

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-86179
(P2016-86179A)

(43) 公開日 平成28年5月19日(2016.5.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 Z	2 H 1 9 2
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 B	3 K 1 0 7
HO 1 L 21/28 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 6 V	4 M 1 0 4
HO 1 L 29/417 (2006.01)	HO 1 L 21/28 3 0 1 B	5 F 1 1 0
GO 2 F 1/1368 (2006.01)	HO 1 L 29/50 M	

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 35 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-241707 (P2015-241707)
 (22) 出願日 平成27年12月11日(2015.12.11)
 (62) 分割の表示 特願2011-142780 (P2011-142780) の分割
 原出願日 平成23年6月28日(2011.6.28)
 (31) 優先権主張番号 特願2010-152179 (P2010-152179)
 (32) 優先日 平成22年7月2日(2010.7.2)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2011-100534 (P2011-100534)
 (32) 優先日 平成23年4月28日(2011.4.28)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷398番地
 (72) 発明者 山崎 舜平
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 高橋 正弘
 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 廣橋 拓也
 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

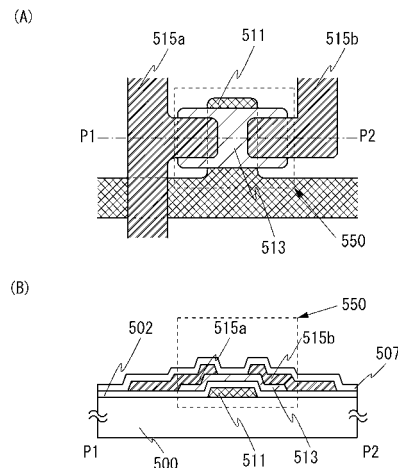
(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 酸化物半導体を用いた半導体装置に安定した電気的特性を付与し、高信頼性化する。

【解決手段】 ゲート絶縁層と、ゲート絶縁層の一方の面に接する第1のゲート電極と、ゲート絶縁層の他方の面に接し、第1のゲート電極と重畳する領域に設けられた酸化物半導体層と、酸化物半導体層と接するソース電極、ドレイン電極、及び酸化物絶縁層と、の積層構造を有し、酸化物半導体層の窒素濃度は 2×10^{19} atoms/cm³ 以下であり、ソース電極及びドレイン電極は、タングステン、白金及びモリブデンのいずれか一又は複数を含む半導体装置を提供する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ゲート絶縁層と、
ゲート絶縁層の一方の面に接する第 1 のゲート電極と、
ゲート絶縁層の他方の面に接し、前記第 1 のゲート電極と重畳する酸化物半導体層と、
前記酸化物半導体層と接するソース電極、ドレイン電極、及び酸化物絶縁層と、を有し

、
前記酸化物半導体層の窒素濃度は、 $2 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であり、
前記ソース電極及び前記ドレイン電極は、タングステン、白金及びモリブデンのいずれか一又は複数を含む半導体装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

酸化物半導体を用いる半導体装置に関する。該半導体装置の作製方法に関する。ここで、半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能する素子及び装置全般を指すものである。

【背景技術】

【0002】

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

20

【0003】

例えば、トランジスタの活性層として、電子キャリア濃度が $10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であるインジウム (In)、ガリウム (Ga)、及び亜鉛 (Zn) を含む非晶質酸化物を用いたトランジスタが開示されている (特許文献 1 参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2006 - 165528 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、酸化物半導体は、酸素の不足などによる化学量論的組成からのずれや、デバイス作製工程において電子供与体を形成する水素や水の混入などが生じると、その電気伝導率が変化する恐れがある。このような現象は、酸化物半導体を用いたトランジスタなどの半導体装置にとって、電気的特性の変動要因となる。

【0006】

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

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために本発明者等は、酸化物半導体層中の窒素に着目した。窒素は酸化物半導体を構成する金属と結合しやすく、酸化物半導体層中において、酸素と該金属の結合を妨げる。したがって、酸化物半導体層中の窒素濃度を $2 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすれば良い。酸化物半導体層中の窒素濃度を低くすることで、酸化物半導体層中の酸素濃度を十分なものとすることができる。

【0008】

また、酸化物半導体層と接するソース電極及びドレイン電極には、耐熱性を有し酸化され

50

にくい金属を用いる。例えば、ソース電極及びドレイン電極として、タングステン、白金及びモリブデンのいずれか一又は複数を含む層を用いれば良い。上記金属は酸素と反応しにくいいため、ソース電極及びドレイン電極が酸化物半導体層から酸素を奪うことを抑制することができる。

【0009】

このように、酸化物半導体層中の窒素濃度を低くし、ソース電極及びドレイン電極に耐熱性を有し酸化されにくい金属を用いることで、酸化物半導体層中の酸素と金属の結合が妨げられることを抑制することができる。したがって、酸化物半導体を用いたトランジスタの電気特性と信頼性を向上することができる。例えば、光劣化によるトランジスタ特性の変動を低減することができる。

10

【0010】

具体的には、本発明の一態様は、ゲート絶縁層と、ゲート絶縁層の一方の面に接する第1のゲート電極と、ゲート絶縁層の他方の面に接し、第1のゲート電極と重畳する酸化物半導体層と、酸化物半導体層と接するソース電極、ドレイン電極、及び酸化物絶縁層と、の積層構造を有し、酸化物半導体層の窒素濃度は、 $2 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であり、ソース電極及びドレイン電極は、タングステン、白金及びモリブデンのいずれか一又は複数を含む半導体装置である。

【0011】

さらに、酸化物半導体層と、ソース電極又はドレイン電極との間の接続抵抗を下げるためにバッファ層を形成しても良い。バッファ層の窒素濃度は $2 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とする。酸化物半導体層と接する層の窒素濃度を低くすることで、酸化物半導体層中の酸素濃度を十分なものとし、酸化物半導体の電気特性と信頼性を向上することができる。

20

【0012】

したがって、別の本発明の一態様は、ゲート絶縁層と、ゲート絶縁層の一方の面に接する第1のゲート電極と、ゲート絶縁層の他方の面に接し、第1のゲート電極と重畳する領域に設けられた酸化物半導体層と、酸化物半導体層と接するバッファ層及び酸化物絶縁層と、バッファ層を介して、酸化物半導体層と電氣的に接続するソース電極及びドレイン電極と、の積層構造を有し、酸化物半導体層の窒素濃度は、 $2 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であり、バッファ層の窒素濃度は、 $2 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であり、ソース電極及びドレイン電極は、タングステン、白金及びモリブデンのいずれか一又は複数を含む半導体装置である。

30

【0013】

さらに、酸化物半導体層と接する絶縁層を、酸素を含む絶縁層、好ましくは、化学量論的組成比より酸素が多い領域を含む絶縁層とすることで、酸化物半導体層に酸素を供給することができる。特に、酸化物半導体層と接する層として、金属酸化物層を用いることで、酸化物半導体層への水素又は水などの不純物の混入を抑制する。

【0014】

よって、上記半導体装置において、ゲート絶縁層は、酸化ガリウム、酸化アルミニウム、酸化ガリウムアルミニウム、及び酸化アルミニウムガリウムのいずれか一又は複数が含まれることが好ましい。

40

【0015】

また、上記半導体装置において、酸化物絶縁層は、酸化ガリウム、酸化アルミニウム、酸化ガリウムアルミニウム、及び酸化アルミニウムガリウムのいずれか一又は複数が含まれることが好ましい。

【0016】

上記半導体装置において、酸化物半導体層の厚みは3nm以上30nm以下であることが好ましい。

【0017】

上記半導体装置において、酸化物絶縁層を介して、酸化物半導体層及び第1のゲート電極

50

と重畳する領域に設けられた第2のゲート電極を有することが好ましい。

【0018】

上記半導体装置において、ソース電極及びドレイン電極の窒素濃度は、 2×10^{19} atoms/cm³以下であることが好ましい。

【0019】

なお、酸化物半導体は薄膜形成工程において、酸素の不足などによる化学量論的組成からのずれや、電子供与体を形成する水素や水の混入などが生じると、その電気伝導率が変化してしまう。このような現象は、酸化物半導体を用いた半導体装置にとって電気的特性の変動要因となる。したがって、水素、水、水酸基又は水素化物（水素化合物ともいう）などの不純物を酸化物半導体より意図的に排除し、かつ不純物の排除工程によって同時に減少してしまうことのある酸化物半導体を構成する主成分材料である酸素を、酸化物半導体層に接する絶縁層より供給することによって、酸化物半導体層を高純度化及び電氣的にi型（真性）化する。

10

【0020】

絶縁層から酸化物半導体層へ酸素を拡散させ、半導体装置の不安定要素の一である水素と反応させることにより、酸化物半導体層中または界面の水素を固定（非可動イオン化）することができる。すなわち、信頼性上の不安定性を減らす、又は十分に低減することができる。また、酸化物半導体層中または界面での酸素欠損に起因するしきい値電圧 V_{th} のばらつき、しきい値電圧のシフト（ V_{th} ）を低減することができる。

