を用いる研究開発が盛んに行われている。しかしながら、銅膜は、下地膜との密着性が弱いことや、銅膜中の銅元素が、トランジスタの半導体層に拡散してトランジスタ特性を悪化させ易いといった欠点を有する。そのため、下地膜との密着性改善、及び銅元素の拡散防止のために、窒化シリコン膜と、該窒化シリコン膜上に形成された銅合金層と、該銅合金層上に形成された純銅層と、を用いてトランジスタを作製する技術が開示されている。（特許文献3参照）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2007-123861号公報

【特許文献2】特開2007-96055号公報

【特許文献3】特開2010-230965号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

特許文献1においては、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を前提としている。そのため、酸化物半導体膜をチャネル形成領域に用いたトランジスタに適用するには、最適な作製方法、または最適な構造になっていないといった問題があった。

【0010】

このような問題に鑑み、本発明の一態様では、酸化物半導体膜を用いた半導体装置において、安定した電気特性を有し、且つ配線抵抗に起因する信号遅延の少ないトランジスタ

50

の作製方法を提供することを目的の一とする。また、当該トランジスタを有する半導体装置を提供することを目的の一とする。また、当該トランジスタを有する高性能の表示装置を提供することを目的の一とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

酸化物半導体膜をチャネル形成領域に用いたボトムゲート構造のトランジスタを有する半導体装置の作製方法において、酸化物半導体膜に接して、ソース電極及びドレイン電極を形成する。ソース電極及びドレイン電極は、第1乃至第3の金属膜により構成され、第2の金属膜に銅元素を含む材料を用いる。

【0012】

酸化物半導体膜に接するソース電極及びドレイン電極の作製方法として、第1の金属膜と第2の金属膜を形成し、該第2の金属膜上に第1のフォトリソグラフィ工程を行い、該第2の金属膜の一部を第1のエッチングにより除去する。その後、第1の金属膜及び第2の金属膜上に、第3の金属膜を形成し、該第3の金属膜上に第2のフォトリソグラフィ工程を行い、第1の金属膜及び第3の金属膜の一部を第2のエッチングにより除去する。また、第2のエッチングは、第1のエッチングにより除去された第2の金属膜の端部より外側で、第1の金属膜及び第3の金属膜を除去する。このような作製方法とすることで、第2の金属膜は、第1の金属膜、及び第3の金属膜により覆われている（より好ましくは、包まれている）ため、第2の金属膜に用いた銅元素を含む材料が酸化物半導体膜へ拡散することを抑制できる。より詳細には以下の通りである。

【0013】

本発明の一態様は、ゲート電極を形成する工程と、ゲート電極上にゲート絶縁膜を形成する工程と、ゲート絶縁膜と接し、ゲート電極と重畳する位置に酸化物半導体膜を形成する工程と、酸化物半導体膜上にソース電極及びドレイン電極を形成する工程と、を含む半導体装置の作製方法において、ソース電極及びドレイン電極は、第1の金属膜と第2の金属膜を形成する工程と、第2の金属膜上に第1のフォトリソグラフィ工程を行い、第2の金属膜の一部を第1のエッチングにより除去する工程と、第1の金属膜及び第2の金属膜上に、第3の金属膜を形成する工程と、第3の金属膜上に第2のフォトリソグラフィ工程を行い、第1の金属膜及び第3の金属膜の一部を第2のエッチングにより除去する工程を、含み、第2のエッチングは、第1のエッチングにより除去された第2の金属膜の端部より外側で、第1の金属膜及び第3の金属膜を除去する半導体装置の作製方法である。

【0014】

上記の作製方法において、さらに、ソース電極及びドレイン電極上に第1の絶縁膜を形成する工程と、第1の絶縁膜上において、酸素を導入する工程と、第1の絶縁膜上に第2の絶縁膜を形成する工程と、第2の絶縁膜上にアルミニウム膜を形成する工程と、アルミニウム膜上において、酸素を導入し、酸化アルミニウム膜を形成する工程と、酸化アルミニウム膜上に平坦化絶縁膜を形成する工程と、を含む構成としてもよい。

【0015】

また、上記の各作製方法において、第1の金属膜及び第3の金属膜は、タングステン、タンタル、チタン、及びモリブデンの中から選択される一以上の元素を含む金属膜、または金属窒化物膜であるとよい。また、第2の金属膜は、銅元素を含むとよい。

【0016】

また、上記の各作製方法において、第1のエッチングは、ウェットエッチング法を用い、第2のエッチングは、ドライエッチング法を用いるとよい。

【0017】

また、本発明の他の一態様は、ゲート電極と、ゲート電極上に形成されたゲート絶縁膜と、ゲート絶縁膜と接し、ゲート電極と重畳する位置に形成された酸化物半導体膜と、酸化物半導体膜上に形成されたソース電極及びドレイン電極と、を有し、ソース電極及びドレイン電極は、第1の金属膜、第2の金属膜、及び第3の金属膜からなり、第2の金属膜は、第1の金属膜、及び第3の金属膜の端部より内側の領域に形成される半導体装置であ

る。

【0018】

また、本発明の他の一態様は、ゲート電極と、ゲート電極上に形成されたゲート絶縁膜と、ゲート絶縁膜と接し、ゲート電極と重畳する位置に形成された酸化物半導体膜と、酸化物半導体膜上に形成されたソース電極及びドレイン電極と、ソース電極と電氣的に接続された信号線と、を有し、信号線は、第1の金属膜、第2の金属膜、及び第3の金属膜からなり、第2の金属膜は、第1の金属膜、及び第3の金属膜の端部より内側の領域に形成され、ソース電極及びドレイン電極は、第1の金属膜、及び第3の金属膜からなる半導体装置である。

【0019】

上記構成において、さらに、ソース電極及びドレイン電極上に、酸素過剰型の第1の絶縁膜と、第1の絶縁膜上に形成された第2の絶縁膜と、第2の絶縁膜上に形成された酸化アルミニウム膜と、酸化アルミニウム膜上に形成された平坦化絶縁膜と、を含む構成としてもよい。

【0020】

また、上記各構成において、第1の金属膜及び第3の金属膜は、タングステン、タンタル、チタン、及びモリブデンの中から選択される一以上の元素を含む金属膜、または金属窒化物膜であるとよい。また、第2の金属膜は、銅元素を含むとよい。

【0021】

また、上記各構成において、ゲート電極は、タングステン、タンタル、チタン、モリブデン、及び銅の中から選択される一以上の元素を含むとよい。

【0022】

また、上記半導体装置を有する表示装置、電子機器も本発明の範疇に含めるものとする。

【発明の効果】

【0023】

酸化物半導体膜を用いた半導体装置において、安定した電気特性を有し、且つ配線抵抗に起因する信号遅延の少ないトランジスタの作製方法を提供することができる。また、当該トランジスタを有する半導体装置を提供することができる。また、当該トランジスタを有する高性能の表示装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】半導体装置の一態様を示す平面図、及び断面図。

【図2】半導体装置の作製工程の一例を示す断面図。

【図3】半導体装置の作製工程の一例を示す断面図。

【図4】半導体装置の作製工程の一例を示す断面図。

【図5】半導体装置の作製工程の一例を示す断面図。

【図6】半導体装置の一態様を示す平面図、及び断面図。

【図7】半導体装置の作製工程の一例を示す断面図。

【図8】半導体装置の作製工程の一例を示す断面図。

【図9】表示装置の一態様を示す平面図。

【図10】表示装置の一態様を示す断面図。

【図11】表示装置の一態様を示す断面図。

【図12】半導体装置を含む電子機器の一例を示す図。

【図13】半導体装置を含むタブレット型端末の一例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下では、本明細書に開示する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。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨およびその範囲から逸脱することなく、その形態および詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される

10

20

30

40

50

。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。

【 0 0 2 6 】

なお、図面等において示す各構成の、位置、大きさ、範囲などは、理解の簡単のため、実際の位置、大きさ、範囲などを表していない場合がある。このため、開示する発明は、必ずしも、図面等を開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。

【 0 0 2 7 】

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

【 0 0 2 8 】

なお、本明細書等において「上」や「下」の用語は、構成要素の位置関係が「直上」または「直下」であることを限定するものではない。例えば、「ゲート絶縁膜上のゲート電極」の表現であれば、ゲート絶縁膜とゲート電極との間に他の構成要素を含むものを除外しない。

【 0 0 2 9 】

また、本明細書等において「電極」や「配線」の用語は、これらの構成要素を機能的に限定するものではない。例えば、「電極」は「配線」の一部として用いられることがあり、その逆もまた同様である。さらに、「電極」や「配線」の用語は、複数の「電極」や「配線」が一体となって形成されている場合なども含む。

【 0 0 3 0 】

また、「ソース」や「ドレイン」の機能は、異なる極性のトランジスタを採用する場合や、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、本明細書等においては、「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。

【 0 0 3 1 】

なお、本明細書等において、「電氣的に接続」には、「何らかの電氣的作用を有するもの」を介して接続されている場合が含まれる。ここで、「何らかの電氣的作用を有するもの」は、接続対象間での電気信号の授受を可能とするものであれば、特に制限を受けない。例えば、「何らかの電氣的作用を有するもの」には、電極や配線をはじめ、トランジスタなどのスイッチング素子、抵抗素子、インダクタ、キャパシタ、その他の各種機能を有する素子などが含まれる。

【 0 0 3 2 】

本明細書等において、パターニングとは、フォトリソグラフィ工程を用いるものとする。ただし、パターニングは、フォトリソグラフィ工程に限定されず、フォトリソグラフィ工程以外の工程を用いることもできる。また、フォトリソグラフィ工程で形成したマスクはエッチング処理後除去するものとする。

【 0 0 3 3 】

(実施の形態 1)

本実施の形態では、半導体装置及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。本実施の形態では、半導体装置の一例として酸化物半導体膜を用いたトランジスタを示す。

【 0 0 3 4 】

半導体装置の構成例 1

図 1 にトランジスタ 150 の構成例を示す。図 1 (A) は、トランジスタ 150 の平面図であり、図 1 (B) は、図 1 (A) の X1 - Y1 における断面図であり、図 1 (C) は、図 1 (A) の V1 - W1 における断面図である。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 150 の構成要素の一部 (例えば、ゲート絶縁膜 106 等) を省略して図示している。

【 0 0 3 5 】

図 1 に示すトランジスタ 150 は、基板 102 上に形成されたゲート電極 104 と、ゲ

10

20

30

40

50

ート電極 104 上に形成されたゲート絶縁膜 106 と、ゲート絶縁膜 106 と接し、ゲート電極 104 と重畳する位置に形成された酸化物半導体膜 108 と、酸化物半導体膜 108 上に形成されたソース電極 110 及びドレイン電極 112 と、を含んで構成される。

【0036】

また、ゲート電極 104 は、第 1 のゲート電極 104 a と第 2 のゲート電極 104 b により構成されている。第 1 のゲート電極 104 a は、タングステン、タンタル、チタン、及びモリブデンの中から選択される一以上の元素を含む金属膜または金属窒化物膜を用いると好ましい。また、第 2 のゲート電極 104 b は、銅元素を含むと好ましい。例えば、本実施の形態においては、第 1 のゲート電極 104 a として、タングステン膜を用い、第 2 のゲート電極 104 b として銅膜を用いる。このような積層構造のゲート電極 104 とすることで、低抵抗なゲート電極 104 とすることができる。なお、第 1 のゲート電極 104 a を設けることにより、基板 102 と第 2 のゲート電極 104 b として用いる銅膜との密着性を向上させる、及び/または第 2 のゲート電極 104 b として用いる銅膜中の銅元素の拡散を抑制することができる。

10

【0037】

また、ゲート絶縁膜 106 は、第 1 のゲート絶縁膜 106 a と第 2 のゲート絶縁膜 106 b により構成されている。第 1 のゲート絶縁膜 106 a は、第 2 のゲート電極 104 b として用いる銅膜中の銅元素の拡散を抑制する機能を有していれば良く、窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、窒化酸化アルミニウム膜などを用いることができる。また、第 2 のゲート絶縁膜 106 b は、後に形成される酸化物半導体膜 108 に酸素を供給する機能を有していれば良く、酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜などを用いることができる。例えば、本実施の形態においては、第 1 のゲート絶縁膜 106 a として、窒化シリコン膜を用い、第 2 のゲート絶縁膜 106 b として、酸化窒化シリコン膜を用いる。このような積層構造のゲート絶縁膜 106 とすることで、ゲート電極 104 として用いた銅膜中の銅元素の拡散を抑制し、且つ後に形成される酸化物半導体膜 108 に酸素を供給させることができる。

20

【0038】

また、ソース電極 110 は、第 1 の金属膜 110 a と、第 2 の金属膜 110 b と、第 3 の金属膜 110 c により構成され、ドレイン電極 112 は、第 1 の金属膜 112 a と、第 2 の金属膜 112 b と、第 3 の金属膜 112 c により構成されている。また、第 2 の金属膜 110 b 及び第 2 の金属膜 112 b は、第 1 の金属膜 110 a、第 1 の金属膜 112 a、第 3 の金属膜 110 c、及び第 3 の金属膜 112 c の端部より内側の領域に形成される。

30

【0039】

また、第 1 の金属膜 110 a、第 1 の金属膜 112 a、第 3 の金属膜 110 c、及び第 3 の金属膜 112 c としては、タングステン、タンタル、チタン、及びモリブデンの中から選択される一以上の元素を含む金属膜、または金属窒化物膜を用いると好ましい。また、第 2 の金属膜 110 b、及び第 2 の金属膜 112 b としては、銅元素を含むと好ましい。

【0040】

例えば、本実施の形態においては、第 1 の金属膜 110 a 及び第 1 の金属膜 112 a としてはタングステン膜を用い、第 2 の金属膜 110 b 及び第 2 の金属膜 112 b としては銅膜を用い、第 3 の金属膜 110 c 及び第 3 の金属膜 112 c としては窒化タンタル膜を用いる。また、第 2 の金属膜 110 b 及び第 2 の金属膜 112 b は、第 1 の金属膜 110 a 及び第 1 の金属膜 112 a 上に形成され、第 3 の金属膜 110 c 及び第 3 の金属膜 112 c により覆われている。

40

【0041】

すなわち、第 2 の金属膜 110 b 及び第 2 の金属膜 112 b として用いる銅膜は、下面が第 1 の金属膜 110 a 及び第 1 の金属膜 112 a として用いるタングステン膜によって覆われ、上面及び側面が第 3 の金属膜 110 c 及び第 3 の金属膜 112 c として用いる窒

50

化タンタル膜によって覆われている。第1の金属膜110a及び第1の金属膜112a、並びに第3の金属膜110c及び第3の金属膜112cは、銅膜中の銅元素の拡散を抑制するバリアメタルとしての機能を有する。

【0042】

このような構成のソース電極110、及びドレイン電極112とすることで、低抵抗なソース電極110、及びドレイン電極112とすることができ、且つソース電極110、及びドレイン電極112の中に用いられている銅膜中の銅元素の外部への拡散を抑制することができる。

