

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6630810号
(P6630810)

(45) 発行日 令和2年1月15日(2020.1.15)

(24) 登録日 令和1年12月13日(2019.12.13)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 29/786 (2006.01) H O 1 L 29/78 6 1 8 B

請求項の数 3 (全 22 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2018-244205 (P2018-244205) (22) 出願日 平成30年12月27日 (2018.12.27) (62) 分割の表示 特願2017-117422 (P2017-117422) の分割 原出願日 平成23年6月17日 (2011.6.17) (65) 公開番号 特開2019-50428 (P2019-50428A) (43) 公開日 平成31年3月28日 (2019.3.28) 審査請求日 平成31年1月24日 (2019.1.24) (31) 優先権主張番号 特願2010-144694 (P2010-144694) (32) 優先日 平成22年6月25日 (2010.6.25) (33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国 (JP)</p>	<p>(73) 特許権者 000153878 株式会社半導体エネルギー研究所 神奈川県厚木市長谷398番地 (72) 発明者 津吹 将志 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内 (72) 発明者 井上 卓之 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内 (72) 発明者 平石 鈴之介 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内 (72) 発明者 菊地 彫 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内 最終頁に続く</p>
---	---

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上の第1の絶縁層と、
前記第1の絶縁層上の酸化物半導体層と、
前記酸化物半導体層上のソース電極層及びドレイン電極層と、
前記酸化物半導体層上、前記ソース電極層上、及び前記ドレイン電極層上のゲート絶縁層と、
前記ゲート絶縁層上のゲート電極層と、
前記ゲート電極層上の第2の絶縁層と、
前記第2の絶縁層上の第3の絶縁層と、を有し、
前記酸化物半導体層は、Inと、Gaと、Znと、を有し、
前記酸化物半導体層のチャネル形成領域に、中心波長400nmの光を照射強度3.5
mW/cm²で照射し、前記光の照射を遮断した後、光電流値が収束するまでの時間が3
00秒以下である半導体装置。

【請求項2】

基板上の第1の絶縁層と、
前記第1の絶縁層上の酸化物半導体層と、
前記酸化物半導体層上のソース電極層及びドレイン電極層と、
前記酸化物半導体層上、前記ソース電極層上、及び前記ドレイン電極層上のゲート絶縁層と、

前記ゲート絶縁層上のゲート電極層と、
前記ゲート電極層上の第2の絶縁層と、
前記第2の絶縁層上の第3の絶縁層と、を有し、
前記酸化物半導体層は、Inと、Gaと、Znと、を有し、
前記酸化物半導体層のチャネル形成領域に、中心波長400nmの光を照射強度3.5
mW/cm²で照射し、前記光の照射を遮断した後の、前記酸化物半導体層の光応答特性
における緩和時間は、少なくとも τ_1 と τ_2 の二種類のモードを示し、
 τ_1 における光電流の傾きの大きさは、 τ_2 における光電流の傾きの大きさよりも大き
く、

前記光の照射を遮断した後、光電流値が収束するまでの時間が300秒以下である半導
体装置。

10

【請求項3】

請求項1又は2において、

前記第1の絶縁層及び前記第3の絶縁層の各々は、窒化シリコン膜であり、

前記ゲート絶縁層及び前記第2の絶縁層の各々は、酸化シリコン膜である半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、トランジスタ、及び該トランジスタを少なくとも一部に用いて構成される半導
 体装置に関する。

20

【0002】

なお、本明細書中において半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置
 全般を指し、液晶表示装置や発光装置などの電気光学装置、半導体回路及び電子機器は全
 て半導体装置である。

【背景技術】

【0003】

従来、液晶テレビに代表される表示装置にはシリコン半導体を用いたトランジスタが用い
 られて来たが、シリコン半導体に代わる材料として酸化物半導体が注目されている。例え
 ば、アクティブマトリクス型の表示装置におけるトランジスタの活性層として、In、G
 a及びZnを含む非晶質酸化物を用い、該非晶質酸化物の電子キャリア濃度が 10^{18} /
 cm³未満としたものが開示されている（特許文献1参照）。

30

【0004】

しかし、酸化物半導体を用いたトランジスタには幾つかの問題が指摘されている。その一
 つは特性の安定性であり、可視光または紫外光を照射することで電気特性が変化すること
 が指摘されている（非特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-165528号公報

【非特許文献】

40

【0006】

【非特許文献1】Dong Hee Lee, Ken-ichi Kawamura, Kenji Nomura, Hiroshi Yanagi, Toshio Kamiya,
 Masahiro Hirano, Hideo Hosono "Steady-state photoconductivity of amorphous In-Ga-
 Zn-O", Thin Solid Films, Vol. 518, pp. 3000-
 3003 (2010).

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

50

金属酸化物からなる酸化物半導体はバンドギャップが3 eV程度であり、本来、可視光に対しては透光性を有するものである。しかしながら、強い光を照射した際に膜が劣化（光劣化と呼ぶ）する性質を有していることが知られている。

【0008】

このような酸化物半導体を用いたトランジスタの光による特性変化に対し、それを改善する方法は何ら示されていないため、新材料と期待されつつも実用化が遅れる原因となっている。

【0009】

また、バックライトを使用する液晶表示装置では、バックライトの光が酸化物半導体を用いたトランジスタに照射されることがある。この場合、トランジスタがオフ状態であっても光励起によってリーク電流が生じ、表示品位の低下や光劣化を引き起こす恐れがある。

10

【0010】

本発明の一態様は、光劣化を極力抑制し、電気特性が安定したトランジスタ及び該トランジスタを含む半導体装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

酸化物半導体層に光を照射することによって生じる光電流のメカニズムについて、以下に説明する。

【0012】

半導体中のキャリアは数式1及び数式2に示す連続方程式によって支配されている。

20

【0013】

【数1】

$$\frac{dn}{dt} = \frac{1}{q} \frac{\partial J_n}{\partial x} + (G_n - R_n)$$

【0014】

【数2】

$$\frac{dp}{dt} = -\frac{1}{q} \frac{\partial J_p}{\partial x} + (G_p - R_p)$$

30

【0015】

なお、上記2つの数式において、 t は時間、 x は位置、 q は電荷である。ここで、 n 、 p は電子及び正孔のキャリア濃度、 J_n 、 J_p は電子と正孔の電流値、 G_n 、 G_p は電子と正孔の生成（Generation）確率、 R_n 、 R_p は再結合（Recombination）確率を表す。正孔キャリア濃度を熱平衡状態の正孔キャリア濃度 p_0 と熱平衡からのずれ p に分けると正孔のキャリア濃度は、数式3で表すことができる。

【0016】

【数3】

$$p = p_0 + \Delta p$$

40

【0017】

バンドギャップ以上のエネルギーを持つ光を半導体に照射すると、その吸収過程において価電子帯の電子が伝導帯へ遷移し、正孔の生成が起きる。その生成確率を G_{op} とすると、再結合確率は以下の数式4に表される。ここで τ_p は生成された正孔の緩和時間を表す。

【0018】

【数4】

$$R = \frac{p}{\tau_p} = \frac{p_0}{\tau_p} + \frac{\Delta p}{\tau_p}$$

50

【 0 0 1 9 】

光をデバイス内に均一に当てる場合には、ソース方向、またはドレイン方向の拡散光は無視出来るとすると、連続方程式は以下の数式 5 になる。

【 0 0 2 0 】

【数 5】

$$\frac{d(\Delta p)}{dt} = G_{op} - R = G_{op} - \frac{\Delta p}{\tau_p}$$

【 0 0 2 1 】

これを初期の光電流は 0 であるとして解くと、キャリア濃度は以下の数式 6 で表される。

【 0 0 2 2 】

【数 6】

$$\Delta p(t) = G_{op} \tau_p \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_p}\right) \right]$$

【 0 0 2 3 】

また、光をオフにした時の時間を t_0 とすると、キャリア濃度は以下の数式 7 になる。

【 0 0 2 4 】

【数 7】

$$\Delta p(t) = \Delta p(t_0) \exp\left(-\frac{t-t_0}{\tau_p}\right) \quad (t \geq t_0)$$

