

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6262519号

(P6262519)

(45) 発行日 平成30年1月17日(2018.1.17)

(24) 登録日 平成29年12月22日(2017.12.22)

(51) Int.Cl.	F I				
H O 1 L 29/786 (2006.01)	H O 1 L 29/78	6 1 2 B			
G O 2 F 1/1368 (2006.01)	G O 2 F 1/1368				
H O 1 L 21/336 (2006.01)	H O 1 L 29/78	6 1 8 B			
G O 9 F 9/30 (2006.01)	H O 1 L 29/78	6 1 9 A			
	G O 9 F 9/30	3 3 8			
		請求項の数 3	(全 72 頁)	最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2013-268881 (P2013-268881)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成25年12月26日(2013.12.26)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2014-199913 (P2014-199913A)		神奈川県厚木市長谷398番地
(43) 公開日	平成26年10月23日(2014.10.23)	(72) 発明者	遠藤 佑太
審査請求日	平成28年12月22日(2016.12.22)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2012-288973 (P2012-288973)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成24年12月28日(2012.12.28)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	審査官	岩本 勉
(31) 優先権主張番号	特願2013-49261 (P2013-49261)		
(32) 優先日	平成25年3月12日(2013.3.12)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置、および半導体装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

トランジスタと容量素子を有し、前記トランジスタは、第1の絶縁膜上の第1の酸化物半導体層と、前記第1の酸化物半導体層と接する領域を有するソース電極層およびドレイン電極層と

、

前記ソース電極層および前記ドレイン電極層および第1の酸化物半導体層の上方の第2の絶縁膜と、前記第2の絶縁膜を介して前記第1の酸化物半導体層と重なるゲート電極層と、前記第2の絶縁膜および前記ゲート電極層の上方の第3の絶縁膜と、前記第3の絶縁膜の上方の第4の絶縁膜と、を有し、前記容量素子は、前記第1の絶縁膜の上方の第2の酸化物半導体層と、前記第2の酸化物半導体層と接する領域を有する配線と、前記第2の酸化物半導体層および前記配線の上方の第5の絶縁膜と、前記第5の絶縁膜の上方の透光性導電膜と、を有し、前記第5の絶縁膜は、前記第3および前記第4の絶縁膜を有し、前記第3の絶縁膜は、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウムまたはGa-Zn系金属酸化物のうち、いずれか一つを有し、

10

20

前記第4の絶縁膜は、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウムのうち、いずれか一つを有することを特徴とする半導体装置。

【請求項2】

請求項1において、

前記第2の絶縁膜は、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウムまたはGa-Zn系金属酸化物のうち、いずれか一つを有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1の絶縁膜は、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウムまたはGa-Zn系金属酸化物のうち、いずれか一つ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】

本発明は、物、方法、または、製造方法に関する。または、本発明は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関する。特に、本発明は、例えば、半導体装置、表示装置、発光装置、それらの駆動方法、または、それらの作製方法に関する。特に、本発明は、例えば、酸化物半導体を有する半導体装置、表示装置、または、発光装置、およびその作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、液晶ディスプレイ（LCD）などのフラットパネルディスプレイが広く普及してきている。フラットパネルディスプレイなどの表示装置において、行方向および列方向に配設された画素内には、スイッチング素子であるトランジスタと、当該トランジスタと電氣的に接続された液晶素子と、当該液晶素子と並列に接続された容量素子とが設けられている。

【0003】

当該トランジスタの半導体膜を構成する半導体材料としては、アモルファス（非晶質）シリコンまたはポリ（多結晶）シリコンなどのシリコン半導体が汎用されている。

【0004】

また、半導体特性を示す金属酸化物（以下、酸化物半導体と記す）は、トランジスタの半導体膜に適用できる半導体材料である。例えば、酸化亜鉛またはIn-Ga-Zn系酸化物半導体を用いて、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および特許文献2を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-123861号公報

【特許文献2】特開2007-96055号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

容量素子是一对の電極の間に誘電体膜が設けられており、一对の電極のうち、少なくとも一方の電極は、トランジスタを構成するゲート電極、ソース電極またはドレイン電極など同一材料で形成されるため、金属などの遮光性を有する導電膜で形成されていることが多い。

【0007】

また、容量素子の容量値を大きくするほど、電界を加えた状況において、液晶素子の液晶分子の配向を一定に保つことができる期間を長くすることができる。静止画を表示させる

10

20

30

40

50

ことのできる表示装置において、当該期間を長くできることは、画像データを書き換える回数を低減することができ、消費電力の低減が望める。

【0008】

容量素子の電荷容量を大きくするためには、画素内における容量素子の占有面積を大きくする、具体的には一対の電極が重畳している面積を大きくするという手段がある。しかしながら、上記表示装置において、一対の電極が重畳している面積を大きくするために遮光性を有する導電膜の面積を大きくすると、画素の開口率が低減し、画像の表示品位が低下する。

【0009】

そこで、上記課題に鑑みて、本発明の一態様は、開口率が高い半導体装置などを提供することを目的の一つとする。または、電荷容量を増大させることが可能な容量素子を有する半導体装置などを提供することを目的の一つとする。または、フォトリソグラフィ工程のマスク枚数を削減することのできる半導体装置などを提供することを目的の一つとする。または、オフ電流の低い半導体装置などを提供することを目的の一つとする。または、消費電力を低減した半導体装置などを提供することを目的の一つとする。または、透明な半導体層を用いた半導体装置などを提供することを目的の一つとする。または、信頼性の高い半導体装置などを提供することを目的の一つとする。または、目にやさしい半導体装置などを提供することを目的の一つとする。または、新規な半導体装置などを提供することを目的の一つとする。または、新規な半導体装置などの作製方法を提供することを目的の一つとする。

【0010】

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

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一態様は、酸化物半導体層を一方の電極とし、透光性導電膜を他方の電極とする透光性を有する容量素子を含む半導体装置に関する。

【0012】

本発明の一態様は、トランジスタを有する半導体装置であって、第1の絶縁膜上に形成された第1の酸化物半導体層および第2の酸化物半導体層と、第1の酸化物半導体層と電気的に接続されたソース電極層およびドレイン電極層と、第2の酸化物半導体層と電気的に接続された配線と、第1の絶縁膜、第1の酸化物半導体層、第2の酸化物半導体層、ソース電極層、ドレイン電極層、および配線上に形成された第2の絶縁膜と、第2の絶縁膜を介して第1の酸化物半導体層と重なるゲート電極層と、第2の絶縁膜、およびゲート電極層上に形成された第3の絶縁膜と、第3の絶縁膜上に形成された第4の絶縁膜と、第2の酸化物半導体層上において、第4の絶縁膜上に形成された透光性導電膜と、を有し、誘電体を含み、第2の酸化物半導体層の少なくとも一部を第1の電極とし、透光性導電膜の少なくとも一部を第2の電極とした容量素子を有することを特徴とする半導体装置である。

【0013】

第1の酸化物半導体層および第2の酸化物半導体層は同じ材料で形成されていることが好ましい。

【0014】

また、第1の酸化物半導体層および第2の酸化物半導体層は、エネルギーギャップが2.0 eV以上であることが好ましい。

【0015】

第2の酸化物半導体層に水素、ホウ素、窒素、フッ素、アルミニウム、リン、ヒ素、インジウム、スズ、アンチモンおよび希ガス元素から選ばれた一種以上のドーパントが添加されていてもよい。

【 0 0 1 6 】

誘電体は第 2 の絶縁膜、第 3 の絶縁膜および第 4 の絶縁膜で形成することができる。

【 0 0 1 7 】

また、誘電体を第 3 の絶縁膜および第 4 の絶縁膜で形成してもよい。

【 0 0 1 8 】

また、誘電体を第 4 の絶縁膜で形成してもよい。

【 0 0 1 9 】

また、第 3 の絶縁膜は、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウムまたは Ga - Zn 系金属酸化物から選ばれた酸化絶縁材料の単層構造または積層構造で形成することが好ましい。

10

【 0 0 2 0 】

また、第 4 の絶縁膜は、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウムから選ばれた窒化絶縁材料の単層構造または積層構造で形成することが好ましい。

【 0 0 2 1 】

また、第 1 の絶縁膜と第 2 の酸化物半導体層との間に水素を含む窒化絶縁膜が形成されていてもよい。

【 0 0 2 2 】

また、ソース電極層、ドレイン電極層、および配線は同一の絶縁表面上に形成された構成とすることができる。

20

【 0 0 2 3 】

また、ソース電極層、ドレイン電極層、および配線は同じ材料で形成された構成とすることができる。

【 0 0 2 4 】

また、透光性導電膜はソース電極またはドレイン電極の一方と電氣的に接続されている構成とすることができる。

【 0 0 2 5 】

また、本発明の他の一態様は、第 1 の絶縁膜上に第 1 の酸化物半導体層および第 2 の酸化物半導体層を形成し、第 1 の酸化物半導体層と電氣的に接続するソース電極層およびドレイン電極層、ならびに、第 2 の酸化物半導体層と電氣的に接続する配線を形成し、第 1 の絶縁膜、第 1 の酸化物半導体層、第 2 の酸化物半導体層、ソース電極層、ドレイン電極層、および配線に第 2 の絶縁膜を形成し、第 2 の絶縁膜上に第 1 の酸化物半導体層と重畳するゲート電極層を形成し、第 2 の絶縁膜およびゲート電極層上に第 3 の絶縁膜を形成し、第 3 の絶縁膜上に第 4 の絶縁膜を形成し、第 2 の絶縁膜、第 3 の絶縁膜、および第 4 の絶縁膜にソース電極層またはドレイン電極層に通じる開口部を形成し、第 4 の絶縁膜上に開口部でソース電極層またはドレイン電極層と電氣的に接続する透光性導電膜を形成し、トランジスタと、第 1 の電極として少なくとも第 2 の酸化物半導体層の一部、第 2 の電極として透光性導電膜の少なくとも一部、誘電体層を有する容量素子と、を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

30

【 0 0 2 6 】

第 1 の酸化物半導体層および第 2 の酸化物半導体層は同じ材料で形成することが好ましい。

40

【 0 0 2 7 】

また、第 1 の酸化物半導体層および第 2 の酸化物半導体層は、エネルギーギャップが 2 . 0 e V 以上の材料で形成することが好ましい。

【 0 0 2 8 】

また、第 2 の酸化物半導体層に水素、ホウ素、窒素、フッ素、アルミニウム、リン、ヒ素、インジウム、スズ、アンチモンおよび希ガス元素から選ばれた一種以上のドーパントを添加してもよい。

【 0 0 2 9 】

50

誘電体は第2の絶縁膜、第3の絶縁膜および第4の絶縁膜で形成することができる。

【0030】

また、第2の酸化物半導体層上の第2の絶縁膜をエッチングし、誘電体を第3の絶縁膜および第4の絶縁膜で形成してもよい。

【0031】

また、第2の酸化物半導体層上の第2の絶縁膜および第3の絶縁膜をエッチングし、誘電体を第4の絶縁膜で形成してもよい。

【0032】

また、第3の絶縁膜を、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウムまたはGa-Zn系金属酸化物から選ばれた酸化絶縁材料の単層構造または積層構造で形成することが好ましい。

10

【0033】

また、第4の絶縁膜を、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウムから選ばれた窒化絶縁材料の単層構造または積層構造で形成することが好ましい。

【0034】

また、第1の絶縁膜と第2の酸化物半導体層との間に水素を含む窒化絶縁膜を形成してもよい。

【0035】

また、ソース電極層、ドレイン電極層、および配線を同じ材料で形成することが好ましい。

20

【0036】

また、ソース電極層、前記ドレイン電極層、および前記配線を同一の絶縁表面上に形成することが好ましい。

【発明の効果】

【0037】

本発明の一態様より、開口率が高い半導体装置などを提供することができる。または、電荷容量を増大させることが可能な容量素子を有する半導体装置などを提供することができる。または、フォトリソグラフィ工程のマスク枚数を削減することのできる半導体装置などを提供することができる。または、オフ電流の低い半導体装置などを提供することができる。または、消費電力を低減した半導体装置などを提供することができる。または、透明な半導体層を用いた半導体装置などを提供することができる。または、信頼性の高い半導体装置などを提供することができる。または、目にやさしい半導体装置を提供することができる。または、半導体装置の作製方法を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】半導体装置を説明する上面図。

【図2】半導体装置を説明する断面図。

【図3】半導体装置を説明する図。

【図4】半導体装置の画素を説明する回路図。

40

【図5】半導体装置の作製方法を説明する断面図。

【図6】半導体装置の作製方法を説明する断面図。

【図7】半導体装置の容量素子を説明する断面図。

【図8】半導体装置を説明する断面図。

【図9】半導体装置を説明する断面図。

【図10】酸化物半導体膜の極微電子線回折パターンを示す図。

【図11】酸化物半導体膜のCPM測定結果を示す図。

【図12】CAAC-OS膜のCPM測定結果を示す図。

【図13】酸化物半導体膜の断面TEM像および極微電子線回折パターン。

【図14】酸化物半導体膜の平面TEM像および制限視野電子線回折パターン。

50

【図 1 5】電子線回折強度分布の概念図。

【図 1 6】石英ガラス基板の極微電子線回折パターン。

【図 1 7】酸化物半導体膜の極微電子線回折パターン。

【図 1 8】酸化物半導体膜の断面 TEM 像。

【図 1 9】酸化物半導体膜の X 線回折分析結果。

【図 2 0】CAAC - OS 膜の断面 TEM 像。

【図 2 1】CAAC - OS 膜の電子線回折パターン。

【図 2 2】CAAC - OS 膜の断面 TEM 像。

【図 2 3】CAAC - OS 膜の断面 TEM 像および X 線回折スペクトル。

【図 2 4】CAAC - OS 膜の電子線回折パターン。

10

【図 2 5】CAAC - OS 膜の断面 TEM 像および X 線回折スペクトル。

【図 2 6】CAAC - OS 膜の電子線回折パターン。

【図 2 7】CAAC - OS 膜の断面 TEM 像および X 線回折スペクトル。

【図 2 8】CAAC - OS 膜の電子線回折パターン。

【図 2 9】半導体装置を説明する上面図。

【図 3 0】半導体装置を説明する断面図。

【図 3 1】半導体装置を説明する断面図および上面図。

【図 3 2】表示機能を有する情報処理装置の構成を説明するブロック図。

【図 3 3】情報処理装置の表示部の構成を説明するブロック図および回路図。

【図 3 4】情報処理装置の構成を説明するブロック図および画像データを説明するための
模式図。

20

【図 3 5】情報処理装置の効果を説明する図。

【図 3 6】情報処理装置を説明するブロック図。

【図 3 7】半導体装置を用いた電子機器を説明する図。

【図 3 8】半導体装置を用いた電子機器を説明する図。

【図 3 9】半導体装置を用いた電子機器を説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0039】

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。

30

【0040】

以下に説明する本発明の構成において、同一部分または同様の機能を有する部分には同一の符号を異なる図面間で共通して用い、その繰り返しの説明は省略する。また、同様の機能を有する部分を指す場合には、ハッチパターンを同じくし、特に符号を付さない場合がある。

【0041】

本明細書で説明する各図において、各構成の大きさ、膜の厚さ、または領域は、明瞭化のために誇張されている場合がある。よって、必ずしもそのスケールに限定されない。

40

【0042】

本明細書などにおいて、第 1、第 2 等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、本明細書等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。

【0043】

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

50

電圧を電位と読み替えてもよいこととする。

【0044】

本明細書において、フォトリソグラフィ処理を行った後にエッチング処理を行う場合は、フォトリソグラフィ処理で形成したレジストマスクは除去するものとする。

【0045】

(実施の形態1)

本実施の形態では、本発明の一態様である半導体装置について、図面を用いて説明する。なお、本実施の形態では、液晶表示装置を例にして本発明の一態様である半導体装置を説明する。なお、本発明の一態様である半導体装置は、他の表示装置にも適用することができる。

10

【0046】

図3は、本発明の一態様の半導体装置を説明する図である。図3に示す半導体装置は、画素部100と、第1の駆動回路104と、第2の駆動回路106と、各々が平行または略平行に配設され、且つ第1の駆動回路104によって電位が制御されるm本の走査線107と、各々が平行または略平行に配設され、且つ第2の駆動回路106によって電位が制御されるn本の信号線109と、を有する。さらに、画素部100はマトリクス状に配設された複数の画素101を有する。また、当該半導体装置は容量線115(図3に図示せず)を有する。容量線115は、走査線107に沿って各々が平行または略平行に配設、または信号線109に沿って各々が平行または略平行に配設されている。

【0047】

20

各走査線107は、画素部100においてm行n列に配設された画素101のうち、いずれかの行に配設されたn個の画素101と電氣的に接続される。また、各信号線109は、m行n列に配設された画素101のうち、いずれかの列に配設されたm個の画素101に電氣的と接続される。m、nは、ともに1以上の整数である。また、各容量線115は、m行n列に配設された画素101のうち、いずれかの行に配設されたn個の画素101と電氣的に接続される。なお、容量線115が、信号線109に沿って、各々が平行または略平行に配設されている場合は、m行n列に配設された画素101のうち、いずれかの列に配設されたm個の画素101に電氣的と接続される。

【0048】

なお、第1の駆動回路104は、走査線107に接続されたトランジスタをスイッチングする信号を供給する機能、例えば、走査線駆動回路としての機能を有することができる。また、第2の駆動回路106は、信号線109に接続されたトランジスタに映像信号を供給する機能、例えば、信号線駆動回路としての機能を有することができる。なお、これに限らず、第1の駆動回路104および第2の駆動回路106は、別の信号を供給することも可能である。

30

【0049】

また、本実施の形態では、液晶表示装置を例として説明するため、便宜上、第1の駆動回路104に接続された配線を走査線107、容量線115と称し、第2の駆動回路106に接続された配線を信号線109と称するが、その名称によって機能を限定するものではない。

40

【0050】

図1は、上記半導体装置に含まれる画素101の一例の構成を説明する上面図である。なお、図1においては、液晶層および液晶素子が有する一対の電極のうち、一つを省略する。

【0051】

図1に示す画素101において、走査線107は、信号線109に略直交する方向(行方向)に延伸して設けられている。信号線109は、走査線107に略直交する方向(列方向)に延伸して設けられている。容量線115は、信号線109と平行方向に延伸して設けられている。なお、走査線107は、第1の駆動回路104(図3参照)と電氣的に接続されており、信号線109は、第2の駆動回路106(図3参照)に電氣的に接続され

50

ている。

【0052】

トランジスタ103は、走査線107および信号線109が交差する領域近傍に設けられている。トランジスタ103は、少なくとも、チャンネル形成領域を有する半導体膜111、ゲート電極、ゲート絶縁膜（図1に図示せず）、ソース電極、およびドレイン電極を含む。なお、走査線107において、半導体膜111と重畳する領域はトランジスタ103のゲート電極として機能する。信号線109において、半導体膜111と重畳する領域はトランジスタ103のソース電極またはドレイン電極の一方として機能する。導電膜113において、半導体膜111と重畳する領域はトランジスタ103のソース電極またはドレイン電極の他方として機能する。このため、ゲート電極、ソース電極、ドレイン電極をそれぞれ、走査線107、信号線109、導電膜113と示す場合がある。また、図1において、走査線107は、上面形状において端部が半導体膜111の端部より外側に位置する。このため、走査線107は外部からの光を遮る遮光膜として機能する。この結果、トランジスタに含まれる半導体膜111に光が照射されず、トランジスタの電気特性の変動を抑制することができる。

10

【0053】

また、本発明の一態様では半導体膜111に酸化物半導体を用いることが好ましい。酸化物半導体を用いたトランジスタは、適切な条件にて作製することでオフ電流を極めて小さくすることができる。したがって、半導体装置の消費電力を低減することができる。

【0054】

本発明の一態様において、酸化物半導体を用いたトランジスタはnチャネル型トランジスタである。また、酸化物半導体に含まれる酸素欠損はキャリアを生成することがあり、トランジスタの電気特性および信頼性を低下させる恐れがある。例えば、トランジスタのしきい値電圧がマイナス方向に変動し、ゲート電圧が0Vのときにドレイン電流が流れてしまうことがある。このように、ゲート電圧が0Vの場合にドレイン電流が流れてしまうことをノーマリーオン特性という。なお、ゲート電圧が0Vの場合にドレイン電流が流れていないとみなすことができるトランジスタをノーマリーオフ特性という。

20

【0055】

そのため、半導体膜111に酸化物半導体を用いる際、半導体膜111である酸化物半導体膜に含まれる欠陥（代表的には酸素欠損）は、できる限り低減されていることが好ましい。例えば、磁場の向きを膜面に対して平行に印加した電子スピン共鳴法による g 値=1.93のスピン密度（酸化物半導体膜に含まれる欠陥密度に相当する）は、測定器の検出下限以下まで低減されていることが好ましい。酸化物半導体膜に含まれる欠陥をできる限り低減することで、トランジスタ103がノーマリーオン特性となることを抑制することができ、半導体装置の電気特性および信頼性を向上させることができる。

30

【0056】

トランジスタのしきい値電圧のマイナス方向への変動は酸素欠損だけではなく、酸化物半導体に含まれる水素（水などの水素化合物を含む）によっても引き起こされることがある。酸化物半導体に含まれる水素の一部はドナー準位の形成に寄与し、キャリアである電子を生成してしまう。したがって、水素が含まれている酸化物半導体を用いたトランジスタはノーマリーオン特性となりやすい。

40

【0057】

そこで、半導体膜111に酸化物半導体を用いる際、半導体膜111である酸化物半導体膜は水素ができる限り低減されていることが好ましい。具体的には、二次イオン質量分析法（SIMS: Secondary Ion Mass Spectrometry）により得られる水素濃度を $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 未満、好ましくは $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、より好ましくは $5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、さらに好ましくは $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とする領域を有するように半導体膜111を形成する。

【0058】

50

また、二次イオン質量分析法により得られるアルカリ金属またはアルカリ土類金属の濃度を $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $2 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とする領域を有するように半導体膜 111 を形成することが好ましい。アルカリ金属およびアルカリ土類金属は、酸化物半導体と結合するとキャリアを生成する場合があります、トランジスタ 103 のオフ電流を増大させることがある。

【0059】

また、半導体膜 111 である酸化物半導体膜に窒素が含まれていると、キャリアである電子が生じ、キャリア密度が増加し、n 型化しやすい。この結果、窒素が含まれている酸化物半導体を用いたトランジスタはノーマリーオン特性となりやすい。したがって、当該酸化物半導体膜において、窒素はできる限り低減されていることが好ましい、例えば、窒素濃度は、 $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とする領域を有するように半導体膜 111 を形成することが好ましい。

10

【0060】

このように、不純物（水素、窒素、アルカリ金属またはアルカリ土類金属など）をできる限り低減させ、高純度化させた酸化物半導体膜を半導体膜 111 とすることで、トランジスタ 103 がノーマリーオン特性となることを抑制でき、トランジスタ 103 のオフ電流を極めて低減することができる。したがって、良好な電気特性に有する半導体装置を作製できる。また、信頼性を向上させた半導体装置を作製することができる。

【0061】

なお、高純度化された酸化物半導体膜を用いたトランジスタのオフ電流が低いことは、いろいろな実験により証明できる。例えば、チャネル幅が $1 \times 10^6 \mu\text{m}$ でチャネル長 L が $10 \mu\text{m}$ の素子であっても、ソース電極とドレイン電極間の電圧（ドレイン電圧）が 1 V から 10 V の範囲において、オフ電流が、半導体パラメータアナライザの測定限界以下、すなわち $1 \times 10^{-13} \text{ A}$ 以下という特性を得ることができる。この場合、トランジスタのチャネル幅で除した数値に相当するオフ電流は、 $100 \text{ zA}/\mu\text{m}$ 以下であることが分かる。また、容量素子とトランジスタとを接続して、容量素子に流入または容量素子から流出する電荷を当該トランジスタで制御する回路を用いて、オフ電流の測定を行った。当該測定では、上記トランジスタに高純度化された酸化物半導体膜をチャネル形成領域に用い、容量素子の単位時間あたりの電荷量の推移から当該トランジスタのオフ電流を測定した。その結果、トランジスタのソース電極とドレイン電極間の電圧が 3 V の場合に、数十 $\text{yA}/\mu\text{m}$ という、極めて低いオフ電流が得られることが分かった。したがって、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、オフ電流が著しく小さいといえることができる。

20

30

【0062】

図 1 において、導電膜 113 は、開口 117 を通じて透光性を有する導電膜で形成される液晶素子の一方の電極である画素電極 121 と電気的に接続されている。

【0063】

容量素子 105 は、透光性を有する酸化物半導体で形成される半導体膜 119 を一方の電極とし、透光性を有する画素電極 121 を他方の電極とし、トランジスタ 103 に含まれ、透光性を有する絶縁膜（図 1 に図示せず）を誘電体膜として構成されている。すなわち、容量素子 105 は透光性を有する。また、容量素子 105 の一方の電極である半導体膜 119 は、容量線 115 と電気的に接続されている。

40

【0064】

このように、容量素子 105 は透光性を有するため、液晶素子との重畳領域においても光を透過させることができる。したがって、画素 101 内に容量素子 105 を大きく（大面積に）形成しても開口率を例えば 55% 以上、さらには 60% 以上と高くすることが可能となる。また、容量素子における電荷容量を増大させた半導体装置を得ることができる。

【0065】

例えば、解像度の高い液晶表示装置においては、画素全体の面積が縮小されるが、容量素子においては必要な電荷容量を確保しなければならず、面積の縮小には限度がある。この

50

ため、解像度の高い液晶表示装置においては、開口率が小さくなってしまふ。一方、本実施の形態に示す容量素子 105 は透光性を有するため、当該容量素子を画素に設けることで、各画素において十分な電荷容量を得つつ、開口率を高めることができる。代表的には、画素密度が 200 p p i 以上、さらには 300 p p i 以上である高解像度の液晶表示装置に用いることが好適である。また、本発明の一態様は、開口率を高めることができるため、バックライトなどの光源の光を効率よく利用することができ、表示装置の消費電力を低減することができる。

【0066】

次いで、図 1 に示す一点鎖線 A 1 - A 2 間、一点鎖線 B 1 - B 2 間、一点鎖線 C 1 - C 2 間の断面図、および図 3 に示す第 1 の駆動回路 104 に用いられるトランジスタの断面図を図 2 に示す。なお、第 1 の駆動回路 104 の上面図を省略すると共に、図 2 においては、第 1 の駆動回路 104 の断面図を D 1 - D 2 として示す。また、第 1 の駆動回路 104 に用いられるトランジスタは、第 2 の駆動回路 106 に用いることもできる。

【0067】

はじめに、画素 101 の一点鎖線 A 1 - A 2 間、一点鎖線 B 1 - B 2 間、および一点鎖線 C 1 - C 2 間の断面構造について説明する。

【0068】

基板 102 上には下地絶縁膜 110 が設けられ、当該下地絶縁膜上に半導体膜 111、半導体膜 119 が設けられている。半導体膜 111 上には、トランジスタ 103 のソース電極またはドレイン電極の一方を含む信号線 109、およびトランジスタ 103 のソース電極またはドレイン電極の他方を含む導電膜 113 が設けられ、半導体膜 119 上には、容量線 115 が設けられている。半導体膜 111、半導体膜 119、信号線 109、導電膜 113、容量線 115 上には、ゲート絶縁膜 127 が設けられており、当該ゲート絶縁膜の半導体膜 111 と重畳する領域上に走査線 107 が設けられている。ゲート絶縁膜 127 上、信号線 109 上、半導体膜 111 上、導電膜 113 上、半導体膜 119 上には、トランジスタ 103 の保護絶縁膜として機能する絶縁膜 129、絶縁膜 131、および絶縁膜 132 が設けられている。絶縁膜 129、絶縁膜 131、および絶縁膜 132 には導電膜 113 に達する開口 117 (図 1 参照) が設けられており、当該開口を覆うように画素電極 121 (図 1 参照) が設けられている。

【0069】

本実施の形態に示す容量素子 105 は、一对の電極のうち一方の電極が下地絶縁膜 110 上において半導体膜 111 と同様に形成された半導体膜 119 であり、一对の電極のうち他方の電極が画素電極 121 であり、一对の電極の間に設けられた誘電体膜が絶縁膜 129、絶縁膜 131、および絶縁膜 132 である。