【0021】

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

20

【発明の効果】

【0022】

本発明の一態様によって、酸化物半導体を用いた、電気的特性が良好で、信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の一態様のトランジスタの構成例を示す図。

30

【図2】本発明の一態様のトランジスタの作製方法を示す図。

【図3】本発明の一態様のトランジスタの構成例を示す図。

【図4】本発明の一態様のトランジスタの構成例を示す図。

【図5】半導体装置の一形態を説明する図。

【図6】半導体装置の一形態を説明する図。

【図7】半導体装置の一形態を説明する図。

【図8】半導体装置の一形態を説明する図。

【図9】電子機器を示す図。

【図10】実施例1の断面観察の結果を示す図。

【図11】実施例2の光バイアス試験の結果を示す図。

40

【図12】実施例3に係る図。

【図13】実施例4のSIMS分析デプスプロファイル。

【発明を実施するための形態】

【0024】

実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。なお、以下に説明する発明の構成において、同一部分又は同様な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。

50

【0025】

(実施の形態1)

本実施の形態では、本発明の一態様の半導体装置の構成及び作製方法について図1～図4を用いて説明する。

【0026】

図1に半導体装置の例として、トランジスタ550を示す。図1(A)にトランジスタ550の上面図を、図1(B)にトランジスタ550の断面図を示す。なお、図1(B)は図1(A)に示す切断線P1-P2における断面に相当する。

【0027】

トランジスタ550は、絶縁表面を有する基板500上に、第1のゲート電極511、及び第1のゲート電極511を覆うゲート絶縁層502を有する。また、ゲート絶縁層502上に第1のゲート電極511と重畳する酸化物半導体層513、及び酸化物半導体層513に接し、端部が第1のゲート電極511と重畳するソース電極またはドレイン電極として機能する第1の電極515a及び第2の電極515bを有する。また、酸化物半導体層513と重なり、その一部と接する酸化物絶縁層507を有する。

10

【0028】

酸化物半導体層513は水素や水などの不純物が十分に除去されることにより、または、十分な酸素が供給されることにより、高純度化されたものであることが望ましい。具体的には、例えば、酸化物半導体層513の水素濃度は $5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、望ましくは $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、より望ましくは $5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とする。なお、上述の酸化物半導体層513中の水素濃度は、二次イオン質量分析法(SIMS: Secondary Ion Mass Spectroscopy)で測定されるものである。このように、水素濃度が十分に低減されて高純度化され、十分な酸素の供給により酸素欠乏に起因するエネルギーギャップ中の欠陥準位が低減された酸化物半導体層513では、キャリア濃度が $1 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ 未満、望ましくは、 $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$ 未満、より望ましくは $1.45 \times 10^{10} / \text{cm}^3$ 未満となる。例えば、室温(25℃)でのオフ電流(ここでは、単位チャネル幅(1μm)あたりの値)は 100 zA (1 zA (zeptoampere)は $1 \times 10^{-21} \text{ A}$)以下、望ましくは 10 zA 以下となる。このように、i型化された酸化物半導体を用いることで、良好な電気特性のトランジスタを得ることができる。

20

30

【0029】

さらに、酸化物半導体層513の窒素濃度は、 $2 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とする。特に、窒素濃度が $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることが好ましい。窒素は酸化物半導体を構成する金属と結合しやすく、酸化物半導体層中において、酸素と該金属の結合を妨げる。酸化物半導体層中の窒素濃度を低くすることで、酸化物半導体層中の酸素濃度を十分なものとし、酸化物半導体の電気特性と信頼性を向上することができる。

【0030】

ここでは、酸化物半導体層513に、In-Ga-Zn-O系酸化物半導体(インジウム(In)、ガリウム(Ga)、亜鉛(Zn)を有する酸化物半導体)を用いた場合を例に挙げて説明する。酸化物半導体層513中に窒素が多く含まれると、窒素と、InやGaとが結合し、窒化インジウムや窒化ガリウムが生成される。酸化物半導体層513中において、窒素が、In又はGaと結合することで、酸素と、In又はGaとの結合が妨げられる。酸化物半導体層513中の窒素濃度が高まることで、酸化物半導体層513のキャリア移動度が低下する。したがって、酸化物半導体層513中の窒素濃度は十分に低いことが好ましい。

40

【0031】

ゲート絶縁層502及び酸化物絶縁層507は、酸素を含む絶縁膜を用いることが望ましい。ゲート絶縁層502や酸化物絶縁層507は、化学量論的組成比より酸素が多い領域(酸素過剰領域とも表記する)が含まれる膜であるのがより望ましい。酸化物半導体層513と接するゲート絶縁層502及び酸化物絶縁層507が酸素過剰領域を有することに

50

より、酸化物半導体層 5 1 3 からゲート絶縁層 5 0 2 又は酸化物絶縁層 5 0 7 への酸素の移動を防ぐことができる。また、ゲート絶縁層 5 0 2 又は酸化物絶縁層 5 0 7 から酸化物半導体層 5 1 3 への酸素の供給を行うこともできる。よって、ゲート絶縁層 5 0 2 及び酸化物絶縁層 5 0 7 に挟持された酸化物半導体層 5 1 3 を、十分な量の酸素を含有する膜とすることができる。

【0032】

特に、ゲート絶縁層 5 0 2 及び酸化物絶縁層 5 0 7 は、第 1 3 族元素および酸素を含む材料を用いて形成することが好ましい。第 1 3 族元素および酸素を含む材料としては、例えば、酸化ガリウム、酸化アルミニウム、酸化アルミニウムガリウム、酸化ガリウムアルミニウムのいずれか一または複数を含む材料などがある。ここで、酸化アルミニウムガリウムとは、ガリウム (Ga) の含有量 (原子%) よりアルミニウム (Al) の含有量 (原子%) が多いものを示し、酸化ガリウムアルミニウムとは、Ga の含有量 (原子%) が Al の含有量 (原子%) 以上のものを示す。ゲート絶縁層 5 0 2 及び酸化物絶縁層 5 0 7 は、それぞれ、上述の材料を用いて単層構造、または積層構造で形成してもよい。なお、酸化アルミニウムは、水を透過させにくいという特性を有しているため、酸化アルミニウム、酸化アルミニウムガリウム、酸化ガリウムアルミニウム等を適用することは、酸化物半導体膜への水の浸入防止という点においても好ましい。

10

【0033】

上述の通り、ゲート絶縁層 5 0 2 及び酸化物絶縁層 5 0 7 は、化学量論的組成比より酸素が多い領域を含むことが好ましい。これにより、酸化物半導体層 5 1 3 と接する絶縁膜または酸化物半導体層 5 1 3 に酸素を供給し、酸化物半導体層 5 1 3 中、または酸化物半導体層 5 1 3 とそれに接する絶縁膜との界面における酸素欠陥を低減することができる。例えば、ゲート絶縁層 5 0 2 として酸化ガリウム膜を用いた場合、 Ga_2O_x ($x = 3 +$ 、 $0 < < 1$) とするのが好ましい。ここで、 x は、例えば、 3.3 以上 3.4 以下とすればよい。または、ゲート絶縁層 5 0 2 として酸化アルミニウム膜を用いた場合、 Al_2O_x ($x = 3 +$ 、 $0 < < 1$) とすることが好ましい。または、ゲート絶縁層 5 0 2 として酸化アルミニウムガリウム膜を用いた場合、 $Ga_xAl_{2-x}O_3$ ($0 < x < 1$ 、 $0 < < 1$) とすることが好ましい。または、ゲート絶縁層 5 0 2 として酸化ガリウムアルミニウム膜を用いた場合、 $Ga_xAl_{2-x}O_3$ ($1 < x < 2$ 、 $0 < < 1$) とすることが好ましい。

20

30

【0034】

なお、酸素欠損のない酸化物半導体膜を用いる場合であれば、ゲート絶縁層及び酸化物絶縁層には、化学量論的組成に一致した量の酸素が含まれていれば良いが、トランジスタのしきい値電圧の変動を抑えるなどの信頼性を確保するためには、酸化物半導体膜に酸素欠損の状態が生じ得ることを考慮して、ゲート絶縁層及び酸化物絶縁層には化学量論的組成比より多く酸素を含有させておくのが好ましい。

【0035】

第 1 の電極 5 1 5 a 及び第 2 の電極 5 1 5 b は、耐熱性を有し酸素と反応しにくい金属からなり、例えば、モリブデン (Mo)、タングステン (W)、白金 (Pt) のいずれか一又は複数を含む。又は、金 (Au) やクロム (Cr) を用いても良い。上記金属は酸化されにくいため、第 1 の電極 5 1 5 a 及び第 2 の電極 5 1 5 b が酸化物半導体層 5 1 3 から酸素を奪うことを抑制することができる。さらに、第 1 の電極 5 1 5 a 及び第 2 の電極 5 1 5 b の窒素濃度は、 2×10^{19} atoms/cm³ 以下であることが好ましい。