【0043】

ソース電極110及びドレイン電極112の形成方法としては、例えば、酸化物半導体膜108上に、第1の金属膜と第2の金属膜を形成し、第2の金属膜上に第1のフォトリソグラフィ工程を行い、第2の金属膜の一部を第1のエッチングにより除去し、第2の金属膜110b及び第2の金属膜112bを形成する。その後、第1の金属膜及び第2の金属膜(第2の金属膜110b及び第2の金属膜112b)上に、第2の金属膜を覆うように第3の金属膜を形成する。その後、第3の金属膜上に第2のフォトリソグラフィ工程を行い、第1の金属膜及び第3の金属膜の一部を第2のエッチングにより除去し、第1の金属膜110a、第1の金属膜112a、第3の金属膜110c、及び第3の金属膜112cを形成する。このような作製方法とすることで、第2の金属膜として用いる銅膜が、酸化物半導体膜108に直接接触することがないため、酸化物半導体膜108のバックチャネル部に混入する恐れがある不純物(特に銅元素)の拡散を抑制することができる。

【0044】

また、ソース電極110及びドレイン電極112上に、さらに酸素過剰型の第1の絶縁膜114aと、第1の絶縁膜114a上に形成された第2の絶縁膜114bと、第2の絶縁膜114b上に形成された酸化アルミニウム膜116と、酸化アルミニウム膜116上に形成された平坦化絶縁膜118と、を含む構成としても良い。

【0045】

なお、その他の構成要素の詳細については、後述する図1に示すトランジスタ150の作製方法において、図2乃至図5を用いて説明する。

【0046】

半導体装置の作製方法1

まず、基板102上に第1のゲート電極104a、及び第2のゲート電極104bを含むゲート電極104を形成する(図2(A)参照)。

【0047】

基板102に使用することができる基板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、バリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラス基板などの電子工業用に使われる各種ガラス基板を用いることが出来る。なお、基板としては、熱膨張係数が $25 \times 10^{-7} /$ 以上 $50 \times 10^{-7} /$ 以下(好ましくは、 $30 \times 10^{-7} /$ 以上 $40 \times 10^{-7} /$ 以下)であり、歪み点が650以上750以下(好ましくは、700以上740以下)である基板を用いることが好ましい。

【0048】

また、第5世代(1000mm×1200mmまたは1300mm×1500mm)、第6世代(1500mm×1800mm)、第7世代(1870mm×2200mm)、第8世代(2200mm×2500mm)、第9世代(2400mm×2800mm)、第10世代(2880mm×3130mm)などの大型ガラス基板を用いる場合、半導体装置の作製工程における加熱処理などで生じる基板の縮みによって、微細な加工が困難になる場合がある。そのため、前述したような大型ガラス基板を基板として用いる場合、縮みの少ないものを用いることが好ましい。例えば、基板として、好ましくは450、より好ましくは500の温度で1時間加熱処理を行った後の縮み量が20ppm以下、好ましくは10ppm以下、さらに好ましくは5ppm以下である大型ガラス基板を用いれ

ばよい。

【0049】

また、基板102として、可撓性基板を用いて半導体装置を作製してもよい。可撓性を有する半導体装置を作製するには、可撓性基板上に酸化物半導体膜108を含むトランジスタ150を直接作製してもよいし、他の作製基板に酸化物半導体膜108を含むトランジスタ150を作製し、その後可撓性基板に剥離、転置してもよい。なお、作製基板から可撓性基板に剥離、転置するために、作製基板と酸化物半導体膜を含むトランジスタ150との間に剥離層を設けるとよい。

【0050】

また、基板102上に下地絶縁膜を設けてもよい。下地絶縁膜としては、プラズマCVD法またはスパッタリング法等により、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウムなどの酸化物絶縁膜、窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウムなどの窒化物絶縁膜、またはこれらの混合材料を用いて形成することができる。

【0051】

また、基板102に熱処理を行ってもよい。例えば、高温のガスを用いて熱処理を行うGRTA(Gas Rapid Thermal Anneal)装置により、650、1分～5分間、熱処理を行えばよい。なお、GRTAにおける高温のガスには、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が用いられる。また、電気炉により、500、30分～1時間、熱処理を行ってもよい。

【0052】

ゲート電極104は、タングステン、タンタル、チタン、モリブデン、及び銅の中から選択される一以上の元素を含む材料を用いて形成することができる。本実施の形態では、第2のゲート電極104bとして、スパッタリング法を用いて、膜厚100nm以上400nm以下の銅膜を形成する。また第2のゲート電極104bの下層として銅膜中の銅元素の拡散を抑制するバリアメタルとして機能する第1のゲート電極104aを形成する。本実施の形態では、第1のゲート電極104aとしては、スパッタリング法を用いて、膜厚20nm以上100nm以下の窒化タンタル膜を形成する。

【0053】

なお、本実施の形態においては、第1のゲート電極104a、及び第2のゲート電極104bの積層構造について説明するが、この構成に限定されない。例えば、第2のゲート電極104b上に、さらに第3のゲート電極を設けてもよい。第3のゲート電極としては、第1のゲート電極104aと同様の材料を用いることができる。

【0054】

次に、基板102、及びゲート電極104上に第1のゲート絶縁膜106a、及び第2のゲート絶縁膜106bを含むゲート絶縁膜106を形成する(図2(B)参照)。

【0055】

第1のゲート絶縁膜106aには、プラズマCVD法またはスパッタリング法等により形成する、膜厚10nm以上100nm以下、より好ましくは膜厚20nm以上50nm以下の窒化物絶縁膜を用いることが好ましい。例えば、窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜などが挙げられる。基板102及びゲート電極104と接する第1のゲート絶縁膜106aとして、窒化物絶縁膜を用いることで、基板102またはゲート電極104からの不純物の拡散を抑制する効果を奏する。特にゲート電極104(より具体的には第2のゲート電極104b)に銅元素を含む金属材料を用いた場合、第1のゲート絶縁膜106aにより、酸化物半導体膜108中への銅元素の拡散を抑制することができる。

【0056】

本実施の形態では、第1のゲート絶縁膜106aとしてプラズマCVD法を用いて形成する膜厚50nmの窒化シリコン膜を用いる。窒化シリコン膜の成膜ガスとしては、例えば、シラン(SiH_4)と窒素の混合ガス、または、シラン、窒素及びアンモニア(NH_3)

10

20

30

40

50

3) の混合ガス等を用いることができる。

【0057】

第2のゲート絶縁膜106bには、プラズマCVD法またはスパッタリング法等により形成する、膜厚100nm以上350nm以下、より好ましくは100nm以上200nm以下の酸化物絶縁膜を用いることが好ましい。例えば、酸化シリコン膜、酸化ガリウム膜、酸化アルミニウム膜、酸化窒化シリコン膜、酸化窒化アルミニウム膜などが挙げられる。

【0058】

また、第2のゲート絶縁膜106bの材料として、酸化ハフニウム、酸化イットリウム、ハフニウムシリケート(HfSi_xO_y ($x > 0$, $y > 0$))、窒素が添加されたハフニウムシリケート(HfSiO_xN_y ($x > 0$, $y > 0$))、ハフニウムアルミネート(HfAl_xO_y ($x > 0$, $y > 0$))、酸化ランタンなどのhigh-k材料を用いることでゲートリーク電流を低減できる。

【0059】

本実施の形態では、第2のゲート絶縁膜106bとして、プラズマCVD法により膜厚200nmの酸化窒化シリコン膜を形成する。プラズマCVD法は、スパッタリング法と比較して、成膜時間を縮小することができる。また、プラズマCVD法は、スパッタリング法よりも成膜した面内における膜厚のバラツキが小さく、パーティクルの混入も起こりにくい。

【0060】

なお、第2のゲート絶縁膜106bは、酸化物半導体膜108と接する絶縁膜であるため、酸素を含む絶縁膜とすることが好ましく、可能な限り水、水素などの不純物が含まれないことが好ましい。しかしながら、プラズマCVD法では、スパッタリング法と比較して膜中の水素濃度を低減させることが困難である。したがって、成膜後の第2のゲート絶縁膜106bに対して、水素原子の低減、より好ましくは除去を目的とした熱処理(脱水化または脱水素化処理)を行ってもよい。

【0061】

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。例えば、加熱処理装置の一つである電気炉に基板を導入し、ゲート絶縁膜106に対して真空(減圧)雰囲気下650℃において1時間の加熱処理を行う。

【0062】

なお、熱処理装置は電気炉に限られず、抵抗発熱体などの発熱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よい。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。高温のガスには、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。なお、熱処理装置としてGRTA装置を用いる場合には、その処理時間が短いため、650℃~700℃の高温に加熱した不活性ガス中で基板を加熱してもよい。

【0063】

熱処理は、窒素、酸素、超乾燥空気(水の含有量が20ppm以下、好ましくは1ppm以下、さらに好ましくは10ppb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に水、水素などが含まれないことが好ましい。また、加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(99.999999%)以上とする。

999%)以上(即ち不純物濃度を1ppm以下、好ましくは0.1ppm以下)とすることが好ましい。

【0064】

熱処理によって、ゲート絶縁膜106の脱水化または脱水素化を行うことができ、トランジスタの特性変動を引き起こす水素、または水などの不純物が排除されたゲート絶縁膜106を形成することができる。

【0065】

また、脱水化または脱水素化のための熱処理は、複数回行ってよく、他の熱処理と兼ねてもよい。

【0066】

次に、ゲート絶縁膜106と接し、ゲート電極104と重畳する位置に酸化物半導体膜108を形成する(図2(C)参照)。

【0067】

酸化物半導体膜108は、単層構造であってもよいし、積層構造であってもよい。また、非晶質構造であってもよいし、結晶性であってもよい。酸化物半導体膜108を非晶質構造とする場合には、後の作製工程において、酸化物半導体膜108に熱処理を行うことによって、結晶性の酸化物半導体膜としてもよい。非晶質の酸化物半導体膜を結晶化させる熱処理の温度は、250以上700以下、好ましくは、400以上、より好ましくは500以上、さらに好ましくは550以上とする。なお、当該熱処理は、作製工程における他の熱処理を兼ねることも可能である。

【0068】

酸化物半導体膜108の成膜方法は、スパッタリング法、MBE(Molecular Beam Epitaxy)法、プラズマCVD法、パルスレーザ堆積法、ALD(Atomic Layer Deposition)法等を適宜用いることができる。

【0069】

酸化物半導体膜108を成膜する際、できる限り酸化物半導体膜108に含まれる水素濃度を低減させることが好ましい。水素濃度を低減させるには、例えば、スパッタリング法を用いて成膜を行う場合には、スパッタリング装置の処理室内に供給する雰囲気ガスとして、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の希ガス(代表的にはアルゴン)、酸素、及び希ガスと酸素との混合ガスを適宜用いる。

【0070】

また、処理室内の残留水分を除去しつつ水素及び水が除去されたスパッタリングガスを導入して成膜を行うことで、成膜された酸化物半導体膜108の水素濃度を低減させることができる。処理室内の残留水分を除去するためには、吸着型の真空ポンプ、例えば、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を用いることが好ましい。また、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。クライオポンプは、例えば、水素分子、水(H₂O)など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)等の排気能力が高いため、クライオポンプを用いて排気した処理室で成膜した酸化物半導体膜108に含まれる不純物の濃度を低減できる。

【0071】

なお、本実施の形態では、酸化物半導体膜108として、原子数比がIn:Ga:Zn=1:1:1の金属酸化物ターゲット、または原子数比がIn:Ga=2:1の金属酸化物ターゲットを用い、スパッタリング法により成膜する。ただし、酸化物半導体膜108に用いることのできるターゲットは、これらのターゲット材料、及び組成に限定されるものではない。また、酸化物半導体膜108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においてスパッタリング法により形成することができる。また、酸化物半導体膜108に用いることのできるターゲットは、単結晶、多結晶等の結晶性を有するターゲットが好ましい。結晶性を有するターゲットを用いることにより、形成された薄膜も結晶性を有し、特に形成された薄膜においては、c軸に配向された結晶となりやすい。

【 0 0 7 2 】

また、酸化物半導体膜 1 0 8 は、成膜直後において、化学量論的組成より酸素が多い過飽和の状態とすることが好ましい。例えば、スパッタリング法を用いて酸化物半導体膜 1 0 8 を成膜する場合、成膜ガスの酸素の占める割合が多い条件で成膜することが好ましく、特に酸素雰囲気（酸素ガス 1 0 0 %）で成膜を行うことが好ましい。例えば、酸化物半導体膜 1 0 8 として、I n - G a - Z n 系酸化物（I G Z O）を用い、成膜ガスの酸素の占める割合が多い条件（特に酸素ガス 1 0 0 % の雰囲気）で成膜すると、成膜温度を 3 0 0 以上としても、膜中から Z n の放出が抑えられる。

【 0 0 7 3 】

また、酸化物半導体膜 1 0 8 を上述した原子数比が I n : G a : Z n = 1 : 1 : 1 の金属酸化物ターゲットを用いて形成した場合、ターゲットの組成と、基板上に形成される薄膜の組成と、が異なる場合がある。例えば、I n : G a : Z n = 1 : 1 : 1 の金属酸化物ターゲットを用いた場合、成膜条件にも依存するが、薄膜である酸化物半導体膜 1 0 8 の組成が、原子数比で I n : G a : Z n = 1 : 1 : 0 . 6 ~ 0 . 8 となる場合がある。これは、酸化物半導体膜 1 0 8 の成膜中において、Z n が昇華する、または I n、G a、Z n の各成分のスパッタリングレートが異なるためだと考えられる。

【 0 0 7 4 】

したがって、所望の組成の薄膜を形成したい場合においては、予め金属酸化物ターゲットの組成を調整する必要がある。例えば、薄膜である酸化物半導体膜 1 0 8 の組成を、原子数比で I n : G a : Z n = 1 : 1 : 1 とする場合においては、金属酸化物ターゲットの組成を、原子数比で I n : G a : Z n = 1 : 1 : 1 . 5 とすればよい。すなわち、金属酸化物ターゲットの Z n の含有率を予め大きくすればよい。ただし、ターゲットの組成は、上記数値に限定されず、成膜条件や、形成される薄膜の組成により適宜調整することができる。また、金属酸化物ターゲットの Z n の含有率を大きくすることにより、得られる薄膜の結晶性が向上するため好ましい。

【 0 0 7 5 】

また、酸化物半導体膜 1 0 8 をスパッタリング法で成膜する場合、成膜に用いる金属酸化物ターゲットの相対密度は、9 0 % 以上 1 0 0 % 以下、好ましくは 9 5 % 以上、更に好ましくは 9 9 . 9 % 以上とする。相対密度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 1 0 8 を緻密な膜とすることができる。

【 0 0 7 6 】

また、基板 1 0 2 を高温に保持した状態で酸化物半導体膜 1 0 8 を形成すること、酸化物半導体膜 1 0 8 中に含まれうる不純物濃度を低減するのに有効である。基板 1 0 2 を加熱する温度としては、1 5 0 以上 4 5 0 以下とすればよく、好ましくは 1 7 0 以上 3 5 0 以下とすればよい。また、成膜時に基板を高温で加熱することで、結晶性の酸化物半導体膜 1 0 8 を形成することができる。

【 0 0 7 7 】

酸化物半導体膜 1 0 8 に用いる酸化物半導体としては、少なくともインジウム（I n）あるいは亜鉛（Z n）を含むことが好ましい。特に I n と Z n の双方を含むことが好ましい。また、該酸化物半導体を用いたトランジスタの電気特性のばらつきを減らすためのスタビライザーとして、それらに加えてガリウム（G a）を有することが好ましい。また、スタビライザーとしてスズ（S n）を有することが好ましい。また、スタビライザーとしてハフニウム（H f）を有することが好ましい。また、スタビライザーとしてアルミニウム（A l）を有することが好ましい。また、スタビライザーとしてジルコニウム（Z r）を有することが好ましい。