【 0 0 2 5 】

光電流は過剰キャリア濃度に比例する為、電流式は以下の数式 8 になる。

【 0 0 2 6 】

【数 8】

$$I(t) = \begin{cases} I_0 \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_p}\right) \right] & (0 \leq t \leq t_0) \\ I_0 \left[1 - \exp\left(-\frac{t_0}{\tau_p}\right) \right] \exp\left(-\frac{t-t_0}{\tau_p}\right) & (t \geq t_0) \end{cases} \quad (I_0: \text{定数、物性や構造に依存})$$

【 0 0 2 7 】

緩和時間は、キャリアの再結合のモデルに依存する。この再結合の過程は、基本的に直接再結合と間接再結合（SRH型再結合）の 2 つである。

【 0 0 2 8 】

また、トラップの中には、正孔を容易に捕獲することができるが、電子を捕獲することが困難で、再結合が起きにくいトラップが存在する。このトラップを "safe" トラップと呼ぶことにする。

【 0 0 2 9 】

図 3 (A) に "safe" トラップの模式図を示し、図 3 (B) にトラップ後の熱による遷移を示す模式図を示す。

【 0 0 3 0 】

エネルギー位置が真性フェルミ準位よりも価電子帯に近く、電子が捕獲されにくい "safe" トラップに捕獲された正孔の一部は、熱により価電子帯に遷移することで、電気伝導に寄与することができる。"safe" トラップが存在する半導体の光応答特性（電流の光応答特性）における緩和時間は、少なくとも二種類のモード（ τ_1 、 τ_2 ）を示す事になる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

本明細書で開示する本発明の一態様は、酸化物半導体層と、酸化物半導体層の一部が重なるソース電極層及びドレイン電極層と、酸化物半導体層、ソース電極層及びドレイン電極層と重なるゲート絶縁層と、酸化物半導体層の一部とゲート絶縁層を介して重なるゲート電極と、を有し、チャンネル形成領域となる酸化物半導体層に光を照射し、光の照射を遮断した後の光応答特性においてキャリアの緩和時間が少なくとも τ_1 と τ_2 の二種類のモードを示し、 $\tau_1 < \tau_2$ であって、 τ_2 が 300 秒以下であることを特徴とするトランジスタである。

【 0 0 3 2 】

また、本明細書で開示する本発明の他の一態様は、チャンネル形成領域となる酸化物半導体層に光を照射し、光の照射を遮断した後の光応答特性においてキャリアの緩和時間が少なくとも τ_1 と τ_2 の二種類のモードを示し、 $\tau_1 < \tau_2$ であって、 τ_2 が 300 秒以下であるトランジスタを有することを特徴とする半導体装置である。

10

【 0 0 3 3 】

光応答特性における緩和時間の二種類のモード (τ_1 と τ_2) の存在は、キャリアが " s a f e " トラップに捕獲されるまでの平均時間 τ_1 が十分大きい場合、光電流の時間変化の結果において、急速に立ち下がる部分とゆっくり下がる部分があることから確認できる。

【 0 0 3 4 】

" s a f e " トラップを考慮に入れると、 τ_1 以降の電流式は以下の数式 9 に表される。

20

なお、 τ_2 はキャリアが " s a f e " トラップに滞在する平均時間を表す。

【 0 0 3 5 】

【数 9】

$$I(t) = A \tau_p \left(\frac{D_e \cdot \tau_2}{D_h \cdot \tau_1} \right) \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) \quad (t \geq \tau_1)$$

A : 物性や温度に依存した定数、 D_e, D_h : 電子、正孔の拡散係数

τ_p : 熱平衡時における正孔の緩和時間

【発明の効果】

30

【 0 0 3 6 】

本発明の一態様によって、光照射による劣化が非常に少なく、電気特性が安定したトランジスタ、及び該トランジスタを含む半導体装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 7 】

【図 1】酸化物半導体の光応答特性を示したグラフ。

【図 2】図 1 における 0 ~ 100 s e c の領域を拡大したグラフ。

【図 3】" s a f e " トラップの模式図。

【図 4】トランジスタの構造を説明する断面図。

【図 5】トランジスタの作製工程を説明する断面図。

40

【図 6】 τ_1 の見積もり方法を示す図。

【図 7】素子を説明する断面図及び上面図。

【図 8】光応答特性を調べるための測定系の概念図。

【図 9】白色 L E D の波長スペクトルを示す図。

【図 10】光学フィルタ透過後の波長スペクトル。

【図 11】トランジスタの光応答特性を示したグラフ。

【図 12】図 11 における 0 ~ 300 s e c の領域を拡大したグラフ。

【図 13】光マイナス B T 処理をしたトランジスタのしきい値電圧の変動を示す図。

【図 14】 I n - G a - Z n - O 半導体のバンドモデルを説明する図。

【図 15】電子機器を示す図及び電子機器を説明するブロック図。

50

【図16】電子機器を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0038】

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。

【0039】

(実施の形態1)

本実施の形態では、酸化物半導体を用いた素子の光応答特性について説明する。

10

【0040】

まず、酸化物半導体の単膜を評価するために、図7に示す様な素子を作製した。図7(A)は素子の断面図であり、ガラス基板101上に酸化物半導体膜102、第1の電極103、及び第2の電極104を設けている。また、酸化物半導体膜102の上部に絶縁層105が形成され、酸化物半導体膜102が長時間外気に触れることによる電気的な特性変動を抑えている。図7(B)は素子の上面形状であり、4.8mm×6mmの領域に第1の電極103及び第2の電極104があり、両者の間に等幅な間隔が形成されている。該間隔の幅は0.2mm、長さは32.7mmであり、該間隔の領域に形成されている酸化物半導体膜102の膜厚は25nmである。また、他の領域の酸化物半導体膜102の膜厚は50nmである。

20

【0041】

上記素子の作製方法は次の通りである。

【0042】

まず、ガラス基板(126.6mm×126.6mm)上に酸化物半導体膜102として、膜厚50nmのIn-Ga-Zn-O膜を形成する。In-Ga-Zn-O膜は、スパッタ法により、組成比が $\text{In}_2\text{O}_3 : \text{Ga}_2\text{O}_3 : \text{ZnO} = 1 : 1 : 1$ [mol数比]の酸化物ターゲットを用いて成膜する。なお、成膜条件は、成膜温度を室温とし、アルゴン流量を10sccm、酸素流量を5sccmとし、圧力0.4Pa、電力500Wとする。

【0043】

次いで、窒素雰囲気下で450℃、1時間の加熱処理を行う。この加熱処理は、窒素、ヘリウム、ネオン、またはアルゴン等の不活性ガスに、水、水素などが含まれない雰囲気で行う。ここで、雰囲気ガスの露点は、-40℃以下、好ましくは-60℃以下であることが好ましい。または、加熱処理装置に導入する窒素、ヘリウム、ネオン、またはアルゴン等の不活性ガスの純度を、6N(99.9999%)以上好ましくは7N(99.999999%)以上(即ち不純物濃度を1ppm以下、好ましくは0.1ppm以下)とすることが好ましい。

30

【0044】

加熱処理後にスパッタ法により膜厚50nmの窒化チタン膜、膜厚50nmのチタン膜、膜厚200nmのアルミニウム膜、膜厚50nmのチタン膜の順に積層して導電膜の積層を形成する。

40

【0045】

フォトリソグラフィ工程により導電膜の積層上にレジストマスクを形成し、選択的にエッチングを行って第1の電極103及び第2の電極104を形成した後、 O_2 アッシングを行ってレジストマスクを除去する。このエッチング工程により、該導電膜が消失した領域の酸化物半導体膜102もエッチングされるが、該領域の膜厚が25nmとなるようにエッチング時間を調整する。

【0046】

次いで、酸化シリコンターゲットを用いるスパッタ法により、酸化物半導体膜102、第1の電極103及び第2の電極104上に膜厚300nmの酸化シリコン膜を成膜する。

50

【 0 0 4 7 】

次いで、フォトリソグラフィ工程により酸化シリコン膜上にレジストマスクを形成し、選択的にエッチングを行って絶縁層 1 0 5 を形成する。その後窒素雰囲気中で 2 5 0 、 1 時間の加熱処理を行い、素子を完成させる。