【0070】

なお、半導体膜 119 にはドーパントが添加されていてもよい。半導体膜 119 が酸化物半導体である場合、例えば、水素、ホウ素、窒素、フッ素、アルミニウム、リン、ヒ素、インジウム、スズ、アンチモンおよび希ガス元素から選ばれた一種以上のドーパントを添加することで、酸化物半導体層を n 型化させ、導電率を高めることができる。したがって、半導体膜 119 は導電膜ということもでき、容量素子の方の電極として作用させることができる。

【0071】

なお、導電膜として作用する半導体膜 119 は、半導体膜 111 より水素濃度が高いことが好ましい。半導体膜 119 において、二次イオン質量分析法 (S I M S : S e c o n d a r y I o n M a s s S p e c t r o m e t r y) により得られる水素濃度は、 $8 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、好ましくは $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、より好ましくは $5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上である。半導体膜 111 において、二次イオン質量分析法により得られる水素濃度は、 $5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、より好ましくは $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、より好ましくは $5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、さらに好まし

くは $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下である。

【0072】

また、導電膜として作用する半導体膜119は、半導体膜111より抵抗率が低い。半導体膜119の抵抗率が、半導体膜111の抵抗率の 1×10^8 倍以上 1×10^1 倍以下であることが好ましく、代表的には $1 \times 10^3 \text{ cm}$ 以上 $1 \times 10^4 \text{ cm}$ 未満、さらに好ましくは、抵抗率が $1 \times 10^3 \text{ cm}$ 以上 $1 \times 10^1 \text{ cm}$ 未満であるとよい。

【0073】

なお、半導体膜119は、半導体膜111または、半導体膜231とは、異なる材料を用いて形成することも可能である。つまり、半導体膜119は、半導体膜111または、半導体膜231とは異なる工程を用いて形成することも可能である。

10

【0074】

なお、半導体膜119と同様に半導体膜を形成し、その半導体膜を用いて、抵抗素子を構成することも可能である。そして、その抵抗素子を用いて、保護回路を構成することも可能である。保護回路を設けることにより、静電気などからの破壊を低減することが出来る。

【0075】

次に、第1の駆動回路104に設けられるトランジスタの構造について説明する。

【0076】

基板102上に導電膜241が設けられ、当該基板上および当該導電膜上には下地絶縁膜110が設けられている。下地絶縁膜110上の導電膜241と重畳する領域には、半導体膜231が設けられている。半導体膜231上には、トランジスタ223のソース電極またはドレイン電極の一方を含む配線229、およびトランジスタ223のソース電極またはドレイン電極の他方を含む配線233が設けられている。半導体膜231、配線229、配線233上には、ゲート絶縁膜127が設けられており、当該ゲート絶縁膜の半導体膜231と重畳する領域上にゲート電極227が設けられている。ゲート絶縁膜127上、ゲート電極227上には、トランジスタ223の保護絶縁膜として機能する絶縁膜129、絶縁膜131、および絶縁膜132が設けられている。なお、第1の駆動回路104に設けられるトランジスタは、導電膜241を設けない構成であってもよい。

20

【0077】

トランジスタ223において、半導体膜231を介して、ゲート電極227と重なる導電膜241を設けることで、異なるドレイン電圧において、オン電流の立ち上がりゲート電圧のばらつきを低減することができる。また、導電膜241と対向する半導体膜231の面において、配線229および配線233の間に流れる電流を制御することが可能であり、トランジスタ間における電気特性のばらつきを低減することができる。また、導電膜241を設けることで、周囲の電界の変化が半導体膜231へ与える影響を軽減し、トランジスタの信頼性を向上させることができる。さらには、導電膜241の電位を、駆動回路の最低電位 (V_{ss} 、例えば配線229の電位を基準とする場合、配線229の電位) と同電位またはそれと同等電位とすることで、トランジスタのしきい値電圧の変動を低減することが可能であり、トランジスタの信頼性を高めることができる。

30

40

【0078】

なお、ゲート絶縁膜127、走査線107、ゲート電極227上に設けられる絶縁膜は、上述した3層の構成に限らず、1層、2層、または4層以上であってもよい。

【0079】

次に、上記構造の構成要素について詳細を説明する。

【0080】

基板102の材質などに大きな制限はないが、少なくとも、半導体装置の作製工程において行う熱処理に耐えうる程度の耐熱性を有している必要がある。例えば、ガラス基板、セラミック基板、プラスチック基板などがあり、ガラス基板としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス若しくはアルミノケイ酸ガラス等の無アルカリガラス

50

基板を用いるとよい。また、ステンレス合金などの透光性を有していない基板を用いることもできる。その場合は、基板表面に絶縁膜を設けることが好ましい。なお、基板 102 として石英基板、サファイア基板、単結晶半導体基板、多結晶半導体基板、化合物半導体基板、SOI (Silicon On Insulator) 基板などを用いることもできる。

【0081】

下地絶縁膜 110 は、例えば、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウムまたは Ga - Zn 系金属酸化物などの絶縁材料を用い、単層構造または積層構造で形成することができる。下地絶縁膜 110 の一領域の厚さは、30 nm 以上 500 nm 以下、好ましくは 150 nm 以上 400 nm 以下とする。

10

【0082】

半導体膜 111、半導体膜 119、および半導体膜 231 には酸化物半導体膜を用いることが好ましい。当該酸化物半導体膜は、非晶質構造、単結晶構造、または多結晶構造とすることができる。また、半導体膜 111 の一領域の厚さは、1 nm 以上 100 nm 以下、好ましくは 1 nm 以上 50 nm 以下、更に好ましくは 1 nm 以上 30 nm 以下、最も好ましくは 3 nm 以上 20 nm 以下とする。

【0083】

なお、下地絶縁膜 110 の下に、半導体膜 111 のチャネル領域を隠すように、遮光膜を配置することも可能である。遮光膜としては、例えば、導電膜 241 と同時に形成してもよい。

20

【0084】

半導体膜 111、半導体膜 119、および半導体膜 231 に適用可能な半導体として、エネルギーギャップが 2 eV 以上、好ましくは 2.5 eV 以上、より好ましくは 3 eV 以上であって、3.9 eV 未満、好ましくは 3.7 eV 未満、より好ましくは 3.5 eV 未満の酸化物半導体が挙げられる。このように、エネルギーギャップの広い酸化物半導体を用いることで、トランジスタ 103 のオフ電流を低減することができる。また、当該酸化物半導体は可視光に対する透過率が高く、容量素子 105 の一方の電極に用いることで、透光性を有する容量素子を形成することができ、液晶表示装置等の画素の開口率を向上させることができる。

30

【0085】

なお、酸化物半導体膜を n 型化することで、酸化物半導体膜の光学バンドギャップは、2.4 eV 以上 3.1 eV 以下、または 2.6 eV 以上 3.0 eV 以下とすることができる。

また、例えば、半導体膜 119 として用いる酸化物半導体膜を原子数比が In : Ga : Zn = 1 : 1 : 1 の In - Ga - Zn 系金属酸化物とした場合、その光学バンドギャップは 3.15 eV である。また、画素電極 121 などに用いられるインジウム錫酸化物の光学バンドギャップは 3.7 eV ~ 3.9 eV である。したがって、画素電極 121 では透過してしまう可視光線の中で最もエネルギーの高い波長を含む光および紫外光を半導体膜 119 では吸収することができる。当該エネルギーの高い波長を含む光および紫外光による目への害が懸念されており、画素 101 に透光性を有する容量素子 105 を用いた半導体装置は、目にやさしいといえることができる。なお、容量素子 105 が、画素 101 の全ての領域と重ならなくてもよい。少なくとも、容量素子 105 が画素 101 の一部と重なることで、可視光線の中でもエネルギーの高い波長を含む光および紫外光を吸収することができる。

40

【0086】

半導体膜 111、半導体膜 119、および半導体膜 231 に適用可能な酸化物半導体は、少なくともインジウム (In) 若しくは亜鉛 (Zn) を含むことが好ましい。または、In と Zn の双方を含むことが好ましい。また、当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、それらと共にスタビライザーの一つ、または複数を有

50

することが好ましい。

【0087】

スタビライザーとしては、ガリウム (Ga)、スズ (Sn)、ハフニウム (Hf)、アルミニウム (Al)、またはジルコニウム (Zr) 等がある。また、他のスタビライザーとしては、ランタノイドである、ランタン (La)、セリウム (Ce)、プラセオジウム (Pr)、ネオジウム (Nd)、サマリウム (Sm)、ユウロピウム (Eu)、ガドリニウム (Gd)、テルビウム (Tb)、ジスプロシウム (Dy)、ホルミウム (Ho)、エルビウム (Er)、ツリウム (Tm)、イッテルビウム (Yb)、ルテチウム (Lu) などがある。

【0088】

半導体膜 111、半導体膜 119、および半導体膜 231 に適用できる酸化物半導体としては、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、二種類の金属を含む酸化物である 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、三種類の金属を含む酸化物である 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-Zr-Zn 系酸化物、In-Ti-Zn 系酸化物、In-Sc-Zn 系酸化物、In-Y-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、四種類の金属を含む酸化物である 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。

【0089】

ここで、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。

【0090】

また、酸化物半導体として、 $\text{InMO}_3(\text{ZnO})_m$ ($m > 0$) で表記される材料を用いてもよい。なお、M は、Ga、Fe、Mn および Co から選ばれた一の金属元素または複数の金属元素、若しくは上記のスタビライザーとしての元素を示す。

【0091】

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 系金属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 系金属酸化物を用いるとよい。なお、金属酸化物の原子数比は、誤差として上記の原子数比のプラスマイナス 20% の変動を含む。

【0092】

しかし、これらに限られず、必要とする半導体特性および電気特性 (電界効果移動度、しきい値電圧等) に応じて適切な原子数比のものをいれればよい。また、必要とする半導体特性を得るために、キャリア密度や不純物濃度、欠陥密度、金属元素と酸素の原子数比、原子間距離、密度等を適切なものとするのが好ましい。例えば、In-Sn-Zn 系酸化物では比較的容易に高い電界効果移動度が得られる。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、電界効果移動度を上げることが

10

20

30

40

50

できる。

【0093】

信号線109、導電膜113、容量線115、配線229、および配線233は、抵抗損失を低減するため、抵抗の低い金属膜で形成することが好ましい。例えば、モリブデン(Mo)、チタン(Ti)、タングステン(W)、タンタル(Ta)、アルミニウム(Al)、銅(Cu)、クロム(Cr)、ネオジム(Nd)、スカンジウム(Sc)など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、単層構造または積層構造で形成することができる。

【0094】

信号線109、導電膜113、容量線115、配線229、および配線233の一例としては、シリコンを含むアルミニウムを用いた単層構造、アルミニウム上にチタンを積層する二層構造、窒化チタン上にチタンを積層する二層構造、窒化チタン上にタングステンを積層する二層構造、窒化タンタル上にタングステンを積層する二層構造、銅-マグネシウム-アルミニウム合金上に銅を積層する二層構造、窒化チタン上に銅を積層し、さらにその上にタングステンを形成する三層構造などがある。

10

【0095】

例えば、信号線109、導電膜113、容量線115、配線229、および配線233には、低抵抗材料であるアルミニウムや銅を用いることが好ましい。アルミニウムや銅を用いることで、信号遅延を低減し、表示品位を高めることができる。なお、アルミニウムは耐熱性が低く、ヒロック、ウィスカー、あるいはマイグレーションによる不良が発生しやすい。アルミニウムのマイグレーションを防ぐため、アルミニウムに、モリブデン、チタン、タングステンなどの、アルミニウムよりも融点の高い金属材料を積層することが好ましい。また、銅を用いる場合も、マイグレーションによる不良や銅元素の拡散を防ぐため、モリブデン、チタン、タングステンなどの、銅よりも融点の高い金属材料を積層することが好ましい。

20

【0096】

また、信号線109、導電膜113、容量線115、配線229、および配線233の材料として、画素電極121に適用可能な透光性を有する導電材料を用いることができる。なお、本発明の一態様である半導体装置を反射型の表示装置とする場合、画素電極121または基板102に透光性を有していない導電性材料を用いることができる。

30

【0097】

ゲート絶縁膜127は、例えば、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウムまたはGa-Zn系金属酸化物などの絶縁材料を用い、単層構造または積層構造で形成することができる。なお、半導体膜111である酸化物半導体膜との界面特性を向上させるため、ゲート絶縁膜127において少なくとも半導体膜111と接する領域は、酸素を含む絶縁膜で形成することが好ましい。

【0098】

また、ゲート絶縁膜127に、酸素、水素、水などに対するバリア性を有する絶縁膜を用いることで、半導体膜111である酸化物半導体膜からの酸素の外部への拡散と、外部から当該酸化物半導体膜への水素、水等の侵入を防ぐことができる。酸素、水素、水などに対するバリア性を有する絶縁膜としては、酸化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、酸化ガリウム、酸化窒化ガリウム、酸化イットリウム、酸化窒化イットリウム、酸化ハフニウム、酸化窒化ハフニウム、窒化シリコンなどがある。

40

【0099】

また、ゲート絶縁膜127として、ハフニウムシリケート(HfSiO_x)、窒素を有するハフニウムシリケート($\text{HfSi}_x\text{O}_y\text{N}_z$)、窒素を有するハフニウムアルミネート($\text{HfAl}_x\text{O}_y\text{N}_z$)、酸化ハフニウム、酸化イットリウムなどのhigh-k材料を用いることでトランジスタ103のゲートリークを低減できる。

【0100】

50

また、ゲート絶縁膜 127 は、ゲート電極側から以下の積層構造とすることが好ましい。第 1 の窒化シリコン膜として、欠陥量が少ない窒化シリコン膜を設け、第 1 の窒化シリコン膜上に第 2 の窒化シリコン膜として、水素脱離量およびアンモニア脱離量の少ない窒化シリコン膜を設け、第 2 の窒化シリコン膜上に、上記ゲート絶縁膜 127 として用いることのできる酸素を含む絶縁膜のいずれかを設けることが好ましい。

【0101】

第 2 の窒化シリコン膜としては、昇温脱離ガス分析法において、水素分子の脱離量が 5×10^{21} 分子 / cm^3 未満、好ましくは 3×10^{21} 分子 / cm^3 以下、さらに好ましくは 1×10^{21} 分子 / cm^3 以下であり、アンモニア分子の脱離量が 1×10^{22} 分子 / cm^3 未満、好ましくは 5×10^{21} 分子 / cm^3 以下、さらに好ましくは 1×10^{21} 分子 / cm^3 以下である窒化シリコン膜を用いることが好ましい。上記第 1 の窒化シリコン膜および第 2 の窒化シリコン膜をゲート絶縁膜 127 の一部として用いることで、ゲート絶縁膜 127 として、欠陥量が少なく、且つ水素およびアンモニアの脱離量の少ないゲート絶縁膜を形成することができる。したがって、ゲート絶縁膜 127 に含まれる水素および窒素の半導体膜 111 への拡散量を低減することが可能となる。

10

【0102】

酸化物半導体を用いたトランジスタにおいて、酸化物半導体膜およびゲート絶縁膜の界面またはゲート絶縁膜に捕獲準位（界面準位ともいう）が存在すると、トランジスタのしきい値電圧の変動、代表的にはしきい値電圧のマイナス方向への変動が起こりやすくなる。また当該捕獲準位は、トランジスタがオン状態となるときにドレイン電流が一桁変化するのに必要なゲート電圧を示すサブスレッシュホールド係数（S 値）の増大の原因ともなる。また、上記電気特性の変化は一樣ではなく、トランジスタごとに電気特性がばらつくという問題がある。このため、ゲート絶縁膜として、欠陥量の少ない窒化シリコン膜を用いること、また、半導体膜 111 と接する領域に酸素を含む絶縁膜を設けることで、しきい値電圧のマイナスシフトを低減すると共に、S 値の増大を抑制することができる。

20

【0103】

ゲート絶縁膜 127 の一領域の厚さは、5 nm 以上 400 nm 以下、より好ましくは 10 nm 以上 300 nm 以下、より好ましくは 50 nm 以上 250 nm 以下とする。

【0104】

走査線 107、ゲート電極 227 および導電膜 241 は、信号線 109、導電膜 113、容量線 115、配線 229、および配線 233 に適用できる材料を用い、単層構造または積層構造で形成することができる。

30

【0105】

さらに、走査線 107、ゲート電極 227 および導電膜 241 の一部の材料として、窒素を含む金属酸化物、具体的には、窒素を含む In-Ga-Zn 系酸化物や、窒素を含む In-Sn 系酸化物や、窒素を含む In-Ga 系酸化物や、窒素を含む In-Zn 系酸化物や、窒素を含む Sn 系酸化物や、窒素を含む In 系酸化物や、金属窒化膜（InN、SnN など）を用いることができる。これらの材料は 5 eV（電子ボルト）以上の仕事関数を有する。トランジスタ 103 の半導体膜 111 に酸化物半導体を用いる場合、走査線 107（トランジスタ 103 のゲート電極）として窒素を含む金属酸化物を用いることで、トランジスタ 103 のしきい値電圧をプラス方向に変動させることができ、所謂ノーマリーオフ特性を有するトランジスタを実現できる。例えば、窒素を含む In-Ga-Zn 系酸化物を用いる場合、少なくとも半導体膜 111 の酸化物半導体膜より高い窒素濃度、具体的には窒素濃度が 7 原子% 以上の In-Ga-Zn 系酸化物を用いることができる。

40

【0106】

絶縁膜 129 および絶縁膜 131 は、例えば、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウムまたは Ga-Zn 系金属酸化物などの酸化絶縁材料を用い、単層構造または積層構造で形成することができる。

【0107】

絶縁膜 129 の一領域の厚さは、5 nm 以上 150 nm 以下、好ましくは 5 nm 以上 50

50

nm以下、より好ましくは10nm以上30nm以下とする。また、絶縁膜131の一領域の厚さは、30nm以上500nm以下、好ましくは150nm以上400nm以下とする。

【0108】

絶縁膜129および絶縁膜131の一方または双方は、化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化絶縁膜であることが好ましい。このようにすることで、当該酸化物半導体膜からの酸素の脱離を防止するとともに、酸素過剰領域に含まれる酸素をゲート絶縁膜127を介して酸化物半導体膜に拡散させ、酸素欠損を補填することが可能となる。例えば、昇温脱離ガス分析（以下、TDS分析とする）によって測定される、100以上700以下、好ましくは100以上500以下の加熱処理における酸素分子の放出量が、 1.0×10^{18} 分子/cm³以上ある酸化絶縁膜を用いることで、当該酸化物半導体膜に含まれる酸素欠損を補填することができる。なお、絶縁膜129および絶縁膜131の一方または双方において、化学量論的組成よりも過剰に酸素を含む領域（酸素過剰領域）が部分的に存在している酸化絶縁膜であってもよく、少なくとも半導体膜111と重畳する領域に酸素過剰領域が存在することで、当該酸化物半導体膜からの酸素の脱離を防止するとともに、酸素過剰領域に含まれる酸素を酸化物半導体膜に拡散させ、酸素欠損を補填することが可能となる。

10

【0109】

絶縁膜131が化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化絶縁膜である場合、絶縁膜129は、酸素を透過する酸化絶縁膜とすることが好ましい。なお、絶縁膜129において、外部から絶縁膜129に入った酸素は、全て絶縁膜129を通過して拡散せず、絶縁膜129にとどまる酸素もある。また、あらかじめ絶縁膜129に含まれており、絶縁膜129から外部に拡散する酸素もある。そこで、絶縁膜129は酸素の拡散係数が大きい酸化絶縁膜であることが好ましい。

20

【0110】

また、絶縁膜129および絶縁膜131の一方または双方が窒素に対するバリア性を有する絶縁膜であることが好ましい。例えば、緻密な酸化絶縁膜とすることで窒素に対するバリア性を有することができ、具体的には、25において0.5重量%のフッ化水素酸を用いた場合のエッチング速度が10nm/分以下である酸化絶縁膜とすることが好ましい。

30

【0111】

なお、絶縁膜129および絶縁膜131の一方または双方を、酸化窒化シリコンまたは窒化酸化シリコンなど、窒素を含む酸化絶縁膜とする場合、SIMSより得られる窒素濃度は、SIMS検出下限以上 3×10^{20} atoms/cm³未満、好ましくは 1×10^{18} atoms/cm³以上 1×10^{20} atoms/cm³以下とする領域を有するように形成することが好ましい。このようにすることで、トランジスタ103に含まれる半導体膜111への窒素の移動量を少なくすることができる。また、このようにすることで、窒素を含む酸化絶縁膜自体の欠陥量を少なくすることができる。

【0112】

また、絶縁膜132は、例えば窒化酸化シリコン、窒化シリコン、窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウムなどの窒化絶縁材料を用い、単層構造または積層構造で形成することができる。

40

【0113】

絶縁膜132として、水素含有量が少ない窒化絶縁膜を設けてもよい。当該窒化絶縁膜としては、例えば、膜の表面温度が100以上700以下、好ましくは100以上500以下の加熱処理で行われるTDS分析によって測定される水素分子の放出量が、 5.0×10^{21} 分子/cm³未満であり、好ましくは 3.0×10^{21} 分子/cm³未満であり、さらに好ましくは 1.0×10^{21} 分子/cm³未満である窒化絶縁膜を用いることができる。

【0114】

50

絶縁膜 132 の一領域は、外部から水素や水などの不純物の侵入を抑制する機能を発揮できる厚さとすることが好ましい。例えば、50 nm 以上 200 nm 以下、好ましくは 50 nm 以上 150 nm 以下、さらに好ましくは 50 nm 以上 100 nm 以下とする。絶縁膜 132 を設けることで、炭素等の不純物が絶縁膜 132 でブロッキングされ、トランジスタ 103 およびトランジスタ 223 の半導体膜 111 および半導体膜 231 への不純物の外部からの移動が低減されるため、トランジスタの電気特性のばらつきを低減することが可能である。

【0115】

なお、ゲート絶縁膜 127、走査線 107、ゲート電極 227 上に設けられる絶縁膜が 1 層である場合は、絶縁膜 131 を設けることが好ましい。また、絶縁膜が 2 層である場合は、当該半導体膜側から絶縁膜 131、絶縁膜 132 の順で設けることが好ましい。

10

【0116】

また、ゲート絶縁膜 127、走査線 107、ゲート電極 227 と、画素電極 121、導電膜 241 およびそれらと同時に形成することのできる配線等との間に形成される絶縁膜としては、有機シランガスを用いた CVD 法（化学気相成長法）により形成した酸化絶縁膜、代表的には酸化シリコン膜が含まれていてもよい。

【0117】

当該酸化シリコン膜は 300 nm 以上 600 nm 以下で設けることができる。有機シランガスとしては、珪酸エチル（TEOS：化学式 $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ ）、テトラメチルシラン（TMS：化学式 $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$ ）、テトラメチルシクロテトラシロキサン（TMCTS）、オクタメチルシクロテトラシロキサン（OMCTS）、ヘキサメチルジシラザン（HMDS）、トリエトキシシラン（ $\text{SiH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$ ）、トリスジメチルアミノシラン（ $\text{SiH}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$ ）などのシリコン含有化合物を用いることができる。

20

【0118】

当該酸化シリコン膜を有機シランガスを用いた CVD 法により形成することで、基板 102 上に形成される素子部表面の平坦性を高めることが可能である。この結果、有機樹脂で形成される平坦化膜を設けなくとも、液晶の配向乱れを低減し、光漏れの低減が可能であると共に、コントラストを高めることができる。もちろん、当該酸化シリコン膜の代わりに有機樹脂を用いてもよいし、当該酸化シリコン膜と有機樹脂を含む積層を用いてもよい。

30

【0119】

画素電極 121 は、インジウム錫酸化物、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化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材料で形成することができる。

【0120】

次に、本実施の形態に示す画素 101 に含まれる各構成要素について説明する。

【0121】

図 4 (A) は、上述した画素 101 の回路図の一例である。画素 101 は、トランジスタ 103、容量素子 105、および液晶素子 108 を有する。トランジスタ 103 のゲート電極は走査線 107 に電氣的に接続され、ソース電極またはドレイン電極の一方は信号線 109 と電氣的に接続され、ソース電極またはドレイン電極の他方は容量素子 105 の一方の電極および液晶素子 108 の一方の電極（画素電極）と電氣的に接続される。また、容量素子 105 の他方の電極は容量線 115 に電氣的に接続され、液晶素子 108 の他方の電極（対向電極）は、対向電極に対向電位を供給する配線に電氣的に接続される。

40

【0122】

液晶素子 108 は、トランジスタ 103 および画素電極が形成される基板と、対向する基板（例えば、対向電極が形成される基板）とで挟持される液晶の光学的変調作用によって、光の透過または非透過を制御する素子である。なお、液晶の光学的変調作用は、液晶に

50

かかる電界（縦方向の電界または斜め方向の電界を含む）によって制御される。なお、画素電極および対向電極（共通電極ともいう）が一方の基板側に形成される場合は、液晶にかかる電界は横方向の電界となる。

【0123】

また、図4（B）は、画素101の詳細な回路図の一例である。図4（B）および図2に示すように、トランジスタ103は、ゲート電極を含む走査線107と、ソース電極またはドレイン電極の一方を含む信号線109と、ソース電極またはドレイン電極の他方を含む導電膜113とを有する。

【0124】

容量素子105においては、容量線115と接続する半導体膜119が一方の電極として機能する。また、ソース電極またはドレイン電極の他方を含む導電膜113に接続する画素電極121が他方の電極として機能する。また、半導体膜119および画素電極121の間に設けられる、絶縁膜129、絶縁膜131、絶縁膜132が誘電体膜として機能する。

10

【0125】

液晶素子108は、画素電極121、対向電極154、並びに画素電極121および対向電極154の間に設けられる液晶層で構成される。

【0126】

容量素子105において、半導体膜119は、半導体膜111と同様に高抵抗であっても、容量素子105の電極として機能する。なぜなら、画素電極121をゲート電極、絶縁膜129、絶縁膜131、および絶縁膜132をゲート絶縁膜、容量線115をソース電極またはドレイン電極と機能させることが可能であり、この結果、容量素子105をトランジスタと同様に動作させ、半導体膜119を導通状態にすることができるからである。したがって、半導体膜119を容量素子105の一方の電極として機能させることができる。

20

【0127】

次に、図1および図2に示す半導体装置の作製方法について、図5、図6を用いて説明する。

【0128】

まず、基板102上に導電膜241を形成し、当該導電膜を覆うように下地絶縁膜110を形成する。

30

【0129】

導電膜241は、前述した材料を用いて導電膜を形成し、当該導電膜上にマスクを形成し、当該マスクを用いて加工することにより形成できる。当該導電膜は、蒸着法、CVD法、スパッタリング法、スピンコート法などの各種成膜方法を用いることができる。なお、当該導電膜の厚さは特に限定されず、形成する時間や所望の抵抗率などを考慮して決めることができる。当該マスクは、例えばフォトリソグラフィ工程によって形成したレジストマスクとすることができる。また、当該導電膜の加工はドライエッチングおよびウェットエッチングの一方または双方によって行うことができる。

【0130】

40

下地絶縁膜110は、前述した材料を用いて形成することができる。当該下地絶縁膜は、蒸着法、CVD法、スパッタリング法、スピンコート法などの各種成膜方法を用いることができる。

【0131】

次に、半導体膜111、半導体膜119、および半導体膜231を形成する（図1参照）。半導体膜111、半導体膜119、および半導体膜231は、前述した酸化物半導体を用いて酸化物半導体膜を形成し、当該酸化物半導体膜上にマスクを形成し、当該マスクを用いて加工することにより形成できる。当該酸化物半導体膜は、スパッタリング法、塗布法、パルスレーザー蒸着法、レーザーアブレーション法などを用いて形成することができる。印刷法を用いることで、素子分離された半導体膜111および半導体膜119を下地

50

絶縁膜 110 上に直接形成することができる。スパッタリング法で当該酸化物半導体膜を形成する場合、プラズマを発生させるための電源装置は、RF 電源装置、AC 電源装置または DC 電源装置などを適宜用いることができる。スパッタリングガスは、希ガス（代表的にはアルゴン）、酸素、希ガスおよび酸素の混合ガスを適宜用いる。なお、希ガスおよび酸素の混合ガスの場合、希ガスに対して酸素のガス比を高めることが好ましい。また、ターゲットは、形成する酸化物半導体膜の組成にあわせて、適宜選択すればよい。なお、当該マスクは、例えばフォトリソグラフィ工程によって形成したレジストマスクとすることができる。また、当該酸化物半導体膜の加工はドライエッチングおよびウェットエッチングの一方または双方によって行うことができる。所望の形状にエッチングできるよう、材料に合わせてエッチング条件（エッチングガスやエッチング液、エッチング時間、温度など）を適宜設定する。