40

【0036】

図 3 (A) 及び (B) にトランジスタ 5 5 0 とは異なる構成のトランジスタ 5 5 1 a、b の断面図を示す。

【0037】

トランジスタ 5 5 1 a、b は、それぞれ絶縁表面を有する基板 5 0 0 上に、第 1 のゲート電極 5 1 1、及び第 1 のゲート電極 5 1 1 を覆うゲート絶縁層 5 0 2 を有する。また、ゲート絶縁層 5 0 2 上に第 1 のゲート電極 5 1 1 と重畳する酸化物半導体層 5 1 3、及び酸

50

化物半導体層 5 1 3 に接するバッファ層 5 1 6 a、b (または 5 1 6 c、d)、端部が第 1 のゲート電極 5 1 1 と重畳するソース電極またはドレイン電極として機能する第 1 の電極 5 1 5 a 及び第 2 の電極 5 1 5 b を有する。また、酸化物半導体層 5 1 3 と重なり、その一部と接する酸化物絶縁層 5 0 7 を有する。

【0038】

バッファ層は、酸化物半導体層 5 1 3 と、第 1 の電極 5 1 5 a 又は第 2 の電極 5 1 5 b との間の接続抵抗を下げる効果を有する。バッファ層の窒素濃度は、 2×10^{19} atoms/cm³ 以下とする。特に、窒素濃度が 5×10^{18} atoms/cm³ 以下であることが好ましい。窒素は酸化物半導体を構成する金属と結合しやすい。バッファ層は酸化物半導体層に接するため、バッファ層から酸化物半導体層に窒素が侵入する恐れがある。酸化物半導体層中に侵入した窒素は、酸素と該金属の結合を妨げる。

10

【0039】

図 4 に上記に例示したトランジスタとは異なる構成のトランジスタ 5 5 2 の断面図を示す。

【0040】

トランジスタ 5 5 2 は、絶縁表面を有する基板 5 0 0 上に、第 1 のゲート電極 5 1 1、及び第 1 のゲート電極 5 1 1 を覆うゲート絶縁層 5 0 2 を有する。また、ゲート絶縁層 5 0 2 上に第 1 のゲート電極 5 1 1 と重畳する酸化物半導体層 5 1 3、及び酸化物半導体層 5 1 3 に接し、端部を第 1 のゲート電極 5 1 1 と重畳するソース電極またはドレイン電極として機能する第 1 の電極 5 1 5 a 及び第 2 の電極 5 1 5 b を有する。また、酸化物半導体層 5 1 3 と重なり、その一部と接する酸化物絶縁層 5 0 7 を有する。さらに、酸化物絶縁層 5 0 7 上に、第 1 のゲート電極 5 1 1 及び酸化物半導体層 5 1 3 と重畳する第 2 のゲート電極 5 1 9 を有する。

20

【0041】

第 2 のゲート電極 5 1 9 を酸化物半導体層 5 1 3 のチャネル形成領域と重なる位置に設けることによって、トランジスタの信頼性を調べるためのバイアス - 熱ストレス試験 (以下、BT 試験という) において、BT 試験前後におけるトランジスタしきい値電圧の変化量をより低減することができる。なお、第 2 のゲート電極 5 1 9 は、電位が第 1 のゲート電極 5 1 1 と同じでもよいし、異なってもよい。また、第 2 のゲート電極 5 1 9 の電位は、GND、0 V、或いはフローティング状態であってもよい。

30

【0042】

次に、トランジスタ 5 5 0 を基板 5 0 0 上に作製する方法について、図 2 を用いて説明する。

【0043】

まず、絶縁表面を有する基板 5 0 0 上に導電膜を形成した後、第 1 のフォトリソグラフィ工程により第 1 のゲート電極 5 1 1 を含む配線層を形成する。なお、レジストマスクをインクジェット法で形成してもよい。レジストマスクをインクジェット法で形成するとフォトマスクを使用しないため、製造コストを低減できる。

【0044】

本実施の形態では絶縁表面を有する基板 5 0 0 としてガラス基板を用いる。

40

【0045】

下地膜となる絶縁膜を基板 5 0 0 と第 1 のゲート電極 5 1 1 との間に設けてもよい。下地膜は、基板 5 0 0 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、又は酸化窒化シリコン膜を単層で又は積層して形成することができる。

【0046】

また、第 1 のゲート電極 5 1 1 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、ネオジウム、スカンジウム等の金属材料又はこれらを主成分とする合金材料を用いて、単層で又は積層して形成することができる。

【0047】

50

次いで、第1のゲート電極511上にゲート絶縁層502を形成する。ゲート絶縁層502は、第13族元素および酸素を含む材料を用いて形成することが好ましい。例えば、酸化ガリウム、酸化アルミニウム、酸化アルミニウムガリウム、酸化ガリウムアルミニウムのいずれか一または複数を含む材料などを用いることができる。また、ゲート絶縁層502には、複数種類の第13族元素と、酸素と、を含ませることもできる。または、第13族元素の他に、イットリウムなどの第3族元素、ハフニウムなどの第4族元素、シリコンなどの第14族元素などの、水素以外の不純物元素を含ませることができる。このような不純物元素を、例えば0を超えて20原子%以下程度含ませることで、ゲート絶縁層502のエネルギーギャップを、該元素の添加量により制御することができる。

【0048】

ゲート絶縁層502は、他に、酸化シリコンや酸化ハフニウムを用いて形成しても良い。

【0049】

ゲート絶縁層502は、窒素、水素、水などの不純物を混入させない方法を用いて成膜することが好ましい。ゲート絶縁層502に窒素、水素、水などの不純物が含まれると、後に形成される酸化半導体膜に窒素、水素、水などの不純物の侵入や、水素、水などの不純物による酸化半導体膜中の酸素の引き抜き、などによって酸化半導体膜が低抵抗化（n型化）してしまい、寄生チャネルが形成されるおそれがあるためである。よって、ゲート絶縁層502はできるだけ窒素、水素、水などの不純物が含まれないように作製することが好ましい。例えば、スパッタリング法によって成膜するのが好ましい。成膜する際に用いるスパッタガスとしては、窒素、水素、水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。

【0050】

スパッタリング法としては、直流電源を用いるDCスパッタリング法、パルス的に直流バイアスを加えるパルスDCスパッタリング法、又はACスパッタリング法などを用いることができる。

【0051】

なお、ゲート絶縁層502として、酸化アルミニウムガリウム膜または酸化ガリウムアルミニウム膜を形成する際には、スパッタリング法に用いるターゲットとして、アルミニウムパーテイクルが添加された酸化ガリウムターゲットを適用してもよい。アルミニウムパーテイクルが添加された酸化ガリウムターゲットを用いることにより、ターゲットの導電性を高めることができるため、スパッタリング時の放電を容易なものとするすることができる。このようなターゲットを用いることで、量産化に適した金属酸化物膜を作製することができる。

【0052】

次に、ゲート絶縁層502に対して、酸素ドーブ処理を行うことが好ましい。酸素ドーブとは、酸素をバルクに添加することをいう。なお、当該バルクの用語は、酸素を薄膜表面のみでなく薄膜内部に添加することを明確にする趣旨で用いている。また、酸素ドーブには、プラズマ化した酸素をバルクに添加する酸素プラズマドーブが含まれる。

【0053】

ゲート絶縁層502に対して、酸素ドーブ処理を行うことによりゲート絶縁層502には化学量論的組成比より酸素が多い領域が形成される。このような領域を備えることにより、後に成膜される酸化半導体膜に酸素を供給し、酸化半導体膜中の酸素欠陥を低減することができる。

【0054】

ゲート絶縁層502として酸化ガリウム膜を用いた場合、酸素ドーブを行うことにより、 Ga_2O_x ($x = 3 +$ 、 $0 < < 1$)とすることができる。 x は、例えば、3.3以上3.4以下とすることができる。または、ゲート絶縁層502として酸化アルミニウム膜を用いた場合、酸素ドーブを行うことにより、 Al_2O_x ($x = 3 +$ 、 $0 < < 1$)とすることができる。または、ゲート絶縁層502として酸化アルミニウムガリウム膜を用いた場合、酸素ドーブを行うことにより、 $Ga_xAl_{2-x}O_{3+}$ ($0 < x < 1$ 、 $0 <$

10

20

30

40

50

< 1) とすることができる。または、ゲート絶縁層 5 0 2 として酸化ガリウムアルミニウム膜を用いた場合、酸素ドーピングを行うことにより、 $Ga_x Al_{2-x} O_3$ ($1 < x < 2$ 、 $0 < x < 1$) とすることができる。