【 0 0 7 8 】

また、他のスタビライザーとして、ランタノイドである、ランタン（L a）、セリウム（C e）、プラセオジウム（P r）、ネオジウム（N d）、サマリウム（S m）、ユウロピウム（E u）、ガドリニウム（G d）、テルビウム（T b）、ジスプロシウム（D y）、ホルミウム（H o）、エルビウム（E r）、ツリウム（T m）、イッテルビウム（Y b）、

10

20

30

40

50

ルテチウム (Lu) のいずれか一種あるいは複数種を有してもよい。

【0079】

例えば、酸化物半導体として、酸化インジウム、酸化スズ、酸化亜鉛、In-Zn系酸化物、Sn-Zn系酸化物、Al-Zn系酸化物、Zn-Mg系酸化物、Sn-Mg系酸化物、In-Mg系酸化物、In-Ga系酸化物、In-Ga-Zn系酸化物 (IGZOとも表記する)、In-Al-Zn系酸化物、In-Sn-Zn系酸化物、Sn-Ga-Zn系酸化物、Al-Ga-Zn系酸化物、Sn-Al-Zn系酸化物、In-Hf-Zn系酸化物、In-La-Zn系酸化物、In-Ce-Zn系酸化物、In-Pr-Zn系酸化物、In-Nd-Zn系酸化物、In-Sm-Zn系酸化物、In-Eu-Zn系酸化物、In-Gd-Zn系酸化物、In-Tb-Zn系酸化物、In-Dy-Zn系酸化物、In-Ho-Zn系酸化物、In-Er-Zn系酸化物、In-Tm-Zn系酸化物、In-Yb-Zn系酸化物、In-Lu-Zn系酸化物、In-Sn-Ga-Zn系酸化物、In-Hf-Ga-Zn系酸化物、In-Al-Ga-Zn系酸化物、In-Sn-Al-Zn系酸化物、In-Sn-Hf-Zn系酸化物、In-Hf-Al-Zn系酸化物を用いることができる。

10

【0080】

なお、ここで、例えば、In-Ga-Zn系酸化物とは、InとGaとZnを主成分として有する酸化物という意味であり、InとGaとZnの比率は問わない。また、InとGaとZn以外の金属元素が入っていてもよい。

【0081】

20

また、酸化物半導体として、 $\text{InM}(\text{O})_3(\text{ZnO})_m$ ($m > 0$ 、且つ、 m は整数でない) で表記される材料を用いてもよい。なお、 M は、Ga、Fe、Mn及びCoから選ばれた一の金属元素または複数の金属元素を示す。また、酸化物半導体として、 $\text{In}_2\text{Sn}(\text{O})_5(\text{ZnO})_n$ ($n > 0$ 、且つ、 n は整数) で表記される材料を用いてもよい。

【0082】

例えば、 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn} = 1:1:1 (= 1/3:1/3:1/3)$ 、 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn} = 2:2:1 (= 2/5:2/5:1/5)$ 、あるいは $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn} = 3:1:2 (= 1/2:1/6:1/3)$ の原子数比のIn-Ga-Zn系酸化物やその組成の近傍の酸化物を用いることができる。あるいは、 $\text{In}:\text{Sn}:\text{Zn} = 1:1:1 (= 1/3:1/3:1/3)$ 、 $\text{In}:\text{Sn}:\text{Zn} = 2:1:3 (= 1/3:1/6:1/2)$ あるいは $\text{In}:\text{Sn}:\text{Zn} = 2:1:5 (= 1/4:1/8:5/8)$ の原子数比のIn-Sn-Zn系酸化物やその組成の近傍の酸化物を用いるとよい。

30

【0083】

しかし、これらに限られず、必要とする半導体特性 (移動度、しきい値、ばらつき等) に応じて適切な組成のものを用いればよい。また、必要とする半導体特性を得るために、キャリア濃度や不純物濃度、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のが好ましい。

【0084】

例えば、In-Sn-Zn系酸化物では比較的容易に高い移動度が得られる。しかしながら、In-Ga-Zn系酸化物でも、バルク内欠陥密度を低くすることにより移動度を上げることができる。

40

【0085】

なお、例えば、In、Ga、Znの原子数比が $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn} = a:b:c$ ($a+b+c=1$) である酸化物の組成が、原子数比が $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn} = A:B:C$ ($A+B+C=1$) の酸化物の組成の近傍であるとは、 a 、 b 、 c が、 $(a-A)^2 + (b-B)^2 + (c-C)^2 \leq r^2$ を満たすことをいう。 r としては、例えば、0.05とすればよい。他の酸化物でも同様である。

【0086】

また、酸化物半導体膜108は、CAAC-OS (C Axis Aligned Crystalline Oxide Semiconductor) 膜であることが好ま

50

しい。

【0087】

C A A C - O S 膜は、完全な単結晶ではなく、完全な非晶質でもない。C A A C - O S 膜は、非晶質相に結晶部を有する結晶 - 非晶質混相構造の酸化物半導体層である。なお、当該結晶部は、一辺が100nm未満の立方体内に収まる大きさであることが多い。また、透過型電子顕微鏡 (TEM: Transmission Electron Microscope) による観察像では、C A A C - O S 膜に含まれる非晶質部と結晶部との境界は明確ではない。また、TEMによってC A A C - O S 膜には粒界 (グレインバウンダリーともいう) は確認できない。そのため、C A A C - O S 膜は、粒界に起因する電子移動度の低下が抑制される。

10

【0088】

C A A C - O S 膜に含まれる結晶部は、c 軸がC A A C - O S 膜の被形成面の法線ベクトルまたは表面の法線ベクトルに平行な方向に揃い、かつa b面に垂直な方向から見て三角形状または六角形状の原子配列を有し、c 軸に垂直な方向から見て金属原子が層状または金属原子と酸素原子とが層状に配列している。なお、異なる結晶部間で、それぞれa 軸およびb 軸の向きが異なってもよい。本明細書において、単に垂直と記載する場合、 -85° 以上 95° 以下の範囲も含まれることとする。また、単に平行と記載する場合、 -5° 以上 5° 以下の範囲も含まれることとする。

【0089】

なお、C A A C - O S 膜において、結晶部の分布が一様でなくてもよい。例えば、C A A C - O S 膜の形成過程において、酸化物半導体膜の表面側から結晶成長させる場合、被形成面の近傍に対し表面の近傍では結晶部の占める割合が高くなることもある。また、C A A C - O S 膜へ不純物を添加することにより、当該不純物添加領域において結晶部が非晶質化することもある。

20

【0090】

C A A C - O S 膜に含まれる結晶部のc 軸は、C A A C - O S 膜の被形成面の法線ベクトルまたは表面の法線ベクトルに平行な方向に揃うため、C A A C - O S 膜の形状 (被形成面の断面形状または表面の断面形状) によっては互いに異なる方向を向くことがある。なお、結晶部のc 軸の方向は、C A A C - O S 膜が形成されたときの被形成面の法線ベクトルまたは表面の法線ベクトルに平行な方向となる。結晶部は、成膜することにより、または成膜後に加熱処理などの結晶化処理を行うことにより形成される。

30

【0091】

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

【0092】

酸化物半導体膜108として、C A A C - O S 膜を適用する場合、該C A A C - O S 膜を得る方法としては、三つ挙げられる。一つ目は、成膜温度を100 以上450 以下、更に好ましくは150 以上400 以下として酸化物半導体層の成膜を行い、表面に概略垂直にc 軸配向させる方法である。二つ目は、酸化物半導体層を薄い膜厚で成膜した後、200 以上700 以下の熱処理を行い、表面に概略垂直にc 軸配向させる方法である。三つ目は、一層目として薄い膜厚で成膜した後、200 以上700 以下の熱処理を行い、二層目の成膜を行い、表面に概略垂直にc 軸配向させる方法である。

40

【0093】

なお、酸化物半導体膜108として、C A A C - O S 膜以外の結晶性を有する酸化物半導体膜 (単結晶または微結晶) を成膜する場合には、成膜温度は特に限定されない。

【0094】

また、酸化物半導体膜108は、エネルギーギャップが2.8eV乃至3.2eVであり、シリコンのエネルギーギャップ1.1eVと比較して大きい。また、酸化物半導体膜108の真性キャリア密度は、 10^{-9} cm^{-3} であり、シリコンの真性キャリア密度の 10^{11} cm^{-3} と比較して極めて小さい。

50

【0095】

酸化物半導体膜108の多数キャリア（電子）は、トランジスタのソースから流れるのみである。また、チャネル形成領域を完全空乏化することが可能であるため、トランジスタのオフ電流を極めて小さくすることが可能である。酸化物半導体膜108を用いたトランジスタのオフ電流は、室温において、 $10\text{ yA}/\mu\text{m}$ 以下、 $85 \sim 95$ においても、 $1\text{ zA}/\mu\text{m}$ 以下となり、極めて小さい。

【0096】

また、酸化物半導体膜108は、複数の酸化物半導体層が積層された構造でもよい。例えば、酸化物半導体膜108を、第1の酸化物半導体層と第2の酸化物半導体層の積層として、第1の酸化物半導体層と第2の酸化物半導体層に、異なる組成の金属酸化物を用いてもよい。例えば、第1の酸化物半導体層に三元系金属の酸化物を用い、第2の酸化物半導体層に二元系金属の酸化物を用いてもよい。また、第1の酸化物半導体層と第2の酸化物半導体層を、どちらも三元系金属の酸化物としてもよい。

【0097】

また、第1の酸化物半導体層と第2の酸化物半導体層の構成元素を同一とし、両者の組成を異ならせてもよい。例えば、第1の酸化物半導体層の原子数比を $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=1:1:1$ とし、第2の酸化物半導体層の原子数比を $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=3:1:2$ としてもよい。また、第1の酸化物半導体層の原子数比を $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=1:3:2$ とし、第2の酸化物半導体層の原子数比を $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=2:1:3$ としてもよい。

【0098】

この時、第1の酸化物半導体層と第2の酸化物半導体層のうち、ゲート電極に近い側（チャネル側）の酸化物半導体層の In と Ga の含有率を $\text{In} > \text{Ga}$ とするとよい。またゲート電極から遠い側（バックチャネル側）の酸化物半導体層の In と Ga の含有率を $\text{In} < \text{Ga}$ とするとよい。酸化物半導体では主として重金属のs軌道がキャリア伝導に寄与しており、 In の含有率を多くすることによりs軌道のオーバーラップが多くなる傾向があるため、 $\text{In} > \text{Ga}$ の組成となる酸化物は $\text{In} < \text{Ga}$ の組成となる酸化物と比較して高い移動度を備える。また、 Ga は In と比較して酸素欠損の形成エネルギーが大きく酸素欠損が生じにくいいため、 $\text{In} < \text{Ga}$ の組成となる酸化物は $\text{In} > \text{Ga}$ の組成となる酸化物と比較して安定した特性を備える。したがって、チャネル側に $\text{In} > \text{Ga}$ の組成となる酸化物半導体層を適用し、バックチャネル側に $\text{In} < \text{Ga}$ の組成となる酸化物半導体層を適用することで、トランジスタの移動度および信頼性をさらに高めることが可能となる。

【0099】

また、酸化物半導体膜108を積層した場合、第1の酸化物半導体層と第2の酸化物半導体層に、結晶性の異なる酸化物半導体を適用してもよい。すなわち、単結晶酸化物半導体、多結晶酸化物半導体、非晶質酸化物半導体、または結晶性を有する酸化物半導体（例えば、 CAAC-OS ）を適宜組み合わせた構成としてもよい。また、第1の酸化物半導体層と第2の酸化物半導体層の少なくともどちらか一方に、非晶質酸化物半導体を適用すると、酸化物半導体の内部応力や外部からの応力を緩和し、トランジスタの特性ばらつきが低減され、トランジスタの信頼性をさらに高めることが可能となる。一方で、非晶質酸化物半導体は水素などのドナーとなる不純物を吸収しやすく、また、酸素欠損が生じやすいためn型化されやすい。このため、チャネル側の酸化物半導体層には、結晶性を有する酸化物半導体（例えば、 CAAC-OS ）を適用することが好ましい。

【0100】

また、酸化物半導体膜108を積層した場合の組成、及び結晶性の組み合わせとしては、例えば、ゲート絶縁膜106側から順に、 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=1:1:1$ 近傍の原子数比の非晶質酸化物半導体層と、 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=3:1:2$ 近傍の原子数比の結晶性酸化物半導体層との積層構造、又は $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=1:1:1$ 近傍の原子数比の結晶性酸化物半導体層と、 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=3:1:2$ 近傍の原子数比の結晶性酸化物半導体層との積層構造が挙げられる。また、その他の積層構成としては、 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=3:1:2$ 近傍の原子数比の結晶性酸化物半導体層と、 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=1:1:1$ 近傍

の結晶性酸化物半導体層との積層構造としても良い。また、その他の積層構成としては、 $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 1 : 1$ 近傍の原子数比の非晶質酸化物半導体層と、 $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 3 : 1 : 2$ 近傍の原子数比の非晶質酸化物半導体層との積層構造、又は $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 3 : 1 : 2$ 近傍の原子数比の非晶質酸化物半導体層と、 $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 1 : 1$ 近傍の原子数比の非晶質酸化物半導体層との積層構造としても良い。

【0101】

また、酸化物半導体膜108の成膜前に、酸化物半導体膜108の被成膜面に平坦化処理を行ってもよい。平坦化処理としては、特に限定されないが、研磨処理（例えば、化学的機械研磨（Chemical Mechanical Polishing：CMP）法）、ドライエッチング処理、及びプラズマ処理を用いることができる。

10

【0102】

プラズマ処理としては、例えば、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リングを行うことができる。逆スパッタリングとは、アルゴン雰囲気下で基板側にRF電源を用いて電圧を印加して基板近傍にプラズマを形成して表面を改質する方法をいう。なお、アルゴンに代えて窒素、ヘリウム、酸素などを用いてもよい。逆スパッタリングを行うと、酸化物半導体膜108の被成膜面に付着している粉状物質（パーティクル、ごみともいう）を除去することができる。

【0103】

平坦化処理として、研磨処理、ドライエッチング処理、プラズマ処理は複数回行ってもよく、それらを組み合わせて行ってもよい。また、組み合わせて行う場合、工程順も特に限定されず、酸化物半導体膜108の被成膜面の凹凸状態に合わせて適宜設定すればよい。

20

【0104】

また、酸化物半導体膜108を形成後、当該酸化物半導体膜108に含まれる過剰な水素（水や水酸基を含む）を低減または除去（脱水化または脱水素化）するための熱処理を行うことが好ましい。熱処理の条件については、先の第2のゲート絶縁膜106bに対して実施する熱処理と同様の条件により行うことができる。

【0105】

この熱処理によって、酸化物半導体膜108からn型の導電性を付与する不純物である水素を低減、より好ましくは除去することができる。また、第2のゲート絶縁膜106bとして酸素を含む絶縁膜を用いた場合、この熱処理によって第2のゲート絶縁膜106bに含まれる酸素が酸化物半導体膜108へと供給される。酸化物半導体膜108の脱水化または脱水素化処理によって同時に脱離する酸素を第2のゲート絶縁膜106bから供給することによって、酸化物半導体膜108の酸素欠損を補填することが可能である。