10

【0132】

また、上記酸化物半導体膜は、CVD 法により形成してもよい。CVD 法としては MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法や ALD (Atomic Layer Deposition) 法などの熱 CVD 法を用いても良い。

【0133】

熱 CVD 法は、プラズマを使わない成膜方法のため、プラズマダメージにより欠陥が生成されることが無いという利点を有する。

【0134】

熱 CVD 法は、原料ガスと酸化剤を同時にチャンバー内に送り、チャンバー内を大気圧または減圧下とし、基板近傍または基板上で反応させて基板上に堆積させることで成膜を行ってもよい。

20

【0135】

また、ALD 法は、チャンバー内を大気圧または減圧下とし、反応のための原料ガスが順次にチャンバーに導入され、そのガス導入の順序を繰り返すことで成膜を行ってもよい。例えば、それぞれのスイッチングバルブ（高速バルブとも呼ぶ）を切り替えて 2 種類以上の原料ガスを順番にチャンバーに供給し、複数種の原料ガスが混ざらないように第 1 の原料ガスと同時またはその後不活性ガス（アルゴン、或いは窒素など）などを導入し、第 2 の原料ガスを導入する。なお、同時に不活性ガスを導入する場合には、不活性ガスはキャリアガスとなり、また、第 2 の原料ガスの導入時にも同時に不活性ガスを導入してもよい。また、不活性ガスを導入する代わりに真空排気によって第 1 の原料ガスを排出した後、第 2 の原料ガスを導入してもよい。第 1 の原料ガスが基板の表面に吸着して第 1 の層を成膜し、後から導入される第 2 の原料ガスと反応して、第 2 の層が第 1 の層上に積層されて薄膜が形成される。このガス導入順序を制御しつつ所望の厚さになるまで複数回繰り返すことで、段差被覆性に優れた薄膜を形成することができる。薄膜の厚さは、ガス導入順序を繰り返す回数によって調節することができるため、精密な膜厚調節が可能であり、微細なトランジスタを作製する場合に適している。

30

【0136】

例えば、In-Ga-Zn-O 膜を成膜する場合には、トリメチルインジウム、トリメチルガリウム、およびジメチル亜鉛を用いる。なお、トリメチルインジウムの化学式は、 $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ である。また、トリメチルガリウムの化学式は、 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ である。また、ジメチル亜鉛の化学式は、 $\text{Zn}(\text{CH}_3)_2$ である。また、これらの組み合わせに限定されず、トリメチルガリウムに代えてトリエチルガリウム（化学式 $\text{Ga}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ ）を用いることもでき、ジメチル亜鉛に代えてジエチル亜鉛（化学式 $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ ）を用いることもできる。

40

【0137】

In-Ga-Zn-O 膜を ALD 法で成膜する場合には、 $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ ガスと O_3 ガスを順次繰り返し導入して InO_2 層を形成し、その後、 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ガスと O_3 ガスを同時に導入して GaO 層を形成し、更にその後 $\text{Zn}(\text{CH}_3)_2$ と O_3 ガスを同時に

50

導入してZnO層を形成する。なお、これらの層の順番はこの例に限らない。また、これらのガスを混ぜてIn-Ga-O層やIn-Zn-O層、Ga-In-O層、Zn-In-O層、Ga-Zn-O層などの混合化合物層を形成しても良い。なお、O₃ガスに変えてAr等の不活性ガスでパブリングして得られたH₂Oガスを用いても良いが、Hを含まないO₃ガスを用いる方が好ましい。また、In(CH₃)₃ガスにかえて、In(C₂H₅)₃ガスを用いても良い。また、Ga(CH₃)₃ガスにかえて、Ga(C₂H₅)₃ガスを用いても良い。また、In(CH₃)₃ガスにかえて、In(C₂H₅)₃ガスを用いても良い。また、Zn(CH₃)₂ガスを用いても良い。

【0138】

半導体膜111、半導体膜119、および半導体膜231を形成した後に加熱処理をし、半導体膜111、半導体膜119、および半導体膜231である酸化物半導体膜の脱水素化または脱水化をすることが好ましい。当該加熱処理の温度は、代表的には、150 以上基板歪み点未満、好ましくは200 以上450 以下、更に好ましくは300 以上450 以下とする。なお、当該加熱処理は半導体膜111、半導体膜119、および半導体膜231に加工する前の酸化物半導体膜に行ってもよい。

【0139】

当該加熱処理において、加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であっても良い。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加熱処理を行う装置である。

【0140】

当該加熱処理は、窒素、酸素、超乾燥空気(水の含有量が20 ppm以下、好ましくは1 ppm以下、好ましくは10 ppb以下の空気)、または希ガス(アルゴン、ヘリウム等)の雰囲気下で行えばよい。なお、上記窒素、酸素、超乾燥空気、または希ガスに水素、水などが含まれないことが好ましい。不活性ガス雰囲気中で加熱した後、酸素雰囲気中で加熱してもよい。なお、処理時間は3分~24時間とすることが好ましい。

【0141】

ここで、半導体膜119にはドーパントを添加してもよい。半導体膜119にドーパントを添加する方法は、半導体膜119以外の領域にマスクを設けて、当該マスクを用いて、水素、ホウ素、窒素、フッ素、アルミニウム、リン、ヒ素、インジウム、スズ、アンチモンおよび希ガス元素から選ばれた一種以上のドーパントをイオン注入法またはイオンドーピング法などで添加する。また、イオン注入法またはイオンドーピング法の代わりに当該ドーパントの含むプラズマに半導体膜119を曝すことで、当該ドーパントを添加してもよい。なお、ドーパントを添加した後、加熱処理をおこなってもよい。当該加熱処理は、半導体膜111および半導体膜119の脱水素化または脱水化を行う加熱処理の詳細を参照して適宜行うことができる。

【0142】

次に、信号線109、導電膜113、容量線115、配線229、および配線233を形成する。信号線109、導電膜113、容量線115、配線229、および配線233は、前述した材料を用いて導電膜を形成し、当該導電膜上にマスクを形成し、当該マスクを用いて加工することにより形成できる。当該マスクおよび当該加工は、導電膜241と同じようにして行うことができる。

【0143】

次に、下地絶縁膜110、半導体膜111、半導体膜119、半導体膜231、信号線109、導電膜113、容量線115、配線229、および配線233を覆うようにゲート

10

20

30

40

50

絶縁膜 127 を形成する。

【0144】

ゲート絶縁膜 127 は、前述した材料を用いて、CVD 法またはスパッタリング法などの各種成膜方法を用いて形成することができる。また、ゲート絶縁膜 127 に酸化ガリウムを適用する場合は、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法を用いて形成することができる。

【0145】

次に、ゲート絶縁膜 127 上の半導体膜 111 と重畳する領域に走査線 107 を形成し、半導体膜 231 と重畳する領域にゲート電極 227 を形成する (図 5 (B) 参照)。

【0146】

走査線 107、およびゲート電極 227 は、前述した材料を用いて導電膜を形成し、当該導電膜上にマスクを形成し、当該マスクを用いて加工することにより形成できる。当該マスクおよび当該加工は、導電膜 241 と同じようにして行うことができる。

【0147】

次に、ゲート絶縁膜 127、走査線 107、およびゲート電極 227 上に絶縁膜 129、絶縁膜 131、および絶縁膜 132 を形成する (図 6 (A) 参照)。なお、絶縁膜 129、絶縁膜 131 および絶縁膜 132 は、連続して形成することが好ましい。連続して形成することで、絶縁膜 129、絶縁膜 131 および絶縁膜 132 のそれぞれの界面に不純物が混入することを抑制できる。

【0148】

絶縁膜 129、絶縁膜 131、および絶縁膜 132 は、前述した材料を用いて、CVD 法またはスパッタリング法などの各種成膜方法により形成することができる。

【0149】

絶縁膜 129 は、例えば、前述した酸化絶縁膜を用いて形成することができる。なお、ここでは当該酸化絶縁膜として、酸化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜を形成する場合について記載する。当該形成条件は、プラズマ CVD 装置の真空排気された処理室内に載置された基板を 180 以上 400 以下、さらに好ましくは 200 以上 370 以下に保持し、処理室に原料ガスのシリコンを含む堆積性気体および酸化性気体を導入して処理室内における圧力を 20 Pa 以上 250 Pa 以下、さらに好ましくは 40 Pa 以上 200 Pa 以下とし、処理室内に設けられた電極に高周波電力を供給する条件である。

【0150】

シリコンを含む堆積性気体の代表例としては、シラン、ジシラン、トリシラン、フッ化シランなどがある。酸化性気体としては、酸素、オゾン、一酸化二窒素、二酸化窒素などがある。

【0151】

なお、シリコンを含む堆積性気体に対する酸化性気体量を 100 倍以上とすることで、絶縁膜 129 に含まれる水素含有量を低減することが可能であると共に、絶縁膜 129 に含まれるダングリングボンドを低減することができる。絶縁膜 131 から拡散する酸素は、絶縁膜 129 に含まれるダングリングボンドによって捕獲される場合があるため、絶縁膜 129 に含まれるダングリングボンドが低減されていると、絶縁膜 131 に含まれる酸素を効率よくゲート絶縁膜 127 を介して半導体膜 111 および半導体膜 231 へ拡散させ、半導体膜 111 および半導体膜 231 である酸化物半導体膜に含まれる酸素欠損を補填することが可能である。この結果、当該酸化物半導体膜に混入する水素量を低減できると共に酸化物半導体膜に含まれる酸素欠損を低減させることが可能である。

【0152】

絶縁膜 131 を上記の酸素過剰領域を含む酸化絶縁膜または化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化絶縁膜とする場合、以下の形成条件を用いて形成することができる。なお、ここでは当該酸化絶縁膜として、酸化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜を形成する場合について記載する。当該形成条件としては、プラズマ CVD 装置の真空排気された処理室内に載置された基板を 180 以上 260 以下、さらに好ましくは 1

10

20

30

40

50

80 以上230 以下に保持し、処理室に原料ガスを導入して処理室内における圧力を100 Pa以上250 Pa以下、さらに好ましくは100 Pa以上200 Pa以下とし、処理室内に設けられた電極に 0.17 W/cm^2 以上 0.5 W/cm^2 以下、さらに好ましくは 0.25 W/cm^2 以上 0.35 W/cm^2 以下の高周波電力を供給する条件が一例として挙げられる。

【0153】

絶縁膜131の原料ガスは、絶縁膜129に適用できる原料ガスとすることができる。

【0154】

絶縁膜131の形成条件として、上記圧力の反応室において上記パワー密度の高周波電力を供給することで、プラズマ中で原料ガスの分解効率が高まり、酸素ラジカルが増加し、原料ガスの酸化が進むため、絶縁膜131中における酸素含有量が化学量論的組成よりも多くなる。しかしながら、基板温度が上記形成条件の温度であると、シリコンと酸素の結合力が弱いと、加熱により酸素の一部が脱離する。この結果、化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含み、加熱により酸素の一部が脱離する酸化絶縁膜を形成することができる。

10

【0155】

また、絶縁膜131は膜厚を厚くすることで加熱によって脱離する酸素の量を多くすることができることから、絶縁膜131は絶縁膜129より厚く設けることが好ましい。絶縁膜129を設けることで絶縁膜131を厚く設ける場合でも被覆性を良好にすることができる。

20

【0156】

絶縁膜132を水素含有量が少ない窒化絶縁膜で設ける場合、以下の形成条件を用いて形成できる。なお、ここでは当該窒化絶縁膜として、窒化シリコン膜を形成する場合について記載する。当該形成条件の一例としては、プラズマCVD装置の真空排気された処理室内に載置された基板を80 以上400 以下、さらに好ましくは200 以上370 以下に保持し、処理室に原料ガスを導入して処理室内における圧力を100 Pa以上250 Pa以下とし、好ましくは100 Pa以上200 Pa以下とし、処理室内に設けられた電極に高周波電力を供給する条件が挙げられる。

【0157】

絶縁膜132の原料ガスとしては、シリコンを含む堆積性気体、窒素、およびアンモニアを用いることが好ましい。シリコンを含む堆積性気体の代表例としては、シラン、ジシラン、トリシラン、フッ化シランなどがある。また、窒素の流量は、アンモニアの流量に対して5倍以上50倍以下、好ましくは10倍以上50倍以下とすることが好ましい。なお、原料ガスとしてアンモニアを用いることで、シリコンを含む堆積性気体および窒素の分解を促すことができる。これは、アンモニアがプラズマエネルギーや熱エネルギーによって解離し、解離することで生じるエネルギーが、シリコンを含む堆積性気体分子の結合および窒素分子の結合の分解に寄与するためである。このようにすることで、水素含有量が少なく、外部から水素や水などの不純物の侵入を抑制することが可能な窒化シリコン膜を形成することができる。

30

【0158】

少なくとも絶縁膜131を形成した後に加熱処理を行い、絶縁膜129または絶縁膜131に含まれる過剰酸素をゲート絶縁膜127を介して半導体膜111および半導体膜231に拡散させ、半導体膜111および半導体膜231である酸化物半導体膜の酸素欠損を補填することが好ましい。なお、当該加熱処理は、半導体膜111および半導体膜231の脱水素化または脱水化を行う加熱処理の詳細を参照して適宜行うことができる。

40

【0159】

次に、絶縁膜129、絶縁膜131、および絶縁膜132の導電膜113と重畳する領域に、導電膜113に達する開口117（図1参照）を形成する。

【0160】

次に、画素電極121を形成することで、図1、図2に示す半導体装置を作製することができる。

50

できる（図6（B）参照）。画素電極121は、前述した材料を用い、開口117を通じて導電膜113に接する導電膜を形成し、当該導電膜上にマスクを形成し、当該マスクを用いて加工することにより形成できる。なお、当該マスクおよび当該加工は、導電膜241と同じようにして行うことができる。

【0161】

なお、本発明の一態様である半導体装置においては、容量素子の構成を適宜変更することができる。例えば、図7（A）に示す容量素子105の断面図のように、容量素子105の誘電体部分からゲート絶縁膜127を取り除いてもよい。このようにすることで、誘電体部分の膜厚を薄くすることができ、容量素子105の電荷容量を向上させることができる。なお、ゲート絶縁膜127を部分的に取り除くには、当該ゲート絶縁膜上にマスクを形成し、当該マスクを用いて加工することにより形成できる。なお、当該マスクおよび当該加工は、導電膜241と同じようにして行うことができる。なお、ハーフトーンマスクを用いて、ゲート電極227を形成する際に、ゲート絶縁膜127の一部を除去してもよい。この場合、フォトリソグラフィ工程を減らすことができる。また、加えて、絶縁膜129または絶縁膜131のどちらか一方を取り除く構成としてもよい。

10

【0162】

また、図7（B）に示す容量素子105の断面図のように、容量素子105の誘電体部分からゲート絶縁膜127、絶縁膜129、および絶縁膜131を取り除いてもよい。このようにすることで、さらに誘電体部分の膜厚が薄くなり、容量素子105の電荷容量を向上させることができる。

20

【0163】

また、図7（B）に示す容量素子105では、半導体膜119と絶縁膜132が接する構成となる。絶縁膜132は、前述したように窒化絶縁膜とすることが好ましい。窒化絶縁膜には窒素および水素が多量に含まれており、それらを半導体膜119に拡散させることができる。半導体膜119として酸化物半導体を用いる場合、酸化物半導体内に取り込まれた窒素および水素の一部はキャリアを生成するドナー準位の形成に寄与するため、酸化物半導体層をn型化することができる。したがって、半導体膜119の導電率を向上させることができ、半導体膜119への不純物のドーピング工程などを省くことができる。

【0164】

また、図8に示すように、容量素子105の一方の電極である半導体膜119と下地絶縁膜110との間に窒化絶縁膜118を設ける構成であってもよい。このような構成では、図7（B）と同様に、窒化絶縁膜118から半導体膜119に窒素および水素を拡散させることができ、半導体膜119の導電率を向上させることができる。なお、窒化絶縁膜118を形成するには、絶縁膜132として適用できる膜を形成し、当該膜上にマスクを形成し、当該マスクを用いて加工することにより形成できる。なお、当該マスクおよび当該加工は、導電膜241と同じようにして行うことができる。また、当該容量素子に、図7（A）または（B）に示す容量素子の構成を組み合わせてもよい。

30

【0165】

また、本発明の一態様である半導体装置においては、画素内に設けられるトランジスタの形状は図1および図2に示したトランジスタの形状に限定されず、適宜変更することができる。例えば、トランジスタにおいて、信号線109に含まれるソース電極またはドレイン電極の一方がU字型（C字型、コの字型、または馬蹄型）とし、ソース電極またはドレイン電極の他方を含む導電膜を囲む形状のトランジスタであってもよい。このような形状とすることで、トランジスタの面積が小さくても、十分なチャネル幅を確保することが可能となり、トランジスタの導通時に流れるドレイン電流（オン電流ともいう）の量を増やすことが可能となる。

40

【0166】

また、上記に示す画素101において、トランジスタとして、1つのゲート電極を有するトランジスタを示したが、半導体膜111を介して対向する2つのゲート電極を有するトランジスタを用いることができる。なお、2つのゲート電極を有するトランジスタの構成

50

としては、例えば、図2に示すゲート電極227、および導電膜241を有する第1の駆動回路104に用いられるトランジスタを参照することができる。

【0167】

上記2つのゲート電極を有するトランジスタは、本実施の形態で説明したトランジスタ103の下地絶縁膜110の下に導電膜を有する。導電膜は、少なくとも半導体膜111のチャンネル形成領域と重なる。導電膜を半導体膜111のチャンネル形成領域と重なる位置に設けることによって、導電膜の電位は、信号線109に入力されるビデオ信号の最低電位とすることが好ましい。この結果、導電膜と対向する半導体膜111の面において、ソース電極およびドレイン電極の間に流れる電流を制御することが可能であり、トランジスタの電気特性のばらつきを低減することができる。また、導電膜を設けることで、周囲の電界の変化が半導体膜111へ与える影響を軽減し、トランジスタの信頼性を向上させることができる。

10

【0168】

なお、上記導電膜は、導電膜241、走査線107、信号線109、画素電極121などと同様の材料および方法により形成することができる。

【0169】

以上より、容量素子の一方の電極として、トランジスタに含まれる半導体膜と同じ形成工程で形成される半導体膜を用いることで、開口率を高めつつ、電荷容量を増大させた容量素子を有する半導体装置を作製することができる。この結果、表示品位の優れた半導体装置を得ることができる。

20

【0170】

また、容量素子の一方の電極として、トランジスタに含まれる半導体膜と同じ形成工程で形成される半導体膜を用いることでフォトリソグラフィ工程に必要なマスク枚数を増加させることなく、開口率が高く、電荷容量が大きい容量素子を有する半導体装置を作製することができる。

【0171】

また、トランジスタに含まれる半導体膜である酸化物半導体膜は酸素欠損が低減され、水素などの不純物が低減されていることから、本発明の一態様である半導体装置は、良好な電気特性を有する半導体装置となる。

【0172】

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

30

【0173】

(実施の形態2)

本実施の形態では、上記実施の形態で説明した半導体装置に含まれているトランジスタおよび容量素子において、半導体膜として用いられる酸化物半導体膜に適用可能な一態様について説明する。

【0174】

酸化物半導体は、非単結晶を有してもよい。非単結晶は、例えば、CAAC(C Axis Aligned Crystal)、多結晶、微結晶、非晶質部を有する。

40

【0175】

酸化物半導体は、CAACを有してもよい。なお、CAACを有する酸化物半導体を、CAAC-OS(C Axis Aligned Crystalline Oxide Semiconductor)と呼ぶ。

【0176】

CAAC-OSは、透過型電子顕微鏡(TEM: Transmission Electron Microscope)による観察像で、結晶部を確認することができる場合がある。CAAC-OSに含まれる結晶部は、TEMによる観察像で、一辺100nmの立方体内に収まる大きさであることが多い。また、CAAC-OSは、TEMによる観察像で、結晶部と結晶部との境界を明確に確認できない場合がある。また、CAAC-OSは

50

、TEMによる観察像で、粒界（グレインバウンダリーともいう。）を明確に確認できない場合がある。CAAC-OSは、明確な粒界を有さないため、不純物が偏析することが少ない。また、CAAC-OSは、明確な粒界を有さないため、欠陥準位密度が高くなることが少ない。また、CAAC-OSは、明確な粒界を有さないため、電子移動度の低下が小さい。

【0177】

CAAC-OSは、複数の結晶部を有し、当該複数の結晶部においてc軸が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っている場合がある。そのため、CAAC-OSは、X線回折（XRD：X-Ray Diffraction）装置を用い、out-of-plane法による分析を行うと、2θが31°近傍のピークが現れる場合がある。2θが31°近傍のピークは、InGaZnO₄の結晶であれば、（009）面に配向していることを示す。また、CAAC-OSは、2θが36°近傍のピークが現れる場合がある。2θが36°近傍のピークは、ZnGa₂O₄の結晶であれば、（222）面に配向していることを示す。CAAC-OSは、好ましくは、2θが31°近傍にピークが現れ、2θが36°近傍にピークが現れない。

10

【0178】

また、CAAC-OSは、異なる結晶部間で、それぞれa軸およびb軸の向きが揃っていない場合がある。InGaZnO₄の結晶を有するCAAC-OSであれば、XRD装置を用い、c軸に垂直な方向からX線を入射させるin-plane法による分析を行うと、2θが56°近傍のピークが現れる場合がある。2θが56°近傍のピークは、InGaZnO₄の結晶の（110）面を示す。ここで、2θを56°近傍で固定し、表面の法線ベクトルを軸（c軸）として試料を回転させて分析（スキャン）を行うと、a軸およびb軸の向きが揃っている単結晶酸化物半導体の場合は6つの対称性のピークが現れるが、CAAC-OSの場合は明瞭なピークが現れない。

20

【0179】

このように、CAAC-OSは、c軸配向し、a軸またはb軸はマクロに揃っていない場合がある。

【0180】

また、CAAC-OSは、電子線回折パターンで、スポット（輝点）が観測される場合がある。なお、特に、ビーム径が10nm以下、または5nm以下の電子線を用いて得られる電子線回折パターンを、極微電子線回折パターンと呼ぶ。

30

【0181】

図10（A）は、CAAC-OSを有する試料の極微電子線回折パターンの一例である。ここでは、試料を、CAAC-OSの被形成面に垂直な方向に切断し、厚さが40nm程度となるように薄片化する。また、ここでは、ビーム径が1nmの電子線を、試料の切断面に垂直な方向から入射させる。図10（A）より、CAAC-OSの極微電子線回折パターンは、スポットが観測されることがわかる。

【0182】

CAAC-OSに含まれる結晶部は、c軸がCAAC-OS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なるように揃い、かつab面に垂直な方向から見て金属原子が三角形または六角形状に配列し、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、80°以上100°以下、好ましくは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、-10°以上10°以下、好ましくは-5°以上5°以下の範囲も含まれることとする。

40

【0183】

CAAC-OSに含まれる結晶部のc軸は、CAAC-OS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なるように揃うため、CAAC-OS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

50

。また、結晶部は、成膜したとき、または成膜後に加熱処理などの結晶化処理を行ったときに形成される。したがって、結晶部のc軸は、CAAC-Os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になるように揃う。

【0184】

CAAC-Osは、不純物濃度を低減することで形成することができる場合がある。ここで、不純物は、水素、炭素、シリコン、遷移金属元素などの酸化物半導体の主成分以外の元素である。特に、シリコンなどの元素は、酸化物半導体を構成する金属元素よりも酸素との結合力が強い。したがって、当該元素が酸化物半導体から酸素を奪う場合、酸化物半導体の原子配列を乱し、結晶性を低下させることがある。また、鉄やニッケルなどの重金属、アルゴン、二酸化炭素などは、原子半径（または分子半径）が大きいため、酸化物半導体の原子配列を乱し、酸化物半導体の結晶性を低下させることがある。したがって、CAAC-Osは、不純物濃度の低い酸化物半導体である。また、酸化物半導体に含まれる不純物は、キャリア発生源となる場合がある。

10

【0185】

なお、CAAC-Osにおいて、結晶部の分布が一様でなくてもよい。例えば、CAAC-Osの形成過程において、酸化物半導体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、CAAC-Osに不純物が混入することにより、当該不純物混入領域において結晶部の結晶性が低下することがある。

【0186】

20

また、CAAC-Osは、欠陥準位密度を低減することで形成することができる。酸化物半導体において、酸素欠損は欠陥準位である。酸素欠損は、トラップ準位となることや、水素を捕獲することによってキャリア発生源となることがある。CAAC-Osを形成するためには、酸化物半導体に酸素欠損を生じさせないことが重要となる。したがって、CAAC-Osは、欠陥準位密度の低い酸化物半導体である。または、CAAC-Osは、酸素欠損の少ない酸化物半導体である。

【0187】

不純物濃度が低く、欠陥準位密度の低い（酸素欠損の少ない）ことを高純度真性または実質的に高純度真性と呼ぶ。高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体は、キャリア発生源が少ないため、キャリア密度を低くすることができる場合がある。したがって、当該酸化物半導体をチャネル形成領域に用いたトランジスタは、しきい値電圧がマイナスとなる電気特性（ノーマリーオンともいう。）になることが少ない場合がある。また、高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体は、欠陥準位密度が低いため、トラップ準位密度も低くなる場合がある。したがって、当該酸化物半導体をチャネル形成領域に用いたトランジスタは、電気特性の変動が小さく、信頼性の高いトランジスタとなる場合がある。なお、酸化物半導体のトラップ準位に捕獲された電荷は、消失するまでに要する時間が長く、あたかも固定電荷のように振る舞うことがある。そのため、トラップ準位密度の高い酸化物半導体をチャネル形成領域に用いたトランジスタは、電気特性が不安定となる場合がある。

30

【0188】

40

また、高純度真性または実質的に高純度真性であるCAAC-Os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。

【0189】

CAAC-Osは、例えば、DC電源を用いたスパッタリング法によって形成することができる。

【0190】

酸化物半導体は、多結晶を有してもよい。なお、多結晶を有する酸化物半導体を、多結晶酸化物半導体と呼ぶ。多結晶酸化物半導体は複数の結晶粒を含む。

【0191】

多結晶酸化物半導体は、TEMによる観察像で、結晶粒を確認することができる場合があ

50

る。多結晶酸化物半導体に含まれる結晶粒は、TEMによる観察像で、2 nm以上300 nm以下、3 nm以上100 nm以下または5 nm以上50 nm以下の粒径であることが多い。また、多結晶酸化物半導体は、TEMによる観察像で、結晶粒と結晶粒との境界を確認できる場合がある。また、多結晶酸化物半導体は、例えば、TEMによる観察像で、粒界を確認できる場合がある。

【0192】

多結晶酸化物半導体は、複数の結晶粒を有し、当該複数の結晶粒において方位が異なっている場合がある。また、多結晶酸化物半導体は、XRD装置を用い、out-of-plane法による分析を行うと、配向を示す2θが31°近傍のピーク、または複数種の配向を示すピークが現れる場合がある。また、多結晶酸化物半導体は、電子線回折パターンで、スポットが観測される場合がある。

10

【0193】

多結晶酸化物半導体は、高い結晶性を有するため、高い電子移動度を有する場合がある。したがって、多結晶酸化物半導体をチャネル形成領域に用いたトランジスタは、高い電界効果移動度を有する。ただし、多結晶酸化物半導体は、粒界に不純物が偏析する場合がある。また、多結晶酸化物半導体の粒界は欠陥準位となる。多結晶酸化物半導体は、粒界がキャリア発生源、トラップ準位となる場合があるため、多結晶酸化物半導体をチャネル形成領域に用いたトランジスタは、CAAC-OSをチャネル形成領域に用いたトランジスタと比べて、電気特性の変動が大きく、信頼性の低いトランジスタとなる場合がある。