【 0 0 5 5 】

次いで、ゲート絶縁層 5 0 2 上に、膜厚 3 nm 以上 3 0 nm 以下の酸化物半導体膜 5 1 3 a をスパッタリング法で形成する (図 2 (A))。酸化物半導体膜 5 1 3 a の膜厚を大きくしすぎると (例えば、膜厚を 5 0 nm 以上とすると)、トランジスタがノーマリーオンになってしまうおそれがあるため、上述の膜厚とするのが好ましい。なお、ゲート絶縁層 5 0 2、及び酸化物半導体膜 5 1 3 a は、大気に触れさせることなく連続して成膜するのが好ましい。

10

【 0 0 5 6 】

酸化物半導体膜 5 1 3 a に用いる酸化物半導体としては、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、 $In - Ga - O$ 系酸化物半導体や、単元系金属酸化物である $In - O$ 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、上記酸化物半導体に SiO_2 を含んでもよい。ここで、例えば、 $In - Ga - Zn - O$ 系酸化物半導体とは、インジウム (In)、ガリウム (Ga)、亜鉛 (Zn) を有する酸化物半導体、という意味であり、その化学量論比はとくに問わない。また、 In と Ga と Zn 以外の元素を含んでもよい。

20

【 0 0 5 7 】

また、酸化物半導体膜 5 1 3 a は、化学式 $InMO_3 (ZnO)_m$ ($m > 0$) で表記される薄膜を用いることができる。ここで、 M は、 Ga 、 Al 、 Mn および Co から選ばれた一または複数の金属元素を示す。例えば M として、 Ga 、 Ga 及び Al 、 Ga 及び Mn 、または Ga 及び Co などがある。

【 0 0 5 8 】

また、酸化物半導体として $In - Zn - O$ 系の材料を用いる場合、用いるターゲットの組成比は、原子数比で、 $In : Zn = 5 0 : 1 \sim 1 : 2$ (モル数比に換算すると $In_2 O_3 : ZnO = 2 5 : 1 \sim 1 : 4$)、好ましくは $In : Zn = 2 0 : 1 \sim 1 : 1$ (モル数比に換算すると $In_2 O_3 : ZnO = 1 0 : 1 \sim 1 : 2$)、さらに好ましくは $In : Zn = 1 5 : 1 \sim 1 . 5 : 1$ (モル数比に換算すると $In_2 O_3 : ZnO = 1 5 : 2 \sim 3 : 4$) とする。例えば、 $In - Zn - O$ 系酸化物半導体の形成に用いるターゲットは、原子数比が $In : Zn : O = X : Y : Z$ のとき、 $Z > 1 . 5 X + Y$ とする。

30

【 0 0 5 9 】

本実施の形態では、酸化物半導体膜 5 1 3 a として $In - Ga - Zn - O$ 系酸化物ターゲットを用いてスパッタリング法により成膜する。また、酸化物半導体膜 5 1 3 a は、希ガス (代表的にはアルゴン) 雰囲気下、酸素雰囲気下、又は希ガスと酸素の混合雰囲気下においてスパッタ法により形成することができる。

40

【 0 0 6 0 】

酸化物半導体膜 5 1 3 a として $In - Ga - Zn - O$ 膜をスパッタリング法で作製するためのターゲットとしては、例えば、組成比として、 $In_2 O_3 : Ga_2 O_3 : ZnO = 1 : 1 : 1$ [mol 数比] の酸化物ターゲットを用いることができる。また、このターゲットの材料及び組成に限定されず、例えば、 $In_2 O_3 : Ga_2 O_3 : ZnO = 1 : 1 : 2$ [mol 数比] の酸化物ターゲットを用いてもよい。

【 0 0 6 1 】

また、酸化物ターゲットの充填率は 9 0 % 以上 1 0 0 % 以下、好ましくは 9 5 % 以上 9 9

50

．9%以下である。充填率の高い金属酸化物ターゲットを用いることにより、成膜した酸化物半導体膜513aは緻密な膜とすることができる。

【0062】

酸化物半導体膜513aを成膜する際に用いるスパッタガスとしては、窒素、水素、水、水酸基又は水素化物などの不純物が除去された高純度ガスを用いることが好ましい。

【0063】

酸化物半導体膜513aの成膜は、減圧状態に保持された成膜室内に基板500を保持し、基板温度を100以上600以下好ましくは200以上400以下として行う。基板500を加熱しながら成膜することにより、成膜した酸化物半導体膜513aに含まれる不純物濃度を低減することができる。また、スパッタリングによる損傷が軽減される。そして、成膜室内の残留水分を除去しつつ水素及び水が除去されたスパッタガスを導入し、上記ターゲットを用いて基板500上に酸化物半導体膜513aを成膜する。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、排気手段は、ターボ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窒素（より好ましくは炭素原子を含む化合物）等が排気されるため、当該成膜室で成膜した酸化物半導体膜513aに含まれる不純物の濃度を低減できる。

10

【0064】

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%)雰囲気下の条件が適用される。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)が軽減でき、膜厚分布も均一となるために好ましい。

20

【0065】

その後、酸化物半導体膜513aに対して、熱処理(第1の熱処理)を行うことが望ましい。この第1の熱処理によって酸化物半導体膜513a中の、過剰な水素(水や水酸基を含む)を除去することができる。さらに、この第1の熱処理によって、ゲート絶縁層502中の過剰な水素(水や水酸基を含む)を除去することも可能である。第1の熱処理の温度は、250以上700以下、好ましくは450以上600以下、または基板の歪み点未満とする。

30

【0066】

熱処理は、例えば、抵抗発熱体などを用いた電気炉に被処理物を導入し、窒素雰囲気下、450、1時間の条件で行うことができる。この間、酸化物半導体膜513aは大気に触れさせず、水や水素の混入が生じないようにする。

【0067】

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

40

【0068】

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

50

を含むガスに切り替えても良い。酸素を含む雰囲気において第1の熱処理を行うことで、酸素欠損に起因するエネルギーギャップ中の欠陥準位を低減することができるためである。

【0069】

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

【0070】

ところで、上述の熱処理（第1の熱処理）には水素や水などを除去する効果があるから、当該熱処理を、脱水化処理や、脱水素化処理などと呼ぶこともできる。当該脱水化処理や、脱水素化処理は、例えば、酸化物半導体膜513aを島状に加工した後などのタイミングにおいて行うことも可能である。また、このような脱水化処理、脱水素化処理は、一回に限らず複数回行って良い。

【0071】

また、酸化物半導体膜513aに接するゲート絶縁層502は、酸素ドーブ処理されており、酸素過剰領域を有する。したがって、酸化物半導体膜513aから、ゲート絶縁層502への酸素の移動を抑制することができる。また、酸素ドーブ処理されたゲート絶縁層502と接して酸化物半導体膜513aを積層することで、ゲート絶縁層502から酸化物半導体膜513aへ酸素を供給することができる。ゲート絶縁層502からの酸化物半導体膜513aへの酸素の供給は、酸素ドーブ処理されたゲート絶縁層502と、酸化物半導体膜513aとが接した状態で熱処理を行うことにより、より促進される。

【0072】

なお、ゲート絶縁層502に添加され、酸化物半導体膜513aへ供給される酸素の少なくとも一部は、酸素の未結合手（ダングリングボンド）を酸化物半導体中で有することが好ましい。未結合手（ダングリングボンド）を有することにより、酸化物半導体膜中に残存しうる水素と結合して、水素を固定化（非可動イオン化）することができるためである。

【0073】

次いで、酸化物半導体膜513aを第2のフォトリソグラフィ工程により島状の酸化物半導体層513に加工するのが好ましい（図2（B））。また、島状の酸化物半導体層513を形成するためのレジストマスクをインクジェット法で形成してもよい。レジストマスクをインクジェット法で形成するとフォトマスクを使用しないため、製造コストを低減できる。島状の酸化物半導体層513bを形成するためのエッチングは、ドライエッチングでもウェットエッチングでもよく、両方を用いてもよい。

【0074】

次いで、ゲート絶縁層502及び酸化物半導体層513上に、ソース電極及びドレイン電極（これと同じ層で形成される配線を含む）を形成するための導電膜を形成する。ソース電極及びドレイン電極に用いる導電膜としては、耐熱性を有し酸素と反応しにくい金属を用いて形成すれば良い。特に、Mo、W、Ptのいずれか一又は複数を含むことが好ましい。他に、Au、Cr等も用いることができる。導電膜は、窒素を混入させない方法を用いて成膜することが好ましい。

【0075】

第3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第1の電極515a、第2の電極515bを形成した後、レジストマスクを除去する（図2（C））。第3のフォトリソグラフィ工程でのレジストマスク形成時の露光には、紫外線やKrFレーザ光やArFレーザ光を用いるとよい。酸化物半導体層513上で隣り合う第1の電極515aの下端部と第2の電極515bの下端部との間隔幅によって後に形成されるトランジスタのチャンネル長Lが決定される。なお、チャンネル長L