30

【0106】

また、熱処理で酸化物半導体膜108を加熱した後、加熱温度を維持、またはその加熱温度から徐冷しながら同じ炉に高純度の酸素ガス、高純度の一酸化二窒素ガス、または超乾燥空気（CRDS（キャビティリングダウンレーザー分光法）方式の露点計を用いて測定した場合の水分量が20ppm（露点換算で-55）以下、好ましくは1ppm以下、より好ましくは10ppb以下の空気）を導入してもよい。酸素ガスまたは一酸化二窒素ガスに、水、水素などが含まれないことが好ましい。または、熱処理装置に導入する酸素ガスまたは一酸化二窒素ガスの純度を、6N以上好ましくは7N以上（即ち、酸素ガスまたは一酸化二窒素ガス中の不純物濃度を1ppm以下、好ましくは0.1ppm以下）とすることが好ましい。酸素ガスまたは一酸化二窒素ガスの作用により、脱水化または脱水素化処理による不純物の排除工程によって同時に減少してしまった酸化物半導体膜108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108を高純度化及びi型（真性）化することができる。

40

【0107】

脱水化または脱水素化のための熱処理は、トランジスタ150の作製工程の他の熱処理と兼ねてもよい。

50

【 0 1 0 8 】

次に、ゲート絶縁膜 1 0 6、及び酸化物半導体膜 1 0 8 上に、ソース電極及びドレイン電極（これと同じ層で形成される配線を含む）となる第 1 の金属膜 1 0 9 a、及び第 2 の金属膜 1 0 9 b を形成する（図 2（D）参照）。

【 0 1 0 9 】

第 1 の金属膜 1 0 9 a としては、タングステン、タンタル、チタン、及びモリブデンの中から選択される一以上の元素を含む金属膜、または金属窒化物膜であると好ましい。本実施の形態においては、第 1 の金属膜 1 0 9 a として、スパッタリング法を用いて形成された膜厚 5 0 n m のタングステン膜を用いる。

【 0 1 1 0 】

また、第 1 の金属膜 1 0 9 a を積層構造としても良い。例えば、第 1 の金属膜 1 0 9 a の 1 層目として、タングステン、タンタル、チタン、及びモリブデンの中から選択される一以上の元素を含む金属膜とし、第 1 の金属膜 1 0 9 a の 2 層目として、窒化タングステン、窒化タンタル、窒化チタン、及び窒化モリブデンの中から選択される一以上の元素を含む金属窒化物膜の積層構造などが挙げられる。

【 0 1 1 1 】

第 1 の金属膜 1 0 9 a は、酸化物半導体膜 1 0 8 と接するため、酸化物半導体膜 1 0 8 から酸素を引き抜いて n 型化させない材料、又は酸化物半導体膜 1 0 8 に拡散して n 型化させない材料を用いる。また、第 1 の金属膜 1 0 9 a は、第 2 の金属膜 1 0 9 b に用いる銅膜から酸化物半導体膜 1 0 8 に銅元素の拡散を抑制する材料（所謂バリアメタル材料）を用いることが望ましい。

【 0 1 1 2 】

第 2 の金属膜 1 0 9 b としては、銅元素を含む膜であると好ましい。なお、銅にアルミニウム、金、銀、亜鉛、スズ、ニッケル等を数重量%添加した銅合金等を用いても良い。本実施の形態においては、第 2 の金属膜 1 0 9 b として、スパッタリング法を用いて形成された、膜厚 2 0 0 n m の銅膜を用いる。

【 0 1 1 3 】

次に、第 2 の金属膜 1 0 9 b 上にレジストを塗布し、第 1 のパターニングを行い、レジストマスク 1 4 1 を形成する（図 2（E）参照）。

【 0 1 1 4 】

レジストマスク 1 4 1 は、感光性の樹脂を塗布した後に、該感光性の樹脂を露光、及び現像することで形成することができる。なお、感光性の樹脂は、ポジ型、ネガ型のいずれの樹脂を用いてもよい。また、レジストマスク 1 4 1 をインクジェット法で形成してもよい。レジストマスク 1 4 1 をインクジェット法で形成するとフォトマスクを使用しないため、製造コストを低減できる。

【 0 1 1 5 】

次に、第 2 の金属膜 1 0 9 b の一部を第 1 のエッチングにより除去し、第 2 の金属膜 1 1 0 b、及び第 2 の金属膜 1 1 2 b を形成する（図 3（A）参照）。

【 0 1 1 6 】

第 2 の金属膜 1 0 9 b の除去方法としては、ウェットエッチング法を用いると好適である。また、ウェットエッチング法に用いる薬液としては、第 2 の金属膜 1 0 9 b のエッチングができ、且つ第 1 の金属膜 1 0 9 a が消失しない薬液を用いればよく、例えば、第 1 の金属膜 1 0 9 a として、タングステン膜を用い、第 2 の金属膜 1 0 9 b として銅膜を用いた場合の薬液は、水と過酸化水素水とカルボン酸の混合液、または、水とリン酸と硝酸と硫酸と硫酸カリウムの混合液等を用いることができる。

【 0 1 1 7 】

また、ウェットエッチングの時間を調整し、等方的にエッチングを行い、レジストマスク 1 4 1 の側面よりも内側に第 2 の金属膜 1 1 0 b、及び第 2 の金属膜 1 1 2 b の側面を後退させた形状としてもよい。

【 0 1 1 8 】

10

20

30

40

50

次に、レジストマスク 141 を除去する（図 3（B）参照）。

【0119】

レジストマスク 141 の除去方法としては、剥離液を用いた湿式の除去方法、またはプラズマ処理等の乾式の除去方法、またはこれらの方法を組み合わせた除去方法等を用いることができる。

【0120】

次に、第 1 の金属膜 109 a、第 2 の金属膜 110 b、及び第 2 の金属膜 112 b 上に、第 3 の金属膜 109 c を形成する（図 3（C）参照）。

【0121】

第 3 の金属膜 109 c としては、第 1 の金属膜 109 a と同様な手法、及び材料により形成することができる。なお、本実施の形態においては、第 3 の金属膜 109 c としては、スパッタリング法を用いて形成された膜厚 100 nm の窒化タンタル膜を用いる。

10

【0122】

次に、第 3 の金属膜 109 c 上にレジストを塗布し、第 2 のパターニングを行い、レジストマスク 142 を形成する（図 3（D）参照）。

【0123】

レジストマスク 142 は、レジストマスク 141 と同様の材料、及び手法により形成することができる。

【0124】

次に、第 1 の金属膜 109 a、及び第 3 の金属膜 109 c の一部を第 2 のエッチングにより除去し、第 1 の金属膜 110 a、第 1 の金属膜 112 a、第 3 の金属膜 110 c、及び第 3 の金属膜 112 c を形成する（図 4（A）参照）。

20

【0125】

なお、第 2 のエッチングは、第 1 のエッチングにより除去された第 2 の金属膜 110 b、及び第 2 の金属膜 112 b の端部より外側で、第 1 の金属膜 109 a 及び第 3 の金属膜 109 c を除去する。

【0126】

第 1 の金属膜 109 a、及び第 3 の金属膜 109 c の除去方法としては、ドライエッチング法を用いると好適である。ドライエッチング法に用いるガスとしては、例えば、第 1 の金属膜 109 a として、タンゲステン膜を用い、第 3 の金属膜 109 c として窒化タンタル膜を用いた場合、 SF_6 と O_2 の混合ガス、または SF_6 と BCl_3 の混合ガス等を用いることができる。

30

【0127】

なお、第 1 の金属膜 109 a、及び第 3 の金属膜 109 c のエッチングの際に、酸化物半導体膜 108 がエッチングされ、分断することのないようエッチング条件を最適化することが望まれる。しかしながら、第 1 の金属膜 109 a、及び第 3 の金属膜 109 c のみをエッチングし、酸化物半導体膜 108 を全くエッチングしないという条件を得ることは難しく、第 1 の金属膜 109 a、及び第 3 の金属膜 109 c のエッチングの際に酸化物半導体膜 108 は、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 108 となることもある。

40

【0128】

次に、レジストマスク 142 を除去し、第 1 の金属膜 110 a、第 2 の金属膜 110 b、及び第 3 の金属膜 110 c からなるソース電極 110 と、第 1 の金属膜 112 a、第 2 の金属膜 112 b、及び第 3 の金属膜 112 c からなるドレイン電極 112 が形成される（図 4（B）参照）。

【0129】

このようなソース電極 110、及びドレイン電極 112 の形成方法とすることで、酸化物半導体膜 108（より詳しくは、バックチャネル側）が、第 2 の金属膜 110 b、及び第 2 の金属膜 112 b に用いる銅膜に接触することがないため、酸化物半導体膜 108 に付着、または拡散する恐れのある銅元素を抑制することができる。

50

【0130】

なお、レジストマスク142の除去方法としては、レジストマスク141の除去方法と同様の手法により行うことができる。

【0131】

また、ソース電極110、及びドレイン電極112の形成後、酸化物半導体膜108（より詳しくは、バックチャネル側）の清浄化を行うと好ましい。酸化物半導体膜108の清浄化としては、例えば、酸素プラズマ処理、または希フッ化水素酸処理による洗浄処理などが効果的である。このような清浄化を行うことにより、ソース電極110、及びドレイン電極112形成時に用いたエッチングガス成分、またはレジストマスク142の残渣等を酸化物半導体膜108から除去することができ、酸化物半導体膜108をより高純度化することができる。

10

【0132】

また、ソース電極110、及びドレイン電極112の形成後、熱処理を行ってもよい。当該熱処理の温度は、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。

【0133】

以上の工程によって、本実施の形態に示すトランジスタ150が形成される。

【0134】

次に、トランジスタ150上、より詳しくは酸化物半導体膜108、ソース電極110、及びドレイン電極112上に第1の絶縁膜114aを形成する。その後、第1の絶縁膜114a、及び酸化物半導体膜108に酸素145を導入する（図4（C）参照）。

20

【0135】

第1の絶縁膜114aとしては、プラズマCVD法、スパッタリング法により形成することができ、酸化シリコン膜、酸化ガリウム膜、酸化アルミニウム膜、酸化窒化シリコン膜、または酸化窒化アルミニウム膜等の酸化物絶縁膜を用いることができる。第1の絶縁膜114aの膜厚は50nm以上100nm以下とすることが好ましい。

【0136】

また、第1の絶縁膜114aは、酸素過剰型の酸化物絶縁膜とすることが好ましい。酸素過剰型の酸化物絶縁膜とすることで、酸化物半導体膜108に好適に酸素を供給することができる。

30

【0137】

本実施の形態では、第1の絶縁膜114aとして、プラズマCVD法により30nmの酸化窒化シリコン膜を形成する。第1の絶縁膜114aの成膜条件は、例えば、 SiH_4 と N_2O のガス流量比を $\text{SiH}_4 : \text{N}_2\text{O} = 20 \text{ sccm} : 3000 \text{ sccm}$ とし、圧力を200Paとし、RF電源電力（電源出力）を100Wとし、基板温度を 350 ± 15 とすればよい。なお、第1の絶縁膜114aは、酸化物半導体膜108と接する絶縁膜であるため、ゲート絶縁膜106と同様に可能な限り水、水素などの不純物が含まれないことが好ましい。

【0138】

酸素145としては、少なくとも、酸素ラジカル、オゾン、酸素原子、酸素イオン（分子イオン、クラスタイオンを含む）、のいずれかが含まれている。

40

【0139】

第1の絶縁膜114aへの酸素145の導入は、例えば、イオン注入法、イオンドーピング法、プラズマイメージョンイオンインプランテーション法、プラズマ処理等を用いることができる。なお、イオン注入法として、ガスクラスタイオンビームを用いてもよい。また、酸素145の導入は、第1の絶縁膜114aの全面を一度に処理してもよいし、例えば、線状のイオンビームを用いてもよい。線状のイオンビームを用いる場合には、基板又はイオンビームを相対的に移動（スキャン）させることで、第1の絶縁膜114aの全面に酸素145を導入することができる。

【0140】

50

酸素 145 の供給ガスとしては、O を含有するガスを用いればよく、例えば、O₂ ガス、N₂O ガス、CO₂ ガス、CO ガス、NO₂ ガス等を用いることができる。なお、酸素の供給ガスに希ガス（例えば Ar）を含有させてもよい。

【0141】

また、例えば、イオン注入法で酸素の導入を行う場合、酸素 145 のドーズ量は $1 \times 10^{13} \text{ ions/cm}^2$ 以上 $5 \times 10^{16} \text{ ions/cm}^2$ 以下とするのが好ましく、酸素導入処理後の第 1 の絶縁膜 114a 中の酸素の含有量は、第 1 の絶縁膜 114a の化学量論的組成を超える程度とするのが好ましい。なお、酸素の注入深さは、注入条件により適宜制御すればよい。

【0142】

なお、第 1 の絶縁膜 114a として酸化物絶縁膜（例えば、酸化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜）を用いる場合、該酸化物絶縁膜において、酸素は主たる成分材料の一つである。このため、酸化物絶縁膜中の酸素濃度を、SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry) などの方法を用いて、正確に見積もることは難しい。つまり、酸化物絶縁膜に酸素が意図的に添加されたか否かを判別することは困難であるといえる。また、第 1 の絶縁膜 114a に含まれる過剰な酸素が後の工程で酸化物半導体膜 108 へと供給される場合においても同様のことがいえる。

【0143】

ところで、酸素には ¹⁷O や ¹⁸O といった同位体が存在し、自然界におけるこれらの存在比率はそれぞれ酸素原子全体の 0.038%、0.2% 程度であることが知られている。つまり、酸化物半導体膜と接する絶縁膜中（本実施の形態においては、第 1 の絶縁膜 114a）または酸化物半導体膜中におけるこれら同位体の濃度は、SIMS などの方法によって見積もることができる程度になるから、これらの濃度を測定することで、酸化物半導体膜と接する絶縁膜中、または酸化物半導体膜中の酸素濃度をより正確に見積もることが可能な場合がある。よって、これらの濃度を測定することで、酸化物半導体膜と接する絶縁膜に酸素が添加されたか否かを判別しても良い。

【0144】

このように酸素 145 の導入処理により、酸素過剰型の第 1 の絶縁膜 114a が形成される。酸素過剰型の第 1 の絶縁膜 114a とすることで、トランジスタ作製工程中の熱処理に起因する固相拡散によって、酸化物半導体膜 108 へ酸素を供給することが可能である。また、酸素 145 の導入処理により、第 1 の絶縁膜 114a を介して、酸化物半導体膜 108 に酸素を導入してもよい。

【0145】

次に、第 1 の絶縁膜 114a 上に第 2 の絶縁膜 114b を形成する（図 4（D）参照）。

【0146】

第 2 の絶縁膜 114b としては、プラズマ CVD 法、スパッタリング法により形成することができ、酸化シリコン膜、酸化ガリウム膜、酸化アルミニウム膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、酸化窒化アルミニウム膜、または窒化酸化シリコン膜を用いることができる。第 2 の絶縁膜 114b の膜厚は 50 nm 以上 500 nm 以下とすることが好ましい。

【0147】

本実施の形態では、第 2 の絶縁膜 114b として、プラズマ CVD 法により 370 nm の酸化窒化シリコン膜を形成する。第 2 の絶縁膜 114b の成膜条件は、例えば、SiH₄ と N₂O のガス流量比を SiH₄ : N₂O = 30 sccm : 4000 sccm とし、圧力を 200 Pa とし、RF 電源電力（電源出力）を 150 W とし、基板温度を 220 ± 15 とすればよい。

【0148】

なお、第 1 の絶縁膜 114a と第 2 の絶縁膜 114b を同種の材料により形成した場合、第 1 の絶縁膜 114a と第 2 の絶縁膜 114b との界面が明確に分からないことがある