【 0 0 4 8 】

次に、素子の光応答特性を調べた結果を説明する。なお、素子は 3 つ用意し、それぞれ 2 5 、 8 5 、 1 5 0 に加熱しながら光照射を行い、光照射前後の電流値の挙動を調べている。

【 0 0 4 9 】

酸化半導体膜 1 0 2 に照射する光の光源には白色 LED (モリテックス製 M D B L - C W 1 0 0) を使用した。この白色 LED のスペクトルを図 9 に示す。この白色光を 1 7 0 0 0 c d / c m ² で 6 0 0 秒照射した後、オフにした時間を 0 として電流値の測定を行った。図 1 に光応答特性を示したグラフを示す。なお、図 1 において横軸を時間、縦軸を電流値としている。また、図 2 は、図 1 における 0 ~ 1 0 0 s e c の領域を拡大し、電流値を規格化し、縦軸をログスケールにしたグラフである。

10

【 0 0 5 0 】

ここで、光応答特性は、光電流が急激に減少するまでの時間 (τ_1) とその後緩やかに減少する時間 (τ_2) を有していることがわかる。 τ_1 は、図 6 に示す様に急激な減少を示す光電流の傾きと τ_2 を示す光電流の傾きの交点から見積もられる。また、 τ_2 は、数式 9 に示す電流式より見積もられる。

20

【 0 0 5 1 】

なお、 τ_1 は、時刻 0 [s e c] と時刻 1 [s e c] との間の傾きで算出している。これは、測定精度を上げるために電流測定時の時間分解能を 1 [s e c] としているためである。そのため、オフ状態とした直後の時刻 0 [s e c] 付近の急峻性を捉えきれず、真の τ_1 よりも長めに見積もられている可能性がある。表 1 に各温度における抽出した τ_1 と τ_2 を示す。

【 0 0 5 2 】

【表 1】

	25°C	85°C	150°C
τ_1 [sec]	2.3	1.6	1.5
τ_2 [sec]	350	480	340

30

【 0 0 5 3 】

測定時の時間分解能を考慮すると、 τ_1 と τ_2 は各温度でほぼ同じとみなすことができる。上記結果は、 τ_1 と τ_2 がトラップ密度に依存していることから導かれる。一方で、図 2 より、光照射終了直後の電流値 (時刻 0 [s e c]) に対する光照射終了後十分に時間経過した後の電流値 (例えば、時刻 6 0 [s e c]) の比は、温度が高い程大きくなる。これは、温度が高い程、トラップから再度熱励起される確率が上がるためである。

40

【 0 0 5 4 】

この様に、光応答特性が時間軸に対して二段階の傾きを有しているのは、伝導帯や価電子帯近傍に " s a f e " トラップが存在しているためである。

【 0 0 5 5 】

次に、上記素子と同様の酸化半導体層を用いたトランジスタの光応答特性について説明する。

【 0 0 5 6 】

光応答特性の比較に用いたトランジスタの構造は、図 4 (A) に示すボトムゲート型と図 4 (B) に示すトップゲート型の 2 種類で、そのうち、ボトムゲート型においては、後述する酸化半導体層の加熱処理を行わないものも用意した。従って、光応答特性の比較は

50

、計3つのトランジスタで行っている。

【0057】

図4(A)に示すトランジスタ310は、ボトムゲート構造のトランジスタの一つである。トランジスタ310は、絶縁表面を有する基板400上に、ゲート電極層301、ゲート絶縁層302、酸化物半導体層303、ソース電極層305a、及びドレイン電極層305bを有する。また、トランジスタ310を覆い、酸化物半導体層303に接する絶縁層307が設けられている。本実施の形態では、ゲート電極層301に100nmのタングステン、ゲート絶縁層302に高密度プラズマCVD法で形成した100nmの酸化窒化シリコン、酸化物半導体層303に25nmのIn-Ga-Zn-O膜、ソース電極層305a及びドレイン電極層305bに100nmのチタン、200nmのアルミニウム、100nmのチタンからなる積層、絶縁層307に300nmの酸化シリコンを用いている。

10

【0058】

図4(B)に示すトランジスタ440は、トップゲート構造のトランジスタの一つである。トランジスタ440は、絶縁表面を有する基板400上に、絶縁層437、酸化物半導体層403、ソース電極層405a、及びドレイン電極層405b、ゲート絶縁層402、ゲート電極層401を有する。また、トランジスタ440を覆う絶縁層407が設けられている。本実施の形態では、絶縁層437に300nmの酸化シリコン、酸化物半導体層403に30nmのIn-Ga-Zn-O膜、ソース電極層405a及びドレイン電極層405bに100nmのタングステン、ゲート絶縁層402にプラズマCVD法で形成した100nmの酸化窒化シリコン、ゲート電極層401に30nmの窒化タンタルと370nmのタングステンとの積層、絶縁層407に300nmの酸化シリコンを用いている。

20

【0059】

また、図示はしないが、トランジスタ310及びトランジスタ440には、絶縁層307及び絶縁層407上に保護絶縁層が形成されていても良い。

【0060】

また、トランジスタはチャネル形成領域が一つ形成されるシングルゲート構造でも、二つ形成されるダブルゲート構造、三つ形成されるトリプルゲート構造などのマルチゲート構造であっても良い。また、チャネル領域の上下にゲート絶縁層を介して配置された2つのゲート電極層を有する、デュアルゲート型でもよい。

30

【0061】

また、本実施の形態において、トランジスタのサイズは、構造を問わずチャネル長を3 μ m、チャネル幅を50 μ mとしている。

【0062】

次に、図5(A)、(B)、(C)、(D)を用いてトランジスタ440の作製方法の一例を説明する。なお、トランジスタ310も同様の材料や方法を用いて形成することができる。

【0063】

まず、絶縁表面を有する基板400上に下地膜となる絶縁層437を形成する。絶縁層437は、基板400からの不純物元素の拡散を防止する機能があり、窒化シリコン膜、酸化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、または $Ga_xAl_{2-x}O_3 + y$ ($0 < x < 2$, $y > 0$, x は0以上2以下、 y は0より大きい値)で表される酸化アルミニウム、酸化ガリウム、酸化ガリウムアルミニウムから選ばれた膜で形成することができる。また、該下地膜は単層に限らず、上記の複数の膜の積層であっても良い。

40

【0064】

ここで、基板400には、少なくとも、後の熱処理に耐えうる程度の耐熱性を有しているものを用いることができる。例えば、バリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラス基板、セラミック基板、石英基板、サファイア基板などを用いることができる。また、シリコンや炭化シリコンなどの単結晶半導体基板、多結晶半導体基板、シ

50

リコンゲルマニウムなどの化合物半導体基板、SOI基板などを用いることもできる。

【0065】

また、基板400として、可撓性基板を用いてもよい。可撓性基板を用いる場合、可撓性基板上に酸化半導体層を含むトランジスタを直接作製する方法と、他の基板に酸化半導体層を含むトランジスタを作製し、その後可撓性基板に転置する方法があり、どちらを用いても良い。なお、可撓性基板に転置する方法では、トランジスタを作製する基板上に剥離層を設けると良い。