【0194】

多結晶酸化物半導体は、高温での加熱処理、またはレーザ光処理によって形成することができる。

20

【0195】

酸化物半導体は、微結晶を有してもよい。なお、微結晶を有する酸化物半導体を、微結晶酸化物半導体と呼ぶ。

【0196】

微結晶酸化物半導体は、TEMによる観察像では、明確に結晶部を確認することができない場合がある。微結晶酸化物半導体に含まれる結晶部は、1 nm以上100 nm以下、または1 nm以上10 nm以下の大きさであることが多い。特に、1 nm以上10 nm以下の微結晶をナノ結晶(nc: nanocrystal)と呼ぶ。ナノ結晶を有する酸化物半導体を、nc-OS(nanocrystalline Oxide Semiconductor)と呼ぶ。また、nc-OSは、TEMによる観察像では、結晶部と結晶部との境界を明確に確認できない場合がある。また、nc-OSは、TEMによる観察像では、明確な粒界を有さないため、不純物が偏析することが少ない。また、nc-OSは、明確な粒界を有さないため、欠陥準位密度が高くなることが少ない。また、nc-OSは、明確な粒界を有さないため、電子移動度の低下が小さい。

30

【0197】

nc-OSは、微小な領域(例えば、1 nm以上10 nm以下の領域)において原子配列に周期性を有する場合がある。また、nc-OSは、結晶部と結晶部との間で規則性がないため、巨視的には原子配列に周期性が見られない場合、または長距離秩序が見られない場合がある。したがって、nc-OSは、分析方法によっては、非晶質酸化物半導体と区別が付かない場合がある。nc-OSは、例えば、XRD装置を用い、結晶部よりも大きいビーム径のX線でout-of-plane法による分析を行うと、配向を示すピークが検出されない場合がある。また、nc-OSは、結晶部よりも大きいビーム径(例えば、20 nm以上、または50 nm以上)の電子線を用いる電子線回折パターンでは、ハローパターンが観測される場合がある。また、nc-OSは、結晶部と同じか結晶部より小さいビーム径(例えば、10 nm以下、または5 nm以下)の電子線を用いる極微電子線回折パターンでは、スポットが観測される場合がある。また、nc-OSの極微電子線回折パターンは、円を描くように輝度の高い領域が観測される場合がある。また、nc-OSの極微電子線回折パターンは、当該領域内に複数のスポットが観測される場合

40

50

がある。

【0198】

図10(B)は、nc-OSを有する試料の極微電子線回折パターンの一例である。ここでは、試料を、nc-OSの被形成面に垂直な方向に切断し、厚さが40nm程度となるように薄片化する。また、ここでは、ビーム径が1nmの電子線を、試料の切断面に垂直な方向から入射させる。図10(B)より、nc-OSの極微電子線回折パターンは、円を描くように輝度の高い領域が観測され、かつ当該領域内に複数のスポットが観測されることがわかる。

【0199】

nc-OSは、微小な領域において原子配列に周期性を有する場合があるため、非晶質酸化物半導体よりも欠陥準位密度が低くなる。ただし、nc-OSは、結晶部と結晶部との間で規則性がないため、CAAC-OSと比べて欠陥準位密度が高くなる。

10

【0200】

したがって、nc-OSは、CAAC-OSと比べて、キャリア密度が高くなる場合がある。キャリア密度が高い酸化物半導体は、電子移動度が高くなる場合がある。したがって、nc-OSをチャネル形成領域に用いたトランジスタは、高い電界効果移動度を有する場合がある。しかしながら、nc-OSは、CAAC-OSと比べて、欠陥準位密度が高いため、トラップ準位密度も高くなる場合がある。したがって、nc-OSをチャネル形成領域に用いたトランジスタは、CAAC-OSをチャネル形成領域に用いたトランジスタと比べて、電気特性の変動が大きく、信頼性の低いトランジスタとなる場合がある。ただし、nc-OSは、比較的不純物が多く含まれていても形成することができるため、CAAC-OSよりも形成が容易となり、用途によっては好適に用いることができる場合がある。なお、AC電源を用いたスパッタリング法などの成膜方法によってnc-OSを形成してもよい。AC電源を用いたスパッタリング法は、大型基板へ均一性高く成膜することが可能であるため、nc-OSをチャネル形成領域に用いたトランジスタを有する半導体装置は生産性高く作製することができる。

20

【0201】

酸化物半導体は、非晶質部を有してもよい。なお、非晶質部を有する酸化物半導体を、非晶質酸化物半導体と呼ぶ。非晶質酸化物半導体は、原子配列が無秩序であり、結晶部を有さない。または、非晶質酸化物半導体は、石英のような無定形状態を有し、原子配列に規則性が見られない。

30

【0202】

非晶質酸化物半導体は、TEMによる観察像で、結晶部を確認することができない場合がある。

【0203】

非晶質酸化物半導体は、XRD装置を用い、out-of-plane法による分析を行うと、配向を示すピークが検出されない場合がある。また、非晶質酸化物半導体は、電子線回折パターンでハローパターンが観測される場合がある。また、非晶質酸化物半導体は、極微電子線回折パターンでスポットを観測することができず、ハローパターンが観測される場合がある。

40

【0204】

非晶質酸化物半導体は、水素などの不純物を高い濃度で含ませることにより形成することができる場合がある。したがって、非晶質酸化物半導体は、不純物を高い濃度で含む酸化物半導体である。

【0205】

酸化物半導体に不純物が高い濃度で含まれると、酸化物半導体に酸素欠損などの欠陥準位を形成する場合がある。したがって、不純物濃度の高い非晶質酸化物半導体は、欠陥準位密度が高い。また、非晶質酸化物半導体は、結晶性が低いためCAAC-OSやnc-OSと比べて欠陥準位密度が高い。

【0206】

50

したがって、非晶質酸化物半導体は、 $nc-OS$ と比べて、さらにキャリア密度が高くなる場合がある。そのため、非晶質酸化物半導体をチャネル形成領域に用いたトランジスタは、ノーマリーオンの電気特性になる場合がある。したがって、ノーマリーオンの電気特性が求められるトランジスタに好適に用いることができる場合がある。非晶質酸化物半導体は、欠陥準位密度が高いため、トラップ準位密度も高くなる場合がある。したがって、非晶質酸化物半導体をチャネル形成領域に用いたトランジスタは、 $CAC-OS$ や $nc-OS$ をチャネル形成領域に用いたトランジスタと比べて、電気特性の変動が大きく、信頼性の低いトランジスタとなる場合がある。ただし、非晶質酸化物半導体は、比較的不純物が多く含まれてしまう成膜方法によっても形成することができるため、形成が容易となり、用途によっては好適に用いることができる場合がある。例えば、スピンコート法、ゾル-ゲル法、浸漬法、スプレー法、スクリーン印刷法、コンタクトプリント法、インクジェット印刷法、ロールコート法、ミストCVD法などの成膜方法によって非晶質酸化物半導体を形成してもよい。したがって、非晶質酸化物半導体をチャネル形成領域に用いたトランジスタを有する半導体装置は生産性高く作製することができる。

10

【0207】

なお、酸化物半導体が、 $CAC-OS$ 、多結晶酸化物半導体、微結晶酸化物半導体、非晶質酸化物半導体の二種以上を有する混合膜であってもよい。混合膜は、例えば、非晶質酸化物半導体の領域、微結晶酸化物半導体の領域、多結晶酸化物半導体の領域、 $CAC-OS$ の領域、のいずれか二種以上の領域を有する場合がある。また、混合膜は、例えば、非晶質酸化物半導体の領域、微結晶酸化物半導体の領域、多結晶酸化物半導体の領域、 $CAC-OS$ の領域、のいずれか二種以上の領域の積層構造を有する場合がある。

20

【0208】

酸化物半導体は、例えば、単結晶を有してもよい。なお、単結晶を有する酸化物半導体を、単結晶酸化物半導体と呼ぶ。

【0209】

単結晶酸化物半導体は、例えば、不純物濃度が低く、欠陥準位密度が低い（酸素欠損が少ない）ため、キャリア密度を低くすることができる。したがって、単結晶酸化物半導体をチャネル形成領域に用いたトランジスタは、ノーマリーオンの電気特性になることが少ない場合がある。また、単結晶酸化物半導体は、欠陥準位密度が低いため、トラップ準位密度も低くなる場合がある。したがって、単結晶酸化物半導体をチャネル形成領域に用いたトランジスタは、電気特性の変動が小さく、信頼性の高いトランジスタとなる場合がある。

30

【0210】

酸化物半導体は、欠陥が少ないと密度が高くなる場合がある。また、酸化物半導体は、結晶性が高いと密度が高くなる場合がある。また、酸化物半導体は、例えば、水素などの不純物濃度が低いと密度が高くなる。また、単結晶酸化物半導体は、 $CAC-OS$ よりも密度が高い場合がある。また、 $CAC-OS$ は、微結晶酸化物半導体よりも密度が高い場合がある。また、多結晶酸化物半導体は、微結晶酸化物半導体よりも密度が高い場合がある。また、微結晶酸化物半導体は、非晶質酸化物半導体よりも密度が高い場合がある。

40

【0211】

また、 $CAC-OS$ を成膜するために、以下の条件を適用することが好ましい。

【0212】

成膜時の不純物混入を低減することで、不純物によって結晶状態が崩れることを抑制できる。例えば、成膜室内に存在する不純物濃度（水素、水、二酸化炭素および窒素など）を低減すればよい。また、成膜ガス中の不純物濃度を低減すればよい。具体的には、露点が -80 以下、好ましくは -100 以下である成膜ガスを用いる。

【0213】

また、成膜時の被成膜面の加熱温度（例えば基板加熱温度）を高めることで、被成膜面に到達後にスパッタリング粒子のマイグレーションが起こる。具体的には、被成膜面の温度を 100 以上 740 以下、好ましくは 150 以上 500 以下として成膜する。

50

【 0 2 1 4 】

また、成膜ガス中の酸素割合を高め、電力を最適化することで成膜時のプラズマダメージを軽減すると好ましい。成膜ガス中の酸素割合は、30体積%以上、好ましくは100体積%とする。

【 0 2 1 5 】

スパッタリング用ターゲットの一例として、In-Ga-Zn-O化合物ターゲットについて以下に示す。

【 0 2 1 6 】

InO_x粉末、GaO_y粉末およびZnO_z粉末を所定のmol数で混合し、加圧処理後、1000以上1500以下の温度で加熱処理をすることで多結晶であるIn-Ga-Zn系金属酸化物ターゲットとする。なお、当該加圧処理は、冷却（または放冷）しながら行ってもよいし、加熱しながら行ってもよい。なお、X、YおよびZは任意の正数である。ここで、所定のmol数比は、例えば、InO_x粉末、GaO_y粉末およびZnO_z粉末が、2:2:1、8:4:3、3:1:1、1:1:1、4:2:3、または3:1:2などがある。なお、粉末の種類、およびその混合するmol数比は、作製するスパッタリング用ターゲットによって適宜変更すればよい。

【 0 2 1 7 】

ここで、結晶状態における酸化物半導体（OSと示す。）およびシリコン（Siと示す。）の対比を表1に示す。

【 0 2 1 8 】

【表1】

		非晶質	微結晶	多結晶	連続結晶	単結晶
OS		a-OS a-OS:H	nc-OS μc-OS	多結晶OS	CAAC-OS	単結晶OS
	極微 電子線回折	ハロー	リング +スポット	スポット	スポット	スポット
	結晶部	—	nm~μm	不連続	連続的に つながる	—
	DOS	高い	やや低い	—	低い	極めて低い
	密度	低い	中程度	—	高い	—

Si	a-Si a-Si:H	nc-Si μc-Si	多結晶Si	CGシリコン	単結晶Si
----	----------------	----------------	-------	--------	-------

【 0 2 1 9 】

酸化物半導体の結晶状態には、例えば、表1に示すように、非晶質酸化物半導体（a-OS、a-OS:H）、微結晶酸化物半導体（nc-OS、μc-OS）、多結晶酸化物半導体（多結晶OS）、連続結晶酸化物半導体（CAAC-OS）、単結晶酸化物半導体（単結晶OS）などがある。なお、シリコンの結晶状態には、例えば、表1に示すように、非晶質シリコン（a-Siやa-Si:H）、微結晶シリコン（nc-Si、μc-Si）、多結晶シリコン（多結晶Si）、連続結晶シリコン（CG（Continuous Grain）シリコン）、単結晶シリコン（単結晶Si）などがある。

【 0 2 2 0 】

各結晶状態における酸化物半導体に対し、ビーム径を10nm以下に収束させた電子線を用いる電子線回折（極微電子線回折）を行うと、以下のような電子線回折パターン（極微電子線回折パターン）が観測される。非晶質酸化物半導体では、ハローパターン（ハロ

ーリングまたはハローとも言われる。)が観測される。微結晶酸化物半導体では、スポットまたはノボリリングパターンが観測される。多結晶酸化物半導体では、スポットが観測される。連続結晶酸化物半導体では、スポットが観測される。単結晶酸化物半導体では、スポットが観測される。

【0221】

なお、極微電子線回折パターンより、微結晶酸化物半導体は、結晶部がナノメートル(nm)からマイクロメートル(μm)の径であることがわかる。多結晶酸化物半導体は、結晶部と結晶部との間に粒界を有し、境界が不連続であることがわかる。連続結晶酸化物半導体は、結晶部と結晶部との間に境界が観測されず、連続的に繋がることわかる。

【0222】

各結晶状態における酸化物半導体の密度について説明する。非晶質酸化物半導体の密度は低い。微結晶酸化物半導体の密度は中程度である。連続結晶酸化物半導体の密度は高い。即ち、連続結晶酸化物半導体の密度は微結晶酸化物半導体の密度より高く、微結晶酸化物半導体の密度は非晶質酸化物半導体の密度より高い。

【0223】

各結晶状態における酸化物半導体に存在する状態密度(DOS)の特徴を説明する。非晶質酸化物半導体はDOSが高い。微結晶酸化物半導体はDOSがやや低い。連続結晶酸化物半導体はDOSが低い。単結晶酸化物半導体はDOSが極めて低い。即ち、単結晶酸化物半導体は連続結晶酸化物半導体よりDOSが低く、連続結晶酸化物半導体は微結晶酸化物半導体よりDOSが低く、微結晶酸化物半導体は非晶質酸化物半導体よりDOSが低い。

【0224】

また、酸化物半導体膜は、複数の酸化物半導体膜が積層された構造でもよい。例えば、図9(A)に示すトランジスタのように、半導体膜を第1の酸化物半導体膜188aと第2の酸化物半導体膜188bの積層とすることができる。第1の酸化物半導体膜188aと第2の酸化物半導体膜188bに、異なる原子数比の金属酸化物を用いてもよい。例えば、一方の酸化物半導体膜に二種類の金属を含む酸化物、三種類の金属を含む酸化物、四種類の金属を含む酸化物のうち一つを用い、他方の酸化物半導体膜に一方の酸化物半導体膜と異なる二種類の金属を含む酸化物、三種類の金属を含む酸化物、四種類の金属を含む酸化物を用いてもよい。

【0225】

また、第1の酸化物半導体膜188aと第2の酸化物半導体膜188bの構成元素を同一とし、両者の原子数比を異ならせてもよい。例えば、一方の酸化物半導体膜の原子数比をIn:Ga:Zn=3:1:2とし、他方の酸化物半導体膜の原子数比をIn:Ga:Zn=1:1:1としてもよい。また、一方の酸化物半導体膜の原子数比をIn:Ga:Zn=2:1:3とし、他方の酸化物半導体膜の原子数比をIn:Ga:Zn=1:3:2としてもよい。また、一方の酸化物半導体膜の原子数比をIn:Ga:Zn=1:1:1とし、他方の酸化物半導体膜の原子数比をIn:Ga:Zn=1:3:2としてもよい。また、一方の酸化物半導体膜の原子数比をIn:Ga:Zn=1:1:1とし、他方の酸化物半導体膜の原子数比をIn:Ga:Zn=1:6:4としてもよい。また、一方の酸化物半導体膜の原子数比をIn:Ga:Zn=1:1:1とし、他方の酸化物半導体膜の原子数比をIn:Ga:Zn=1:9:6としてもよい。なお、各酸化物半導体膜の原子数比は、誤差として上記の原子数比のプラスマイナス20%の変動を含む。

【0226】

このとき、一方の酸化物半導体膜と他方の酸化物半導体膜のうち、ゲート電極に近い側(チャンネル側)の酸化物半導体膜のInとGaの原子数比をIn>Gaとし、ゲート電極から遠い側(バックチャンネル側)の酸化物半導体膜のInとGaの原子数比をIn<Gaとすることで、電界効果移動度の高いトランジスタを作製することができる。一方、チャンネル側の酸化物半導体膜のInとGaの原子数比をIn<Gaとし、バックチャンネル側の酸化物半導体膜のInとGaの原子数比をIn>Gaとすることで、トランジスタの経時変

10

20

30

40

50

化や信頼性試験によるしきい値電圧の変動量を低減することができる。

【0227】

また、トランジスタの半導体膜を第1の酸化物半導体膜乃至第3の酸化物半導体膜からなる3層構造としてもよい。このとき、第1の酸化物半導体膜乃至第3の酸化物半導体膜の構成元素を同一とし、且つそれぞれの原子数比を異ならせてもよい。半導体膜を3層構造とするトランジスタの構成について、図9(B)を用いて説明する。

【0228】

図9(B)に示すトランジスタは、第1の酸化物半導体膜199a、第2の酸化物半導体膜199b、および第3の酸化物半導体膜199cがゲート絶縁膜127側から順に積層されている。第1の酸化物半導体膜199aおよび第3の酸化物半導体膜199cを構成する材料は、 $\text{InM}_1\text{xZn}_y\text{O}_z$ ($x > 1$ 、 $y > 1$ 、 $z > 0$ 、 $M_1 = \text{Ga}$ 、 Hf 等)で表記できる材料を用いる。ただし、第1の酸化物半導体膜199aおよび第3の酸化物半導体膜199cを構成する材料にGaを含ませる場合、含ませるGaの割合が多い、具体的には $\text{InM}_1\text{xZn}_y\text{O}_z$ で表記できる材料で $x = 10$ を超えると成膜時に粉が発生する恐れがあり、不適である。

【0229】

また、第2の酸化物半導体膜199bを構成する材料は、 $\text{InM}_2\text{xZn}_y\text{O}_z$ ($x > 1$ 、 $y > x$ 、 $z > 0$ 、 $M_2 = \text{Ga}$ 、 Sn 等)で表記できる材料を用いる。

【0230】

第1の酸化物半導体膜199aの伝導帯下端および第3の酸化物半導体膜199cの伝導帯下端に比べて第2の酸化物半導体膜199bの伝導帯下端が真空準位から最も深くなるような井戸型構造を構成するように、第1、第2、および第3の酸化物半導体膜の材料を適宜選択する。

【0231】

なお、酸化物半導体膜において第14族元素の一つであるシリコンや炭素はドナー準位の形成に寄与することがある。このため、シリコンや炭素が酸化物半導体膜に含まれると、酸化物半導体膜はn型化してしまう。したがって、シリコンおよび炭素のそれぞれの濃度は $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下、好ましくは $3 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ とする領域を有するように各酸化物半導体膜を形成することが好ましい。特に、第2の酸化物半導体膜199bに第14族元素が多く混入しないように、第1の酸化物半導体膜199aおよび第3の酸化物半導体膜199cで、キャリアパスとなる第2の酸化物半導体膜199bを挟む、または囲む構成とすることが好ましい。すなわち、第1の酸化物半導体膜199aおよび第3の酸化物半導体膜199cは、シリコン、炭素等の第14族元素が第2の酸化物半導体膜199bに混入することを防ぐバリア膜とも呼べる。

【0232】

例えば、第1の酸化物半導体膜199aおよび第3の酸化物半導体膜199cを原子数比が $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 3 : 2$ 、または $1 : 6 : 4$ 、または $1 : 9 : 6$ である酸化物半導体膜で形成し、第2の酸化物半導体膜199bの原子数比が $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 1 : 1$ 、または $3 : 1 : 2$ である酸化物半導体膜で形成することができる。

【0233】

または、第1の酸化物半導体膜199aを原子数比が $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 3 : 2$ である酸化物半導体膜で形成し、第2の酸化物半導体膜199bを原子数比が $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 1 : 1$ または $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 3 : 1 : 2$ である酸化物半導体膜で形成し、第3の酸化物半導体膜199cを原子数比が $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 6 : 4$ 、または $1 : 9 : 6$ である酸化物半導体膜で形成してもよい。

【0234】

第1の酸化物半導体膜199a乃至第3の酸化物半導体膜199cの構成元素は同一であるため、第2の酸化物半導体膜199bは、第1の酸化物半導体膜199aとの界面における欠陥準位(トラップ準位)が少ない。詳細には、当該欠陥準位(トラップ準位)は、ゲート絶縁膜127と第1の酸化物半導体膜199aとの界面における欠陥準位よりも少

10

20

30

40

50

ない。このため、上記のように酸化物半導体膜が積層されていることで、トランジスタの経時変化や信頼性試験によるしきい値電圧の変動量を低減することができる。

【0235】

また、第1の酸化物半導体膜199aの伝導帯下端および第3の酸化物半導体膜199cの伝導帯下端に比べて第2の酸化物半導体膜199bの伝導帯下端が真空準位から最も深くなるような井戸型構造を構成するように、第1、第2、および第3の酸化物半導体膜の材料を適宜選択することで、トランジスタの電界効果移動度を高めることが可能であると共に、トランジスタの経時変化や信頼性試験によるしきい値電圧の変動量を低減することができる。

【0236】

また、第1の酸化物半導体膜199a乃至第3の酸化物半導体膜199c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、微結晶（ナノ結晶）酸化物半導体、非晶質酸化物半導体、およびCAAC-OS膜を適宜組み合わせた構成としてもよい。また、第1の酸化物半導体膜199a乃至第3の酸化物半導体膜199cのいずれか一つに非晶質酸化物半導体を適用すると、酸化物半導体膜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、またトランジスタの経時変化や信頼性試験によるしきい値電圧の変動量を低減することができる。

【0237】

また、少なくともチャネル形成領域となりうる第2の酸化物半導体膜199bはCAAC-OS膜であることが好ましい。

【0238】

なお、酸素と結合し易い導電材料（例えば、ソース電極またはドレイン電極に用いられる金属）と酸化物半導体膜を接触させると、酸化物半導体膜中の酸素が、酸素と結合し易い導電材料側に拡散する現象が起こる。当該現象は、温度が高いほど顕著に起こる。トランジスタの作製工程には、いくつかの加熱工程があることから、上記現象により、酸化物半導体層のソース電極またはドレイン電極と接触した近傍の領域に酸素欠損が発生し、当該領域はn型化する。したがって、n型化した当該領域はトランジスタのソースまたはドレインとして作用させることができる。

【0239】

上記n型化した領域は、図9（A）、（B）に例示される。半導体膜中に点線で示される境界135は、真性半導体領域とn型半導体領域の境界であり、酸化物半導体におけるソース電極またはドレイン電極と接触した近傍の領域がn型化した領域となる。なお、境界135は模式的に示したものであり、実際には明瞭ではない場合がある。また、境界135の位置も図示した位置とは異なる場合がある。

【0240】

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

【0241】

（実施の形態3）

本実施の形態では、本発明の一態様に用いることのできるナノ結晶酸化物半導体膜の電子線回折パターン、および局在準位について説明する。

【0242】

ナノ結晶酸化物半導体膜は、ビーム径が10nm以下とした電子線回折（極微電子線回折）を用いた電子線回折パターンにおいて、非晶質状態を示すハローパターンとも、特定の面に配向した結晶状態を示す規則性を有するスポットとも異なり、方向性を持たないスポットが観察される酸化物半導体膜である。

【0243】

図13（A）にナノ結晶酸化物半導体膜の断面TEM（Transmission Electron Microscope（透過型電子顕微鏡））像を示す。また、図13（

10

20

30

40

50

B)に図13(A)のポイント1において極微電子線回折を用いて測定した電子線回折パターンを、図13(C)に図13(A)のポイント2において極微電子線回折を用いて測定した電子線回折パターンを、図13(D)に図13(A)のポイント3において極微電子線回折を用いて測定した電子線回折パターンをそれぞれ示す。

【0244】

図13では、ナノ結晶酸化物半導体膜の一例として、In-Ga-Zn系酸化物膜を石英ガラス基板上に膜厚50nmで成膜した試料を用いる。図13に示すナノ結晶酸化物半導体膜の成膜条件は、In:Ga:Zn=1:1:1(原子数比)である酸化物ターゲットを用いて、酸素雰囲気下(流量45sccm)、圧力0.4Pa、直流(DC)電源0.5kW、基板温度を室温とした。そして、成膜したナノ結晶酸化物半導体膜を100nm以下(例えば、40nm±10nm)の幅に薄片化し、断面TEM像および極微電子線回折による電子線回折パターンを得た。

10

【0245】

図13(A)は、透過型電子顕微鏡(日立ハイテクノロジーズ製「H-9000NAR」)を用い、加速電圧を300kV、倍率200万倍として撮影したナノ結晶酸化物半導体膜の断面TEM像である。また、図13(B)乃至図13(D)は、透過型電子顕微鏡(日立ハイテクノロジーズ製「HF-2000」)を用い、加速電圧を200kV、ビーム径を約1nmとして極微電子線回折によって得られた電子線回折パターンである。なお、ビーム径を約1nmとした場合の極微電子線回折での測定範囲は、5nm以上10nm以下である。

20

【0246】

図13(B)に示すように、ナノ結晶酸化物半導体膜は、極微電子線回折を用いた電子線回折パターンにおいて、円周状に配置された複数のスポット(輝点)が観察される。換言すると、ナノ結晶酸化物半導体膜では、円周状(同心円状)に分布した複数のスポットが観察されるともいえる。または、円周状に分布した複数のスポットが複数の同心円を形成するとともいえる。

【0247】

また、石英ガラス基板との界面近傍である図13(D)および、ナノ結晶酸化物半導体膜の膜厚方向中央部の図13(C)においても図13(B)と同様に円周状に分布した複数のスポットが観察される。図13(C)において、メインスポットから円周状のスポットまでの距離は、3.88/nmから4.93/nmであった。面間隔に換算すると、0.203nmから0.257nmである。

30

【0248】

図13の極微電子線回折パターンより、ナノ結晶酸化物半導体膜は、面方位が不規則であって且つ大きさの異なる結晶部が複数混在する膜であることがわかる。

【0249】

次いで、図14(A)にナノ結晶酸化物半導体膜の平面TEM像を示す。また、図14(B)に図14(A)において円で囲んだ領域を、制限視野電子線回折を用いて測定した電子線回折パターンを示す。

【0250】

40

図14では、ナノ結晶酸化物半導体膜の一例として、In-Ga-Zn系酸化物膜を石英ガラス基板上に膜厚30nmで成膜した試料を用いる。図14に示すナノ結晶酸化物半導体膜の成膜条件は、In:Ga:Zn=1:1:1(原子数比)である酸化物ターゲットを用いて、酸素雰囲気下(流量45sccm)、圧力0.4Pa、直流(DC)電源0.5kW、基板温度を室温とした。そして、試料を薄片化し、ナノ結晶酸化物半導体膜の平面TEM像および電子線回折による電子線回折パターンを得た。

【0251】

図14(A)は、透過型電子顕微鏡(日立ハイテクノロジーズ製「H-9000NAR」)を用い、加速電圧を300kV、倍率50万倍として撮影したナノ結晶酸化物半導体膜の平面TEM写真である。また、図14(B)は、制限視野を300nmとして電子線

50

回折によって得られた電子線回折パターンである。なお、電子線の広がりを考慮すると、測定範囲は、300 nm 以上である。

【0252】

図14(B)に示すように、ナノ結晶酸化物半導体膜は、極微電子線回折よりも測定範囲の広い制限視野電子線回折を用いた電子線回折パターンでは、極微電子線回折によって観察された複数のスポットがみられず、ハローパターンが観察される。

【0253】

次に、図15に、図13および図14の電子線回折パターンにおける回折強度の分布を概念的に示す。図15(A)は、図13(B)乃至図13(D)に示す極微電子線回折パターンにおける回折強度の分布の概念図である。また、図15(B)は、図14(B)に示す制限視野電子線回折パターンにおける回折強度の分布の概念図である。また、図15(C)は単結晶構造または多結晶構造の電子線回折パターンにおける回折強度の分布の概念図である。