10

20

30

40

50

= 25 nm未満の露光を行う場合には、例えば、数nm~数10nmと極めて波長が短い超紫外線(Extreme Ultraviolet)を用いて第3のフォトリソグラフィ工程でのレジストマスク形成時の露光を行うとよい。超紫外線による露光は、解像度が高く焦点深度も大きい。従って、後に形成されるトランジスタのチャンネル長Lを微細化することが可能であり、回路の動作速度を高速化できる。

【0076】

また、フォトリソグラフィ工程で用いるフォトマスク数及び工程数を削減するため、透過した光が複数の強度となる露光マスクである多階調マスクによって形成されたレジストマスクを用いてエッチング工程を行ってもよい。多階調マスクを用いて形成したレジストマスクは複数の膜厚を有する形状となり、エッチングを行うことでさらに形状を変形することができるため、異なるパターンに加工する複数のエッチング工程に用いることができる。よって、一枚の多階調マスクによって、少なくとも二種類以上の異なるパターンに対応するレジストマスクを形成することができる。よって露光マスク数を削減することができ、対応するフォトリソグラフィ工程も削減できるため、工程の簡略化が可能となる。

10

【0077】

なお、導電膜のエッチングの際に、酸化物半導体層513がエッチングされ、分断することのないようエッチング条件を最適化することが望まれる。しかしながら、導電膜のみをエッチングし、酸化物半導体層513を全くエッチングしないという条件を得ることは難しく、導電膜のエッチングの際に酸化物半導体層513は一部のみがエッチングされ、例えば、酸化物半導体層513の膜厚の5乃至50%がエッチングされ、溝部(凹部)を有する酸化物半導体層513となることもある。

20

【0078】

次いで、 N_2O 、 N_2 、またはArなどのガスを用いたプラズマ処理を行い、露出している酸化物半導体層513の表面に付着した吸着水などを除去してもよい。プラズマ処理を行った場合、当該プラズマ処理に続けて大気に触れることなく、酸化物半導体層513に接する酸化物絶縁層507を形成することが望ましい。

【0079】

次いで、第1の電極515a、及び第2の電極515bを覆い、且つ酸化物半導体層513の一部と接する酸化物絶縁層507を形成する(図2(D))。酸化物絶縁層507は、ゲート絶縁層502と同様の材料、同様の工程で形成することができる。

30

【0080】

次に、酸化物絶縁層507に対して、酸素ドーブ処理を行うことが好ましい。酸化物絶縁層507に対して、酸素ドーブ処理を行うことにより、酸化物絶縁層507には化学量論的組成比より酸素が多い領域が形成される。このような領域を備えることにより、酸化物半導体層に酸素を供給し、酸化物半導体層中の酸素欠陥を低減することができる。

【0081】

次に酸化物半導体層513が、酸化物絶縁層507と一部(チャンネル形成領域)が接した状態で第2の熱処理を行うのが好ましい。第2の熱処理の温度は、250以上700以下、好ましくは450以上600以下、または基板の歪み点未満とする。

【0082】

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

40

【0083】

第2の熱処理においては、酸化物半導体層513と、ゲート絶縁層502及び酸化物絶縁層507と、が接した状態で加熱される。したがって、上述の脱水化(または脱水素化)

50

処理によって同時に減少してしまう可能性のある酸化物半導体を構成する主成分材料の一つである酸素を、酸素を含むゲート絶縁層502及び酸化物絶縁層507より酸化物半導体層513へ供給することができる。以上の工程で高純度化し、電氣的にi型(真性)化された酸化物半導体層513を形成することができる。

【0084】

上述のように、第1の熱処理と第2の熱処理を適用することで、酸化物半導体層513を、その主成分以外の不純物が極力含まれないように高純度化することができる。高純度化された酸化物半導体層513中にはドナーに由来するキャリアが極めて少なく(ゼロに近い)、キャリア濃度は $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 未満、好ましくは $1 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ 未満、さらに好ましくは $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$ 未満である。

10

【0085】

以上の工程でトランジスタ550が形成される。トランジスタ550は、水素、水、水酸基又は水素化物(水素化合物ともいう)などの不純物を酸化物半導体層513より意図的に排除し、高純度化された酸化物半導体層513を含むトランジスタである。さらに、酸化物半導体層513は、窒素濃度が十分に低減されている(窒素濃度が $2 \times 10^{19} \text{ atoms} / \text{cm}^3$ 以下である)。また、第1の電極515a及び第2の電極515bは、酸素と反応しにくい金属からなる。よって、トランジスタ550は、電氣的特性変動が抑制されており、電氣的に安定である。

【0086】

なお、図示しないが、トランジスタ550を覆うようにさらに保護絶縁膜を形成しても良い。保護絶縁膜としては、窒化珪素膜、窒化酸化珪素膜、または窒化アルミニウム膜などを用いることができる。

20

【0087】

また、トランジスタ550上に平坦化絶縁膜を設けても良い。平坦化絶縁膜の材料としては、アクリル、ポリイミド、ベンゾシクロブテン、ポリアミド、エポキシ等の、耐熱性を有する有機材料を用いることができる。また上記有機材料の他に、低誘電率材料(Low-k材料)、シロキサン系樹脂、PSG(リンガラス)、BPSG(リンボロンガラス)等を用いることができる。なお、これらの材料で形成される絶縁膜を複数積層させてもよい。

【0088】

また、後のソース電極、及びドレイン電極となる導電膜を成膜する前に、酸化物半導体層513上にバッファ層516a、b(又は、バッファ層516c、d)を設けることで、図3(A)及び(B)に示すトランジスタ551aやトランジスタ551bを形成することができる。バッファ層としては、例えば、ITO膜などの透明導電膜を用いることができる。酸化物半導体層513上に導電膜を形成し、フォトリソグラフィ工程により該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バッファ層516a、516bを形成した後、レジストマスクを除去すれば良い。

30

【0089】

また、酸化物絶縁層507上であって、酸化物半導体層513のチャンネル形成領域と重畳する領域に第2のゲート電極519を設けることで、図4に示すトランジスタ552を形成することができる。第2のゲート電極519は、第1のゲート電極511と同様の材料、同様の工程で形成することができる。第2のゲート電極519を酸化物半導体層513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、BT試験前後におけるトランジスタのしきい値電圧の変化量をより低減することができる。なお、第2のゲート電極519は、電位が第1のゲート電極511と同じでもよいし、異なってもよい。また、第2のゲート電極519の電位は、GND、0V、或いはフローティング状態であってもよい。

40

【0090】

以上のように、本発明の一態様のトランジスタは、酸化物半導体層中の窒素濃度が低減され、かつ、ソース電極及びドレイン電極に耐熱性を有し酸化されにくい金属を用いている

50

ため、酸化物半導体層中の酸素と金属の結合が妨げられることを抑制することができる。したがって、酸化物半導体を用いたトランジスタの電気特性と信頼性を向上することができる。例えば、光劣化によるトランジスタ特性の変動を低減することができる。

【0091】

(実施の形態2)

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

【0092】

図5(A)において、第1の基板4001上に設けられた画素部4002を囲むようにして、シール材4005が設けられ、第2の基板4006によって封止されている。図5(A)においては、第1の基板4001上のシール材4005によって囲まれている領域とは異なる領域に、別途用意された基板上に単結晶半導体膜又は多結晶半導体膜で形成された走査線駆動回路4004、信号線駆動回路4003が実装されている。また別途形成された信号線駆動回路4003と、走査線駆動回路4004または画素部4002に与えられる各種信号及び電位は、FPC(Flexible printed circuit)4018a、4018bから供給されている。

10

【0093】

図5(B)及び図5(C)において、第1の基板4001上に設けられた画素部4002と、走査線駆動回路4004とを囲むようにして、シール材4005が設けられている。また画素部4002と、走査線駆動回路4004の上に第2の基板4006が設けられている。よって画素部4002と、走査線駆動回路4004とは、第1の基板4001とシール材4005と第2の基板4006とによって、表示素子と共に封止されている。図5(B)及び図5(C)においては、第1の基板4001上のシール材4005によって囲まれている領域とは異なる領域に、別途用意された基板上に単結晶半導体膜又は多結晶半導体膜で形成された信号線駆動回路4003が実装されている。図5(B)及び図5(C)においては、別途形成された信号線駆動回路4003と、走査線駆動回路4004または画素部4002に与えられる各種信号及び電位は、FPC4018から供給されている。

20

【0094】

また図5(B)及び図5(C)においては、信号線駆動回路4003を別途形成し、第1の基板4001に実装している例を示しているが、この構成に限定されない。走査線駆動回路を別途形成して実装しても良いし、信号線駆動回路の一部または走査線駆動回路の一部のみを別途形成して実装しても良い。