【0066】

次いで、絶縁層437上に、膜厚2nm以上200nm以下、好ましくは5nm以上30nm以下の酸化半導体膜を形成する。

10

【0067】

該酸化半導体膜に用いる酸化半導体としては、少なくともIn、Ga、Sn、Zn、Al、Mg、Hf及びランタノイドから選ばれた一種以上の元素を含有する。例えば、四元系金属酸化物であるIn-Sn-Ga-Zn-O系酸化物半導体や、三元系金属酸化物であるIn-Ga-Zn-O系酸化物半導体、In-Sn-Zn-O系酸化物半導体、In-Al-Zn-O系酸化物半導体、Sn-Ga-Zn-O系酸化物半導体、Al-Ga-Zn-O系酸化物半導体、Sn-Al-Zn-O系酸化物半導体、In-Hf-Zn-O系酸化物半導体、In-La-Zn-O系酸化物半導体、In-Ce-Zn-O系酸化物半導体、In-Pr-Zn-O系酸化物半導体、In-Nd-Zn-O系酸化物半導体、In-Pm-Zn-O系酸化物半導体、In-Sm-Zn-O系酸化物半導体、In-Eu-Zn-O系酸化物半導体、In-Gd-Zn-O系酸化物半導体、In-Tb-Zn-O系酸化物半導体、In-Dy-Zn-O系酸化物半導体、In-Ho-Zn-O系酸化物半導体、In-Er-Zn-O系酸化物半導体、In-Tm-Zn-O系酸化物半導体、In-Yb-Zn-O系酸化物半導体、In-Lu-Zn-O系酸化物半導体や、二元系金属酸化物であるIn-Zn-O系酸化物半導体、Sn-Zn-O系酸化物半導体、Al-Zn-O系酸化物半導体、Zn-Mg-O系酸化物半導体、Sn-Mg-O系酸化物半導体、In-Mg-O系酸化物半導体や、In-Ga-O系酸化物材料、In-O系酸化物半導体、Sn-O系酸化物半導体、Zn-O系酸化物半導体などを用いることができる。また、上記酸化半導体にSiO₂を含んでもよい。ここで、In-Ga-Zn-O系酸化物半導体とは、インジウム(In)、ガリウム(Ga)、亜鉛(Zn)を有する酸化物という意味であり、その組成比は特に問わない。また、InとGaとZn以外の元素を含んでいてもよい。

20

30

【0068】

また、酸化半導体膜には、化学式InMO₃(ZnO)_m(m>0)で表記される膜を用いることができる。ここで、Mは、Zn、Ga、Al、Mn及びCoから選ばれた一つまたは複数の金属元素を示す。具体的にMは、Ga、Ga及びAl、Ga及びMn、またはGa及びCo等とする。

【0069】

特にインジウムを含む酸化半導体、インジウム及びガリウムを含む酸化半導体などを用いると電気特性が良好なトランジスタを形成することができる。本実施の形態では、酸化半導体膜としてIn-Ga-Zn-O膜をスパッタ法により成膜する。

40

【0070】

上記スパッタ法に用いるターゲットには、例えば、組成比として、In₂O₃:Ga₂O₃:ZnO=1:1:1[mol数比]の酸化ターゲットを用いる。また、In₂O₃:Ga₂O₃:ZnO=1:1:2[mol数比]の酸化ターゲットを用いてもよい。

【0071】

また、酸化半導体としてIn-Zn-O系の材料を用いる場合、用いるターゲットの組成比は、原子数比で、In:Zn=50:1~1:2(mol数比に換算するとIn₂O₃:ZnO=25:1~1:4)、好ましくはIn:Zn=20:1~1:1(mol数比に換算するとIn₂O₃:ZnO=10:1~1:2)、さらに好ましくはIn:Zn

50

= 1.5 : 1 ~ 15 : 1 (mol 数比に換算すると $\text{In}_2\text{O}_3 : \text{ZnO} = 3 : 4 \sim 15 : 2$) とする。例えば、In - Zn - O 系酸化物半導体の形成に用いるターゲットは、原子数比が $\text{In} : \text{Zn} : \text{O} = X : Y : Z$ のとき、 $Z > 1.5X + Y$ とする。

【0072】

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

【0073】

また、スパッタガスとしては、希ガス(代表的にはアルゴン)、酸素、または希ガスと酸素の混合ガスを用いることができる。なお、該スパッタガスには、水素、水、水酸基または水素化物などの不純物が除去された高純度ガスを用いることが好ましい。

10

【0074】

酸化物半導体膜の成膜は、基板を加熱しながら成膜することが好ましい。減圧状態に保持された成膜室内に基板を保持し、基板温度を100 以上600 以下好ましくは200 以上400 以下として成膜することで、酸化物半導体膜に含まれる不純物濃度を低減することができる。

【0075】

また、成膜室内の残留水分を除去するためには、吸着型の真空ポンプ、例えば、クライオポンプ、イオンポンプ、チタンサブリメーションポンプを用いることが好ましい。また、排気手段としては、ターボ分子ポンプにコールドトラップを加えたものであってもよい。クライオポンプを用いて排気した成膜室は、例えば、水素原子、水など水素原子を含む化合物、及び炭素原子を含む化合物等が排気されるため、該成膜室で成膜した酸化物半導体膜に含まれる不純物の濃度を低減することができる。

20

【0076】

成膜条件の一例としては、基板とターゲットの間との距離を100mm、圧力0.6Pa、直流(DC)電源0.5kW、酸素(酸素流量比率100%)雰囲気下の条件が挙げられる。なお、パルス直流電源を用いると、成膜時に発生する粉状物質(パーティクル、ごみともいう)を軽減でき、膜厚分布も均一にすることができる。

【0077】

次いで、酸化物半導体膜を第1のフォトリソグラフィ工程及びエッチング工程により、島状の酸化物半導体層403に加工する(図5(A)参照)。

30

【0078】

なお、フォトリソグラフィ工程に用いるレジストマスクはインクジェット法で形成してもよい。インクジェット法では、フォトマスクを使用しないため、製造コストを低減することができる。

【0079】

ここで、酸化物半導体膜のエッチングは、ドライエッチング、またはウェットエッチングのどちらを用いても良い。また、両方を用いてもよい。例えば、酸化物半導体膜のウェットエッチングに用いるエッチング液としては、燐酸、酢酸、及び硝酸を混ぜた溶液などを用いることができる。また、ITO-07N(関東化学社製)を用いてもよい。

40

【0080】

次いで、熱処理による酸化物半導体層403の脱水化または脱水素化を行う。本明細書において、脱水化または脱水素化とは、水や水素分子を脱離させていることのみを示すものではなく、水素原子や水酸基などを脱離することも含まれる。

【0081】

この熱処理によって過剰な水素(水や水酸基を含む)を除去し、酸化物半導体層の構造を整え、エネルギーギャップ中の不純物準位を低減することができる。熱処理の温度は、250 以上650 以下、好ましくは350 以上500 以下、より好ましくは390 以上460 以下とする。なお、熱処理時間は、上記好適な温度範囲であれば1時間程度行えば良い。また、該熱処理は、不活性ガス(窒素、ヘリウム、ネオン、またはアルゴ

50

ン等)雰囲気下において、500以上750以下(若しくはガラス基板の歪点以下の温度)で1分以上10分間以下程度、好ましくは650、3分間以上6分間以下程度のRTA(Rapid Thermal Annealing)処理で行っても良い。これらの熱処理方法は、実施者が適宜決定すれば良い。なお、この酸化物半導体層403の脱水化または脱水素化を行うための加熱処理は、このタイミングに限らず、フォトリソグラフィ工程や成膜工程の前後などで複数回行って良い。また、そのときには酸素を含む雰囲気下で熱処理を行っても良い。

【0082】

また、酸化物半導体の熱処理は、島状の酸化物半導体層に加工する前の酸化物半導体膜に対して行うこともできる。その場合には、熱処理後にフォトリソグラフィ工程を行う。また、熱処理は、酸化物半導体の成膜後であれば、島状の酸化物半導体層上にソース電極層及びドレイン電極層を積層させた後で行っても良い。

10

【0083】

次いで、絶縁層437、及び酸化物半導体層403上に、ソース電極層及びドレイン電極層(これと同じ層で形成される配線を含む)となる導電膜を形成する。ソース電極層、及びドレイン電極層に用いる導電膜としては、例えば、アルミニウム、クロム、銅、タンタル、チタン、モリブデン、タングステンから選ばれた元素を含む金属膜、または上述した元素を成分とする金属窒化物膜(窒化チタン膜、窒化モリブデン膜、窒化タングステン膜)等を用いることができる。また、アルミニウム、銅などの金属膜の一方の面または双方の面にチタン、モリブデン、タングステンなどの高融点金属膜またはそれらの窒化物膜(窒化チタン膜、窒化モリブデン膜、窒化タングステン膜等)を積層させた構成としても良い。

20

【0084】

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

【0085】

次いで、第2のフォトリソグラフィ工程により導電膜上にレジストマスクを形成し、選択的にエッチングを行ってソース電極層405a、ドレイン電極層405bを形成した後、レジストマスクを除去する(図5(B)参照)。