10

20

30

40

50

。したがって、本実施の形態においては、第1の絶縁膜114aと第2の絶縁膜114bとの界面は破線で示している。

【0149】

なお、第2の絶縁膜114bは、第1の絶縁膜114a同様に可能な限り水、水素などの不純物が含まれないことが好ましい。したがって、本実施の形態においては、成膜後の第2の絶縁膜114bに対して、水素原子の除去を目的とした熱処理（脱水化または脱水素化処理）を行う。

【0150】

熱処理の温度は、例えば、250 以上600 以下、好ましくは300 以上600 以下とすることができる。本実施の形態では、350 、1時間の熱処理を行う。

10

【0151】

次に、第2の絶縁膜114b上にアルミニウム膜115を形成する（図5（A）参照）。

【0152】

アルミニウム膜115は、スパッタリング法、蒸着法、CVD法等によって形成することが好ましい。また、アルミニウム膜115の膜厚は3nm以上10nm以下とすることが好ましい。本実施の形態では、スパッタリング法を用いて、膜厚5nmのアルミニウム膜を形成する。

【0153】

なお、第2の絶縁膜114b上に形成されるアルミニウム膜115は、後に酸素導入処理を施されることによって酸化アルミニウム膜となり、トランジスタのバリア膜として機能する膜である。該酸化アルミニウム膜は、トランジスタへの水素、水などの不純物、及び酸素の両方に対して膜を通過させない遮断効果（ブロック効果）が高い、すなわちバリア性を有する。

20

【0154】

次に、アルミニウム膜115に対して酸素147を導入する。これによって、アルミニウム膜115が、酸化アルミニウム膜116となる（図5（B）参照）。

【0155】

酸素147としては、酸素145と同様の手法により導入することができる。

【0156】

30

また、酸素147の導入により、アルミニウム膜115を介して第2の絶縁膜114bの一部の膜中に酸素を導入させても良い。これによって、第2の絶縁膜114bは、先の熱処理によって脱離することのある酸素を補填するとともに、化学量論的組成よりも酸素を過剰に含む領域を形成することができる。なお、このような化学量論的組成を超える酸素を含む領域は、第2の絶縁膜114bの一部に存在していればよい。なお、酸素の注入深さは、注入条件により適宜制御すればよい。

【0157】

また、酸化アルミニウム膜116においても化学量論的組成を超える酸素を含む領域が形成されうる。ただし、酸素導入処理によって形成された酸化アルミニウム膜116は、化学量論的組成に一致した酸素を含有する必要はなく、多少の導電性を有していてもよい。例えば、組成が Al_2O_x で表される酸化アルミニウム膜の場合、 x は1以上3.5以下とすることが好ましい。また、酸化アルミニウム膜116が導電性を有する場合、その抵抗率を、 $10^{10} \cdot m$ 以上 $10^{19} \cdot m$ 以下、好ましくは $10^{10} \cdot m$ 以上 $10^{18} \cdot m$ 以下、より好ましくは $10^{11} \cdot m$ 以上 $10^{15} \cdot m$ 以下とすることが好ましい。酸化アルミニウム膜116が上述の範囲の抵抗率を有することで、トランジスタ150の静電破壊を防止することが可能となる。

40

【0158】

また、酸化アルミニウム膜116は、アルミニウム膜115を酸化させることによって形成される膜である。アルミニウム膜115の酸化によって、酸化アルミニウム膜116を形成することで、スパッタリング法によって酸化アルミニウム膜を成膜する場合と比較

50

して生産性を向上させることができる。

【0159】

なお、酸素147をアルミニウム膜115に導入した後、熱処理を行ってもよい。当該熱処理によって、第1の絶縁膜114a、または第2の絶縁膜114bに含まれる酸素を酸化物半導体膜108へと供給し、酸化物半導体膜108の酸素欠損を補填してもよい。熱処理の温度は、例えば250 以上600 以下、好ましくは300 以上600 以下とすることができる。本実施の形態では、300 、1時間の熱処理を行う。

【0160】

次に、酸化アルミニウム膜116上に平坦化絶縁膜118を形成する(図5(C)参照)。

【0161】

平坦化絶縁膜118としては、トランジスタ150の凹凸を平坦化できればよく、例えば、ポリイミド系樹脂、アクリル系樹脂、ポリイミドアミド系樹脂、ベンゾシクロブテン系樹脂、ポリアミド系樹脂、エポキシ系樹脂等の耐熱性を有する有機材料を用いることができる。また、上記有機材料の他に、低誘電率材料(low-k材料)、シロキサン系樹脂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平坦化絶縁膜118を形成してもよい。本実施の形態では、平坦化絶縁膜118として、1.5μmのアクリル系樹脂を用いる。

【0162】

以上のように、本実施の形態に示すトランジスタ150は、チャンネル形成領域に酸化物半導体膜を用い、ゲート電極、ソース電極、及びドレイン電極に低抵抗材料である銅を用いている。また、ソース電極、及びドレイン電極の形成時に酸化物半導体膜のバックチャンネル側が銅膜に接触することがないため、酸化物半導体膜に付着、または拡散する恐れのある銅元素を抑制することができる。また、ゲート電極、ソース電極、及びドレイン電極は、それぞれ銅膜を用い、且つ銅元素の拡散を抑制できるバリアメタルを有している。そのため、安定した電気特性を有し、且つ配線抵抗に起因する信号遅延の少ないトランジスタを提供することができる。

【0163】

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。

【0164】

(実施の形態2)

本実施の形態では、実施の形態1に示した半導体装置の変形例、及び実施の形態1に示した半導体装置の作製方法と異なる作製方法について、図6乃至図8を用いて説明を行う。なお、図1乃至図5で示した符号については、同様の符号を用い、その繰り返しの説明は省略する。

【0165】

半導体装置の構成例2

図6にトランジスタ250、及び信号線領域260の構成例を示す。図6(A)は、トランジスタ250、及び信号線領域260の平面図であり、図6(B)は、図6(A)のX2-Y2における断面図である。なお、図6(A)では煩雑になることを避けるため、トランジスタ250、及び信号線領域260の構成要素の一部(例えば、ゲート絶縁膜206、第2の金属膜210b等)を省略して図示している。

【0166】

図6に示す半導体装置は、基板102上に形成されたゲート電極204と、ゲート電極204上に形成されたゲート絶縁膜206と、ゲート絶縁膜206と接し、ゲート電極204と重畳する位置に形成された酸化物半導体膜108と、酸化物半導体膜108上に形成されたソース電極210及びドレイン電極212と、ソース電極210と電氣的に接続された信号線232と、を有し、信号線232は、第1の金属膜210a、第2の金属膜210b、及び第3の金属膜210cからなり、第2の金属膜210bは、第1の金属膜

10

20

30

40

50

210a及び第3の金属膜210cの端部よりも内側の領域に形成され、ソース電極210及びドレイン電極212は、第1の金属膜210a、第1の金属膜212a、第3の金属膜210c、及び前記第3の金属膜212cにより構成されている。

【0167】

また、ゲート電極204は、第1のゲート電極204aと第2のゲート電極204bにより構成されている。第1のゲート電極204aは、タングステン、タンタル、チタン、及びモリブデンの中から選択される一以上の元素を含む金属膜または金属窒化物膜を用いると好ましい。また、第2のゲート電極204bは、銅元素を含むと好ましい。例えば、本実施の形態においては、第1のゲート電極204aとして、タングステン膜を用い、第2のゲート電極204bとして銅膜を用いる。このような積層構造のゲート電極204とすることで、低抵抗なゲート電極204とすることができる。なお、第1のゲート電極204aを設けることにより、基板102と第2のゲート電極204bとして用いる銅膜との密着性を向上させる、及び/または第2のゲート電極204bとして用いる銅膜中の銅元素の拡散を抑制することができる。

10

【0168】

また、ゲート絶縁膜206は、第1のゲート絶縁膜206aと第2のゲート絶縁膜206bにより構成されている。第1のゲート絶縁膜206aは、第2のゲート電極204bとして用いる銅膜中の銅元素の拡散を抑制する機能を有していれば良く、窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、窒化酸化アルミニウム膜などを用いることができる。また、第2のゲート絶縁膜206bは、後に形成される酸化物半導体膜108に酸素を供給する機能を有していれば良く、酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜などを用いることができる。例えば、本実施の形態においては、第1のゲート絶縁膜206aとして、窒化シリコン膜を用い、第2のゲート絶縁膜206bとして、酸化窒化シリコン膜を用いる。このような積層構造のゲート絶縁膜206とすることで、ゲート電極204として用いた銅膜中の銅元素の拡散を抑制し、且つ後に形成される酸化物半導体膜108に酸素を供給させることができる。

20

【0169】

また、第1の金属膜210a、第1の金属膜212a、第3の金属膜210c、及び第3の金属膜212cとしては、タングステン、タンタル、チタン、及びモリブデンの中から選択される一以上の元素を含む金属膜、または金属窒化物膜を用いると好ましい。

30

【0170】

例えば、本実施の形態においては、第1の金属膜210a及び第1の金属膜212aとしては、タングステン膜を用い、第3の金属膜210c及び第3の金属膜212cとしては、窒化タンタル膜を用いる。

【0171】

また、第2の金属膜210bとしては、銅元素を含むと好ましい。本実施の形態においては、第2の金属膜210bとして、銅膜を用いる。

【0172】

このように、トランジスタ250に用いるソース電極210及びドレイン電極212の構成と、信号線232の構成が異なる。ソース電極210及びドレイン電極212に、銅膜を用いる構成の信号線232を電氣的に接続することで、配線抵抗起因による信号遅延等を抑制することができる。また、トランジスタ250に用いるソース電極210及びドレイン電極212に銅元素を含む材料を用いない構成とすることで、酸化物半導体膜108に拡散する恐れのある銅元素を離れた位置に配置することができ効果的である。また、信号線232、ソース電極210、及びドレイン電極212を半導体作製工程の同一工程で作製することができるため、製造コストを低減させるといった優れた効果を奏する。

40

【0173】

次に、図7及び図8を用いて、図6に示すトランジスタ250、及び信号線領域260の作製方法について説明を行う。

【0174】

50

半導体装置の作製方法 2

まず、基板 102 上にゲート電極 204、ゲート絶縁膜 206、及び酸化物半導体膜 108 を形成する。なお、ゲート電極 204、ゲート絶縁膜 206、及び酸化物半導体膜 108 については、実施の形態 1 に示す図 2 (A) 乃至図 2 (D) の工程を参酌することで、形成することができる。その後、ゲート絶縁膜 206、及び酸化物半導体膜 108 上に、ソース電極及びドレイン電極、並びに信号線となる第 1 の金属膜 209 a、及び第 2 の金属膜 209 b を形成する (図 7 (A) 参照)。

【0175】

第 1 の金属膜 209 a としては、タングステン、タンタル、チタン、及びモリブデンの中から選択される一以上の元素を含む金属膜、または金属窒化物膜であると好ましい。本実施の形態においては、第 1 の金属膜 209 a として、スパッタリング法を用いて形成された膜厚 50 nm のタングステン膜を用いる。

10

【0176】

また、第 1 の金属膜 209 a を積層構造としても良い。例えば、第 1 の金属膜 209 a の 1 層目として、タングステン、タンタル、チタン、及びモリブデンの中から選択される一以上の元素を含む金属膜とし、第 1 の金属膜 209 a の 2 層目として、窒化タングステン、窒化タンタル、窒化チタン、及び窒化モリブデンの中から選択される一以上の元素を含む金属窒化物膜の積層構造などが挙げられる。

【0177】

第 1 の金属膜 209 a は、酸化物半導体膜 108 と接するため、酸化物半導体膜 108 から酸素を引き抜いて n 型化させない材料、又は酸化物半導体膜 108 に拡散して n 型化させない材料を用いる。また、第 1 の金属膜 209 a は、第 2 の金属膜 209 b に用いる銅膜から酸化物半導体膜 108 に銅元素の拡散を抑制する材料を用いることが望ましい。

20

【0178】

第 2 の金属膜 209 b としては、銅元素を含む膜であると好ましい。なお、銅にアルミニウム、金、銀、亜鉛、スズ、ニッケル等を数重量% 添加した銅合金等を用いても良い。本実施の形態においては、第 2 の金属膜 209 b として、スパッタリング法を用いて形成された膜厚 200 nm の銅膜を用いる。

【0179】

次に、第 2 の金属膜 209 b 上にレジストを塗布し、第 1 のパターンニングを行い、レジストマスク 241 を形成する (図 7 (B) 参照)。

30

【0180】

レジストマスク 241 は、実施の形態 1 に示したレジストマスク 141 と同様の材料、及び手法により形成することができる。

【0181】

次に、第 2 の金属膜 209 b の一部を第 1 のエッチングにより除去し、第 2 の金属膜 210 b を形成する (図 7 (C) 参照)。

【0182】

第 2 の金属膜 209 b の除去方法としては、ウェットエッチング法を用いると好適である。また、ウェットエッチング法に用いる薬液としては、第 2 の金属膜 209 b のエッチングができ、且つ第 1 の金属膜 209 a が消失しない薬液を用いればよく、例えば、第 1 の金属膜 209 a として、タングステン膜を用い、第 2 の金属膜 209 b として銅膜を用いた場合の薬液は、水と過酸化水素水とカルボン酸の混合液、または、水とリン酸と硝酸と硫酸と硫酸カリウムの混合液等を用いることができる。

40

【0183】

また、ウェットエッチングの時間を調整し、等方的にエッチングを行い、レジストマスク 241 の側面よりも内側に第 2 の金属膜 210 b の側面を後退させた形状としてもよい。

【0184】

このように、第 1 のエッチングの際に、信号線領域 260 においては、第 2 の金属膜 2

50

09bを残し、酸化物半導体膜108が形成された領域においては、第2の金属膜209bを除去する。

【0185】

次に、レジストマスク241を除去し、第1の金属膜209a、及び第2の金属膜210b上に、第3の金属膜209cを形成する(図7(D)参照)。

【0186】

レジストマスク241の除去方法としては、実施の形態1に示すレジストマスク141の除去方法と同様の手法で行うことができる。

【0187】

第3の金属膜209cとしては、第1の金属膜209aと同様な手法、及び材料により形成することができる。なお、本実施の形態においては、第3の金属膜209cとしては、スパッタリング法を用いて形成された膜厚100nmの窒化タンタル膜を用いる。

10

【0188】

次に、第3の金属膜209c上にレジストを塗布し、第2のパターニングを行い、レジストマスク242を形成する(図8(A)参照)。

【0189】

レジストマスク242は、レジストマスク241と同様の材料、及び手法により形成することができる。

【0190】

次に、第1の金属膜209a、及び第3の金属膜209cの一部を第2のエッチングにより除去し、第1の金属膜210a、第1の金属膜212a、第3の金属膜210c、及び第3の金属膜212cを形成する(図8(B)参照)。

20

【0191】

なお、第2のエッチングは、第1のエッチングにより除去された第2の金属膜210bの端部より外側で、第1の金属膜209a及び第3の金属膜209cを除去する。

【0192】

第1の金属膜209a、及び第3の金属膜209cの除去方法としては、ドライエッチング法を用いると好適である。ドライエッチング法に用いるガスとしては、例えば、第1の金属膜209aとして、タングステン膜を用い、第3の金属膜209cとして窒化タンタル膜を用いた場合、SF₆とO₂の混合ガス、またはSF₆とBCl₃の混合ガス等を用いることができる。