30

【0095】

なお、別途形成した駆動回路の接続方法は、特に限定されるものではなく、COG(Chip On Glass)方法、ワイヤボンディング方法、或いはTAB(Tape Automated Bonding)方法などを用いることができる。図5(A)は、COG方法により信号線駆動回路4003、走査線駆動回路4004を実装する例であり、図5(B)は、COG方法により信号線駆動回路4003を実装する例であり、図5(C)は、TAB方法により信号線駆動回路4003を実装する例である。

40

【0096】

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。

【0097】

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

50

【0098】

また第1の基板上に設けられた画素部及び走査線駆動回路は、トランジスタを複数有しており、実施の形態1で一例を示した本発明の一態様のトランジスタを適用することができる。

【0099】

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

10

【0100】

半導体装置の一形態について、図6乃至図8を用いて説明する。図6（B）、図7及び図8は、図5（B）のM-Nにおける断面図に相当する。図6（A）は、図6（B）に示すトランジスタ4010の上面図に相当する。

【0101】

図6乃至図8で示すように、半導体装置は接続端子電極4015及び端子電極4016を有しており、接続端子電極4015及び端子電極4016はFPC4018が有する端子と異方性導電膜4019を介して、電氣的に接続されている。

【0102】

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

20

【0103】

また第1の基板4001上に設けられた画素部4002と、走査線駆動回路4004は、トランジスタを複数有しており、図6乃至図8では、画素部4002に含まれるトランジスタ4010と、走査線駆動回路4004に含まれるトランジスタ4011とを例示している。

【0104】

トランジスタ4010、トランジスタ4011として、本発明の一態様のトランジスタを適用することができる。本発明の一態様のトランジスタは、電氣的特性変動が抑制されており、電氣的に安定である。よって、図6乃至図8で示す本実施の形態の半導体装置として信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

30

【0105】

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

【0106】

図6（A）（B）に表示素子として液晶素子を用いた液晶表示装置の例を示す。図6（A）（B）において、表示素子である液晶素子4013は、第1の電極4030、第2の電極4031、及び液晶層4008を含む。なお、液晶層4008を挟持するように配向膜として機能する絶縁膜4032、4033が設けられている。第2の電極4031は第2の基板4006側に設けられ、第1の電極4030と第2の電極4031とは液晶層4008を介して積層する構成となっている。また、第1の電極4030と第2の電極4031が重畳しない領域では、第2の基板4006側に遮光層4048（ブラックマトリクス）が設けられている。そして、第1の電極4030と第2の電極4031が重畳する領域では、カラーフィルタ層4043が設けられている。第2の電極4031と、遮光層4048及びカラーフィルタ層4043の間には、平坦化膜4045が形成されている。

40

【0107】

図6（A）（B）に示すトランジスタ4010、4011において、ゲート電極が酸化物半導体層の下側を覆う形で配置されており（トランジスタ4010のゲート電極4041

50

、酸化物半導体層4042を参照)、また遮光層4048が酸化物半導体層の上側を覆う形で配置される。したがって、トランジスタ4010、4011は上側及び下側で遮光ができる構造とすることができる。当該遮光により、トランジスタ4010、4011のチャネル形成領域に入射する迷光を減らすことができ、トランジスタ特性の劣化を抑制することができる。具体的には、チャネル形成領域に酸化物半導体を用いた場合であっても、しきい値電圧の変動を抑制することができる。

【0108】

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

10

【0109】

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。

【0110】

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

20

【0111】

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

【0112】

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

30

【0113】

本実施の形態で用いる高純度化された酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、オフ状態における電流値(オフ電流値)を低くすることができる。よって、画像信号等の電気信号の保持時間を長くすることができ、電源オン状態では書き込み間隔も長く設定できる。よって、リフレッシュ動作の頻度を少なくすることができるため、消費電力を抑制する効果を奏する。

40

【0114】

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

【0115】

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

50

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

【0116】

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

10

【0117】

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

20

【0118】

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

【0119】

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

30

【0120】

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

【0121】

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

40

【0122】

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

50

用する局在型発光である。なお、ここでは、発光素子として有機EL素子を用いて説明する。

【0123】

発光素子は発光を取り出すために少なくとも一对の電極の一方が透明であればよい。そして、基板上にトランジスタ及び発光素子を形成し、基板とは逆側の面から発光を取り出す上面射出や、基板側の面から発光を取り出す下面射出や、基板側及び基板とは反対側の面から発光を取り出す両面射出構造の発光素子があり、どの射出構造の発光素子も適用することができる。

【0124】

図7に表示素子として発光素子を用いた発光装置の例を示す。表示素子である発光素子4513は、画素部4002に設けられたトランジスタ4010と電氣的に接続している。なお発光素子4513の構成は、第1の電極4030、電界発光層4511、第2の電極4031の積層構造であるが、示した構成に限定されない。発光素子4513から取り出す光の方向などに合わせて、発光素子4513の構成は適宜変えることができる。

10

【0125】

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

【0126】

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

20

【0127】

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

【0128】

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

30

【0129】

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

40

【0130】

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

【0131】

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

50

のである。なお、第1の粒子または第2の粒子は染料を含み、電界がない場合において移動しないものである。また、第1の粒子の色と第2の粒子の色は異なるもの（無色を含む）とする。

【0132】

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

【0133】

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

10

【0134】

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

【0135】

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

20

【0136】

図8に、半導体装置の一形態としてアクティブマトリクス型の電子ペーパーを示す。図8の電子ペーパーは、ツイストボール表示方式を用いた表示装置の例である。ツイストボール表示方式とは、白と黒に塗り分けられた球形粒子を表示素子に用いる電極間に配置し、電極間に電位差を生じさせての球形粒子の向きを制御することにより、表示を行う方法である。

【0137】

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

30

【0138】

なお、図6乃至図8において、第1の基板4001、第2の基板4006としては、ガラス基板の他、可撓性を有する基板も用いることができ、例えば透光性を有するプラスチック基板などを用いることができる。プラスチックとしては、FRP（Fiber glass-Reinforced Plastics）板、PVF（ポリビニルフルオライド）フィルム、ポリエステルフィルムまたはアクリル樹脂フィルムを用いることができる。また、アルミニウムホイルをPVFフィルムやポリエステルフィルムで挟んだ構造のシートを用いることもできる。

40

【0139】

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

【0140】

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

50

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

【0141】

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

【0142】

表示素子に電圧を印加する第1の電極及び第2の電極（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、及び電極のパターン構造によって透光性、反射性を選択すればよい。

10

【0143】

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

【0144】

また、第1の電極4030、第2の電極4031はタングステン、モリブデン、ジルコニウム、ハフニウム、バナジウム、ニオブ、タンタル、クロム、コバルト、ニッケル、チタン、白金、アルミニウム、銅、銀等の金属、又はその合金、もしくはその窒化物から一つ、又は複数種を用いて形成することができる。

20

【0145】

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

【0146】

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。

30

【0147】

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

【0148】

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。

40

【0149】

（実施の形態3）

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

50

【0150】

図9(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。本発明の一態様の半導体装置を適用することにより、信頼性の高いノート型のパーソナルコンピュータとすることができる。

【0151】

図9(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。本発明の一態様の半導体装置を適用することにより、より信頼性の高い携帯情報端末(PDA)とすることができる。

10

【0152】

図9(C)は、電子書籍の一例を示している。例えば、電子書籍2700は、筐体2701および筐体2703の2つの筐体で構成されている。筐体2701および筐体2703は、軸部2711により一体とされており、該軸部2711を軸として開閉動作を行うことができる。このような構成により、紙の書籍のような動作を行うことが可能となる。

【0153】

筐体2701には表示部2705が組み込まれ、筐体2703には表示部2707が組み込まれている。表示部2705および表示部2707は、続き画面を表示する構成としてもよいし、異なる画面を表示する構成としてもよい。異なる画面を表示する構成とすることで、例えば右側の表示部(図9(C)では表示部2705)に文章を表示し、左側の表示部(図9(C)では表示部2707)に画像を表示することができる。本発明の一態様の半導体装置を適用することにより、信頼性の高い電子書籍2700とすることができる。

20

【0154】

また、図9(C)では、筐体2701に操作部などを備えた例を示している。例えば、筐体2701において、電源2721、操作キー2723、スピーカー2725などを備えている。操作キー2723により、頁を送ることができる。なお、筐体の表示部と同一面にキーボードやポインティングデバイスなどを備える構成としてもよい。また、筐体の裏面や側面に、外部接続用端子(イヤホン端子、USB端子など)、記録媒体挿入部などを備える構成としてもよい。さらに、電子書籍2700は、電子辞書としての機能を持たせた構成としてもよい。