30

【0086】

なお、導電膜のエッチングの際に、酸化物半導体層403が極力エッチングされないようにすることが好ましい。しかしながら、導電膜のみをエッチングする条件を得ることは難しく、導電膜のエッチングの際に酸化物半導体層403の一部がエッチングされ、溝部(凹部)を有する形状となることもある。

【0087】

本実施の形態では、導電膜としてチタン膜を用い、酸化物半導体層403にはIn-Ga-Zn-O系酸化物半導体を用いたので、エッチャントとしてアンモニア過水(アンモニア、水、過酸化水素水の混合液)を用い、選択的に導電膜をエッチングする。

40

【0088】

次いで、ソース電極層405a、ドレイン電極層405b、及び酸化物半導体層403上にゲート絶縁層402を形成する(図5(C)参照)。ゲート絶縁層402は、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウム、またはこれらの混合材料をプラズマCVD法、またはスパッタ法等により形成することができる。また、ゲート絶縁層402は単層に限らず、上記複数の材料の積層であっても良い。

【0089】

50

なお、ゲート絶縁層402には、酸化物半導体層と同種の成分を含む絶縁材料を用いることが好ましい。このような材料は、酸化物半導体層との界面の状態を良好に保つことができる。ここで、「酸化物半導体層と同種の成分」とは、酸化物半導体層の構成元素から選択される一つまたは複数の元素を意味する。例えば、酸化物半導体層がIn-Ga-Zn-O系の酸化物半導体材料によって構成される場合、同種の成分を含む絶縁材料としては酸化ガリウムなどがある。

【0090】

また、ゲート絶縁層402の形成には、緻密で絶縁耐圧の高い高品質な絶縁層を形成できるμ波（例えば周波数2.45GHz）を用いた高密度プラズマCVDを用いることが好ましい。酸化物半導体層と高品質ゲート絶縁層が密接することにより、界面準位密度を低減することができる。

10

【0091】

また、成膜後の熱処理によってゲート絶縁層の膜質や、酸化物半導体層との界面特性が改質される絶縁層であっても良い。いずれにしても、ゲート絶縁層402は、膜質が良好であることは勿論のこと、酸化物半導体層との界面準位密度を低減し、良好な界面を形成できるものが好ましい。

【0092】

次に、導電膜を形成した後、第3のフォトリソグラフィ工程及びエッチング工程によりゲート電極層401を形成する（図5（D）参照）。

【0093】

ゲート電極層401は、モリブデン、チタン、タンタル、タングステン、アルミニウム、銅、ネオジム、スカンジウム等の金属材料、またはこれらを主成分とする合金材料をスパッタ法等で形成することができる。また、ゲート電極層401は単層に限らず、上記複数の材料の積層であっても良い。

20

【0094】

次に、絶縁層407として絶縁膜を形成する。該絶縁膜には酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、酸化窒化アルミニウム膜、または $Ga_xAl_{2-x}O_{3+y}$ （ $0 < x < 2$ 、 $y > 0$ 、 x は0以上2以下、 y は0より大きい値）で表される酸化ガリウム、酸化ガリウムアルミニウムなどの無機絶縁膜を用いることができる。

【0095】

なお、図示はしないが、絶縁層407上に信頼性を向上させるための保護絶縁層を形成しても良い。保護絶縁層には、窒化シリコン膜、窒化アルミニウム膜、窒化酸化シリコン膜、窒化酸化アルミニウム膜などの無機絶縁膜を用いることができる。

30

【0096】

また、絶縁層407または保護絶縁層上にトランジスタ起因の表面凹凸を低減するために平坦化絶縁膜を形成してもよい。平坦化絶縁膜としては、ポリイミド、アクリル、ベンゾシクロブテン、等の有機材料を用いることができる。また上記有機材料の他に、低誘電率材料（low-k材料）等を用いることができる。なお、これらの材料で形成される絶縁膜を複数積層させることで、平坦化絶縁膜を形成してもよい。

【0097】

以上の工程でトランジスタ440が形成される。

40

【0098】

次に、作製したトランジスタの光応答特性を調べるための測定系を説明する。

【0099】

図8に測定系の概念図を示す。チャンバー508内に設置されたトランジスタ505には、キセノンランプ501を光源とした光が光学フィルタ502、光ファイバー503、ロッドレンズ504、導入窓509を通して照射される。ここで、照射光510は、光学フィルタ502によって中心波長400nm（半値幅10nm）の光に分光している（図10参照）。電流計506としては半導体パラメータアナライザ（アジレント製4155C）を用い、トランジスタ505から出力される光電流の経時変化を測定し、パーソナルコ

50

ンピュータ507に出力させる。

【0100】

なお、光電流の測定時には、トランジスタのドレイン電圧は0.1V、ゲート電圧を0Vとし、半導体パラメータアナライザのサンプリング間隔を1秒、サンプリング回数を3601回(1時間)、積分時間を"medium"(1秒)の設定とする。

【0101】

測定したトランジスタは前述した様に3種類であり、このうち、ボトムゲート型の一つ(以降、ボトムゲート1と呼ぶ)は、前述したトランジスタの作製工程において、酸化半導体層の脱水化または脱水素化のための熱処理を行っていないものである。また、ボトムゲート型の他の一つ(以降、ボトムゲート2と呼ぶ)と、トップゲート型(以降、トップゲートと呼ぶ)は、該熱処理として、650のRTA処理とドライエアー中で450の加熱工程を行ったものである。

10

【0102】

図11は、上述の3つのトランジスタに対して、中心波長400nmの光を照射強度3.5mW/cm²で600秒間照射したときの電流時間(I-t)特性である。また、図12に光照射後の電流立ち下がり領域を拡大したものを示す。なお、チャネル形成領域に光が照射される様に、ボトムゲート型ではトランジスタの形成面側から光を照射し、トップゲート型では基板側から光を照射する。

【0103】

光照射を終了する直前の光電流の最大値(I_{max})は、ボトムゲート1が最も高く、次いで、ボトムゲート2、トップゲートの順となっている。ボトムゲート1とボトムゲート2の違いは、脱水化または脱水素化のための熱処理の有無であることから、高純度化された酸化半導体層を含むトランジスタは、光電流を生成する準位が少ないことが示唆される。また、トップゲートでは、I_{max}が小さいだけでなく、光応答速度が速くなっており、光照射終了後、約300秒以内に電流値が収束していることがわかる。各トランジスタのτ₁、τ₂を表2にまとめる。

20

【0104】

【表2】

	I _{max} [A]	τ ₁ [sec]	τ ₂ [sec]
ボトムゲート1	3.20E-10	6.1	3821
ボトムゲート2	9.00E-11	3.8	1253
トップゲート	5.00E-12	2.1	-

30

【0105】

また、上記トランジスタに白色LEDにて照度36000lxの光照射を行いながら、室温でゲートに-2MV/cmのストレスとなる様に電圧印加し続けた時のしきい値電圧の変動を図13に示す。なお、上記電圧印加中において、ソース及びドレイン端子は、GND電位としている。ここで、しきい値電圧の変動の少ない順は、表2の光電流値の少ない順、または光応答速度の速い順と一致しており、トップゲートが良好となっている。従って、酸化半導体層を用いたトランジスタにおいては、トップゲート型が信頼性上適した構成であると言える。

40

【0106】

酸化シリコンに代表される酸化物に強い紫外線を照射すると電子-正孔対が発生し、更に電界が印加されている場合、電子と正孔に分離され、自由キャリアになることが光C-t測定等からわかっている。酸化シリコンでは、光照射により発生した正孔が非常に緩やかに移動し、酸化膜中に存在する正孔トラップに捕獲され、安定な電荷になると言われている。In-Ga-Zn-O膜は、3.1eVの比較的広いバンドギャップを持ち、構造上電子の移動度に比べ正孔の移動度が格段に低くなる。上述した光応答特性では、400nmという波長でもIn-Ga-Zn-O膜は光照射によるキャリア増加が認められ、緩和時間も遅いものから速いものまで見られるといった酸化シリコンにおける物理と非常に似