30

【0193】

なお、第1の金属膜209a、及び第3の金属膜209cのエッチングの際に、酸化物半導体膜108がエッチングされ、分断することのないようエッチング条件を最適化することが望まれる。しかしながら、第1の金属膜209a、及び第3の金属膜209cのみをエッチングし、酸化物半導体膜108を全くエッチングしないという条件を得ることは難しく、第1の金属膜209a、及び第3の金属膜209cのエッチングの際に酸化物半導体膜108は、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108となることもある。

【0194】

40

次に、レジストマスク242を除去し、第1の金属膜210a、及び第3の金属膜210cからなるソース電極210と、第1の金属膜212a、及び第3の金属膜212cからなるドレイン電極212が形成される。また、信号線領域260においては、第1の金属膜210aと、第2の金属膜210bと、第3の金属膜210cからなる信号線232が形成される(図8(C)参照)。

【0195】

このように、第2の金属膜210bとして銅膜を用いる信号線232と、第2の金属膜210bを用いないソース電極210及びドレイン電極212と、を同一工程で作製することができる。

【0196】

50

レジストマスク 242 の除去方法としては、レジストマスク 241 の除去方法と同様の手法により行うことができる。

【0197】

また、信号線 232、ソース電極 210、及びドレイン電極 212 の形成後、酸化物半導体膜 108（より詳しくは、バックチャネル側）の清浄化を行うと好ましい。酸化物半導体膜 108 の清浄化としては、例えば、酸素プラズマ処理、または希フッ化水素酸処理による洗浄処理などが効果的である。このような清浄化を行うことにより、ソース電極 210、及びドレイン電極 212 の形成時に用いたエッチングガス成分、またはレジストマスク 242 の残渣等を酸化物半導体膜 108 から除去することができ、酸化物半導体膜 108 をより高純度化することができる。

10

【0198】

また、信号線 232、ソース電極 210、及びドレイン電極 212 の形成後、熱処理を行ってもよい。当該熱処理の温度は、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。

【0199】

以上の工程によって、本実施の形態に示すトランジスタ 250、及び信号線領域 260 が形成される。

【0200】

次に、トランジスタ 250、及び信号線領域 260 上に第 1 の絶縁膜 114a、第 2 の絶縁膜 114b、酸化アルミニウム膜 116、及び平坦化絶縁膜 118 を形成する（図 8（D）参照）。

20

【0201】

第 1 の絶縁膜 114a、第 2 の絶縁膜 114b、酸化アルミニウム膜 116、及び平坦化絶縁膜 118 については、実施の形態 1 に示す工程を参酌することで形成することができる。

【0202】

このように、トランジスタ 250 のソース電極 210 及びドレイン電極 212 の構成と、信号線領域 260 の信号線 232 の構成が異なる。ソース電極 210 及びドレイン電極 212 に、銅膜を用いる信号線 232 を電氣的に接続することで、配線抵抗起因による信号遅延等を抑制することができる。また、トランジスタ 250 に用いるソース電極 210 及びドレイン電極 212 に銅元素を含む材料を用いない構成とすることで、酸化物半導体膜 108 に拡散する恐れのある銅元素を離れた位置に配置することができ効果的である。また、信号線 232、ソース電極 210、及びドレイン電極 212 を半導体作製工程の同一工程で作製することができるため、製造コストを低減させるといった優れた効果を奏する。

30

【0203】

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。

【0204】

（実施の形態 3）

40

実施の形態 1 及び実施の形態 2 で例示したトランジスタ、または信号線を用いて表示機能を有する表示装置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。表示装置の一例について、図 9 を用いて説明を行う。

【0205】

図 9 において、第 1 の基板 300 上に設けられた画素部 302 と、ソースドライバ回路部 304、及びゲートドライバ回路部 306 とを囲むようにして、シール材 312 が設けられている。また画素部 302 と、ソースドライバ回路部 304、及びゲートドライバ回路部 306 の上に第 2 の基板 301 が設けられている。よって画素部 302 と、ソースドライバ回路部 304 と、ゲートドライバ回路部 306 とは、第 1 の基板 300 とシール材

50

312と第2の基板301とによって、表示素子と共に封止されている。

【0206】

また、図9においては、第1の基板300上のシール材312によって囲まれている領域とは異なる領域に、画素部302、ソースドライバ回路部304、及びゲートドライバ回路部306と電氣的に接続されているFPC端子部308(FPC:Flexible printed circuit)が設けられており、FPC端子部308には、FPC316が接続され、画素部302、ソースドライバ回路部304、及びゲートドライバ回路部306に与えられる各種信号、及び電位は、FPC316により供給されている。

【0207】

また、図9において、画素部302、ソースドライバ回路部304、ゲートドライバ回路部306、及びFPC端子部308には、信号線310が各々接続されている。FPC316により供給された各種信号、及び電位は、信号線310を介して、画素部302、ソースドライバ回路部304、ゲートドライバ回路部306、及びFPC端子部308に与えられる。

【0208】

また、図9においては、ソースドライバ回路部304、及びゲートドライバ回路部306を画素部302と同じ第1の基板300に形成している例を示しているが、この構成に限定されない。例えば、ゲートドライバ回路部306のみを第1の基板300に形成しても良いし、ソースドライバ回路部304のみを第1の基板300に形成しても良い。この場合、別途用意されたソースドライバ回路、またはゲートドライバ回路等が形成された基板(例えば、単結晶半導体膜、多結晶半導体膜で形成された駆動回路基板)を、第1の基板300に実装する構成としても良い。

【0209】

なお、別途形成した駆動回路基板の接続方法は、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。

【0210】

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。

【0211】

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(Tape Carrier Package)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方式により駆動回路基板、またはIC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。

【0212】

また、第1の基板300上に設けられた画素部302、ソースドライバ回路部304、及びゲートドライバ回路部306は、トランジスタを複数有しており、実施の形態1、及び実施の形態2で例示したトランジスタを適用することができる。本実施の形態においては、実施の形態2で例示したトランジスタを適用した場合について、説明を行う。

【0213】

また、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をその範疇に含んでおり、具体的には無機EL(Electro Luminescence)、有機EL等が含まれる。また、電子インクなど、電氣的作用によりコントラストが変化する表示媒体も適用することができる。

【0214】

表示装置に設けられる表示素子の一形態について、図10、及び図11を用いて説明する。図10、及び図11に示す表示装置は、図9に示す破線Q-Rにおける断面図に相当

10

20

30

40

50

する。

【0215】

図10に示す表示装置は、第1の基板300上に設けられたFPC端子部308に、第1の金属膜360a、第2の金属膜360b、及び第3の金属膜360cからなる端子電極360を有しており、端子電極360はFPC316が有する端子と異方性導電膜380を介して、電氣的に接続されている。

【0216】

端子電極360は、トランジスタ350、及びトランジスタ352のソース電極、及びドレイン電極と同じ工程、並びに信号線310と同じ工程で形成されている。

【0217】

また、第1の基板300上に設けられた画素部302と、ソースドライバ回路部304は、トランジスタを複数有しており、図10、及び図11では、画素部302に含まれるトランジスタ350と、ソースドライバ回路部304に含まれるトランジスタ352とを例示している。

【0218】

なお、本実施の形態においては、画素部302に含まれるトランジスタ350と、ソースドライバ回路部304に含まれるトランジスタ352は、同一のサイズの構成としているが、これに限定されない。画素部302、及びソースドライバ回路部304に用いるトランジスタは、適宜サイズ(L/W)、または用いるトランジスタ数などを変えて用いることができる。また、図10、及び図11においては、ゲートドライバ回路部306は、図示していないが、接続先、または接続方法等が異なるが、ソースドライバ回路部304と同様の構成とすることができる。

【0219】

また、図10、及び図11において、トランジスタ350、及びトランジスタ352、並びに信号線310は、先の実施の形態2に示したトランジスタ250、及び信号線232と同様の構成とすることができる。

【0220】

すなわち、トランジスタ350、及びトランジスタ352においては、第1の金属膜と第3の金属膜からなるソース電極、及びドレイン電極を有し、信号線310においては、第1の金属膜と第2の金属膜と第3の金属膜からなる配線を有する。第1の金属膜と第3の金属膜は、タングステン、タンタル、チタン、及びモリブデンの中から選択される一以上の元素を含む金属膜、または金属窒化物膜であり、第2の金属膜は、銅元素を含む材料により形成されている。

【0221】

また、端子電極360においては、信号線310と同様の構成であり、第1の金属膜と第2の金属膜と第3の金属膜により構成されている。

【0222】

このように、トランジスタ350、及びトランジスタ352においては、銅膜を用いない構成でソース電極、及びドレイン電極が構成されており、信号線310、及び端子電極360においては、銅膜により構成されている。トランジスタ350、及びトランジスタ352、並びに信号線310、及び端子電極360を用いることによって、安定した電気特性を有し、且つ低抵抗な電極または配線を有した表示装置を提供することができる。

【0223】

また、図10、及び図11において、トランジスタ350、及びトランジスタ352上に、絶縁膜364、保護絶縁膜366、及び平坦化絶縁膜368が設けられている。

【0224】

本実施の形態では、絶縁膜364としては、酸化窒化シリコン膜を用い、保護絶縁膜366としては、酸化アルミニウム膜を用いる。なお、絶縁膜364、及び保護絶縁膜366は、スパッタリング法やプラズマCVD法によって形成することができる。

【0225】

絶縁膜 364 として設けられる酸化窒化シリコン膜は、酸化物半導体膜と接して設けられ、酸化物半導体膜に酸素を供給することができる。

【0226】

保護絶縁膜 366 として設けられる酸化アルミニウム膜は、水素、水などの不純物、及び酸素の両方に対して膜を透過させない遮断効果（ブロック効果）が高い。従って、酸化アルミニウム膜は、作製工程中及び作製後において、変動要因となる水素、水などの不純物の酸化物半導体膜への混入、及び酸化物半導体膜を構成する主成分材料である酸素の酸化物半導体膜からの放出を防止する保護膜として機能する。

【0227】

また、平坦化絶縁膜 368 としては、ポリイミド系樹脂、アクリル系樹脂、ポリイミドアミド系樹脂、ベンゾシクロブテン系樹脂、ポリアミド系樹脂、エポキシ系樹脂等の耐熱性を有する有機材料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、平坦化絶縁膜 368 を形成してもよい。

【0228】

また、本実施の形態に示す表示装置は、ソースドライバ回路部 304 に形成されたトランジスタ 352 上には、平坦化絶縁膜 368 が設けられ、平坦化絶縁膜 368 上に、酸化物半導体膜のチャネル形成領域と重畳した位置に導電膜 370a が設けられている構成である。しかし、この構成に限定されず、導電膜 370a を設けない構成としても良い。導電膜 370a を酸化物半導体膜のチャネル形成領域と重畳した位置に設けることによって、BT 試験前後におけるトランジスタ 352 のしきい値電圧の変化量を低減することができる。また、導電膜 370a は、電位がトランジスタ 352 のゲート電極と同じでもよいし、異なっても良く、第 2 のゲート電極として機能させることもできる。また、導電膜 370a の電位が GND、0V、或いはフローティング状態であってもよい。

【0229】

なお、導電膜 370a は、外部の電場を遮蔽する、すなわち外部の電場が内部（トランジスタ 352 を含む回路部）に作用しないようにする機能（特に静電気に対する静電遮蔽機能）も有する。導電膜 370a の遮蔽機能により、静電気などの外部の電場の影響によりトランジスタ 352 の電気的な特性が変動することを防止することができる。なお、導電膜 370a は、トランジスタ 352 と重畳するような広範囲に設けてもよい。これによりさらなる静電遮蔽機能の向上が見込まれる。

【0230】

また、本実施の形態に示す表示装置は、画素部 302 に形成されたトランジスタ 350 上には、平坦化絶縁膜 368 が設けられ、平坦化絶縁膜 368 上に、ソース電極またはドレイン電極と接続する導電膜 370b が設けられた構成である。導電膜 370b は、画素部 302 において、画素電極としての機能を有する。

【0231】

画素部 302 に設けられたトランジスタ 350 は、表示素子と電気的に接続し、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。

【0232】

図 10 に示す表示装置は、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 10 において、表示素子である液晶素子 402 は、導電膜 370b、対向電極 404、及び液晶層 406 を含む。なお、液晶層 406 を挟持するように配向膜として機能する絶縁膜 410、及び絶縁膜 412 が設けられている。対向電極 404 は第 2 の基板 301 側に設けられ、導電膜 370b と対向電極 404 とは液晶層 406 を介して積層する構成となっている。

【0233】

また、スペーサ 435 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 406 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よい。

【0234】

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。

【0235】

また、横電界方式を採用する場合、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数重量%以上のカイラル剤を混合させた液晶組成物を液晶層に用いる。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。酸化物半導体膜を用いるトランジスタは、静電気の影響によりトランジスタの電氣的な特性が著しく変動して設計範囲を逸脱する恐れがある。よって酸化物半導体膜を用いるトランジスタを有する液晶表示装置にブルー相の液晶材料を用いることはより効果的である。

10

【0236】

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

20

【0237】

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。保持容量の大きさは、トランジスタのオフ電流等を考慮して設定すればよい。高純度且つ酸素欠損の形成を抑制した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。

【0238】

本実施の形態で用いる高純度化し、酸素欠損の形成を抑制した酸化物半導体膜を有するトランジスタは、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。

30

【0239】

また、本実施の形態で用いる高純度化し、酸素欠損の形成を抑制した酸化物半導体膜を有するトランジスタは、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。例えば、このような高速駆動が可能なトランジスタを液晶表示装置に用いることで、画素部のスイッチングトランジスタと、駆動回路部に使用するドライバトランジスタを同一基板上に形成することができる。すなわち、別途駆動回路として、シリコンウェハ等により形成された半導体装置を用いる必要がないため、半導体装置の部品点数を削減することができる。また、画素部においても、高速駆動が可能な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。

40

【0240】

また、画素部のスイッチングトランジスタ、及び駆動回路部に使用するドライバトランジスタに接続する信号線として、銅元素を含む配線を用いている。そのため、配線抵抗に起因する信号遅延等が少なく、大画面での表示装置に用いることが可能となる。

【0241】

液晶表示装置には、TN (Twisted Nematic) モード、IPS (In-

50

Plane - Switching) モード、FFS (Fringe Field Switching) モード、ASM (Axially Symmetric aligned 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。

【0242】

また、ノーマリ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。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) モードなどを用いることができる。また、VA型の液晶表示装置にも適用することができる。VA型の液晶表示装置とは、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る。VA型の液晶表示装置は、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。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。

【0243】

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。

【0244】

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、開示する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。

【0245】

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。

【0246】

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

【0247】

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る。

【0248】

10

20

30

40

50

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光性であればよい。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。

【0249】

図11に表示素子として発光素子を用いた表示装置の例を示す。表示素子である発光素子450は、画素部302に設けられたトランジスタ350と電氣的に接続している。なお発光素子450の構成は、導電膜370b、電界発光層452、上部電極454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450から取り出す光の方向などに合わせて、発光素子450の構成は適宜変更することができる。

10

【0250】

隔壁456は、有機絶縁材料、または無機絶縁材料を用いて形成する。特に隔壁456は、感光性の樹脂材料を用いると好ましい。例えば、該感光性の樹脂材料を用いて、隔壁456を形成する場合、平坦化絶縁膜368、及び導電膜370b上に感光性の樹脂材料を塗布し、所望の領域に光を照射することで、導電膜370b上の一部に開口部を形成し、その開口部の側壁が連続した曲率を有する傾斜面となるように形成することができる。