【0254】

図15において、縦軸はスポットなどの分布を表す電子線回折強度(任意単位)、横軸はメインスポットからの距離を示す。

【0255】

図15(C)に示す単結晶構造または多結晶構造においては、結晶部が配向する面の面間隔(d値)に応じた、メインスポットからの特定の距離にスポットがみられる。

【0256】

一方、図13に示すようにナノ結晶酸化物半導体膜の極微電子線回折パターンで観察される複数のスポットは、比較的大きい幅を有する。よって、図15(A)は、離散的な強度分布を示す。また、極微電子線回折パターンにおいて、同心円状の領域間に明確なスポットとならないものの輝度の高い領域が存在することがわかる。

【0257】

また、図15(B)に示すように、ナノ結晶酸化物半導体膜の制限視野電子線回折パターンにおける電子線回折強度分布は、連続的な強度分布を示す。図15(B)は、図15(A)に示す電子線回折強度分布を広範囲で観察した結果と近似可能であるため、図15(A)に示す複数のスポットが重なってつながり、連続的な強度分布が得られたものと考察できる。

【0258】

図15(A)乃至図15(C)に示すように、ナノ結晶酸化物半導体膜は、面方位が不規則であって且つ大きさの異なる結晶部が複数混在する膜であり、且つ、その結晶部は、制限視野電子線回折パターンにおいてはスポットが観察されない程度に、極微細であることが示唆される。

【0259】

複数のスポットが観察された図13において、ナノ結晶酸化物半導体膜は50 nm以下に薄片化されている。また電子線のビーム径は1 nm に収束されているため、その測定範囲は5 nm以上10 nm以下である。よって、ナノ結晶酸化物半導体膜に含まれる結晶部は、少なくとも50 nm以下であり、例えば、10 nm以下、または5 nm以下であることが推測される。

【0260】

ここで、図16に、石英ガラス基板における極微電子線回折パターンを示す。図16の測定条件は、図13(B)乃至図13(D)と同様とした。

【0261】

図16に示すように、非晶質構造を有する石英ガラス基板では、特定のスポットを有さずメインスポットから輝度が連続的に変化するハローパターンが観測される。このように、非晶質構造を有する膜においては、極微小な領域の電子線回折を行ったとしても、ナノ結晶酸化物半導体膜で観察されるような円周状に分布した複数のスポットが観察されない。したがって、図13(B)乃至図13(D)で観察される円周状に分布した複数のスポッ

10

20

30

40

50

トは、ナノ結晶酸化物半導体膜に特有のものであることが確認される。

【0262】

また、図17に、図13(A)に示すポイント2にビーム径を約1nmに収束した電子線を1分間照射した後に、測定を行った電子線回折パターンを示す。

【0263】

図17に示す電子線回折パターンは、図13(C)に示す電子線回折パターンと同様に、円周状に分布した複数のスポットが観察され、両者の測定結果に特段の相違点は確認されない。このことは、図13(C)の電子線回折パターンで確認された結晶部は、ナノ結晶酸化物半導体膜の成膜時から存在していることを意味しており、収束電子線を照射したことで結晶部が形成されたものではないことを意味する。

10

【0264】

次に、図18に、図13(A)に示す断面TEM像の部分拡大図を示す。図18(A)は、図13(A)のポイント1近傍(ナノ結晶酸化物半導体膜表面)を、倍率800万倍で観察した断面TEM像である。また、図18(B)は、図13(A)のポイント2近傍(ナノ結晶酸化物半導体膜の膜厚方向中央部)を、倍率800万倍で観察した断面TEM像である。

【0265】

図18に示す断面TEM像からは、ナノ結晶酸化物半導体膜において結晶構造が明確には確認できない。

【0266】

20

また、図13および図14の観察に用いた、石英ガラス基板上に本実施の形態のナノ結晶酸化物半導体膜が成膜された試料をX線回折(XRD: X-Ray Diffraction)を用いて分析した。図19にout-of-plane法を用いてXRDスペクトルを測定した結果を示す。

【0267】

図19において、縦軸はX線回折強度(任意単位)であり、横軸は回折角 2θ (deg.)である。なお、XRDスペクトルの測定は、Bruker AXS社製X線回折装置D-8 ADVANCEを用いた。

【0268】

図19に示すように、 $2\theta = 20 \sim 23^\circ$ 近傍に石英に起因するピークが観察されるものの、ナノ結晶酸化物半導体膜に含まれる結晶部に起因するピークは確認できない。

30

【0269】

図18および図19の結果からも、ナノ結晶酸化物半導体膜に含まれる結晶部は、極微細な結晶部であることが示唆される。

【0270】

以上示したように、本実施の形態のナノ結晶酸化物半導体膜では、測定範囲の広いX線回折(XRD: X-ray diffraction)による分析では配向を示すピークが検出されず、また、測定範囲の広い制限視野電子線回折によって得られる電子線回折パターンでは、ハローパターンが観測される。よって、本実施の形態のナノ結晶酸化物半導体膜は、巨視的には無秩序な原子配列を有する膜と同等であるといえる。しかしながら、電子線のビーム径が十分に小さい径(例えば、10nm以下)の極微電子線回折によってナノ結晶酸化物半導体膜を測定することで、得られる極微電子線回折パターンではスポット(輝点)を観測することができる。よって、本実施の形態のナノ結晶酸化物半導体膜は、面方位の不規則な極微な結晶部(例えば、粒径が10nm以下、または5nm以下、または3nm以下の結晶部)が凝集して形成された膜と推測できる。また、極微細な結晶部を含有するナノ結晶領域は、ナノ結晶酸化物半導体膜の膜厚方向の全領域において含まれる。

40

【0271】

ここで、ナノ結晶酸化物半導体膜の局在準位について説明する。ここでは、ナノ結晶酸化物半導体膜をCPM(Constant photocurrent method)測

50

定で評価した結果について説明する。

【0272】

まず、測定試料の構造について説明する。

【0273】

測定試料は、ガラス基板上に設けられた酸化物半導体膜と、該酸化物半導体膜に接する一対の電極と、酸化物半導体膜および一対の電極を覆う絶縁膜と、を有する。

【0274】

次に、測定試料に含まれる酸化物半導体膜の形成方法について説明する。

【0275】

In - Ga - Zn 酸化物 (In : Ga : Zn = 1 : 1 : 1 [原子数比]) であるターゲットを用い、成膜ガスとしてアルゴンガスを 30 s c c m、酸素ガスを 15 s c c m 用い、圧力を 0.4 Pa とし、基板温度を室温とし、DC 電力を 0.5 kW 印加する条件を用いたスパッタリング法により、第 1 の酸化物半導体膜を形成した。なお、第 1 の酸化物半導体膜はナノ結晶酸化物半導体膜である。

10

【0276】

また、第 1 の酸化物半導体膜を、450 の酸素雰囲気中で 1 時間加熱した後、450 の酸素雰囲気中で 1 時間加熱することで、第 1 の酸化物半導体膜に含まれる水素を脱離させる処理および第 1 の酸化物半導体膜に酸素を供給する処理を行い、第 2 の酸化物半導体膜を形成した。なお、第 2 の酸化物半導体膜はナノ結晶酸化物半導体膜である。

【0277】

20

次に、第 1 の酸化物半導体膜を有する測定試料、および第 2 の酸化物半導体膜を有する測定試料について CPM 測定を行った。具体的には、酸化物半導体膜に接して設けた一対の電極間に電圧を印加した状態で光電流値が一定となるように端子間の測定試料面に照射する光量を調整し、所望の波長の範囲において照射光量から吸収係数を導出した。

【0278】

各測定試料を CPM 測定して得られた吸収係数からバンドテイル起因の吸収係数を除いた吸収係数、即ち欠陥に起因する吸収係数を図 11 に示す。図 11 において、横軸は吸収係数を表し、縦軸は光エネルギーを表す。なお、図 11 の縦軸において、酸化物半導体膜の伝導帯の下端を 0 eV とし、価電子帯の上端を 3.15 eV とする。また、図 11 において、各曲線は吸収係数と光エネルギーの関係を示す曲線であり、欠陥準位に相当する。

30

【0279】

図 11 (A) は、第 1 の酸化物半導体膜を有する測定試料の測定結果であり、欠陥準位による吸収係数は、 $5.28 \times 10^{-1} \text{ cm}^{-1}$ であった。図 11 (B) は、第 2 の酸化物半導体膜を有する測定試料の測定結果であり、欠陥準位による吸収係数は、 $1.75 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$ であった。

【0280】

したがって、加熱処理により、酸化物半導体膜に含まれる欠陥を低減することができる。

【0281】

なお、第 1 の酸化物半導体膜および第 2 の酸化物半導体膜に関し、X 線反射率法 (X R R (X - r a y R e f l e c t o m e t r y)) を用いた膜密度の測定を行った。第 1 の酸化物半導体膜の膜密度は、 $5.9 \text{ g} / \text{cm}^3$ であり、第 2 の酸化物半導体膜の膜密度は $6.1 \text{ g} / \text{cm}^3$ であった。

40

【0282】

したがって、加熱処理により、酸化物半導体膜の膜密度を高めることができる。

【0283】

即ち、酸化物半導体膜において、膜密度が高い程、膜中に含まれる欠陥が少ないことがわかる。

【0284】

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

50

【0285】

(実施の形態4)

本実施の形態では、本発明の一態様に用いることのできるCAAC-OS膜について、電子線回折パターン、および局在準位について説明する。

【0286】

本実施の形態に用いるCAAC-OS膜は、In-Ga-Zn酸化物(In:Ga:Zn = 1:1:1 [原子数比])であるターゲット、および酸素を含む成膜ガスを用いたスパッタリング法で形成したIn-Ga-Zn系酸化物膜である。当該CAAC-OS膜の作製方法等の詳細な説明は、実施の形態1、2を参照することができる。

【0287】

図20にCAAC-OS膜の断面TEM(Transmission Electron Microscope(透過型電子顕微鏡))像を示す。また、図21に図20のポイント1乃至ポイント4において電子線回折を用いて測定した電子線回折パターンを示す。

【0288】

図20に示す断面TEM画像は、透過型電子顕微鏡(日立ハイテクノロジーズ製「H-9000NAR」)を用い、加速電圧を300kV、倍率200万倍で撮影した画像である。また、図21に示す電子線回折パターンは、透過型電子顕微鏡(日立ハイテクノロジーズ製「HF-2000」)を用い、加速電圧を200kV、ビーム径を約1nm または約50nm とした電子線回折パターンである。なお、ビーム径が10nm 以下とした電子線回折を、特に極微電子線回折と呼ぶことがある。また、ビーム径を約1nm とした場合の電子線回折での測定範囲は、5nm 以上10nm 以下である。

【0289】

図20に示すポイント1(膜表面側)、ポイント2(膜中央)、ポイント3(膜下地側)における電子線回折パターンが図21(A)、(B)、(C)にそれぞれ対応しており、電子ビーム径を約1nm とした電子線回折パターンである。また、図20に示すポイント4(膜全体)における電子線回折パターンが図21(D)であり、電子ビーム径を約50nm とした電子線回折パターンである。

【0290】

ポイント1(膜表面側)およびポイント2(膜中央)の電子線回折パターンは、スポット(輝点)によるパターンの形成が確認できるが、ポイント3(膜下地側)では、ややパターンが崩れている。これは、CAAC-OS膜の膜厚方向において、結晶状態が異なることを示唆している。なお、ポイント4(膜全体)においては、スポット(輝点)によるパターンの形成が確認できることから、膜全体としてはCAAC-OS膜である、または、CAAC-OS膜を含む膜であるということが出来る。

【0291】

図22は、図20におけるポイント1(膜表面側)の近傍の拡大写真である。層間絶縁膜である酸化窒化珪素膜との界面までCAAC-OS膜の配向性を示す明瞭な格子像を確認することができる。

【0292】

図23(A)、(B)は、図20の断面TEM観察に用いたCAAC-OS膜とは異なるCAAC-OS膜の断面TEM写真とX線回折スペクトルである。CAAC-OS膜は様々な形態があり、図23(B)に示すような $2\theta = 31^\circ$ 近傍に結晶成分を示すピークAが現れる。なお、当該ピークは明瞭に現れない場合もある。

【0293】

図23(A)のCAAC-OS膜に同心円で示す領域において、電子線のビーム径を1nm、20nm、50nm、70nm として、電子線回折を行った結果を図24(A)、(B)、(C)、(D)に示す。電子線のビーム径が1nm においては、図21(A)、(B)と同様に明瞭なスポット(輝点)によるパターンの形成を確認することができる。電子線のビーム径を大きくしていくとスポット(輝点)がやや不明瞭になるが、回折パターンは確認することができ、膜全体としてはCAAC-OS膜である、またはC

10

20

30

40

50

A A C - O S 膜を含む膜であるということができる。

【 0 2 9 4 】

図 2 5 (A)、(B) は、図 2 3 (A) の断面 T E M 観察に用いた C A A C - O S 膜を 4 5 0 でアニールした後の断面 T E M 写真と X 線回折スペクトルである。

【 0 2 9 5 】

図 2 5 (A) の C A A C - O S 膜に同心円で示す領域において、電子線のビーム径を 1 n m 、 2 0 n m 、 5 0 n m 、 7 0 n m として、電子線回折を行った結果を図 2 6 (A)、(B)、(C)、(D) に示す。図 2 4 に示した結果と同様に、電子線のビーム径が 1 n m においては、明瞭なスポット (輝点) によるパターンの形成を確認することができる。また、電子線のビーム径を大きくしていくとスポット (輝点) がやや不明瞭になるが、回折パターンは確認することができ、膜全体としては C A A C - O S 膜である、または C A A C - O S 膜を含む膜であるということができる。

10

【 0 2 9 6 】

図 2 7 (A)、(B) は、図 2 0 の断面 T E M 写真に用いた C A A C - O S 膜、および図 2 3 (A) の断面 T E M 観察に用いた C A A C - O S 膜とは異なる C A A C - O S 膜の断面 T E M 写真と X 線回折スペクトルである。C A A C - O S 膜は様々な形態があり、図 2 7 (B) に示すように $2\theta = 31^\circ$ 近傍に結晶成分を示すピーク A が現れるとともに、スピネル結晶構造に由来するピーク B が現れる場合もある。

【 0 2 9 7 】

図 2 7 (A) の C A A C - O S 膜に同心円で示す領域において、電子線のビーム径を 1 n m 、 2 0 n m 、 5 0 n m 、 9 0 n m として、電子線回折を行った結果を図 2 8 (A)、(B)、(C)、(D) に示す。電子線のビーム径が 1 n m においては、明瞭なスポット (輝点) によるパターンの形成を確認することができる。また、電子線のビーム径を大きくしていくとスポット (輝点) がやや不明瞭になるが、回折パターンは確認することができる。また、ビーム径 9 0 n m では、より明瞭なスポット (輝点) を確認することができる。したがって、膜全体としては C A A C - O S 膜である、または C A A C - O S 膜を含む膜であるということができる。

20

【 0 2 9 8 】

ここで、C A A C - O S 膜の局在準位について説明する。ここでは、C A A C - O S 膜を C P M (C o n s t a n t p h o t o c u r r e n t m e t h o d) 測定で評価した結果について説明する。

30

【 0 2 9 9 】

まず、C P M 測定した試料の構造について説明する。

【 0 3 0 0 】

測定試料は、ガラス基板上に設けられた酸化物半導体膜と、該酸化物半導体膜に接する一対の電極と、酸化物半導体膜および一対の電極を覆う絶縁膜と、を有する。

【 0 3 0 1 】

次に、測定試料に含まれる酸化物半導体膜の形成方法について説明する。

【 0 3 0 2 】

I n - G a - Z n 酸化物 (I n : G a : Z n = 1 : 1 : 1 [原子数比]) であるターゲットを用い、成膜ガスとしてアルゴンガスを 3 0 s c c m、酸素ガスを 1 5 s c c m 用い、圧力を 0 . 4 P a とし、基板温度を 4 0 0 とし、D C 電力を 0 . 5 k W 印加する条件を用いたスパッタリング法により、酸化物半導体膜を形成した。次に、4 5 0 の窒素雰囲気中で 1 時間加熱した後、4 5 0 の酸素雰囲気中で 1 時間加熱して、酸化物半導体膜に含まれる水素を脱離させる処理および酸化物半導体膜に酸素を供給する処理を行った。なお、当該酸化物半導体膜は C A A C - O S 膜である。

40

【 0 3 0 3 】

次に、酸化物半導体膜を有する測定試料について C P M 測定を行った。具体的には、酸化物半導体膜に接して設けた一対の電極間に電圧を印加した状態で光電流値が一定となるように端子間の試料面に照射する光量を調整し、所望の波長の範囲において照射光量から吸

50

収係数を導出した。

【0304】

各測定試料をCPM測定して得られた吸収係数からバンドテイル起因の吸収係数を除いた吸収係数、即ち欠陥に起因する吸収係数を図12に示す。図12において、横軸は吸収係数を表し、縦軸は光エネルギーを表す。なお、図12の縦軸において、酸化物半導体膜の伝導帯の下端を0 eVとし、価電子帯の上端を3.15 eVとする。また、図12において、曲線は吸収係数と光エネルギーの関係を示し、欠陥準位に相当する。

【0305】

図12に示す曲線において、欠陥準位による吸収係数は、 $5.86 \times 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$ であった。即ち、CAAC-Os膜は、欠陥準位による吸収係数が $1 \times 10^{-3} / \text{cm}$ 未満、好ましくは $1 \times 10^{-4} / \text{cm}$ 未満であり、欠陥準位密度の低い膜である。

10

【0306】

なお、酸化物半導体膜に関し、X線反射率法(XRR(X-ray Reflectometry))を用いた膜密度の測定を行った。酸化物半導体膜の膜密度は、 6.3 g/cm^3 であった。即ち、CAAC-Os膜は、膜密度の高い膜である。

【0307】

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

【0308】

(実施の形態5)

20

上記実施の形態で一例を示したトランジスタおよび容量素子を用いて表示機能を有する半導体装置(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。本実施の形態では、上記実施の形態で一例を示したトランジスタを用いた表示装置の例について、図29乃至図31を用いて説明する。なお、図30は、図29(B)中でM-Nの一点鎖線で示した部位の断面構成を示す断面図である。なお、図30において、画素部の構造は一部のみ記載している。

【0309】

図29(A)において、第1の基板901上に設けられた画素部902を囲むようにして、シール材905が設けられ、第2の基板906によって封止されている。図29(A)においては、第1の基板901上のシール材905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または多結晶半導体で形成された第2の駆動回路903、および第1の駆動回路904が実装されている。また、第2の駆動回路903、第1の駆動回路904、または画素部902に与えられる各種信号および電位は、FPC(Flexible printed circuit)918a、FPC918bから供給されている。

30

【0310】

なお、第1の駆動回路904は、走査線駆動回路としての機能を有する。また、第2の駆動回路903は、信号線駆動回路としての機能を有する。

【0311】

40

図29(B)および図29(C)において、第1の基板901上に設けられた画素部902と、第1の駆動回路904とを囲むようにして、シール材905が設けられている。また画素部902と、第1の駆動回路904の上に第2の基板906が設けられている。よって画素部902と、第1の駆動回路904とは、第1の基板901とシール材905と第2の基板906とによって、表示素子と共に封止されている。図29(B)および図29(C)においては、第1の基板901上のシール材905によって囲まれている領域とは異なる領域に、別途用意された単結晶半導体または多結晶半導体で形成された第2の駆動回路903が実装されている。図29(B)および図29(C)においては、第2の駆動回路903、第1の駆動回路904、または画素部902に与えられる各種信号および電位は、FPC918から供給されている。

50

【0312】

また、図29(B)および図29(C)においては、第2の駆動回路903を別途形成し、第1の基板901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。第1の駆動回路を別途形成して実装しても良いし、第2の駆動回路の一部または第1の駆動回路の一部のみを別途形成して実装しても良い。

【0313】

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)法、ワイヤボンディング法、或いはTCP(Tape Carrier Package)などを実装する方法を用いることができる。図29(A)は、COG方法により第2の駆動回路903、第1の駆動回路904を実装する例であり、図29(B)は、COG方法により第2の駆動回路903を実装する例であり、図29(C)は、第2の駆動回路903をTCPとして実装する例である。

【0314】

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。

【0315】

なお、本明細書における表示装置とは、画像表示デバイスまたは表示デバイスを指す。また、表示装置の代わりに光源(照明装置含む)として機能させることができる。また、コネクタ、例えばFPCもしくはTCPが取り付けられたモジュール、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。

【0316】

また、第1の基板上に設けられた画素部および第1の駆動回路は、トランジスタを複数有しており、上記実施の形態で示したトランジスタを適用することができる。

【0317】

表示装置に設けられる表示素子としては液晶素子、発光素子などを用いることができる。液晶素子の一例としては、液晶の光学的変調作用によって光の透過または非透過を制御する素子がある。その素子是一对の電極と液晶層により構造されることが可能である。なお、液晶の光学的変調作用は、液晶にかかる電界(横方向の電界、縦方向の電界または斜め方向の電界を含む)によって制御される。なお、具体的には、液晶素子の一例としては、ネマチック液晶、コレステリック液晶、スメクチック液晶、ディスコチック液晶、サーモトロピック液晶、リオトロピック液晶、低分子液晶、高分子液晶、高分子分散型液晶(PDLC)、強誘電液晶、反強誘電液晶、主鎖型液晶、側鎖型高分子液晶、バナナ型液晶などを挙げることができる。また液晶の駆動方法としては、TN(Twisted Nematic)モード、STN(Super Twisted Nematic)モード、IPS(In-Plane-Switching)モード、FFS(Fringe Field Switching)モード、MVA(Multi-domain Vertical Alignment)モード、PVA(Patterned Vertical Alignment)モード、ASV(Advanced Super View)モード、ASM(Axially Symmetric aligned Micro-cell)モード、OCB(Optically Compensated Birefringence)モード、ECB(Electrically Controlled Birefringence)モード、 FLC(Ferroelectric Liquid Crystal)モード、AFLC(AntiFerroelectric Liquid Crystal)モード、PDLC(Polymer Dispersed Liquid Crystal)モード、PNLC(Polymer Network Liquid Crystal)モード、ゲストホストモード、ブルー相(Blue Phase)モードなどがある。ただし、これに限定されず、液晶素子およびその駆動方式として様々なものを用いることができる。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 Lumin

essence)素子、有機EL素子等が含まれる。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。図30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。

【0318】

図30は、縦電界方式の液晶表示装置の断面図である。当該液晶表示装置は、接続端子電極915および端子電極916を有しており、接続端子電極915および端子電極916はFPC918が有する端子と異方性導電剤919を介して、電氣的に接続されている。

【0319】

接続端子電極915は、第1の電極930と同じ導電膜から形成され、端子電極916は、トランジスタ910、911のソース電極およびドレイン電極と同じ導電膜で形成されている。

10

【0320】

また、第1の基板901上に設けられた画素部902と、第1の駆動回路904は、トランジスタを複数有しており画素部902に含まれるトランジスタ910と、第1の駆動回路904に含まれるトランジスタ911とを例示している。トランジスタ910およびトランジスタ911上には実施の形態1に示す絶縁膜129、絶縁膜131、および絶縁膜132に相当する絶縁膜924が設けられている。また、絶縁膜924上には平坦性を高めるための絶縁膜934が設けられている。また、絶縁膜923は窒化絶縁膜である。

【0321】

本実施の形態では、トランジスタ910として、上記実施の形態1で示した画素101に設けられるトランジスタを適用することができる。また、トランジスタ911として、上記実施の形態1で示した第1の駆動回路104に設けられるトランジスタを適用することができる。なお、トランジスタ911は、導電膜917を設けた構成を例示しているが、導電膜917を設けない構成であってもよい。

20

【0322】

また、酸化物半導体膜927、絶縁膜924、絶縁膜934、および第1の電極930を用いて、容量素子936を構成する。なお、酸化物半導体膜927は、容量線929と電氣的に接続する。容量線929は、トランジスタ910、トランジスタ911のゲート電極と同じ導電膜から形成される。なお、ここでは、容量素子936として実施の形態1に示した容量素子を図示したが、適宜他の実施の形態に示した容量素子を用いることができる。

30

【0323】

画素部902に設けられたトランジスタ910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。

【0324】

表示素子である液晶素子913は、第1の電極930、第2の電極931、および液晶層908を含む。なお、液晶層908を挟持するように配向膜として機能する絶縁膜932および絶縁膜933が設けられている。また、第2の電極931は第2の基板906側に設けられ、第1の電極930と第2の電極931とは液晶層908を介して重なる構成となっている。

40

【0325】

表示素子に電圧を印加するために設けられる第1の電極930および第2の電極931(画素電極、共通電極、対向電極などともいう)においては、取り出す光の方向、電極が設けられる場所、および電極のパターン構造によって透光性、反射性を選択することができる。

【0326】

第1の電極930および第2の電極931は、実施の形態1に示す画素電極121と同様の材料を適宜用いることができる。

【0327】

50

また、スペーサ 935 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、第 1 の電極 930 と第 2 の電極 931 との間隔（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。

【0328】

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。

【0329】

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カイラル剤を混合させた液晶組成物を用いて液晶層に用いる。なお、配向膜は有機樹脂で構成されており、有機樹脂は水素または水などを含むことから、本発明の一態様である半導体装置のトランジスタの電気特性を低下させるおそれがある。そこで、液晶層として、ブルー相を用いることで、有機樹脂を用いずに本発明の一態様である半導体装置を作製することができ、信頼性の高い半導体装置を得ることができる。

10

【0330】

第 1 の基板 901 および第 2 の基板 906 はシール材 925 によって固定されている。シール材 925 は、熱硬化樹脂、光硬化樹脂などの有機樹脂を用いることができる。また、シール材 925 は、絶縁膜 924 と接している。なお、シール材 925 は図 29 に示すシール材 905 に相当する。

20

【0331】

シール材 925 は、絶縁膜 924 上に設けられている。また、絶縁膜 934 は、シール材 925 の内側に設けられている。絶縁膜 924 の最上層は窒化絶縁膜であり、外部から水素や水などの不純物の侵入を抑制することが可能である。一方、絶縁膜 934 は、透湿性が高い。このため、絶縁膜 934 をシール材 925 の内側に設け、絶縁膜 924 上にシール材 925 を設けることで、外部から水素や水などの不純物の侵入を抑制し、トランジスタ 910 およびトランジスタ 911 の電気特性の変動を抑制することができる。

【0332】

また、液晶表示装置において、ブラックマトリクス（遮光膜）、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、偏光基板およ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。

30

【0333】

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。

【0334】

図 31 に、図 30 に示す液晶表示装置において、基板 906 に設けられた第 2 の電極 931 と電氣的に接続するための共通接続部（パッド部）を、基板 901 上に形成する例を示す。

40

【0335】

共通接続部は、基板 901 と基板 906 とを接着するためのシール材と重なる位置に配置され、シール材に含まれる導電性粒子を介して第 2 の電極 931 と電氣的に接続される。または、シール材と重ならない箇所（但し、画素部を除く）に共通接続部を設け、共通接続部に重なるように導電性粒子を含むペーストをシール材とは別途設けて第 2 の電極 931 と電氣的に接続してもよい。

【0336】

図 31（A）の右側は、画素部に設けられるトランジスタ 910 の断面図であり、図 31（A）の左側は、当該トランジスタと同じ工程を利用して形成することのできる共通接続

50

部の断面図である。図 3 1 (A) に示す共通接続部は、図 3 1 (B) に示す共通接続部の上面図における I - J の断面に相当する。

【 0 3 3 7 】

共通電位線 9 7 5 は、ゲート絶縁膜 9 2 2 上に設けられ、トランジスタ 9 1 0 のソース電極 9 7 1 またはドレイン電極 9 7 3 と同じ材料および同じ工程を利用して作製される。

【 0 3 3 8 】

また、共通電位線 9 7 5 は、絶縁膜 9 2 4 および絶縁膜 9 3 4 で覆われ、絶縁膜 9 2 4 および絶縁膜 9 3 4 は、共通電位線 9 7 5 と重なる位置に複数の開口を有している。この開口は、トランジスタ 9 1 0 のソース電極 9 7 1 またはドレイン電極 9 7 3 の一方と、第 1 の電極 9 3 0 とを接続するコンタクトホールと同じ工程を利用して作製される。

10

【 0 3 3 9 】

また、共通電位線 9 7 5 および共通電極 9 7 7 は、絶縁膜 9 2 4 および絶縁膜 9 3 4 に設けられる開口において電氣的に接続する。共通電極 9 7 7 は、絶縁膜 9 3 4 上に設けられ、接続端子電極 9 1 5 や、画素部の第 1 の電極 9 3 0 と同じ材料および同じ工程を利用して作製される。