50

た結果となっている。

【0107】

この光応答特性に対して、In-Ga-Zn-O半導体のバンドモデルを図14に示す様に仮定し、考察する。光電流に τ_1 、 τ_2 という二段階のキャリアの緩和時間が見られているのは、伝導帯近くの浅い電子捕獲準位と価電子帯側の深い正孔捕獲準位といった二つのトラップによるものである。前者の浅い電子捕獲準位は、速い応答 τ_1 に、後者の深い正孔捕獲準位は遅い応答 τ_2 に対応させている。前者の浅い電子捕獲準位だけであれば、数秒程度の非常に速い応答で収まることが予想され、結果としてトランジスタのしきい値電圧の変動には結びつかない。一方、深い準位である正孔捕獲準位であれば、捕獲された正孔は価電子帯に戻る事が難しく、非常に遅い応答が現れる。このトラップされた電荷が膜中に固定電荷として取り残されることにより、トランジスタのしきい値電圧の変動が起きる。従って、酸化物半導体では、 $\tau_1 < \tau_2$ であり、 τ_2 が短いことが望まれる。

10

【0108】

本発明の一態様における酸化物半導体層を用いたトランジスタは、その構造または作製工程によってエネルギーギャップ内における価電子帯側の深い正孔捕獲準位が少なくなることが示唆されることから、光劣化を極力抑制し、電気特性が安定したトランジスタとすることができる。従って、該トランジスタを用いた表示装置等の半導体装置の信頼性を高くすることができる。

【0109】

本実施の形態は、他の実施の形態に記載した構成と適宜組み合わせる事が可能である。

20

【0110】

(実施の形態2)

本明細書に開示する半導体装置は、さまざまな電子機器(遊技機も含む)に用いることができる。電子機器としては、例えば、テレビジョン装置(テレビ、またはテレビジョン受信機ともいう)、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ等のカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機(携帯電話、携帯電話装置ともいう)、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。上記実施の形態で説明したトランジスタ、及び該トランジスタを含む半導体装置を具備する電子機器の例について説明する。

30

【0111】

図15(A)は電子書籍(E-bookともいう)であり、筐体9630、表示部9631、操作キー9632、太陽電池9633、充放電制御回路9634を有することができる。図15(A)に示した電子書籍は、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操作または編集する機能、様々なソフトウェア(プログラム)によって処理を制御する機能、等を有することができる。なお、図15(A)では充放電制御回路9634の一例としてバッテリー9635、DCDCコンバータ(以下、コンバータと略記)9636を有する構成について示している。他の実施の形態で示した半導体装置を表示部9631に用いることにより、信頼性の高い電子書籍とすることができる。

40

【0112】

図15(A)に示す構成では、表示部9631を半透過型、または反射型の液晶表示装置とすることで、比較的明るい環境下でも認識性良く使用することができる。また、そのような環境下では、太陽電池9633による発電及びバッテリー9635への充電を効率よく行うことができる。なお、太陽電池9633は、図示した領域に限らず、筐体9630の空きスペース(表面や裏面)に適宜設けることができる。なおバッテリー9635としては、リチウムイオン電池を用いると、小型化を図れる等の利点がある。

【0113】

また、図15(A)に示す充放電制御回路9634の構成及び動作について、図15(B)のブロック図を用いて説明する。図15(B)には、太陽電池9633、バッテリー9

50

635、コンバータ9636、コンバータ9637、スイッチSW1乃至SW3、表示部9631について示している。ここで、充放電制御回路9634に対応する箇所は、バッテリー9635、コンバータ9636、コンバータ9637、スイッチSW1乃至SW3である。

【0114】

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

10

【0115】

次いで、外光が乏しく、太陽電池9633による発電がされない場合の動作の例について説明する。バッテリー9635に蓄電された電力は、スイッチSW3をオンにすることでコンバータ9637により昇圧または降圧がなされる。そして、表示部9631の動作にバッテリー9635からの電力が用いられることとなる。

【0116】

なお、充電手段の一例として太陽電池を用いる例を示したが、他の手段、または他の手段との組み合わせによりバッテリー9635を充電する構成であってもよい。

20

【0117】

図16(A)は、ノート型のパーソナルコンピュータであり、本体3001、筐体3002、表示部3003、キーボード3004などによって構成されている。他の実施の形態で示した半導体装置を表示部3003に用いることにより、信頼性の高いノート型のパーソナルコンピュータとすることができる。

【0118】

図16(B)は、携帯情報端末(PDA)であり、本体3021には表示部3023と、外部インターフェイス3025と、操作ボタン3024等が設けられている。また操作用の付属品としてスタイラス3022がある。他の実施の形態で示した半導体装置を表示部3023に用いることにより、より信頼性の高い携帯情報端末(PDA)とすることができる。

30

【0119】

図16(C)は、電子書籍の一例を示している。例えば、電子書籍2700は、筐体2701及び筐体2703の2つの筐体が軸部2711を介して一体となっている。筐体2701及び筐体2703は、該軸部2711を軸に開閉動作を行うことができ、紙の書籍を閲覧する様な形態で操作することが可能となる。

【0120】

筐体2701には表示部2705が組み込まれ、筐体2703には表示部2707が組み込まれている。表示部2705及び表示部2707は、続き画面を表示する構成としてもよいし、異なる画面を表示する構成としてもよい。異なる画面を表示する構成とすることで、例えば右側の表示部(図16(C)では表示部2705)に文章を表示し、左側の表示部(図16(C)では表示部2707)に画像を表示することができる。他の実施の形態で示した半導体装置を表示部2705、表示部2707に用いることにより、信頼性の高い電子書籍2700とすることができる。

40

【0121】

また、図16(C)では、筐体2701に操作部などを備えた例を示している。例えば、筐体2701において、電源スイッチ2721、操作キー2723、スピーカー2725などを備えている。操作キー2723により、頁を送ることができる。なお、筐体の表示部と同一面にキーボードやポインティングデバイスなどを備える構成としてもよい。また、筐体の裏面や側面に、外部接続用端子(イヤホン端子、USB端子など)、記録媒体挿

50

入部などを備える構成としてもよい。さらに、電子書籍2700は、電子辞書としての機能を持たせた構成としてもよい。

【0122】

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

【0123】

図16(D)は、携帯型情報端末であり、筐体2800及び筐体2801の二つの筐体で構成されている。筐体2801には、表示パネル2802、スピーカー2803、マイクロフォン2804、ポインティングデバイス2806、カメラ2807、外部接続端子2808などを備えている。また、筐体2800には、携帯型情報端末の充電を行う太陽電池2810、外部メモリスロット2811などを備えている。また、アンテナは筐体2801内部に内蔵されている。他の実施の形態で示した半導体装置を表示パネル2802に用いることにより、信頼性の高い携帯型情報端末とすることができる。

10

【0124】

また、表示パネル2802はタッチパネルを備えており、図16(D)には表示されている複数の操作キー2805を点線で示している。なお、太陽電池2810で出力される電圧を各回路に必要な電圧に昇圧するための昇圧回路も実装している。

【0125】

表示パネル2802は、使用形態に応じて表示の方向が適宜変化する。また、表示パネル2802と同一面上にカメラ2807を備えているため、テレビ電話が可能である。スピーカー2803及びマイクロフォン2804は音声通話に限らず、音声の録音及び再生などの機能にも用いられる。さらに、筐体2800と筐体2801は、スライドし、図16(D)の様に展開している状態から重なり合った状態とすることができ、携帯に適した小型化を可能としている。

20

【0126】

外部接続端子2808は充電ケーブルやUSBケーブルなどの各種ケーブルと接続可能であり、充電及びパーソナルコンピュータなどとのデータ通信が可能である。また、外部メモリスロット2811に大容量の記録媒体を挿入することで、より大量のデータの取扱にも対応できる。

30

【0127】

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

【0128】

図16(E)は、デジタルビデオカメラであり、本体3051、表示部(A)3057、接眼部3053、操作スイッチ3054、表示部(B)3055、及びバッテリー3056などによって構成されている。他の実施の形態で示した半導体装置を表示部(A)3057、表示部(B)3055に用いることにより、信頼性の高いデジタルビデオカメラとすることができる。

【0129】

図16(F)は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置9600は、筐体9601に表示部9603が組み込まれている。表示部9603により、映像を表示することが可能である。また、ここでは、スタンド9605により筐体9601を支持した構成を示している。他の実施の形態で示した半導体装置を表示部9603に用いることにより、信頼性の高いテレビジョン装置9600とすることができる。