【0251】

電界発光層452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

【0252】

発光素子450に酸素、水素、水、二酸化炭素等が侵入しないように、上部電極454、及び隔壁456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等を形成することができる。また、第1の基板300、第2の基板301、及びシール材312によって封止された空間には充填材458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。

【0253】

充填材458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）、アクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、エポキシ系樹脂、シリコン系樹脂、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458として、窒素を用いればよい。

30

【0254】

また、必要であれば、発光素子の射出面に偏光板、または円偏光板（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。

【0255】

なお、図10、及び図11において、第1の基板300、第2の基板301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。

40

【0256】

以上のように実施の形態1、及び実施の形態2で示したトランジスタ、または信号線を適用することで、様々な機能を有する表示装置を提供することができる。

50

【 0 2 5 7 】

本実施の形態は、他の実施の形態に記載した構成と適宜組み合わせることで実施することが可能である。

【 0 2 5 8 】

(実施の形態 4)

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、電子ペーパー、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（PDA）、携帯端末（スマートフォン、タブレットPC等を含む）、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。上記実施の形態で説明した半導体装置を含む電子機器の例について図 1 2、及び図 1 3 を用いて説明する。

10

【 0 2 5 9 】

図 1 2 (A) は、ノート型のパーソナルコンピュータであり、本体 3 0 0 1、筐体 3 0 0 2、表示部 3 0 0 3、キーボード 3 0 0 4 などによって構成されている。上記実施の形態のいずれかで示した半導体装置を表示部 3 0 0 3 に適用することにより、安定した電気特性を有し、且つ配線抵抗に起因する信号遅延の少な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。

【 0 2 6 0 】

図 1 2 (B) は、携帯情報端末（PDA）であり、本体 3 0 2 1 には表示部 3 0 2 3 と、外部インターフェイス 3 0 2 5 と、操作ボタン 3 0 2 4 等が設けられている。また操作用の付属品としてスタイラス 3 0 2 2 がある。上記実施の形態のいずれかで示した半導体装置を表示部 3 0 2 3 に適用することにより、より安定した電気特性を有し、且つ配線抵抗に起因する信号遅延の少ない携帯情報端末（PDA）とすることができる。

20

【 0 2 6 1 】

図 1 2 (C) は、電子書籍の一例を示している。例えば、電子書籍 2 7 0 0 は、筐体 2 7 0 1 および筐体 2 7 0 3 の 2 つの筐体で構成されている。筐体 2 7 0 1 および筐体 2 7 0 3 は、軸部 2 7 1 1 により一体とされており、該軸部 2 7 1 1 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。

30

【 0 2 6 2 】

筐体 2 7 0 1 には表示部 2 7 0 5 が組み込まれ、筐体 2 7 0 3 には表示部 2 7 0 7 が組み込まれている。表示部 2 7 0 5 および表示部 2 7 0 7 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 1 2 (C) では表示部 2 7 0 5）に文章を表示し、左側の表示部（図 1 2 (C) では表示部 2 7 0 7）に画像を表示することができる。上記実施の形態のいずれかで示した半導体装置を表示部 2 7 0 5、表示部 2 7 0 7 に適用することにより、安定した電気特性を有し、且つ配線抵抗に起因する信号遅延の少ない電子書籍とすることができる。表示部 2 7 0 5 として半透過型、または反射型の液晶表示装置を用いる場合、比較的明るい状況下での使用も予想されるため、太陽電池を設け、太陽電池による発電、及びバッテリーでの充電を行えるようにしてもよい。なおバッテリーとしては、リチウムイオン電池を用いると、小型化を図れる等の利点がある。

40

【 0 2 6 3 】

また、図 1 2 (C) では、筐体 2 7 0 1 に操作部などを備えた例を示している。例えば、筐体 2 7 0 1 において、電源 2 7 2 1、操作キー 2 7 2 3、スピーカー 2 7 2 5などを備えている。操作キー 2 7 2 3 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 2 7 0 0 は、電子辞書としての機能を持

50

たせた構成としてもよい。

【0264】

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。

【0265】

図12(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、携帯電話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。上記実施の形態のいずれかで示した半導体装置を表示パネル2802に適用することにより、安定した電気特性を有し、且つ配線抵抗に起因する信号遅延の少ない携帯電話とすることができる。

10

【0266】

また、表示パネル2802はタッチパネルを備えており、図12(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。

【0267】

表示パネル2802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2802と同一面上にカメラ用レンズ2807を備えているため、テレビ電話が可能である。スピーカー2803及びマイクロフォン2804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2800と筐体2801は、スライドし、図12(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。

20

【0268】

外部接続端子2808はACアダプタ及びUSB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2811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。

30

【0269】

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。

【0270】

図12(E)は、デジタルビデオカメラであり、本体3051、表示部(A)3057、接眼部3053、操作スイッチ3054、表示部(B)3055、バッテリー3056などによって構成されている。上記実施の形態のいずれかで示した半導体装置を表示部(A)3057、表示部(B)3055に適用することにより、安定した電気特性を有し、且つ配線抵抗に起因する信号遅延の少ないデジタルビデオカメラとすることができる。

【0271】

40

図12(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9600は、筐体9601に表示部9603が組み込まれている。表示部9603により、映像を表示することが可能である。また、ここでは、スタンド9605により筐体9601を支持した構成を示している。上記実施の形態のいずれかで示した半導体装置を表示部9603に適用することにより、安定した電気特性を有し、且つ配線抵抗に起因する信号遅延の少ないテレビジョン装置とすることができる。

【0272】

テレビジョン装置9600の操作は、筐体9601が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機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。

50

【 0 2 7 3 】

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 2 7 4 】

図 1 3 は、タブレット型端末の一例を示しており、図 1 3 (A) 乃至図 1 3 (C) は、タブレット型端末 5 0 0 0 を示し、図 1 3 (D) は、タブレット型端末 6 0 0 0 を示している。

10

【 0 2 7 5 】

図 1 3 (A) 乃至図 1 3 (C) に示すタブレット型端末 5 0 0 0 において、図 1 3 (A) は正面図を、図 1 3 (B) は側面図を、図 1 3 (C) は背面図を、それぞれ示している。また、図 1 3 (D) に示すタブレット型端末 6 0 0 0 においては、正面図を示している。

【 0 2 7 6 】

タブレット型端末 5 0 0 0 は、筐体 5 0 0 1、表示部 5 0 0 3、電源ボタン 5 0 0 5、前面カメラ 5 0 0 7、背面カメラ 5 0 0 9、第 1 の外部接続端子 5 0 1 1、及び第 2 の外部接続端子 5 0 1 3 等により構成されている。

【 0 2 7 7 】

また、表示部 5 0 0 3 は、筐体 5 0 0 1 に組み込まれており、タッチパネルとしても用いることができる。例えば、表示部 5 0 0 3 上にアイコン 5 0 1 5 等を表示させて、メールや、スケジュール管理といった作業を行うことができる。また、筐体 5 0 0 1 には、正面側に前面カメラ 5 0 0 7 が組み込まれており、使用者側の映像を撮影することができる。また、筐体 5 0 0 1 には、背面側に背面カメラ 5 0 0 9 が組み込まれており、使用者と反対側の映像を撮影することができる。また、筐体 5 0 0 1 には、第 1 の外部接続端子 5 0 1 1、及び第 2 の外部接続端子 5 0 1 3 を備えており、例えば、第 1 の外部接続端子 5 0 1 1 により、イヤホン等に音声を出し、第 2 の外部接続端子 5 0 1 3 により、データの移動等を行うことができる。

20

【 0 2 7 8 】

次に、図 1 3 (D) に示すタブレット型端末 6 0 0 0 は、第 1 の筐体 6 0 0 1、第 2 の筐体 6 0 0 3、ヒンジ部 6 0 0 5、第 1 の表示部 6 0 0 7、第 2 の表示部 6 0 0 9、電源ボタン 6 0 1 1、第 1 のカメラ 6 0 1 3、第 2 のカメラ 6 0 1 5 等により構成されている。

30

【 0 2 7 9 】

また、第 1 の表示部 6 0 0 7 は、第 1 の筐体 6 0 0 1 に組み込まれており、第 2 の表示部 6 0 0 9 は、第 2 の筐体 6 0 0 3 に組み込まれている。第 1 の表示部 6 0 0 7、及び第 2 の表示部 6 0 0 9 は、例えば、第 1 の表示部 6 0 0 7 を表示用パネルとして使用し、第 2 の表示部 6 0 0 9 をタッチパネルとする。第 1 の表示部 6 0 0 7 に表示されたテキストアイコン 6 0 1 7 を確認し、第 2 の表示部 6 0 0 9 に表示させたアイコン 6 0 1 9、またはキーボード 6 0 2 1（実際には第 2 の表示部 6 0 0 9 に表示されたキーボード画像）を用いて、画像の選択、または文字の入力等を行うことができる。もちろん、第 1 の表示部 6 0 0 7 がタッチパネルであり、第 2 の表示部 6 0 0 9 が表示用パネルといった構成や、第 1 の表示部 6 0 0 7、及び第 2 の表示部 6 0 0 9 とともにタッチパネルといった構成としてもよい。

40

【 0 2 8 0 】

また、第 1 の筐体 6 0 0 1 と、第 2 の筐体 6 0 0 3 は、ヒンジ部 6 0 0 5 により接続されており、第 1 の筐体 6 0 0 1 と、第 2 の筐体 6 0 0 3 と、を開閉することができる。このような構成とすることにより、タブレット型端末 6 0 0 0 を持ち運ぶ際に、第 1 の筐体 6 0 0 1 に組み込まれた第 1 の表示部 6 0 0 7 と、第 2 の筐体 6 0 0 3 に組み込まれた第

50

2の表示部6009と、を合わせること、第1の表示部6007、及び第2の表示部6009の表面（例えば、プラスチック基板等）を保護することができるので好適である。

【0281】

また、第1の筐体6001と第2の筐体6003は、ヒンジ部6005により、分離できる構成としても良い（所謂コンバーチブル型）。このような構成とすることで、例えば、第1の筐体6001を縦置きとし、第2の筐体6003を横置きとして使用するというように、使用範囲が広がるので好適である。

【0282】

また、第1のカメラ6013、及び第2のカメラ6015により、3D画像の撮影を行うこともできる。

【0283】

また、タブレット型端末5000、及びタブレット型端末6000は、無線で情報を受信できる構成としてもよい。例えば、無線により、インターネット等に接続し、所望の情報を購入し、ダウンロードする構成とすることも可能である。

【0284】

また、タブレット型端末5000、及びタブレット型端末6000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タッチ入力操作又は編集するタッチ入力機能、様々なソフトウェア（プログラム）によって処理を制御する機能、等を有することができる。また、外光の光量に応じて表示の輝度を最適にすることができる光センサや、ジャイロや加速度センサなど傾きを検出するセンサなどの検出装置を内蔵させてもよい。

【0285】

上記実施の形態で示した半導体装置をタブレット型端末5000の表示部5003、タブレット型端末6000の第1の表示部6007、または/および第2の表示部6009に適用することにより、安定した電気特性を有し、且つ配線抵抗に起因する信号遅延の少ないタブレット型端末とすることができる。

【0286】

本実施の形態は、他の実施の形態に記載した構成と適宜組み合わせて実施することが可能である。

【符号の説明】

【0287】

- 102 基板
- 104 ゲート電極
- 104a 第1のゲート電極
- 104b 第2のゲート電極
- 106 ゲート絶縁膜
- 106a 第1のゲート絶縁膜
- 106b 第2のゲート絶縁膜
- 108 酸化物半導体膜
- 109a 第1の金属膜
- 109b 第2の金属膜
- 109c 第3の金属膜
- 110 ソース電極
- 110a 第1の金属膜
- 110b 第2の金属膜
- 110c 第3の金属膜
- 112 ドレイン電極
- 112a 第1の金属膜
- 112b 第2の金属膜
- 112c 第3の金属膜

10

20

30

40

50

1 1 4 a	第 1 の絶縁膜	
1 1 4 b	第 2 の絶縁膜	
1 1 5	アルミニウム膜	
1 1 6	酸化アルミニウム膜	
1 1 8	平坦化絶縁膜	
1 4 1	レジストマスク	
1 4 2	レジストマスク	
1 4 5	酸素	
1 4 7	酸素	
1 5 0	トランジスタ	10
2 0 4	ゲート電極	
2 0 4 a	第 1 のゲート電極	
2 0 4 b	第 2 のゲート電極	
2 0 6	ゲート絶縁膜	
2 0 6 a	第 1 のゲート絶縁膜	
2 0 6 b	第 2 のゲート絶縁膜	
2 0 9 a	第 1 の金属膜	
2 0 9 b	第 2 の金属膜	
2 0 9 c	第 3 の金属膜	
2 1 0	ソース電極	20
2 1 0 a	第 1 の金属膜	
2 1 0 b	第 2 の金属膜	
2 1 0 c	第 3 の金属膜	
2 1 2	ドレイン電極	
2 1 2 a	第 1 の金属膜	
2 1 2 c	第 3 の金属膜	
2 3 2	信号線	
2 4 1	レジストマスク	
2 4 2	レジストマスク	
2 5 0	トランジスタ	30
2 6 0	信号線領域	
3 0 0	基板	
3 0 1	基板	
3 0 2	画素部	
3 0 4	ソースドライバ回路部	
3 0 6	ゲートドライバ回路部	
3 0 8	F P C 端子部	
3 1 0	信号線	
3 1 2	シール材	
3 1 6	F P C	40
3 5 0	トランジスタ	
3 5 2	トランジスタ	
3 6 0	端子電極	
3 6 0 a	第 1 の金属膜	
3 6 0 b	第 2 の金属膜	
3 6 0 c	第 3 の金属膜	
3 6 4	絶縁膜	
3 6 6	保護絶縁膜	
3 6 8	平坦化絶縁膜	
3 7 0 a	導電膜	50

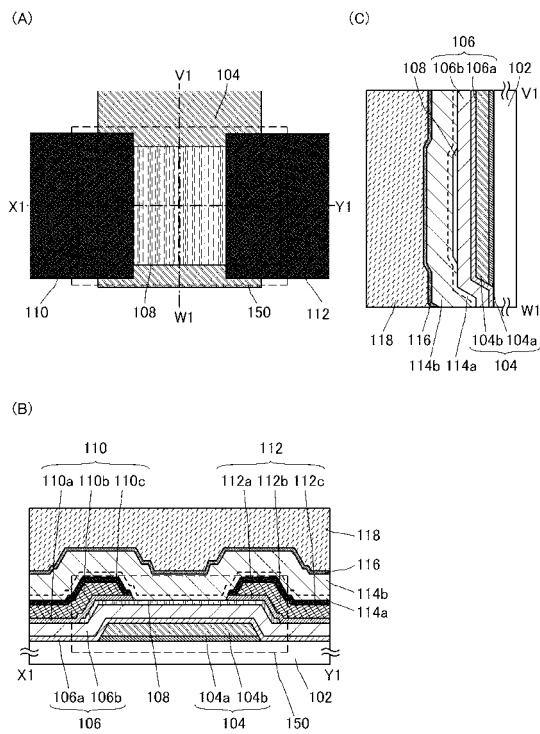
3 7 0 b	導電膜	
3 8 0	異方性導電膜	
4 0 2	液晶素子	
4 0 4	対向電極	
4 0 6	液晶層	
4 1 0	絶縁膜	
4 1 2	絶縁膜	
4 3 5	スペーサ	
4 5 0	発光素子	
4 5 2	電界発光層	10
4 5 4	上部電極	
4 5 6	隔壁	
4 5 8	充填材	
2 7 0 0	電子書籍	
2 7 0 1	筐体	
2 7 0 3	筐体	
2 7 0 5	表示部	
2 7 0 7	表示部	
2 7 1 1	軸部	
2 7 2 1	電源	20
2 7 2 3	操作キー	
2 7 2 5	スピーカー	
2 8 0 0	筐体	
2 8 0 1	筐体	
2 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	30
2 8 0 8	外部接続端子	
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	40
3 0 2 4	操作ボタン	
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 6	バッテリー	
5 0 0 0	タブレット型端末	
5 0 0 1	筐体	
5 0 0 3	表示部	
5 0 0 5	電源ボタン	50