【 0 3 4 0 】

このように、画素部 9 0 2 のスイッチング素子の作製工程と共通させて共通接続部を作製することができる。

【 0 3 4 1 】

共通電極 9 7 7 は、シール材に含まれる導電性粒子と接触する電極であり、基板 9 0 6 の第 2 の電極 9 3 1 と電氣的に接続が行われる。

20

【 0 3 4 2 】

また、図 3 1 (C) に示すように、共通電位線 9 8 5 をトランジスタ 9 1 0 のゲート電極と同じ材料、同じ工程を利用して作製してもよい。

【 0 3 4 3 】

図 3 1 (C) に示す共通接続部において、共通電位線 9 8 5 は、ゲート絶縁膜 9 2 2、絶縁膜 9 2 4 および絶縁膜 9 3 4 の下層に設けられ、ゲート絶縁膜 9 2 2、絶縁膜 9 2 4 および絶縁膜 9 3 4 は、共通電位線 9 8 5 と重なる位置に複数の開口を有する。該開口は、トランジスタ 9 1 0 のソース電極 9 7 1 またはドレイン電極 9 7 3 の一方と第 1 の電極 9 3 0 とを接続するコンタクトホールと同じ工程を利用して絶縁膜 9 2 4 および絶縁膜 9 3 4 をエッチングした後、さらにゲート絶縁膜 9 2 2 を選択的にエッチングすることで形成される。

30

【 0 3 4 4 】

また、共通電位線 9 8 5 および共通電極 9 8 7 は、ゲート絶縁膜 9 2 2、絶縁膜 9 2 4 および絶縁膜 9 3 4 に設けられる開口において電氣的に接続する。共通電極 9 8 7 は、絶縁膜 9 3 4 上に設けられ、接続端子電極 9 1 5 や、画素部の第 1 の電極 9 3 0 と同じ材料および同じ工程を用いて作製される。

【 0 3 4 5 】

以上より、上記実施の形態で示したトランジスタおよび容量素子を適用することで、開口率を高めつつ、電荷容量を増大させた容量素子を有する半導体装置を提供することができる。この結果、表示品位の優れた半導体装置を得ることができる。

40

【 0 3 4 6 】

また、トランジスタに含まれる半導体膜である酸化物半導体膜は酸素欠損が低減され、水素などの不純物が低減されていることから、本発明の一態様である半導体装置は、良好な電気特性を有する半導体装置となる。

【 0 3 4 7 】

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

【 0 3 4 8 】

(実施の形態 6)

50

本実施の形態では、本発明の一態様の半導体装置を適用することのできる画像情報の処理および表示が可能な情報処理装置の構成について、図32および図33を参照しながら説明する。

【0349】

具体的には、画素を選択するG信号を30Hz（1秒間に30回）以上の頻度、好ましくは60Hz（1秒間に60回）以上960Hz（1秒間に960回）未満の頻度で出力する第1のモードと、11.6μHz（1日に1回）以上0.1Hz（1秒間に0.1回）未満の頻度、好ましくは0.28mHz（1時間に1回）以上1Hz（1秒間に1回）未満の頻度で出力する第2のモードを備える情報処理装置について説明する。

【0350】

本発明の一態様の情報処理装置を用いて静止画を表示すると、リフレッシュレートを1Hz未満、好ましくは0.2Hz以下とすることができ、使用者の目にやさしい表示、使用者の目の疲労を軽減する表示、使用者の目に負担を与えない表示をすることができる。また、表示部に表示する画像の性質に応じて最適な頻度で表示画像をリフレッシュすることができる。具体的には、動画をなめらかに表示する場合に比べて、リフレッシュを低い頻度で行うことにより、フリッカーの少ない静止画を表示することができる。加えて、消費電力を低減する効果も奏する。

【0351】

図32は、本発明の一態様の表示機能を有する情報処理装置の構成を説明するブロック図である。

【0352】

図33は、本発明の一態様の表示装置が備える表示部の構成を説明するブロック図である。

【0353】

本実施の形態で説明する表示機能を有する情報処理装置600は、表示装置640、演算装置620並びに入力手段500（図32参照）を有する。

【0354】

表示装置640は、表示部630および制御部610を有する（図32参照）。一次画像信号625_Vおよび一次制御信号625_Cが表示装置640に供給され得る。表示装置640は、画像情報を表示部630に表示できる。

【0355】

一次画像信号625_Vは、画像の階調情報（輝度情報ともいえる）の他、例えば色度情報等を含む。

【0356】

一次制御信号625_Cは、例えば表示装置640の走査動作のタイミング等を制御するための信号などを含む。

【0357】

なお、電源電位等は表示装置640の制御部610および表示部630に供給される。

【0358】

制御部610は、表示部630を制御する機能を有する。例えば、二次画像信号615_Vおよび/または二次制御信号615_C等を生成する。

【0359】

例えば、制御部610が極性決定回路を備える構成としてもよい。極性決定回路は、信号の極性をフレーム毎に反転できる。

【0360】

極性決定回路は、二次画像信号615_Vの極性を反転するタイミングを通知し、当該タイミングに従って、制御部610が二次画像信号615_Vの極性を反転する機能を備える構成としてもよい。なお、二次画像信号615_Vの極性を、制御部610内において反転してもよいし、制御部610からの命令に従って、表示部630内において反転してもよい。

10

20

30

40

50

【0361】

また、極性決定回路がカウンタと信号生成回路を有し、同期信号を用いて二次画像信号 6 1 5 __ V の極性を反転させるタイミングを定める機能を有してもよい。

【0362】

なお、カウンタは、水平同期信号のパルスを用いてフレーム期間の数を数える機能を有する。また、信号生成回路は、二次画像信号 6 1 5 __ V の極性を反転させるタイミングを、制御部 6 1 0 に通知する機能を有する。これにより、カウンタにおいて得られたフレーム期間の数の情報を用いて、連続する複数フレーム期間ごとに二次画像信号 6 1 5 __ V の極性を反転することができる。

【0363】

二次画像信号 6 1 5 __ V には、画像情報を含めることができる。

【0364】

例えば、制御部 6 1 0 は、二次画像信号 6 1 5 __ V を一次画像信号 6 2 5 __ V から生成し、当該二次画像信号 6 1 5 __ V を出力してもよい。

【0365】

また、制御部 6 1 0 は、一次画像信号 6 2 5 __ V と基準電位 V_{sc} の差を振れ幅とし、極性がフレーム毎に反転する信号を二次画像信号 6 1 5 __ V として生成してもよい。

【0366】

二次制御信号 6 1 5 __ C には、表示部 6 3 0 の第 1 の駆動回路（G 駆動回路 6 3 2 ともいう）を制御するための信号または第 2 の駆動回路（S 駆動回路 6 3 3 ともいう）を制御するための信号を含めることができる。

【0367】

例えば、制御部 6 1 0 が、垂直同期信号、水平同期信号などの同期信号を含む一次制御信号 6 2 5 __ C から二次制御信号 6 1 5 __ C を生成してもよい。

【0368】

二次制御信号 6 1 5 __ C は、例えばスタートパルス信号 S P、ラッチ信号 L P、パルス幅制御信号 P W C、クロック信号 C K などを含む。

【0369】

具体的には、二次制御信号 6 1 5 __ C には、S 駆動回路 6 3 3 の動作を制御する S 駆動回路用のスタートパルス信号 S P、S 駆動回路用のクロック信号 C K、ラッチ信号 L P などを含めることができる。また、G 駆動回路 6 3 2 の動作を制御する G 駆動回路用のスタートパルス信号 S P、G 駆動回路用のクロック信号 C K、パルス幅制御信号 P W C などを含めることができる。

【0370】

表示部 6 3 0 は、画素部 6 3 1、第 1 の駆動回路（G 駆動回路 6 3 2 ともいう）並びに第 2 の駆動回路（S 駆動回路 6 3 3 ともいう）を有する。

【0371】

画素部 6 3 1 は、表示光に 420 nm より短い波長の光を含まず、且つ 150 p p i 以上の精細度で設けられた複数の画素 6 3 1 p および当該複数の画素を接続する配線を有する。それぞれの画素 6 3 1 p は、走査線 G の少なくとも一つと接続され、信号線 S の少なくとも一つと接続されている。なお、配線の種類およびその数は、画素 6 3 1 p の構成、数および配置に依存する。

【0372】

例えば、画素 6 3 1 p が、x 列 x y 行のマトリクス状に画素部 6 3 1 に配置されている場合、信号線 S 1 乃至信号線 S x 並びに走査線 G 1 乃至走査線 G y を、画素部 6 3 1 内に配置する（図 33（A - 1）参照）。複数の走査線（G 1 乃至 G y）は G 信号を行毎に供給することができる。複数の信号線（S 1 乃至 S x）は複数の画素に S 信号を供給することができる。

【0373】

G 駆動回路 6 3 2 は、G 信号 6 3 2 __ G の供給を制御して、走査線 G を選択できる（図 3

10

20

30

40

50

2 参照)。

【0374】

例えば、画素部 631 を複数の領域 (具体的には第 1 領域 631 a、第 2 領域 631 b および第 3 領域 631 c) に分割して駆動してもよい (図 33 (A - 2) 参照)。

【0375】

各領域には、複数の画素 631 p、当該画素 631 p を行毎に選択するための複数の走査線 G 並びに選択された画素 631 p に S 信号 633 __ S を供給するための複数の信号線 S を設けることができる。

【0376】

また、複数の G 駆動回路 (具体的には第 1 G 駆動回路 632 a、第 2 G 駆動回路 632 b および第 3 G 駆動回路 632 c) を設けてもよい。

10

【0377】

G 駆動回路は、G 信号 632 __ G の供給を制御して、各領域に設けられた走査線 G (具体的には第 1 G 駆動回路 632 a は走査線 G 1 乃至 G j、第 2 G 駆動回路 632 b は走査線 G j + 1 乃至 G 2 j および第 3 G 駆動回路 632 c は走査線 G 2 j + 1 乃至 G y) を選択できる。

【0378】

G 駆動回路は、画素回路 634 を選択する第 1 の駆動信号 (G 信号ともいう) 632 __ G を画素回路 634 に出力する。G 駆動回路 632 は、各走査線を選択する G 信号 632 __ G を各走査線に 30 Hz (1 秒間に 30 回) 以上の頻度、好ましくは 60 Hz (1 秒間に 60 回) 以上 960 Hz (1 秒間に 960 回) 未満の頻度で出力する第 1 のモードと、11.6 μ Hz (1 日に 1 回) 以上 0.1 Hz (1 秒間に 0.1 回) 未満の頻度、好ましくは 0.28 mHz (1 時間に 1 回) 以上 1 Hz (1 秒間に 1 回) 未満の頻度で出力する第 2 のモードを備える。

20

【0379】

G 駆動回路 632 は、第 1 のモードと第 2 のモードを切り替えて動作することができる。例えば、モード切り替え信号を含む二次制御信号 615 __ C または二次制御信号 615 __ C に含まれる G 駆動回路用のスタートパルスを用いて、G 駆動回路 632 の第 1 のモードと第 2 のモードを切り替えることができる。具体的には、制御部 610 が出力する G 駆動回路用のスタートパルスの出力頻度を制御してもよい。

30

【0380】

G 信号 632 __ G は、G 駆動回路 632 により生成される。G 信号 632 __ G は、行毎に画素 631 p に出力され、画素 631 p は行毎に選択される。

【0381】

表示部 630 は、S 駆動回路 633 を有していても良い。S 駆動回路は、第 2 の駆動信号 (S 信号 633 __ S とともいう) を二次画像信号 615 __ V から生成し、当該 S 信号 633 __ S の信号線 S (具体的には S 1 乃至 S x) への供給を制御する。

【0382】

S 信号 633 __ S は、画像の階調情報等を含む。S 信号 633 __ S は G 信号 632 __ G に選択された画素 631 p に供給される。

40

【0383】

画素部 631 は、複数の画素 631 p を有する。

【0384】

画素 631 p は、表示素子 635 と当該表示素子 635 を含む画素回路 634 を備える (図 32 参照)。

【0385】

画素回路 634 は、供給される S 信号 633 __ S を保持し、表示素子 635 に画像情報の一部を表示する。なお、表示素子 635 の種類または駆動方法に応じた構成を選択して画素回路 634 に用いることができる。

【0386】

50

画素回路 634 の一例として、液晶素子 635 LC を表示素子 635 に適用する構成を図 33 (B-1) に示す。

【0387】

画素回路 634 は、G 信号 632 __G が入力されるゲート電極と、S 信号が入力される第 1 の電極とを備えるトランジスタ 634 t と、トランジスタ 634 t の第 2 の電極に電氣的に接続される第 1 の電極と、共通電位が供給される第 2 の電極を備える液晶素子 635 LC と、を具備する。

【0388】

画素回路 634 は、S 信号 633 __S の表示素子 635 への供給を制御するトランジスタ 634 t を有する。

10

【0389】

トランジスタ 634 t のゲートは、走査線 G1 から走査線 Gy のいずれか 1 つに接続されている。トランジスタ 634 t のソースおよびドレインの一方は、信号線 S1 から信号線 Sx のいずれか 1 つに接続され、トランジスタ 634 t のソースおよびドレインの他方は、表示素子 635 の第 1 電極に接続されている。

【0390】

画素 631 p はトランジスタ 634 t を S 信号 633 __S の画素 631 p への入力を制御するスイッチング素子として用いる。また、複数のトランジスタを一つのスイッチング素子として画素 631 p に用いてもよい。上記複数のトランジスタを並列に接続して一つのスイッチング素子として用いてもよいし、直列に接続して用いても、直列と並列が組み合わされた接続を用いてもよい。

20

【0391】

画素 631 p は、必要に応じて液晶素子 635 LC の第 1 電極と第 2 電極間の電圧を保持するための容量素子 634 c の他、トランジスタ、ダイオード、抵抗素子、容量素子、インダクタなどのその他の回路素子を有していても良い。表示素子 635 の第 2 電極には、所定の共通電位 Vcom が与えられている。

【0392】

容量素子 634 c の容量は適宜調整すればよい。例えば、後述する第 2 のモードにおいて、S 信号 633 __S を比較的長い期間（具体的には、1/60 sec 以上）保持する場合には、容量素子 634 c を設ける。また、容量素子 634 c 以外の構成を用いて、画素回路 634 の容量を調節してもよい。また、液晶素子 635 LC の第 1 の電極と第 2 の電極を重ねて設ける構成により、実質的に容量素子を形成してもよい。

30

【0393】

画素回路の他の一例として、EL 素子 635 EL を表示素子 635 に適用する構成を図 33 (B-2) に示す。

【0394】

画素回路 634 EL は、G 信号 632 __G が入力されるゲート電極と、S 信号が入力される第 1 の電極と、容量素子 634 c の第 1 の電極と電氣的に接続される第 2 の電極と、を有する第 1 のトランジスタ 634 t __1 を有する。また、第 1 のトランジスタ 634 t __1 の第 2 の電極に電氣的に接続されるゲート電極と、容量素子 634 c の第 2 の電極と電氣的に接続される第 1 の電極と、EL 素子 635 EL の第 1 の電極と電氣的に接続される第 2 の電極と、を有する第 2 のトランジスタ 634 t __2 を有する。また、容量素子 634 c の第 2 の電極と、第 2 のトランジスタ 634 t __2 の第 1 の電極には、電源電位が供給され、EL 素子 635 EL の第 2 の電極には、共通電位が供給される。なお、電源電位と共通電位の電位差は、EL 素子 635 EL の発光開始電圧よりも大きい。

40

【0395】

画素回路 634 において、トランジスタ 634 t は、信号線 S の電位を表示素子 635 の第 1 電極に与えるか否かを制御する。

【0396】

なお、本発明の一態様の表示装置に好適なトランジスタとして酸化物半導体を用いたトラ

50

ンジスタを適用することができる。酸化物半導体を用いたトランジスタの詳細については、実施の形態 1 および 2 の記載を参酌することができる。

【0397】

酸化物半導体膜が適用されたトランジスタは、オフ状態でのソースとドレイン間のリーク電流（オフ電流）を、従来のシリコンを用いたトランジスタと比較して極めて低いものとすることができる。オフ電流が極めて小さいトランジスタを表示部の画素部に用いることにより、フリッカーの発生を抑制しつつ、フレーム周波数を下げることができる。

【0398】

表示素子 635 は、液晶素子 635 LC に限られず、例えば電圧を加えることでルミネッセンス（Electroluminescence）が発生する OLED 素子や、電気泳動を用いる電子インクなど、さまざまな表示素子を適用できる。

10

【0399】

例えば、液晶素子 635 LC の偏光の透過率は、S 信号 633 __ S の電位により制御することができる、これにより階調を表示することができる。

【0400】

例えば、透過型の液晶素子を表示素子 635 に適用する場合、光供給部 650 を表示部 630 に設けことができる。光供給部 650 は光源を有する。制御部 610 は、光供給部 650 が有する光源の駆動を制御する。液晶素子が設けられた画素部 631 に光を供給し、バックライトとして機能する。

【0401】

20

光供給部 650 の光源としては、冷陰極蛍光ランプ、発光ダイオード（LED）、OLED 素子などを用いることができる。

【0402】

特に、光源が発する青色の光の強度を他の色の光の強度より弱めた構成が好ましい。光源が発する光に含まれる青色を呈する光は、眼の角膜や水晶体で吸収されずに、網膜まで到達するため、長期的な網膜への影響（例えば、加齢黄斑変性など）や、夜中まで青色の光に暴露された際の概日リズム（サーカディアン・リズム：Circadian rhythm）への悪影響などを低減できる。具体的には、400nm 以下、好ましくは 420nm 以下、より好ましくは 440nm 以下の波長を有する光（UVA ともいう）を含まない光を発する光源が好ましい。

30

【0403】

なお、本発明の一態様の半導体装置における画素では、上記波長を有する光を吸収し、透過しにくい特徴を有する。したがって、上記波長を有する光を発する光源を用いても、本発明の一態様の半導体装置を用いることによって、上記波長を有する光を低減または遮断することができる。

【0404】

演算装置 620 は、一次画像信号 625 __ V およびモード切り替え信号を含む一次制御信号 625 __ C を生成する。

【0405】

モード切り替え信号は、情報処理装置 600 の使用者の命令により生成してもよい。

40

【0406】

情報処理装置 600 の使用者は、入力手段 500 を用いて表示を切り替える命令をすることができる。画像切り替え信号 500 __ C が演算装置 620 に供給され、演算装置 620 がモード切り替え信号を含む一次制御信号 625 __ C を出力するように構成して良い。

【0407】

モード切り替え信号を含む一次制御信号 625 __ C が、表示装置 640 の制御部 610 に供給され、制御部がモード切り替え信号を含む二次制御信号 615 __ C を出力する。

【0408】

例えば、第 2 のモードから第 1 のモードに切り替えるモード切り替え信号を含む二次制御信号 615 __ C が、G 駆動回路 632 に供給されると、G 駆動回路 632 は第 2 のモード

50

から第1のモードに切り替わる。そして、G駆動回路632はG信号を1フレーム分以上出力し、その後第2のモードに切り替わる。

【0409】

具体的には、入力手段500がページめくり動作を検知した場合に、画像切り替え信号500__Cを演算装置620に出力するように構成してもよい。

【0410】

演算装置620は、ページめくり動作を含む一次画像信号625__Vを生成し、当該一次画像信号625__Vと共にモード切り替え信号を含む一次制御信号625__Cを出力する。

【0411】

当該一次画像信号625__Vと当該一次制御信号625__Cが供給された制御部610は、モード切り替え信号を含む二次制御信号615__Cと、ページめくり動作を含む二次画像信号615__Vを供給する。

【0412】

モード切り替え信号を含む二次制御信号615__Cが供給されたG駆動回路632は、第2のモードから第1のモードに切り替わり、高い頻度でG信号632__Gを出力する。

【0413】

ページめくり動作を含む二次画像信号615__Vが供給されたS駆動回路633は、当該二次画像信号615__Vから生成したS信号633__Sを画素回路634に出力する。

【0414】

これにより、画素631pは、ページめくり動作を含む多数のフレーム画像を高い頻度で書き換えることができる。その結果、ページめくり動作を含む二次画像信号615__Vをなめらかに表示できる。

【0415】

演算装置620が、表示部630に出力する一次画像信号625__Vが動画像か静止画像かを判別し、その判別結果に応じてモード切り替え信号を含む一次制御信号625__Cを出力するように構成して良い。

【0416】

具体的には、一次画像信号625__Vが動画像である場合において、当該演算装置620が第1のモードを選択する切り替え信号を出力し、静止画像である場合において、当該演算装置620が第2のモードを選択する切り替え信号を出力する構成としてもよい。

【0417】

なお、動画像か静止画像かを判別する方法としては、一次画像信号625__Vに含まれる一のフレームとその前後のフレームの信号の差分が、あらかじめ定められた差分より大きいときに動画像と、それ以下のとき静止画像と、判別すればよい。

【0418】

制御部610が、G駆動回路の動作モードを一のモードから他のモードに切り替えるとき（例えば、第2のモードから第1のモードに切り替えるとき）G駆動回路は、G信号632__Gを1回以上の所定の回数出力した後に、他のモードに切り替わる構成としてもよい。

【0419】

入力手段500としては、タッチパネル、タッチパッド、マウス、ジョイスティック、トラックボール、データグローブ、撮像装置などを用いることができる。演算装置620は、入力手段500から入力される電気信号と表示部の座標を関連づけることができる。これにより、使用する者が表示部に表示される情報を処理するための命令を入力することができる。

【0420】

使用する者が入力手段500から入力する情報としては、例えば表示部に表示される画像の表示位置を変えるためにドラッグする命令、表示されている画像を送り次の画像を表示するためにスワイプする命令、帯状の画像を順に送るためにスクロールする命令、特定の

10

20

30

40

50

画像を選択する命令、画像を表示する大きさを変化するためにピンチ・イン、ピンチ・アウトする命令の他、手書き文字入力する命令などを挙げることができる。

【0421】

なお、照度は、単位面積の被照面に単位時間あたりに入射される、目の分光感度が加味された光の量である。

【0422】

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

【0423】

(実施の形態7)

本実施の形態では、本発明の一態様の半導体装置を用いた情報処理装置の情報処理方法について、図34を参照しながら説明する。

【0424】

具体的には、本発明の一態様の半導体装置を用いた情報処理装置の表示部で表示可能な画像の生成方法について説明する。特に、表示部に表示された画像を他の画像に書き換える際に使用者の目にやさしい画像の切り替え方法、使用者の目の疲労を軽減する画像の切り替え方法、使用者の目に負担を与えない画像の切り替え方法について説明する。

【0425】

図34は本発明の一態様の半導体装置を用いた情報処理装置の構成を説明するブロック図および画像データを説明するための模式図である。

【0426】

本発明の一態様は、情報処理装置の表示部において、緩やかに表示画像を書き換えるものである。

【0427】

これにより、表示の切り替え時に使用者の目に加わる負担が軽減される。その結果、演算部が処理した情報を含む画像を目に優しく表示できる新規な情報処理方法を提供できる。

【0428】

画像を素早く切り替えて表示すると、使用者の眼精疲労を誘発する場合がある。例えば、著しく異なる場面が切り換わる動画像や、異なる静止画を切り換える場合などが含まれる。

【0429】

異なる画像を切り替えて表示する際には、瞬間的に表示を切り換えるのではなく、緩やかに(静かに)、自然に画像を切り替えて表示することが好ましい。

【0430】

例えば、第1の静止画像から第2の静止画像に表示を切り替える場合、第1の静止画像と第2の静止画像の間に第1の静止画像がフェードアウトして表示される動画像または/および第2の静止画像がフェードインする動画像を挿入すると好ましい。また、第1の静止画像がフェードアウトすると同時に、第2の静止画像がフェードインする(クロスフェードともいう)ように、両者の画像を重ね合わせた動画像を挿入してもよく、第1の静止画像が第2の静止画像に次第に変化する様子(モーフィングともいう)を表示する動画像を挿入しても良い。

【0431】

なお、第1の静止画像データを低いリフレッシュレートで表示し、続いて画像の切り替えのための画像を高いリフレッシュレートで表示した後に、第2の静止画像データを低いリフレッシュレートで表示してもよい。

【0432】

以下に、互いに異なる画像Aと画像Bとを切り換える方法の一例について説明する。

【0433】

図34(A)は、画像の切り換え動作を行うことができる表示部の構成を示すブロック図である。図34(A)に示す表示部は、演算部701、記憶部702、制御部703、お

10

20

30

40

50

よび表示部 704 を備える。

【0434】

第1のステップにおいて、演算部 701 は外部記憶部等から画像 A、および画像 B の各データを記憶部 702 に格納する。

【0435】

第2のステップにおいて、演算部 701 は、予め設定された分割数の値に応じて、画像 A と画像 B の各画像データを元に新たな画像データを順次生成する。

【0436】

第3のステップにおいて、生成した画像データを制御部 703 に出力する。制御部 703 は入力された画像データを表示部 704 に表示させる。

10

【0437】

図 34 (B) は、画像 A から画像 B にかけて段階的に画像を切り換える際の、生成される画像データを説明するための模式図である。

【0438】

図 34 (B) では、画像 A から画像 B にかけて N (N は自然数) 個の画像データを生成し、それぞれ 1 個あたりの画像データを f (f は自然数) フレーム期間表示した場合について示している。したがって、画像 A から画像 B に切り替わるまでの期間は、 $f \times N$ フレームとなる。

【0439】

ここで、上述した N 、および f などのパラメータは、使用者が自由に設定可能であることが好ましい。演算部 701 はこれらのパラメータを予め取得し、当該パラメータに応じて、画像データを生成する。

20

【0440】

i 番目に生成される画像データ (i は 1 以上 N 以下の整数) は、画像 A の画像データと画像 B の画像データに対して、それぞれに重み付けを行って足し合わせることで生成できる。例えば、ある画素において、画像 A を表示したときの輝度 (階調) を a 、画像 B を表示したときの輝度 (階調) を b とすると、 i 番目に生成される画像データを表示したときの当該画素の輝度 (階調) c は式 1 に示す値となる。なお、階調とは表示部が表示する濃淡の段階のことである。白と黒の 2 段階のみを有する画像は 2 階調の階調を有する画像ということができる。例えば、従来のパーソナルコンピュータの表示部は、赤色、緑色、青色を表示する副画素を有する。それぞれの副画素には、256 段階の濃淡を表示するための信号が入力される。

30

【0441】

【数 1】

$$c = \frac{(N-i)a + ib}{N} \quad (1)$$

【0442】

このような方法により生成された画像データを用いて、画像 A から画像 B に切り換えることで、緩やかに (静かに)、自然に不連続な画像を切り替えることができる。

40

【0443】

なお、式 1 において、全ての画素について $a = 0$ の場合が、黒画像から徐々に画像 B に切り替わるフェードインに相当する。また、全ての画素について $b = 0$ の場合が、画像 A から徐々に黒画像に切り替わるフェードアウトに相当する。

【0444】

上記では、2 つの画像を一時的にオーバーラップさせて画像を切り換える方法について述べたが、オーバーラップさせない方法としてもよい。

【0445】

2 つの画像をオーバーラップさせない場合、画像 A から画像 B に切り換える場合に、間に黒画像を挿入してもよい。このとき、画像 A から黒画像に遷移する際、または黒画像から

50

画像 B に遷移する際、またはその両方に、上述したような画像の切り換え方法を用いてもよい。また、画像 A と画像 B の間に挿入する画像は黒画像だけでなく、白画像などの単色の画像を用いてもよいし、画像 A や画像 B とは異なる、多色の画像を用いてもよい。

【 0 4 4 6 】

画像 A と画像 B との間に他の画像、特に黒画像などの単色の画像を挿入することで、画像の切り換えのタイミングをより自然に使用者が感じ取ることができ、使用者にストレスを感じさせることなく画像を切り換えることができる。

【 0 4 4 7 】

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

10

【 0 4 4 8 】

(実施の形態 8)

本実施の形態では、本発明の一態様の半導体装置を用いた情報処理装置の構成について、図 3 5 および図 3 6 を参照しながら説明する。

【 0 4 4 9 】

図 3 5 は情報処理装置の効果を説明する図である。

【 0 4 5 0 】

図 3 6 は情報処理装置の構成を説明するブロック図である。

【 0 4 5 1 】

目の疲労には神経系の疲労と筋肉系の疲労の 2 種類がある。目の疲労を説明する模式図を図 3 5 (A) に示す。

20

【 0 4 5 2 】

神経系の疲労は、表示部が発する光や点滅画面を長時間見続けることで、その明るさが、眼の網膜、神経または脳を刺激して疲れさせるものである。蛍光灯や従来の表示装置の表示部が小刻みに明滅する現象をフリッカーというが、このようなフリッカーは神経系の疲労を引き起こす。