40

【0130】

テレビジョン装置9600の操作は、筐体9601が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機により行うことができる。また、リモコン操作機に、当該リモコン操作機から出力する情報を表示する表示部を設ける構成としてもよい。

【0131】

50

なお、テレビジョン装置 9 6 0 0 は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般のテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線または無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向（送信者から受信者）または双方向（送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など）の情報通信を行うことも可能である。

【 0 1 3 2 】

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

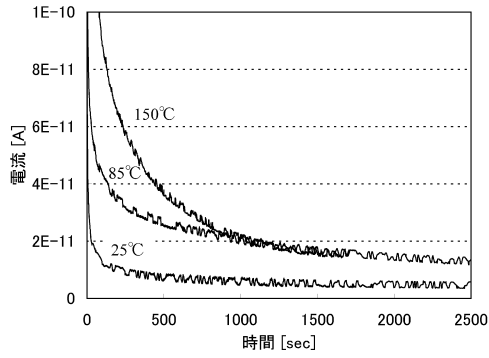
【符号の説明】

【 0 1 3 3 】

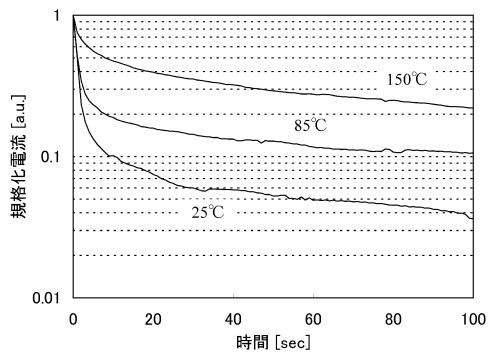
1 0 1	ガラス基板	10
1 0 2	酸化物半導体膜	
1 0 3	電極	
1 0 4	電極	
1 0 5	絶縁層	
3 0 1	ゲート電極層	
3 0 2	ゲート絶縁層	
3 0 3	酸化物半導体層	
3 0 5 a	ソース電極層	
3 0 5 b	ドレイン電極層	
3 0 7	絶縁層	20
3 1 0	トランジスタ	
4 0 0	基板	
4 0 1	ゲート電極層	
4 0 2	ゲート絶縁層	
4 0 3	酸化物半導体層	
4 0 5 a	ソース電極層	
4 0 5 b	ドレイン電極層	
4 0 7	絶縁層	
4 1 0	トランジスタ	
4 3 7	絶縁層	30
4 4 0	トランジスタ	
5 0 1	キセノンランプ	
5 0 2	光学フィルタ	
5 0 3	光ファイバー	
5 0 4	ロッドレンズ	
5 0 5	トランジスタ	
5 0 6	電流計	
5 0 7	パーソナルコンピュータ	
5 0 8	チャンバー	
5 0 9	導入窓	40
5 1 0	照射光	
2 7 0 0	電子書籍	
2 7 0 1	筐体	
2 7 0 3	筐体	
2 7 0 5	表示部	
2 7 0 7	表示部	
2 7 1 1	軸部	
2 7 2 1	電源	
2 7 2 3	操作キー	
2 7 2 5	スピーカー	50

2 8 0 0	筐体	
2 8 0 1	筐体	
2 8 0 2	表示パネル	
2 8 0 3	スピーカー	
2 8 0 4	マイクロフォン	
2 8 0 5	操作キー	
2 8 0 6	ポインティングデバイス	
2 8 0 7	カメラ	
2 8 0 8	外部接続端子	
2 8 1 0	太陽電池	10
2 8 1 1	外部メモリスロット	
3 0 0 1	本体	
3 0 0 2	筐体	
3 0 0 3	表示部	
3 0 0 4	キーボード	
3 0 2 1	本体	
3 0 2 2	スタイラス	
3 0 2 3	表示部	
3 0 2 4	操作ボタン	
3 0 2 5	外部インターフェイス	20
3 0 5 1	本体	
3 0 5 3	接眼部	
3 0 5 4	操作スイッチ	
3 0 5 5	表示部 (B)	
3 0 5 6	バッテリー	
3 0 5 7	表示部 (A)	
9 6 0 0	テレビジョン装置	
9 6 0 1	筐体	
9 6 0 3	表示部	
9 6 0 5	スタンド	30
9 6 3 0	筐体	
9 6 3 1	表示部	
9 6 3 2	操作キー	
9 6 3 3	太陽電池	
9 6 3 4	充放電制御回路	
9 6 3 5	バッテリー	
9 6 3 6	コンバータ	
9 6 3 7	コンバータ	