5 0 0 7	前面カメラ
5 0 0 9	背面カメラ
5 0 1 1	外部接続端子
5 0 1 3	外部接続端子
5 0 1 5	アイコン
6 0 0 0	タブレット型端末
6 0 0 1	筐体
6 0 0 3	筐体
6 0 0 5	ヒンジ部
6 0 0 7	表示部
6 0 0 9	表示部
6 0 1 1	電源ボタン
6 0 1 3	カメラ
6 0 1 5	カメラ
6 0 1 7	テキストアイコン
6 0 1 9	アイコン
6 0 2 1	キーボード
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

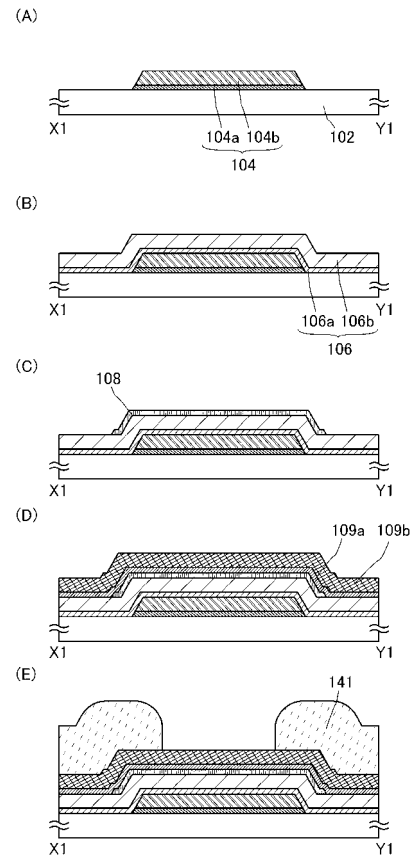
10

20

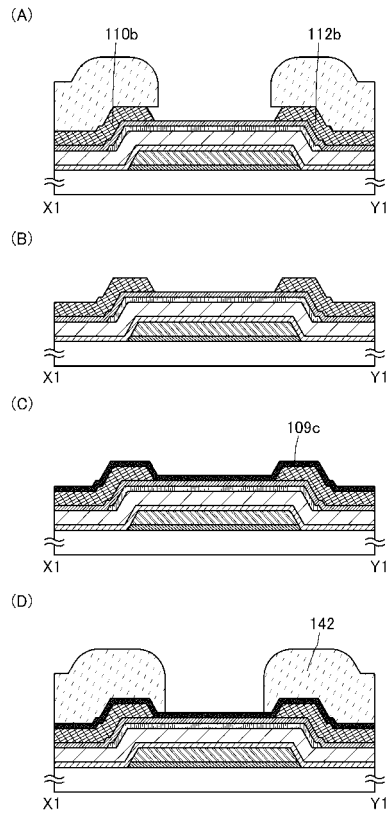
【図 1】



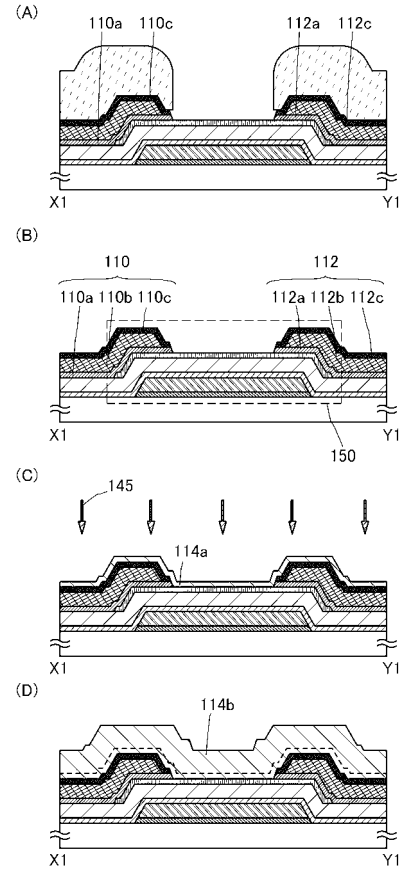
【図 2】



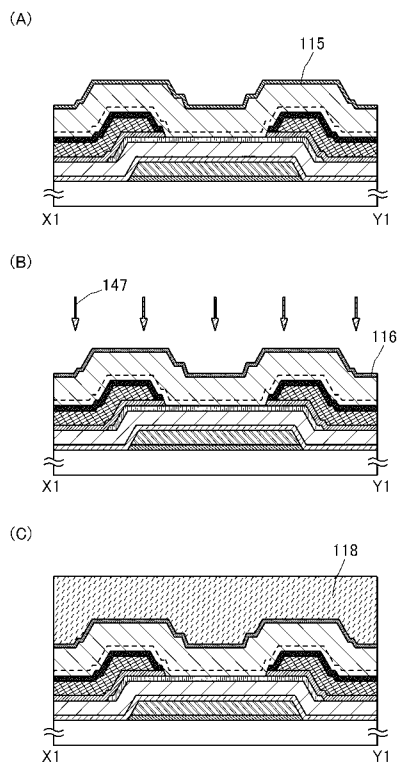
【図 3】



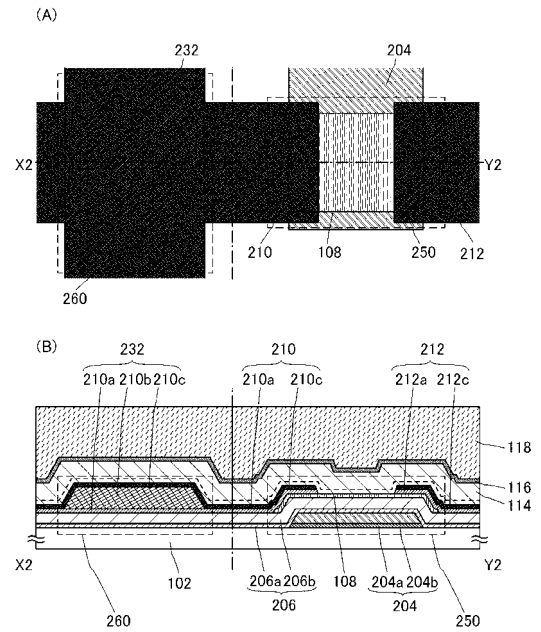
【図 4】



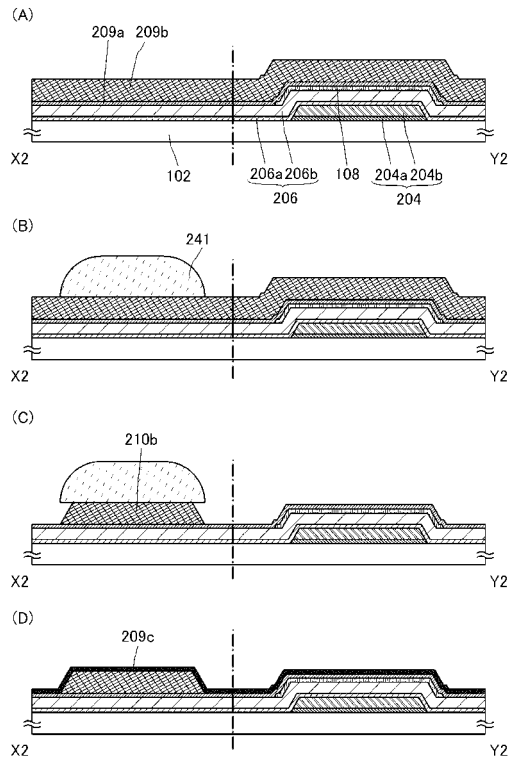
【図 5】



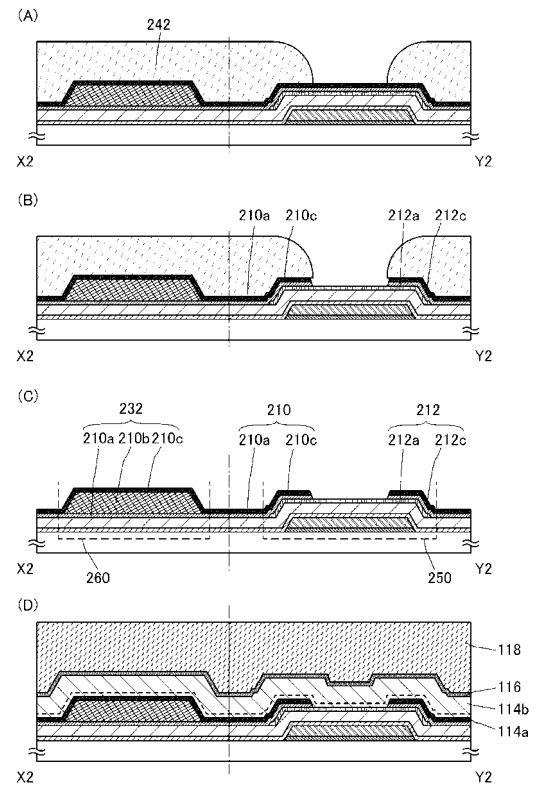
【図 6】



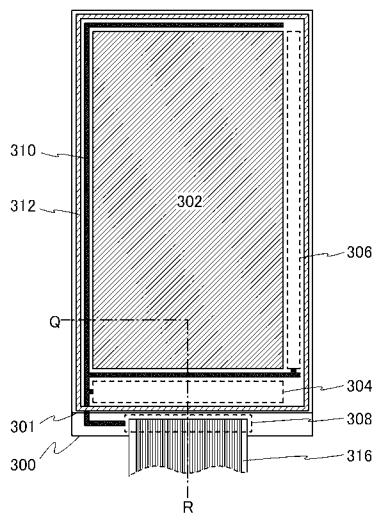
【図 7】



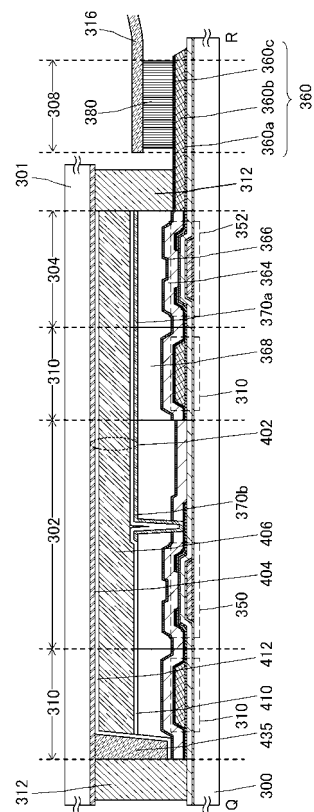
【図 8】



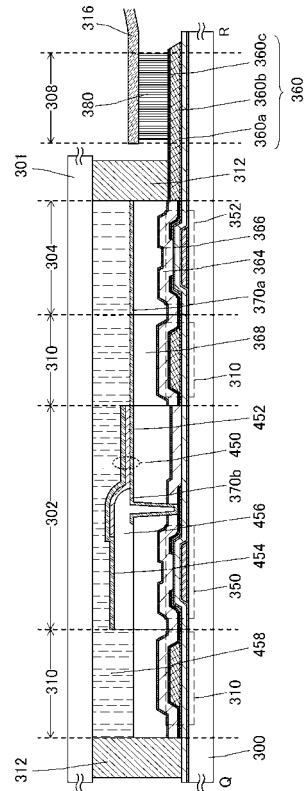
【図 9】



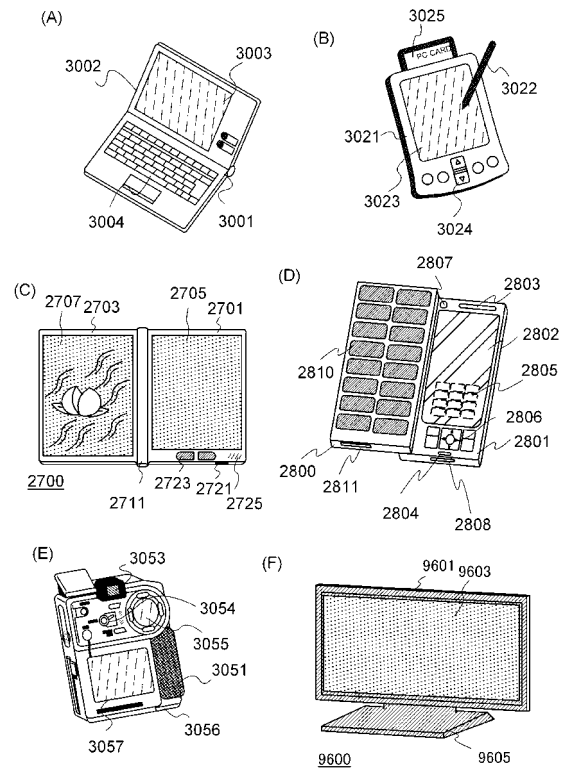
【図 10】



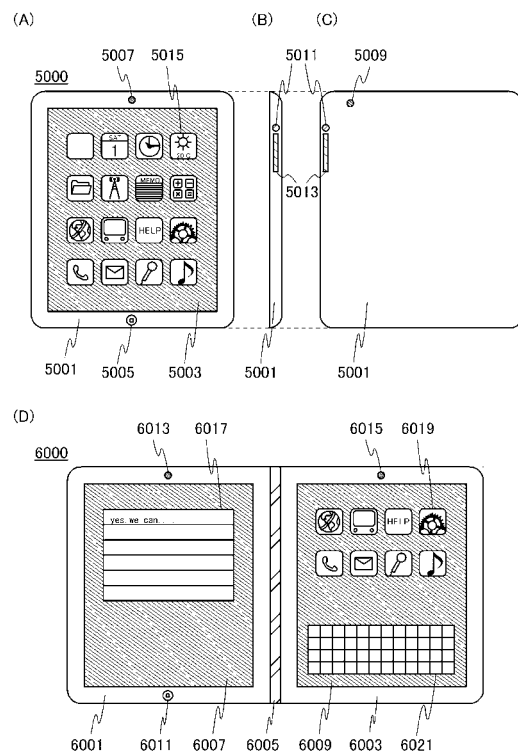
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I
H 0 1 L 21/768 (2006.01)		H 0 1 L 29/78 6 2 7 C
H 0 1 L 23/532 (2006.01)		H 0 1 L 29/78 6 1 7 M
G 0 2 F 1/1368 (2006.01)		H 0 1 L 29/78 6 1 2 C
		H 0 1 L 21/28 3 0 1 B
		H 0 1 L 29/50 M
		H 0 1 L 21/88 R
		G 0 2 F 1/1368

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H 0 1 L 2 1 / 3 2 0 5 - 2 1 / 3 2 1 3、2 1 / 3 3 6、
2 1 / 7 6 8、2 3 / 5 2 2、2 3 / 5 3 2、2 9 / 7 8 6