30

【0155】

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。

【0156】

図9(D)は、携帯電話であり、筐体2800及び筐体2801の二つの筐体で構成されている。筐体2801には、表示パネル2802、スピーカー2803、マイクロフォン2804、ポインティングデバイス2806、カメラ用レンズ2807、外部接続端子2808などを備えている。また、筐体2800には、携帯型情報端末の充電を行う太陽電池セル2810、外部メモリスロット2811などを備えている。また、アンテナは筐体2801内部に内蔵されている。本発明の一態様の半導体装置を適用することにより、信頼性の高い携帯電話とすることができる。

40

【0157】

また、表示パネル2802はタッチパネルを備えており、図9(D)には映像表示されている複数の操作キー2805を点線で示している。なお、太陽電池セル2810で出力される電圧を各回路に必要な電圧に昇圧するための昇圧回路も実装している。

【0158】

表示パネル2802は、使用形態に応じて表示の方向が適宜変化する。また、表示パネル2802と同一面上にカメラ用レンズ2807を備えているため、テレビ電話が可能であ

50

る。スピーカー 2803 及びマイクロフォン 2804 は音声通話に限らず、テレビ電話、録音、再生などが可能である。さらに、筐体 2800 と筐体 2801 は、スライドし、図 9 (D) のように展開している状態から重なり合った状態とすることができ、携帯に適した小型化が可能である。

【0159】

外部接続端子 2808 は AC アダプタ及び USB ケーブルなどの各種ケーブルと接続可能であり、充電及びパーソナルコンピュータなどとのデータ通信が可能である。また、外部メモリスロット 2811 に記録媒体を挿入し、より大量のデータ保存及び移動に対応できる。

【0160】

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。

【0161】

図 9 (E) は、デジタルビデオカメラであり、本体 3051、表示部 (A) 3057、接眼部 3053、操作スイッチ 3054、表示部 (B) 3055、バッテリー 3056 などによって構成されている。本発明の一態様の半導体装置を適用することにより、信頼性の高いデジタルビデオカメラとすることができる。

【0162】

図 9 (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。本発明の一態様の半導体装置を適用することにより、信頼性の高いテレビジョン装置 9600 とすることができる。

【0163】

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。

【0164】

なお、テレビジョン装置 9600 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。

【0165】

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。

【実施例 1】

【0166】

本実施例では酸化物半導体膜上にタングステン膜を形成した基板を試料とし、ベーク処理前後における試料の断面を観察した。該試料の断面観察について図 10 を用いて説明する。

【0167】

まず、断面観察を行うための試料を作製した。

【0168】

ガラス基板上に、In - Ga - Zn - O 系金属酸化物ターゲット ($\text{In}_2\text{O}_3 : \text{Ga}_2\text{O}_3 : \text{ZnO} = 1 : 1 : 1$ [mol 数比]) を用いて、基板とターゲットとの間の距離を 60 mm、圧力 0.4 Pa、直流 (DC) 電源 5 kW、アルゴン及び酸素 (アルゴン : 酸素 = 30 sccm : 15 sccm) 混合雰囲気下、室温でスパッタリング法による成膜を行い、厚さ 100 nm の酸化物半導体膜を形成した。

【0169】

続いて、酸化物半導体膜上に、タングステンターゲットを用いてスパッタリング法により

10

20

30

40

50

、厚さ150nmのタングステン膜を形成した。

【0170】

以上の工程により、ガラス基板上に酸化物半導体膜及びタングステン膜を積層した試料を得た。

【0171】

その後、作製した基板を二枚に分割し、その一方について、オープンを用いて大気雰囲気下、350℃、1時間のベーク処理を行った。

【0172】

ベーク処理を行っていない試料(試料1)と、ベーク処理を行った試料(試料2)の両方について、薄片化処理を行い、STEM(Scanning Transmission Electron Microscope)装置を用いて断面観察を行った。

10

【0173】

図10(A)に試料1の断面観察像を、また図10(B)に試料2の断面観察像を示す。ベーク処理の有無によらず、酸化物半導体膜、タングステン膜、及びそれらの界面において、違いは見られなかった。

【0174】

以上のことから、ベーク処理を行っても、タングステン膜と酸化物半導体膜との界面に金属酸化物は形成されにくいことが確認できた。

【0175】

本実施例からわかるように、タングステンは酸素と反応しにくいいため、酸化物半導体層に接する電極にタングステン膜を用いることで、電極が酸化物半導体層から酸素を奪うことを抑制することができること示唆された。

20

【実施例2】

【0176】

本実施例では、ソース電極及びドレイン電極としてタングステンを用いたトランジスタを作製し、光バイアス試験前後のトランジスタ特性の比較を行った結果について図11を用いて説明する。

【0177】

まず、本実施例で用いたトランジスタの作製方法を以下に示す。

【0178】

はじめに、ガラス基板上に下地膜としてプラズマCVD法により厚さ100nmの窒化シリコン膜、及び厚さ150nmの酸化窒化シリコン膜を連続して形成し、続いて酸化窒化シリコン膜上にゲート電極としてスパッタリング法により厚さ100nmのタングステン膜を形成した。ここで、タングステン膜を選択的にエッチングすることにより、ゲート電極を形成した。

30

【0179】

次に、ゲート電極上にゲート絶縁膜としてプラズマCVD法により厚さ30nmの酸化窒化シリコン膜を形成した。

【0180】

続いて、ゲート絶縁膜上に、In-Ga-Zn-O系金属酸化物ターゲット(In₂O₃:Ga₂O₃:ZnO=1:1:1[mol数比])を用いて、基板とターゲットの間との距離を80mm、圧力0.6Pa、直流(DC)電源5kW、アルゴン及び酸素(アルゴン:酸素=50sccm:50sccm)混合雰囲気下、200℃でスパッタリング法による成膜を行い、厚さ15nmの酸化物半導体膜を形成した。ここで、酸化物半導体膜を選択的にエッチングし、島状の酸化物半導体層を形成した。

40

【0181】

そして、RTA(Rapid Thermal Annealing)法により、窒素雰囲気下、650℃、6分の熱処理を行った後、さらにオープンを用いて窒素及び酸素雰囲気下、450℃、1時間の熱処理を行った。

【0182】

50

次に、酸化物半導体層上にソース電極及びドレイン電極としてタングステン膜（厚さ200 nm）を、スパッタリング法により温度230 で形成した。ここで、ソース電極及びドレイン電極を選択的にエッチングし、トランジスタのチャンネル長Lが3 μm、チャンネル幅Wが50 μmとなるようにした。

【0183】

次に、オープンを用いて窒素雰囲気下、300 、1時間の熱処理を行った後、第1の層間絶縁層として、厚さ300 nmの酸化シリコン膜をスパッタリング法により成膜した。その後、測定に用いる電極を露出させるため、第1の層間絶縁層を選択的にエッチングした。

【0184】

その後、第2の層間絶縁層として感光性のアクリル樹脂を塗布し、露光、及び現像処理を行った後に、オープンを用いて窒素雰囲気下、250 、1時間の熱処理を行うことにより、厚さ1.5 μmの第2の層間絶縁層を形成した。

【0185】

続いて、画素電極として厚さ110 nmのインジウム錫酸化物（ITO）膜をスパッタリング法により成膜し、これを選択的にエッチングすることにより画素電極を形成した。

【0186】

その後、オープンを用いて窒素雰囲気下、250 、1時間のベークを行った。

【0187】

以上の工程により、チャンネル長Lの長さを3 μm、チャンネル幅Wの長さを50 μmとしたトランジスタをガラス基板上に作製した。

【0188】

次に、本実施例のトランジスタについて、光バイアス試験前後での電気特性を測定した結果を説明する。光バイアス試験には光源として波長400 nmにピークを持ち、半値幅10 nmのスペクトルを有するキセノン光源を用いた。

【0189】

まず、上記で作製したトランジスタについて、暗状態でのI_d-V_g測定を行った。本実施例では基板温度を25 とし、ソース電極-ドレイン電極間の電圧を3 Vとした。

【0190】

次にキセノン光源を用いて326 μW/cm²の放射照度にて光を照射し、ソース電極-ドレイン電極間の電圧を3 VとしてI_d-V_g測定を行った。その後、トランジスタのソース電極を0 V、ドレイン電極を0.1 Vとした。次に、ゲート絶縁層に印加される電界強度が2 MV/cmとなるようにゲート電極にマイナスの電圧を印加し、そのまま一定時間保持した。一定時間後、まずゲート電極の電圧を0 Vとした。その後ソース電極-ドレイン電極間の電圧を3 Vとし、トランジスタのI_d-V_g測定を行った。

【0191】

以上のように、一定時間経過する度にトランジスタのI_d-V_g測定を行った。図11に光照射直後、および光バイアス試験の時間が、100秒、300秒、600秒、1000秒、1800秒、3600秒における光バイアス試験前後のトランジスタのI_d-V_g測定結果を示す。