【 0 4 5 3 】

筋肉系の疲労は、ピント調節のときに使用する毛様体の筋肉を酷使することにより疲れさせるものである。

【 0 4 5 4 】

30

図 3 5 (A - 1) に、従来の表示部の表示を表す模式図を示す。従来の表示部は、1 秒間に 6 0 回の画像の書き換えが行われている。このような画面を長時間見続けることにより、使用者の眼の網膜、神経または脳を刺激して目の疲労が引き起こされるおそれがある。

【 0 4 5 5 】

また、図 3 5 (A - 2) に示すように、1 画素のサイズが大きい場合 (例えば精細度が 1 5 0 p p i 未満の場合)、表示部に表示された文字等の輪郭がぼやけてしまう。表示部に表示された輪郭がぼやけた文字等を長時間見続けると、毛様体の筋肉が、絶えずピントを合わせようと動いて緊張し続けることになり、目に負担をかけてしまうおそれがある。

【 0 4 5 6 】

なお、目の疲労を定量的に測定する方法が検討されている。例えば、神経系の疲労の評価指標としては、臨界融合周波数 (C F F : C r i t i c a l F l i c k e r (F u s i o n) F r e q u e n c y) などが知られている。また、筋肉系の疲労の評価指標としては、調節時間や調節近点距離などが知られている。

40

【 0 4 5 7 】

そのほか、目の疲労を評価する方法として、脳波測定、サーモグラフィ法、瞬きの回数の測定、涙液量の評価、瞳孔の収縮反応速度の評価や、自覚症状を調査するためのアンケート等がある。

【 0 4 5 8 】

上記課題を解決するために、本発明の一態様は、作業環境の照度と表示装置に表示される画像情報の背景の階調に着眼した。以下に説明する実施の形態には、環境の照度情報と画

50

像情報の背景の階調情報に着眼して創作された本発明の一態様が含まれる。

【0459】

本発明の一態様の画像情報の処理および表示方法は、環境の照度情報および表示部に表示する画像情報の背景の階調情報を取得するステップと、これらの情報を用いて画像情報を、表示光に420nmより短い波長の光を含まず且つ150ppi以上の精細度で設けられた複数の画素を具備する表示部に表示するステップと、を有する。これにより、画像情報を環境の照度に適した明るさで表示することができる。その結果、画像情報の処理および目にやさしい表示ができる新規な画像情報の処理および表示方法を提供できる。

【0460】

本発明の一態様の画像情報の処理および表示方法を適用することができる情報処理装置のブロック図の一例を図36に示す。

10

【0461】

情報処理装置330は、演算部311、記憶部312および伝送路314を有する。伝送路314は、演算部311、記憶部312および入出力インターフェース315を互いに接続し、情報の伝送を行う。なお、これらの構成は明確に分離できず、一つの構成が他の構成を兼ねる場合や他の構成の一部を含む場合がある。例えば、タッチパネルは表示部であるとともに入力手段でもある。

【0462】

入出力装置320は、入出力インターフェース315を介して伝送路314に接続される。入出力装置320は演算装置310の外部から情報を入力または演算装置310の外部に情報を出力するための装置である。

20

【0463】

入出力装置320としては、通信機器、ネットワーク接続機器または、ハードディスク、リムーバブルメモリなどの書き込み可能な外部記憶部をその一例として挙げることができる。

【0464】

入力手段321としては、キーボード、マウスまたはタッチパネルなどのヒューマンインターフェース機器、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラなど等のカメラ、スキャナー、CDROM、DVDROMなど読み取り専用の外部記憶部をその一例としてあげることができる。例えば、情報処理装置330の使用者は、入力手段321からページめくり命令等を入力できる。

30

【0465】

出力装置としては、表示部322の他、スピーカ、プリンタなどを接続することができる。

【0466】

本発明の一態様の情報処理装置330は表示部322を備える。特に、表示部322は、表示光に420nmより短い波長の光、好ましくは440nmより短波長の光を含まない。そして、表示領域に150ppi以上、好ましくは200ppi以上の精細度で設けられた複数の画素を具備するとよい。これにより、目にやさしい表示をすることが可能になる。なお、本明細書において表示光とは、情報処理装置の表示部が画像を表示するために使用者に向けて発する、または反射する光をいう。

40

【0467】

本発明の一態様に係る表示部の表示光は、眼の角膜や水晶体で吸収されずに、網膜まで到達するため、長期的な網膜への影響や、概日リズムへの悪影響がある光を含まない。具体的には画像を表示する光に、400nm好ましくは420nmより好ましくは440nm以下の波長を有する光(UVAともいう)を含まない。

【0468】

本発明の一態様の情報処理装置330には、本発明の一態様の半導体装置を用いることができる。当該半導体装置における画素では、上記波長を有する光を吸収し、透過しにくい特徴を有する。したがって、上記波長を有する光を発する光源を用いても、本発明の一態

50

様の半導体装置を用いることによって、上記波長を有する光を低減または遮断することができる。

【0469】

また、本発明の一態様に係る表示部が備える画素の精細度が150 p p i 好ましくは200 p p i 以上であり、1画素のサイズが小さい。これにより、使用者の眼の筋肉系の疲労が軽減される。

【0470】

本発明の一態様の情報処理装置の目の疲労を軽減する効果を説明する模式図を図35(B)に示す。

【0471】

本発明の一態様の情報処理装置は画素を選択する信号を出力する頻度を変えることができる。特に、オフ電流が極めて小さいトランジスタを表示部の画素部に用いることにより、フリッカーの発生を抑制しつつ、フレーム周波数を下げることができる。例えば、5秒間に1回の画像の書き換えが可能となるため、同じ画像を見ることが可能となり、使用者に視認される画面のちらつきが低減される。これにより、使用者の眼の網膜、神経または脳が受ける刺激が低減され、神経系の疲労が軽減される(図35(B-1)参照)。

【0472】

なお、オフ電流が極めて小さいトランジスタとしては、例えば酸化物半導体を用いたトランジスタ、特に、CAAC-OSを用いたトランジスタが好適である。

【0473】

本発明の一態様の情報処理装置は1画素のサイズが小さい。具体的には、精細度が150 p p i 好ましくは200 p p i 以上の高精細な表示が可能である。画像の輪郭を明瞭に、また緻密で滑らかに表示することができる。これにより、毛様体の筋肉が、ピントを合わせやすくなるため、使用者の筋肉系の疲労が軽減される(図35(B-2)参照)。なお、精細度は画素密度(p p i : p i x c e l p e r i n c h)を用いて表現することができる。画素密度は、1インチあたりの画素の数である。また、画素は画像を構成する単位である。

【0474】

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

【0475】

(実施の形態9)

本発明の一態様である半導体装置は、さまざまな電子機器(遊技機も含む。)に適用することができる。電子機器としては、テレビジョン装置、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機、ゲーム機、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、遊技機(パチンコ機、スロットマシン等)が挙げられる。これらの電子機器の一例を図37、図38に示す。

【0476】

図37(A)は、表示部を有するテーブルを示している。テーブル9000は、筐体9001に表示部9003が組み込まれており、表示部9003により映像を表示することが可能である。なお、4本の脚部9002により筐体9001を支持した構成を示している。また、電力供給のための電源コード9005を筐体9001に有している。

【0477】

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

【0478】

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

10

20

30

40

50

ンサ機能やイメージセンサ機能を有する半導体装置を用いれば、表示部 9 0 0 3 にタッチ入力機能を持たせることができる。

【 0 4 7 9 】

また、筐体 9 0 0 1 に設けられたヒンジによって、表示部 9 0 0 3 の画面を床に対して垂直に立てることもでき、テレビジョン装置としても利用できる。狭い部屋においては、大きな画面のテレビジョン装置は設置すると自由な空間が狭くなってしまうが、テーブルに表示部が内蔵されていれば、部屋の空間を有効に利用することができる。

【 0 4 8 0 】

図 3 7 (B) は、テレビジョン装置を示している。テレビジョン装置 9 1 0 0 は、筐体 9 1 0 1 に表示部 9 1 0 3 が組み込まれており、表示部 9 1 0 3 により映像を表示することが可能である。なお、ここではスタンド 9 1 0 5 により筐体 9 1 0 1 を支持した構成を示している。

10

【 0 4 8 1 】

テレビジョン装置 9 1 0 0 の操作は、筐体 9 1 0 1 が備える操作スイッチや、別体のリモートコントローラ 9 1 1 0 により行うことができる。リモートコントローラ 9 1 1 0 が備える操作キー 9 1 0 9 により、チャンネルや音量の操作を行うことができ、表示部 9 1 0 3 に表示される映像を操作することができる。また、リモートコントローラ 9 1 1 0 に、当該リモートコントローラから出力する情報を表示する表示部 9 1 0 7 を設ける構成としてもよい。

【 0 4 8 2 】

20

図 3 7 (B) に示すテレビジョン装置 9 1 0 0 は、受信機や通信手段などを備えている。テレビジョン装置 9 1 0 0 は、受信機により一般のテレビ放送の受信を行うことができ、さらに通信手段を介して有線または無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向（送信者から受信者）または双方向（送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など）の情報通信を行うことも可能である。

【 0 4 8 3 】

上記実施の形態のいずれかに示す半導体装置は、表示部 9 1 0 3 、 9 1 0 7 に用いることが可能である。それゆえ、テレビジョン装置の表示品位を向上させることができる。

【 0 4 8 4 】

図 3 7 (C) はコンピュータ 9 2 0 0 であり、本体 9 2 0 1 、筐体 9 2 0 2 、表示部 9 2 0 3 、キーボード 9 2 0 4 、外部接続ポート 9 2 0 5 、ポインティングデバイス 9 2 0 6 などを含む。

30

【 0 4 8 5 】

上記実施の形態のいずれかに示す半導体装置は、表示部 9 2 0 3 に用いることが可能である。それゆえ、コンピュータ 9 2 0 0 の表示品位を向上させることができる。

【 0 4 8 6 】

表示部 9 2 0 3 は、タッチ入力機能を有しており、表示部 9 2 0 3 に表示された表示ボタン等を指などで触れることで、画面操作や情報を入力することができる。また、キーボードや音声から情報を入力することができる。

【 0 4 8 7 】

40

図 3 8 (A) および図 3 8 (B) は 2 つ折り可能なタブレット型端末である。図 3 8 (A) は、開いた状態であり、タブレット型端末は、筐体 9 6 3 0 、表示部 9 6 3 1 a 、表示部 9 6 3 1 b 、表示モード切り替えスイッチ 9 0 3 4 、電源スイッチ 9 0 3 5 、省電力モード切り替えスイッチ 9 0 3 6 、留め具 9 0 3 3 、操作スイッチ 9 0 3 8 、を有する。

【 0 4 8 8 】

上記実施の形態のいずれかに示す半導体装置は、表示部 9 6 3 1 a 、表示部 9 6 3 1 b に用いることが可能である。それゆえ、タブレット端末の表示品位を向上させることができる。

【 0 4 8 9 】

表示部 9 6 3 1 a は、一部をタッチパネルの領域 9 6 3 2 a とすることができ、表示され

50

た操作キー 9 6 3 8 に触れることでデータ入力を行うことができる。なお、表示部 9 6 3 1 a においては、一例として半分の領域が表示のみの機能を有する構成、もう半分の領域がタッチパネルの機能を有する構成を示しているが該構成に限定されない。表示部 9 6 3 1 a の全ての領域がタッチパネルの機能を有する構成としても良い。例えば、表示部 9 6 3 1 a の全面をキーボードボタン表示させてタッチパネルとし、表示部 9 6 3 1 b を表示画面として用いることができる。

【0490】

また、表示部 9 6 3 1 b においても表示部 9 6 3 1 a と同様に、表示部 9 6 3 1 b の一部をタッチパネルの領域 9 6 3 2 b とすることができる。また、タッチパネルのキーボード表示切り替えボタン 9 6 3 9 が表示されている位置に指やスタイラスなどでふれることで表示部 9 6 3 1 b にキーボードボタン表示することができる。

10

【0491】

また、タッチパネルの領域 9 6 3 2 a とタッチパネルの領域 9 6 3 2 b に対して同時にタッチ入力することもできる。

【0492】

また、表示モード切り替えスイッチ 9 0 3 4 は、縦表示または横表示などの表示の向きを切り替え、白黒表示やカラー表示の切り替えなどを選択できる。省電力モード切り替えスイッチ 9 0 3 6 は、タブレット型端末に内蔵している光センサで検出される使用時の外光の光量に応じて表示の輝度を最適なものとすることができる。タブレット型端末は光センサだけでなく、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサなどの他の検出装置を内蔵させてもよい。

20

【0493】

また、図 3 8 (A) では表示部 9 6 3 1 b と表示部 9 6 3 1 a の表示面積が同じ例を示しているが特に限定されず、一方のサイズともう一方のサイズが異なってもよく、表示の品質も異なってもよい。例えば一方が他方よりも高精細な表示を行える表示パネルとしてもよい。

【0494】

図 3 8 (B) は、閉じた状態であり、タブレット型端末は、筐体 9 6 3 0 に太陽電池 9 6 3 3、充放電制御回路 9 6 3 4 を有していてもよい。なお、図 3 8 (B) では充放電制御回路 9 6 3 4 の一例としてバッテリー 9 6 3 5、D C D C コンバータ 9 6 3 6 を有する構成について示している。

30

【0495】

なお、タブレット型端末は 2 つ折り可能なため、未使用時に筐体 9 6 3 0 を閉じた状態にすることができる。したがって、表示部 9 6 3 1 a、表示部 9 6 3 1 b を保護できるため、耐久性に優れ、長期使用の観点からも信頼性の優れたタブレット型端末を提供できる。

【0496】

また、この他にも図 3 8 (A) および図 3 8 (B) に示したタブレット型端末は、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示する機能、カレンダー、日付または時刻などを表示部に表示する機能、表示部に表示した情報をタッチ入力操作または編集するタッチ入力機能、様々なソフトウェア（プログラム）によって処理を制御する機能、等を有することができる。

40

【0497】

タブレット型端末の表面に装着された太陽電池 9 6 3 3 によって、電力をタッチパネル、表示部、または映像信号処理部等に供給することができる。なお、太陽電池 9 6 3 3 は、筐体 9 6 3 0 の片面または両面に設けることができ、バッテリー 9 6 3 5 の充電を効率よく行うことができる。なおバッテリー 9 6 3 5 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。

【0498】

また、図 3 8 (B) に示す充放電制御回路 9 6 3 4 の構成、および動作について図 3 9 にブロック図を示し説明する。図 3 9 (A) では、太陽電池 9 6 3 3、バッテリー 9 6 3 5

50

、ＤＣＤＣコンバータ９６３６、ＤＣＤＣコンバータ９６３７、スイッチＳＷ１乃至ＳＷ３、負荷（表示部９６３１等）について示しており、バッテリー９６３５、ＤＣＤＣコンバータ９６３６、ＤＣＤＣコンバータ９６３７、スイッチＳＷ１乃至ＳＷ３が、図３８（Ｂ）に示す充放電制御回路９６３４に対応する箇所となる。

【０４９９】

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

10

【０５００】

また、負荷（表示部９６３１等）への電力供給を常にバッテリー９６３５を介して行う場合は、図３９（Ｂ）に示すように、スイッチＳＷ１を省いた構成としてもよい。

【０５０１】

また、負荷に供給する適切な電圧範囲とバッテリー９６３５の電圧が同等である場合は、図３９（Ｃ）に示すように、さらにＤＣＤＣコンバータ９６３７を省いた構成としてもよい。

【０５０２】

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

20

【０５０３】

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

【符号の説明】

【０５０４】

- １００ 画素部
- １０１ 画素
- １０２ 基板
- １０３ トランジスタ
- １０４ 駆動回路
- １０５ 容量素子
- １０６ 駆動回路
- １０７ 走査線
- １０８ 液晶素子
- １０９ 信号線
- １１０ 下地絶縁膜
- １１１ 半導体膜
- １１３ 導電膜
- １１５ 容量線
- １１７ 開口
- １１８ 窒化絶縁膜
- １１９ 半導体膜
- １２１ 画素電極
- １２７ ゲート絶縁膜
- １２９ 絶縁膜

30

40

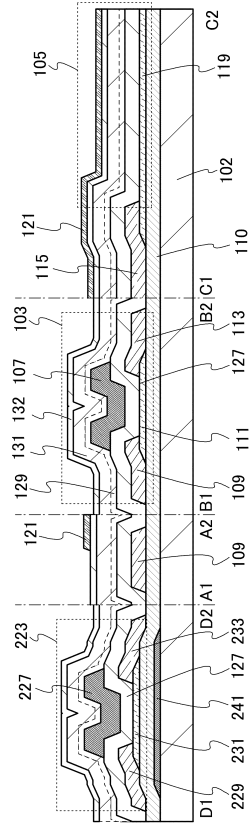
50

1 3 0	絶縁膜	
1 3 1	絶縁膜	
1 3 2	絶縁膜	
1 3 5	境界	
1 5 4	対向電極	
1 8 8 a	酸化物半導体膜	
1 8 8 b	酸化物半導体膜	
1 9 9 a	酸化物半導体膜	
1 9 9 b	酸化物半導体膜	
1 9 9 c	酸化物半導体膜	10
2 2 3	トランジスタ	
2 2 7	ゲート電極	
2 2 9	配線	
2 3 1	半導体膜	
2 3 3	配線	
2 4 1	導電膜	
3 1 0	演算装置	
3 1 1	演算部	
3 1 2	記憶部	
3 1 4	伝送路	20
3 1 5	入出力インターフェース	
3 2 0	入出力装置	
3 2 1	入力手段	
3 2 2	表示部	
3 3 0	情報処理装置	
5 0 0	入力手段	
5 0 0 __ C	信号	
6 0 0	情報処理装置	
6 1 0	制御部	
6 1 5 __ C	二次制御信号	30
6 1 5 __ V	二次画像信号	
6 2 0	演算装置	
6 2 5 __ C	一次制御信号	
6 2 5 __ V	一次画像信号	
6 3 0	表示部	
6 3 1	画素部	
6 3 1 a	領域	
6 3 1 b	領域	
6 3 1 c	領域	
6 3 1 p	画素	40
6 3 2	G 駆動回路	
6 3 2 __ G	G 信号	
6 3 2 a	G 駆動回路	
6 3 2 b	G 駆動回路	
6 3 2 c	G 駆動回路	
6 3 3	S 駆動回路	
6 3 3 __ S	S 信号	
6 3 4	画素回路	
6 3 4 c	容量素子	
6 3 4 E L	画素回路	50

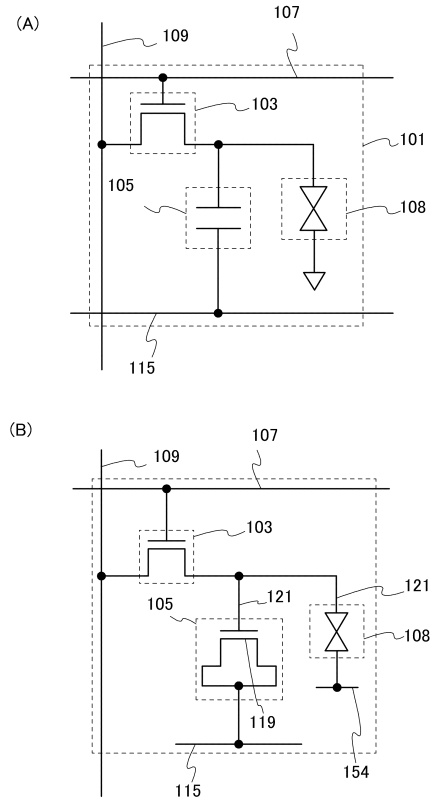
6 3 4 t	トランジスタ	
6 3 4 t _ 1	トランジスタ	
6 3 4 t _ 2	トランジスタ	
6 3 5	表示素子	
6 3 5 E L	E L 素子	
6 3 5 L C	液晶素子	
6 4 0	表示装置	
6 5 0	光供給部	
7 0 1	演算部	
7 0 2	記憶部	10
7 0 3	制御部	
7 0 4	表示部	
9 0 1	基板	
9 0 2	画素部	
9 0 3	駆動回路	
9 0 4	駆動回路	
9 0 5	シール材	
9 0 6	基板	
9 0 8	液晶層	
9 1 0	トランジスタ	20
9 1 1	トランジスタ	
9 1 3	液晶素子	
9 1 5	接続端子電極	
9 1 6	端子電極	
9 1 7	導電膜	
9 1 8	F P C	
9 1 8 b	F P C	
9 1 9	異方性導電剤	
9 2 2	ゲート絶縁膜	
9 2 3	絶縁膜	30
9 2 4	絶縁膜	
9 2 5	シール材	
9 2 6	容量素子	
9 2 7	酸化物半導体膜	
9 2 9	容量線	
9 3 0	電極	
9 3 1	電極	
9 3 2	絶縁膜	
9 3 3	絶縁膜	
9 3 4	絶縁膜	40
9 3 5	スペーサ	
9 3 6	容量素子	
9 7 1	ソース電極	
9 7 3	ドレイン電極	
9 7 5	共通電位線	
9 7 7	共通電極	
9 8 5	共通電位線	
9 8 7	共通電極	
9 0 0 0	テーブル	
9 0 0 1	筐体	50

9 0 0 2	脚 部	
9 0 0 3	表 示 部	
9 0 0 4	表 示 ボ タ ン	
9 0 0 5	電 源 コ ー ド	
9 0 3 3	具	
9 0 3 4	ス イ ッ チ	
9 0 3 5	電 源 ス イ ッ チ	
9 0 3 6	ス イ ッ チ	
9 0 3 8	操 作 ス イ ッ チ	
9 1 0 0	テ レ ビ ジ ョ ン 装 置	10
9 1 0 1	筐 体	
9 1 0 3	表 示 部	
9 1 0 5	ス タ ン ド	
9 1 0 7	表 示 部	
9 1 0 9	操 作 キ ー	
9 1 1 0	リ モ ー ト コ ン ト ロ ー ラ	
9 2 0 0	コ ン ピ ュ ー タ	
9 2 0 1	本 体	
9 2 0 2	筐 体	
9 2 0 3	表 示 部	20
9 2 0 4	キ ー ボ ー ド	
9 2 0 5	外 部 接 続 ポ ー ト	
9 2 0 6	ポ イ ン テ ィ ン グ デ バ イ ス	
9 6 3 0	筐 体	
9 6 3 1	表 示 部	
9 6 3 1 a	表 示 部	
9 6 3 1 b	表 示 部	
9 6 3 2 a	領 域	
9 6 3 2 b	領 域	
9 6 3 3	太 陽 電 池	30
9 6 3 4	充 放 電 制 御 回 路	
9 6 3 5	バ ッ テ リ ー	
9 6 3 6	D C D C コ ン バ ー タ	
9 6 3 7	D C D C コ ン バ ー タ	
9 6 3 8	操 作 キ ー	
9 6 3 9	ボ タ ン	

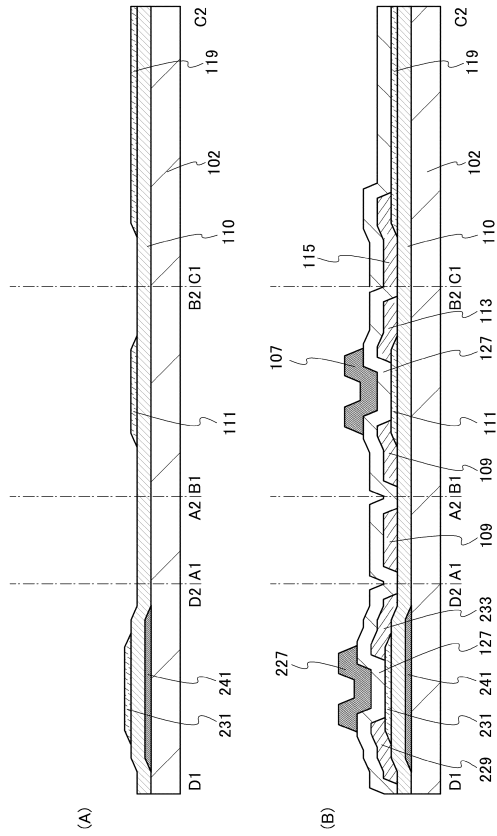
【 図 2 】



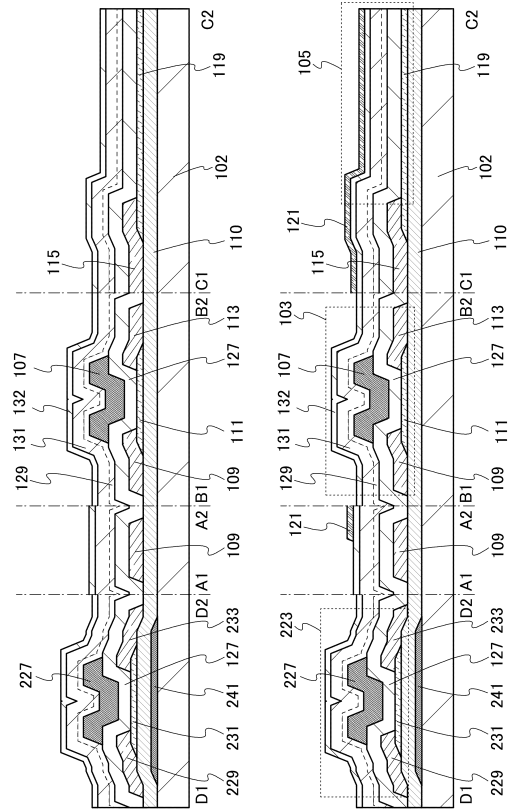
【圖 4】



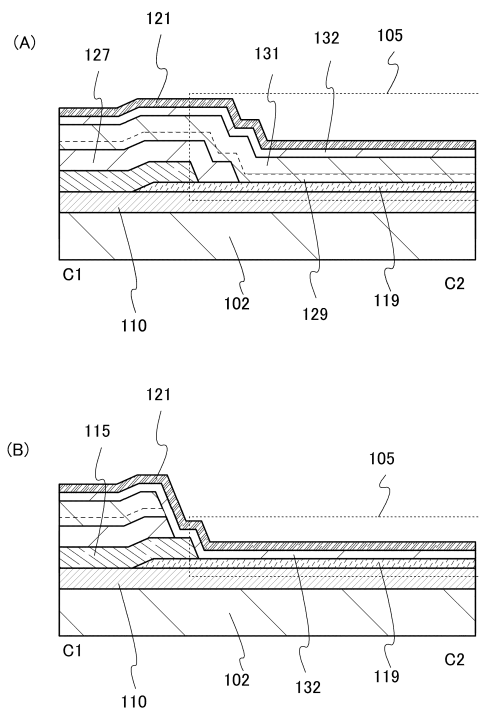
【図 5】



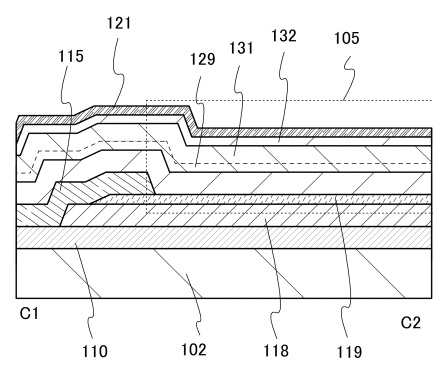
【図 6】



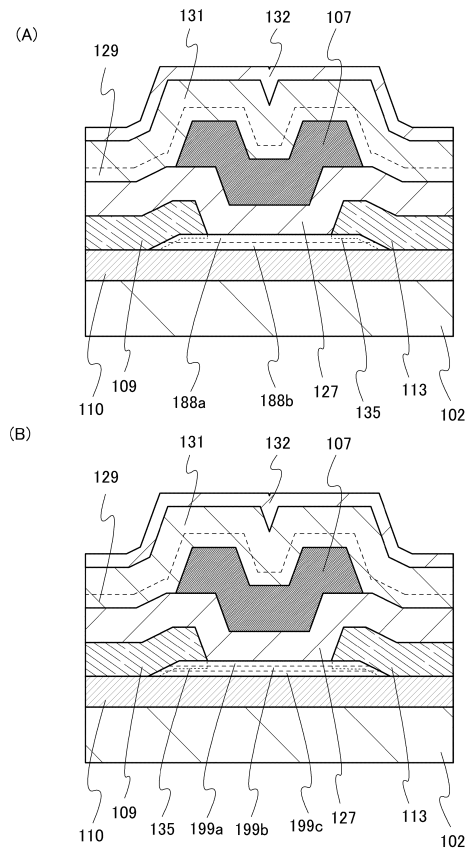
【図 7】



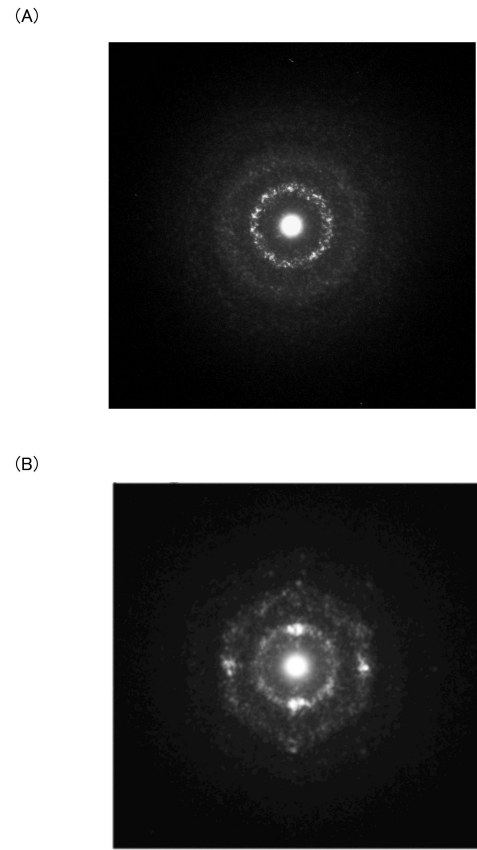
【図 8】



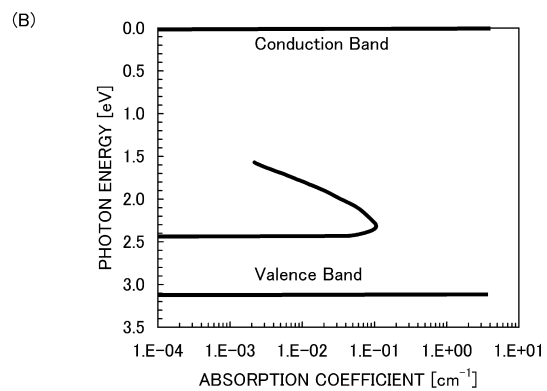
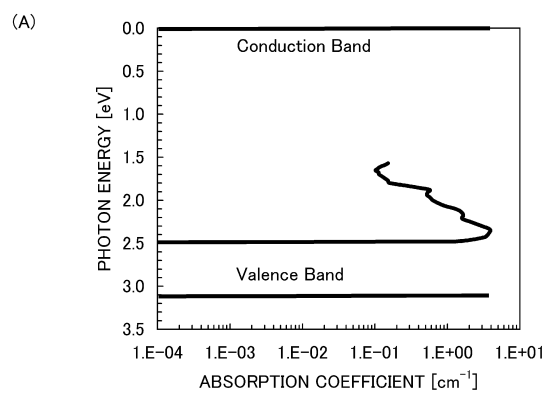
【図 9】