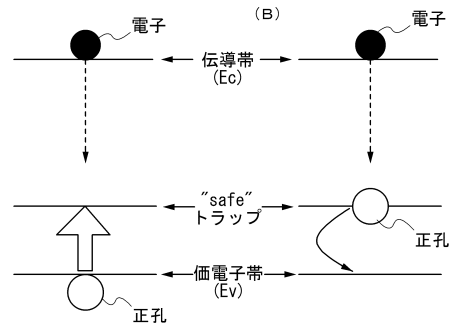
【図1】



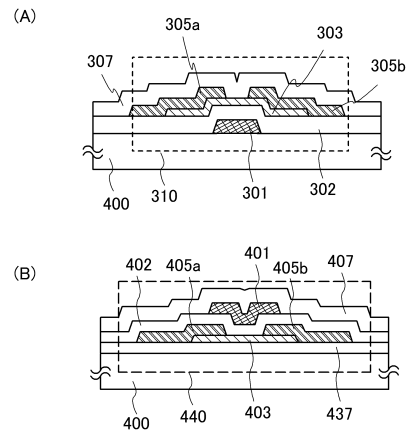
【図2】



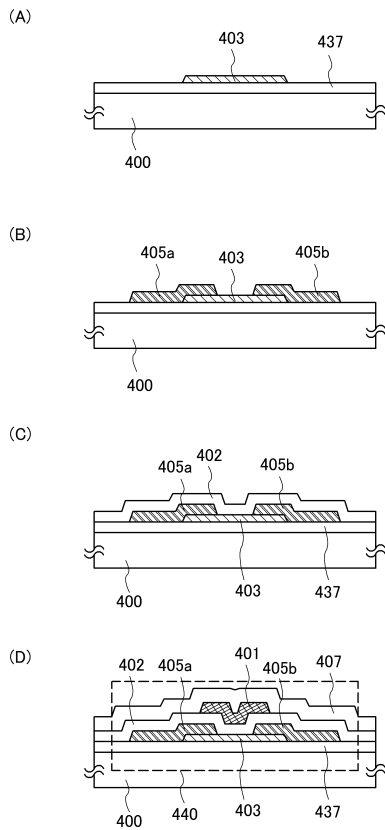
【図3】



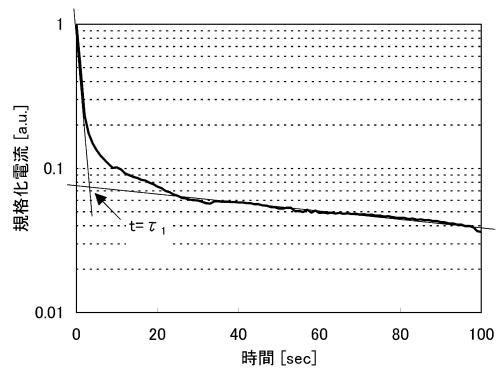
【図4】



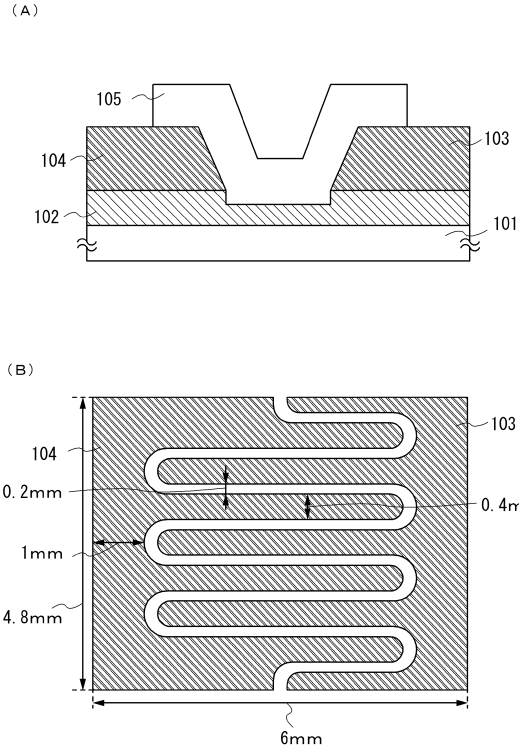
【図5】



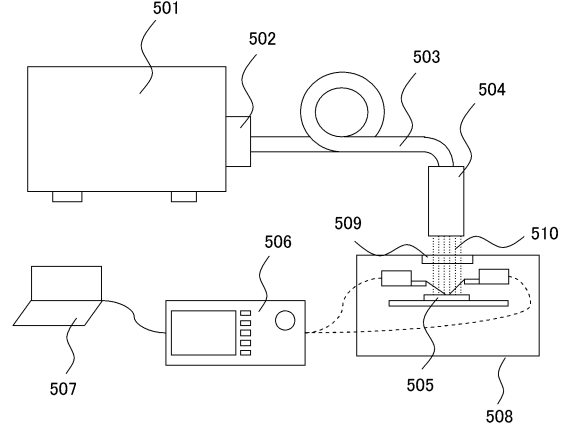
【図6】



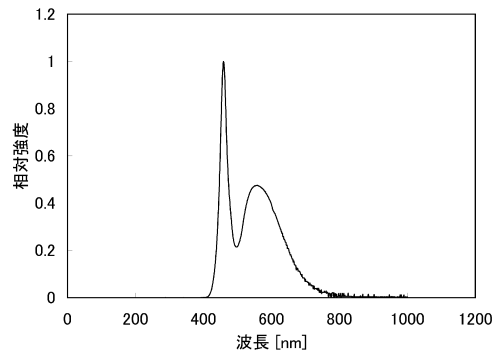
【図7】



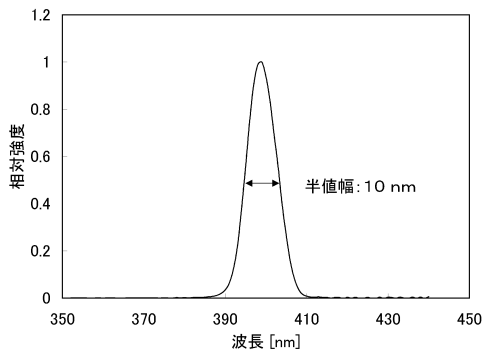
【図8】



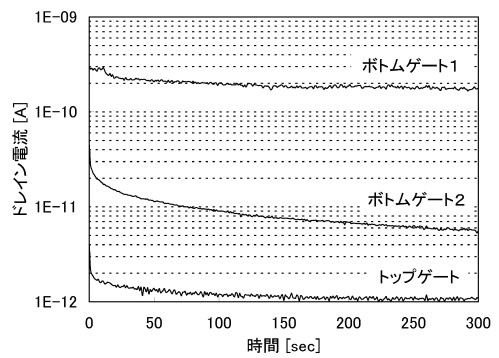
【図9】



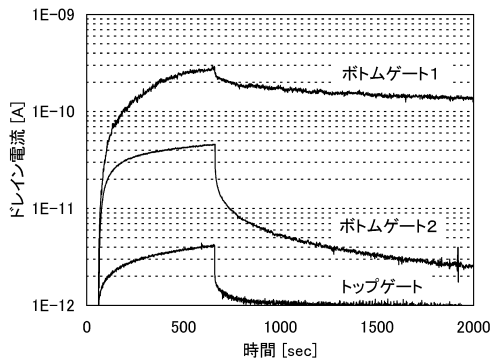
【図10】



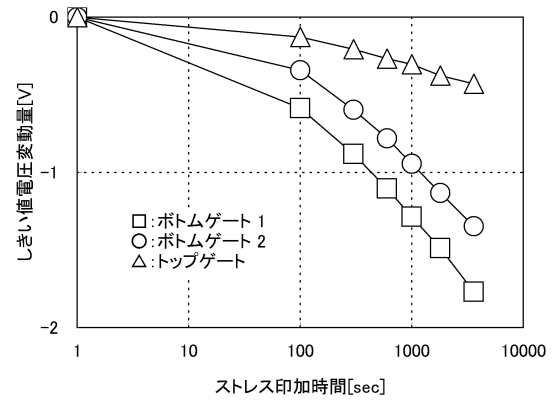
【図12】



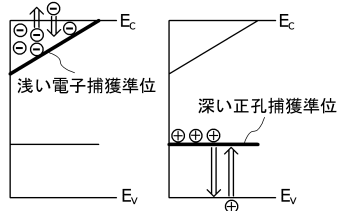
【図11】



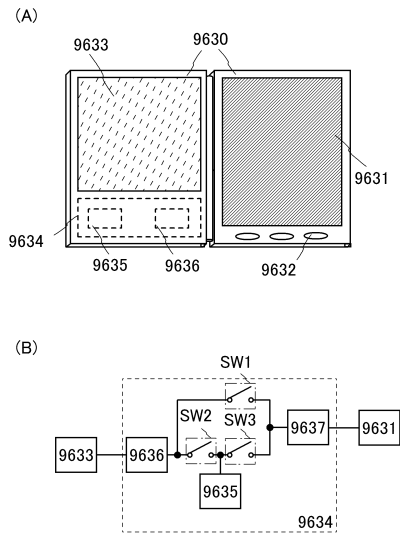
【図13】



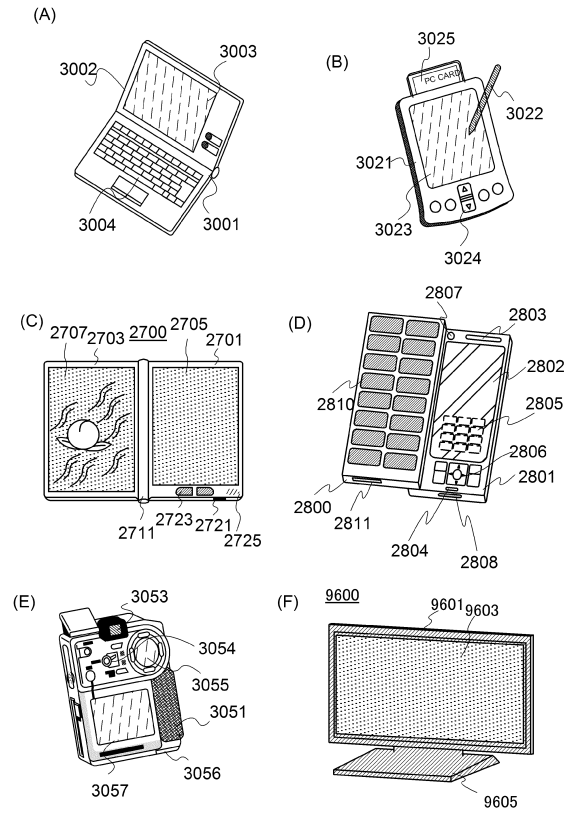
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

- (72)発明者 郷戸 宏充
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
- (72)発明者 吉富 修平
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
- (72)発明者 井上 弘毅
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
- (72)発明者 宮永 昭治
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
- (72)発明者 山崎 舜平
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

審査官 岩本 勉

- (56)参考文献 特開2007-250984(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0072233(US,A1)
中国特許出願公開第101467257(CN,A)
韓国公開特許第10-2008-0098423(KR,A)
特開2009-277701(JP,A)
国際公開第2009/139428(WO,A1)
韓国公開特許第10-2008-0052107(KR,A)
特開2008-042088(JP,A)
米国特許出願公開第2008/0038882(US,A1)
特開2008-281988(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0084648(US,A1)
特開2007-300112(JP,A)
米国特許出願公開第2007/0257256(US,A1)
中国特許出願公開第101068040(CN,A)
韓国公開特許第10-2007-0107606(KR,A)
特開2009-275236(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0109002(US,A1)
中国特許出願公開第101663762(CN,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 29/786