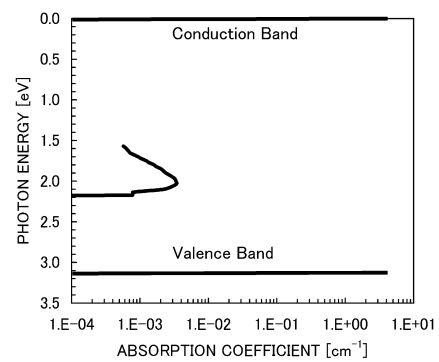
【図 10】



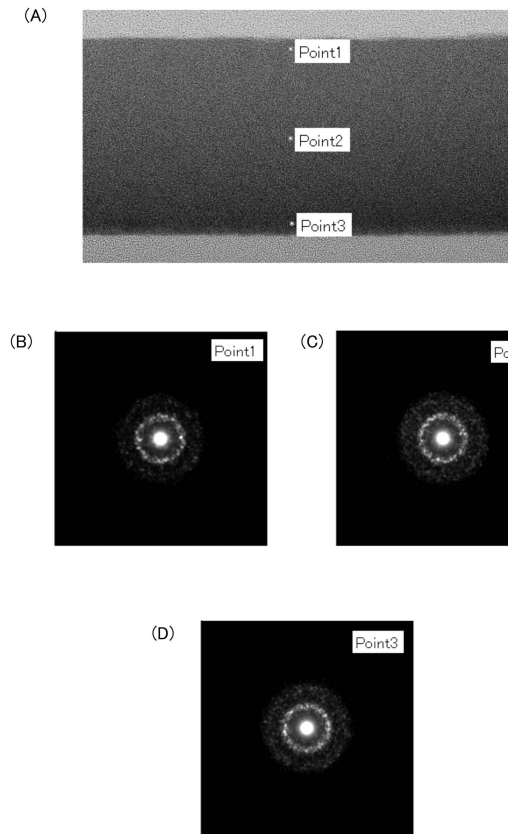
【図 11】



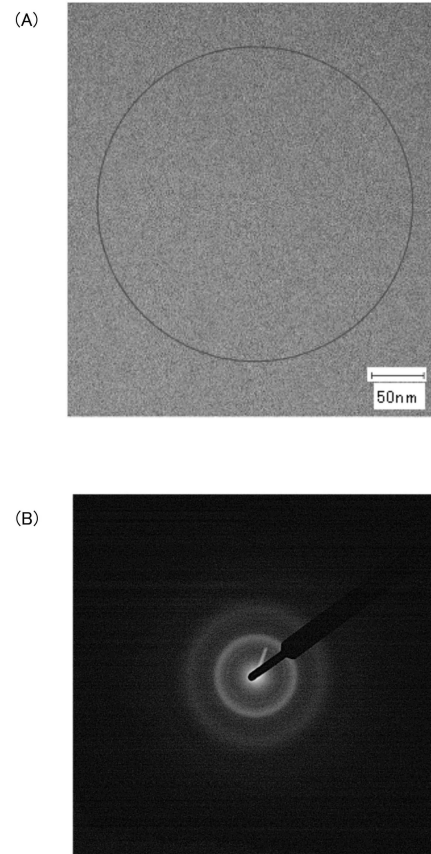
【図 12】



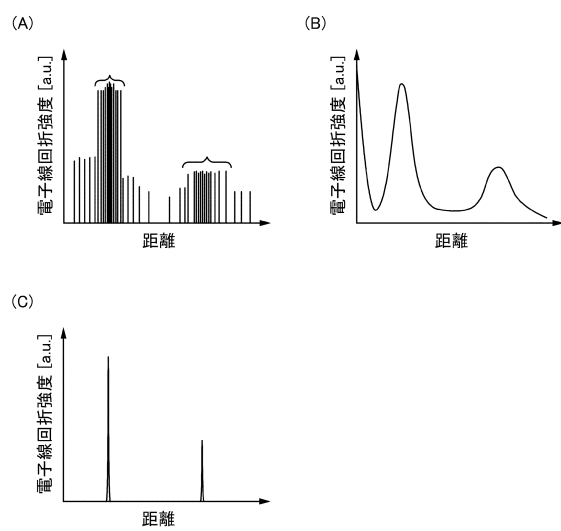
【図 1 3】



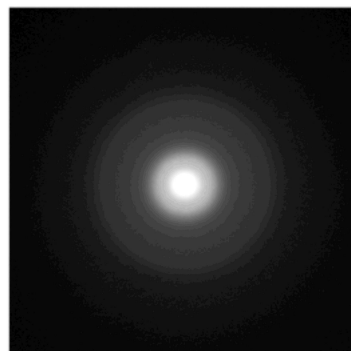
【図 1 4】



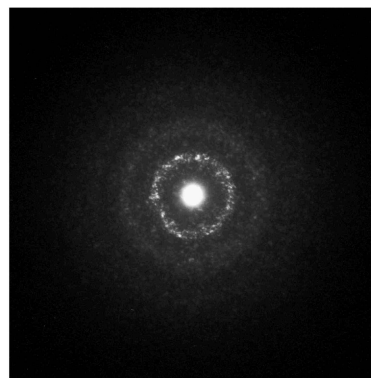
【図 1 5】



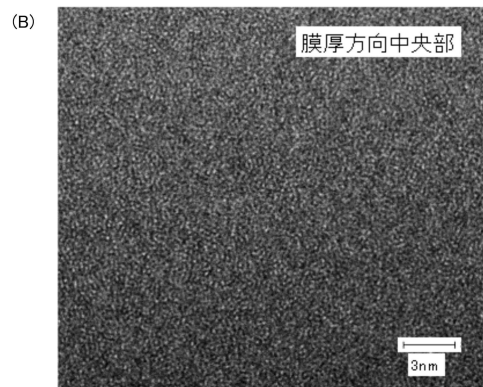
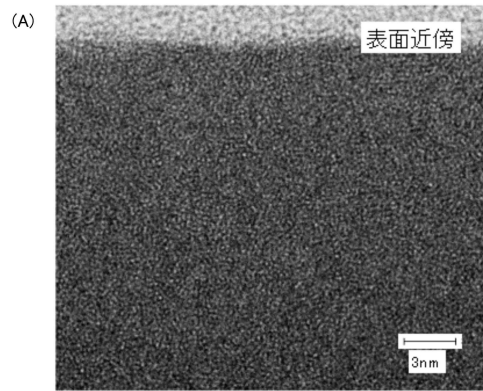
【図 1 6】



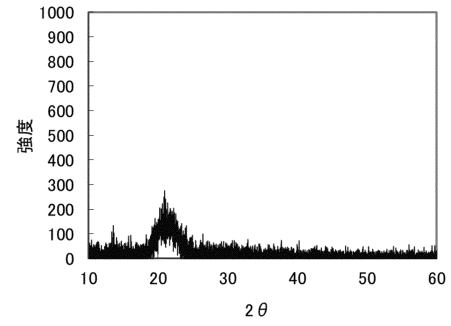
【図 1 7】



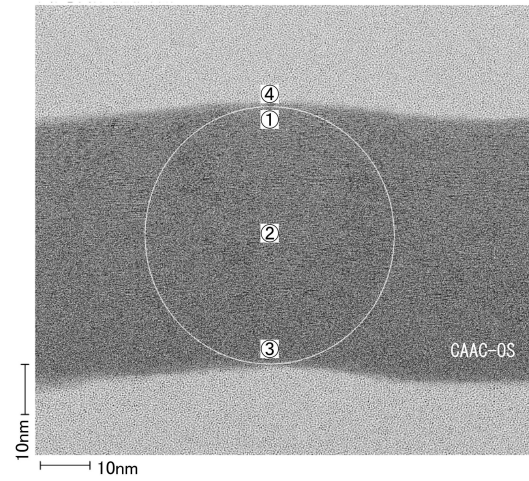
【図 18】



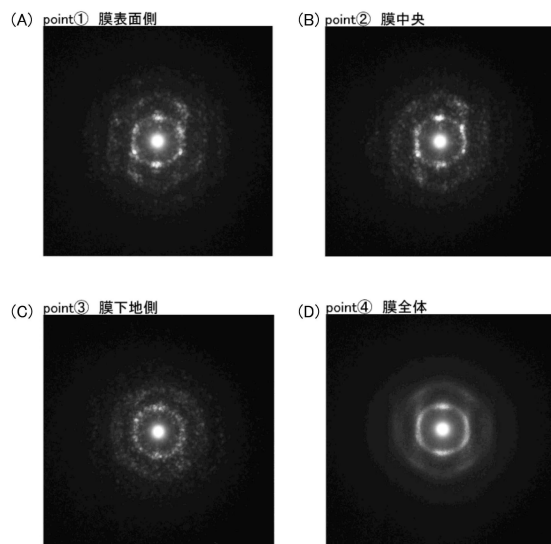
【図 19】



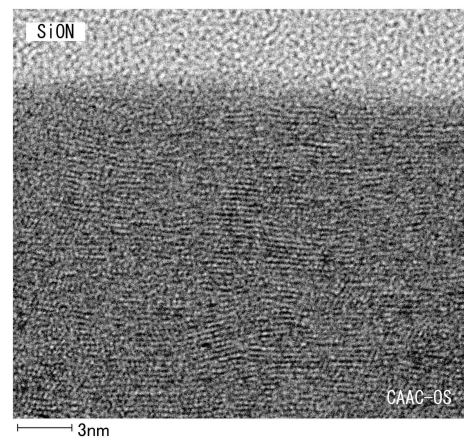
【図 20】



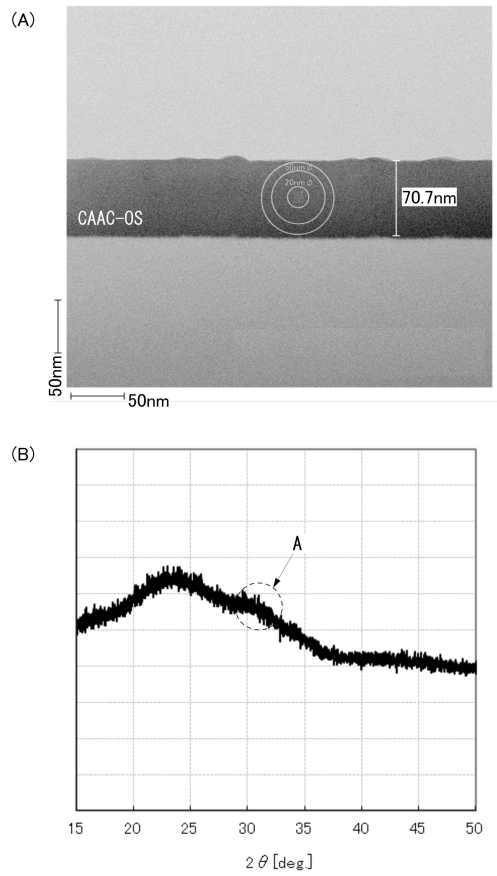
【図 21】



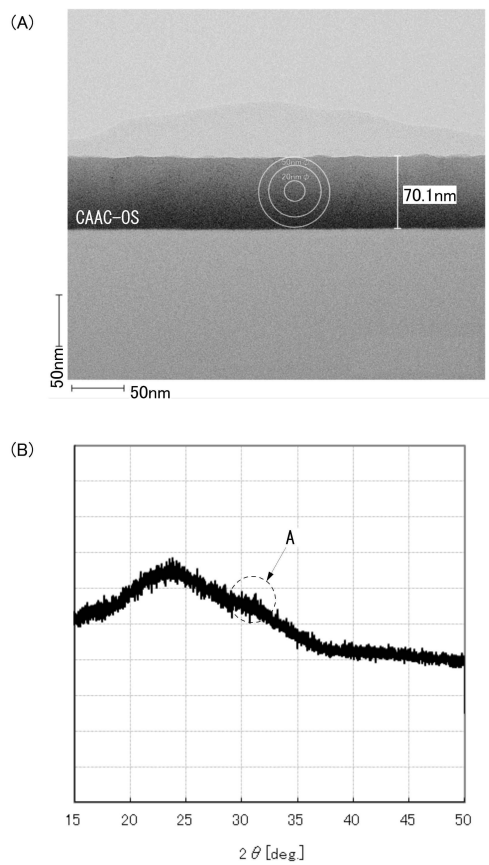
【図 22】



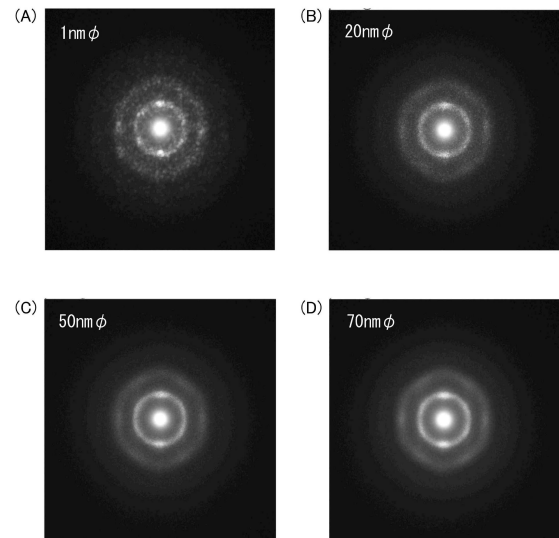
【図 2 3】



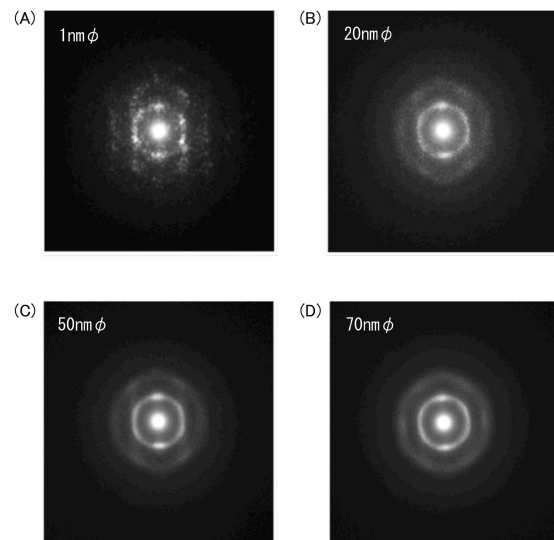
【図 2 5】



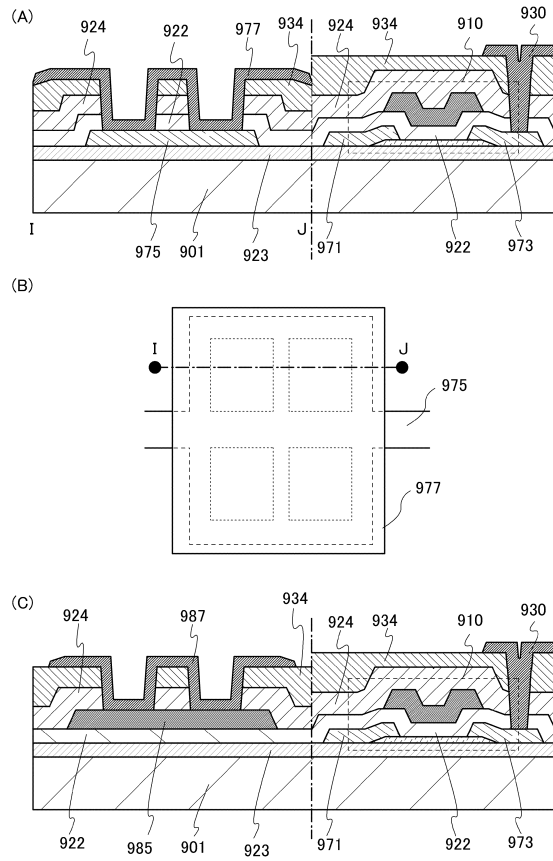
【図 2 4】



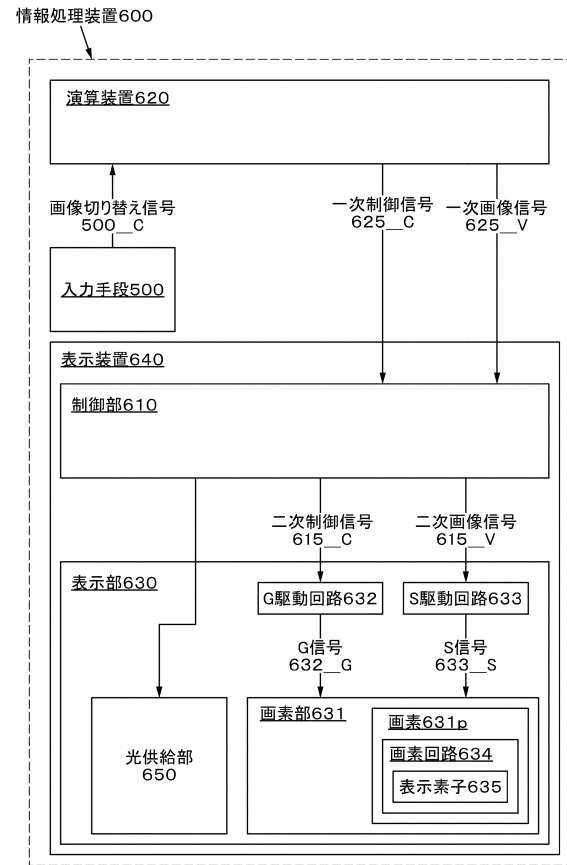
【図 2 6】



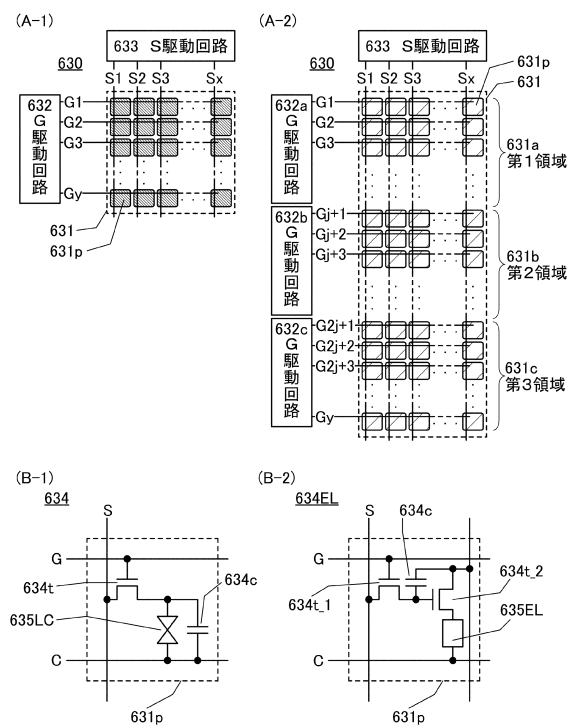
【図 3 1】



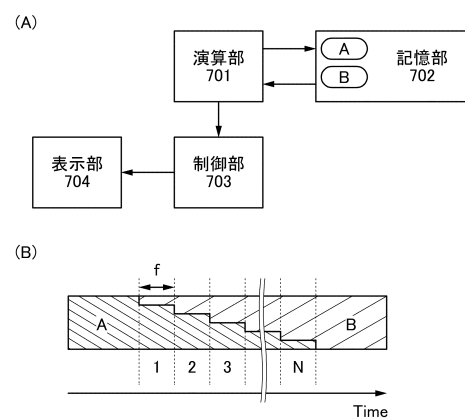
【図 3 2】



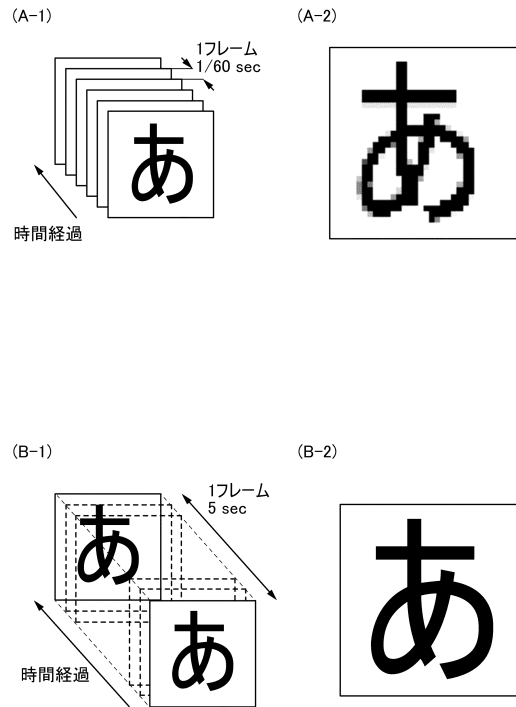
【図 3 3】



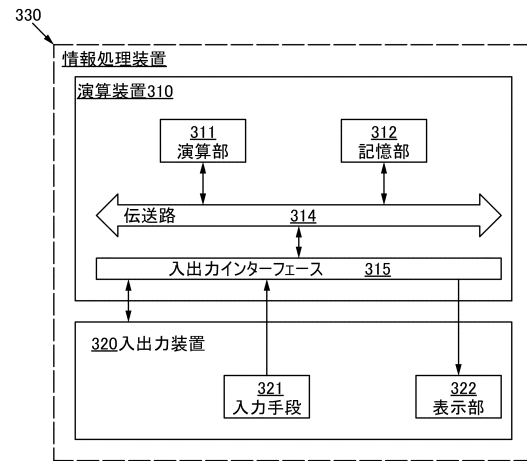
【図 3 4】



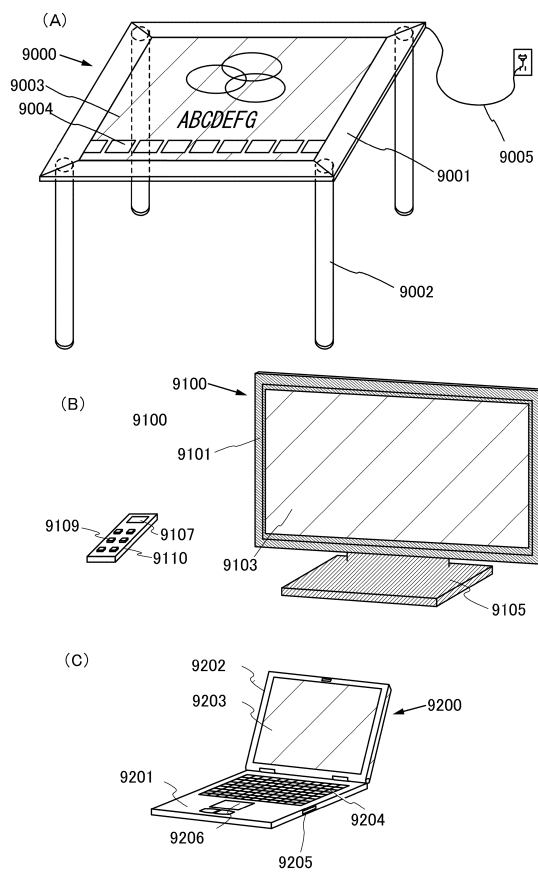
【図 35】



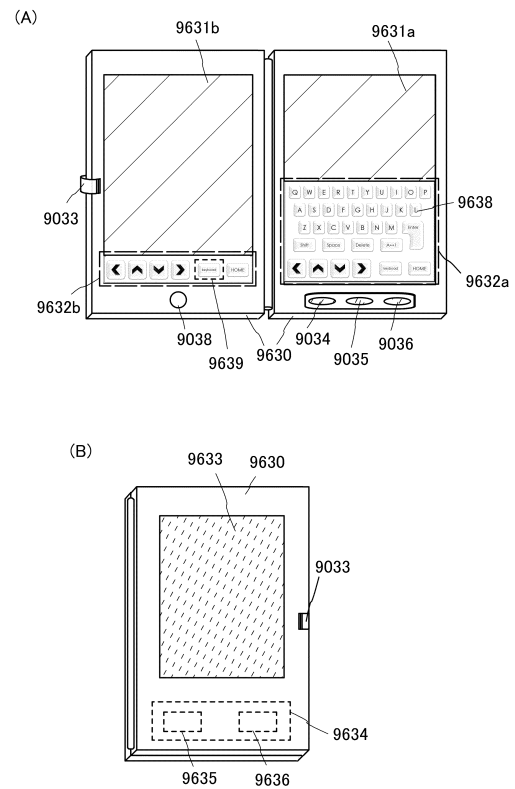
【図 36】



【図 37】

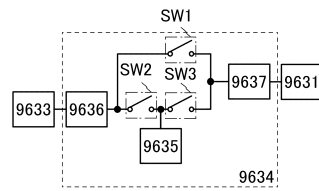


【図 38】

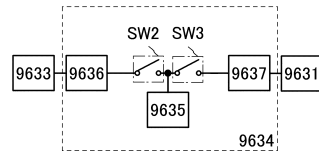


【図 39】

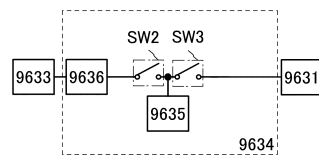
(A)



(B)



(C)



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 9 F 9/30 3 4 8 A

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

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