【0192】

図11において、細線001は光バイアス試験前（光照射直後）のトランジスタのI_d-V_g測定結果であり、細線002は3600秒の光バイアス試験後のトランジスタのI_d-V_g測定結果である。光バイアス試験前から比べ、3600秒の光バイアス試験後のしきい値は、マイナス方向に約0.55 V変動していることがわかった。

【0193】

以上のことから、本実施例のソース電極及びドレイン電極にタングステンを用いたトランジスタは、光バイアス試験前後におけるしきい値の変動が小さいことが確認できた。

【実施例3】

【0194】

10

20

30

40

50

本実施例では、図12(C)に示すような酸化物半導体層と電極（ソース電極又はドレイン電極）の積層構造において、酸化物半導体層から電極に酸素が移動する前後のエネルギー変化を計算した結果を説明する。

【0195】

具体的には、該積層構造において、酸化物半導体層に酸素欠損が生じ、電極に酸素の格子間挿入が起きる前後のエネルギー変化を計算した。酸化物半導体層から酸素が抜け、電極の格子間に入る前後のエネルギーを比較することで、酸素が移動した後の安定性を評価した。

【0196】

酸化物半導体層の材料としては、In-Ga-Zn-O系酸化物半導体（以下、IGZOと記載する）を用いた。電極の材料としては、チタン（Ti）、モリブデン（Mo）、タングステン（W）、及び白金（Pt）を用いた。

10

【0197】

計算は、“IGZO結晶”、“酸素が1つ欠損したIGZO結晶”、“電極の結晶”、及び“酸素が格子間に入った場合の電極の結晶”のバルク構造に対して行った。よって、本実施例の計算では界面の効果は考慮していない。電極としては、W、Mo、Pt、及びTiのそれぞれを用いて計算を行った。

【0198】

計算は第一原理計算ソフト「CASTEP」を用いて行った。密度汎関数法として平面波基底擬ポテンシャル法を用い、汎関数はGGAPBEを用いた。カットオフエネルギーは500eVを用いた。k点はIGZOについては3×3×1、W、Mo、Ptについては3×3×3、Tiについては2×2×3のグリッドを用いた。

20

【0199】

計算した値の定義を以下に示す。

$$E = (\text{酸素移動後のエネルギー}) - (\text{酸素移動前のエネルギー}) \\ = E(\text{酸素が1つ欠損したIGZO結晶}) + E(\text{酸素が格子間に入った場合の電極の結晶}) - \{E(\text{IGZO結晶}) + E(\text{電極の結晶})\}$$

【0200】

Eは、酸素がIGZO内から電極の格子間に移動した際のエネルギー変化を表す。Eが正の値である場合、移動後のエネルギーの方が高いため酸素の移動が起きにくく、Eが負の値である場合、移動後のエネルギーの方が低い場合酸素の移動が起きやすいと考えられる。なお、本実施例において、移動する際に必要な障壁を乗り越えるエネルギーは考慮していない。

30

【0201】

また、IGZOの酸素欠陥は、酸素がどの金属と結合するかによって、酸素の欠陥形成エネルギーが変化する。本実施例では、IGZO結晶において酸素が最も抜けやすい場合の酸素の欠陥形成エネルギーを基準として計算した。電極内の格子間酸素についても、酸素が入る位置によって系全体のエネルギーは異なるが、本実施例では最もエネルギーが低くなる格子間酸素の場合について考えた。

【0202】

結晶構造は、IGZO結晶については無機結晶構造データベース(Inorganic Crystal Structure Database: ICSD)のCollection number: 90003の構造についてa軸、b軸にそれぞれ2倍した84原子の構造に対して、エネルギーが最小になるようにGa、Znを配置した構造を用いた。Mo結晶、及びW結晶については体心立方格子（空間群：Im-3m、国際番号229）で54原子の構造を用い、Pt結晶については面心立方格子（空間群：Fm-3m、国際番号225）で32原子の構造を用い、Ti結晶については六方晶（空間群P63/mmc）で64原子の構造を用いた。

40

【0203】

計算結果を表1に示す。表1には、IGZO-電極界面で酸素が移動した際のエネルギー

50

変化を示す。

【0204】

【表1】

電極	酸素が移動した際のエネルギー変化(eV)
Ti	-1.83
Mo	3.64
W	4.29
Pt	5.56

10

【0205】

表1に示す通り、Mo、W、Ptをそれぞれ電極に用いた場合には、エネルギー変化が正の値を示す結果となった(図12(A)には、電極にMoを用いた場合の例を示す)。つまり、酸素が移動した後のエネルギーの方が高いため、酸素は移動しにくく、酸化物半導体層と電極の間に酸化膜(例えば、酸化モリブデン膜等)が形成されにくいことが示唆された。一方、表1、図12(B)に示す通り、Tiを電極に用いた場合は、エネルギー変化が負の値を示す結果となった。したがって、酸素が移動した後のエネルギーの方が低いため、酸素は移動しやすく、酸化チタン膜が形成されやすいことが示唆された。

【0206】

以上の結果から、電極(ソース電極、及びドレイン電極)に、Mo、W、又はPtを用いることで、電極が酸化物半導体層から酸素を奪うことを抑制できることが示唆された。

20

【実施例4】

【0207】

本実施例では、本発明の一態様に適用できる酸化物半導体膜を、SIMSを用いて解析した結果について、図13を用いて説明する。

【0208】

まず、本実施例の試料A、Bの作製方法について説明する。

【0209】

(試料A)

ガラス基板上に、In-Ga-Zn-O系金属酸化物ターゲット(原子数比In:Ga:Zn=1:1:1)を用いて、基板とターゲットとの間の距離を60mm、圧力0.4Pa、直流(DC)電源0.5kW、酸素(酸素流量40sccm)雰囲気下、基板温度200でスパッタリング法による成膜を行い、厚さ300nmの酸化物半導体膜を形成した。

30

【0210】

(試料B)

ガラス基板上に、In-Ga-Zn-O系金属酸化物ターゲット(原子数比In:Ga:Zn=1:1:1)を用いて、基板とターゲットとの間の距離を60mm、圧力0.4Pa、直流(DC)電源0.5kW、アルゴン及び酸素(アルゴン:酸素=30sccm:15sccm)混合雰囲気下、基板温度200でスパッタリング法による成膜を行い、厚さ100nmの酸化物半導体膜を形成した。

40

【0211】

試料A、Bの膜中窒素濃度について、SIMS分析結果を図13(A)、(B)にそれぞれ示す。横軸は試料表面からの深さを示しており、左端の深さ0nmの位置が試料最表面(酸化物半導体膜の最表面)に相当し、分析は表面側より行っている。

【0212】

なお、SIMSは、その原理上、試料表面近傍のデータを正確に得ることが困難であることが知られている。本分析においては、膜中の正確なデータを得るために、深さ50nm以上のデータを評価の対象とした。

【0213】

50

図 1 3 (A) は、試料 A の窒素濃度プロファイルを示している。図 1 3 (B) は、試料 B の窒素濃度プロファイルを示している。試料 A、B とともに膜中窒素濃度は 2×10^{19} atoms / cm³ 以下であった。また、測定限界の濃度を示している領域も多く、実際にはさらに低い濃度であることも考えられる。

【 0 2 1 4 】

本実施例の結果から、酸素雰囲気下で成膜した酸化物半導体膜は、膜中窒素濃度が低いことが示された。また、本実施例の結果から、アルゴン及び酸素混合雰囲気下で成膜した酸化物半導体膜は、膜中窒素濃度が低いことが示された。具体的には、窒素濃度が 2×10^{19} atoms / cm³ 以下であることが示された。

【 符号の説明 】

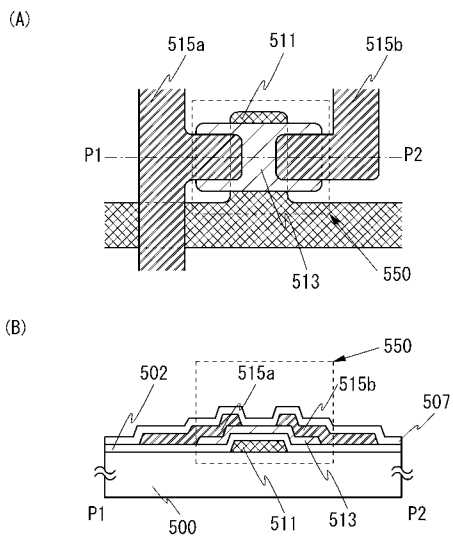
【 0 2 1 5 】

5 0 0	基板	
5 0 2	ゲート絶縁層	
5 0 7	酸化物絶縁層	
5 1 1	第 1 のゲート電極	
5 1 3	酸化物半導体層	
5 1 3 a	酸化物半導体膜	
5 1 3 b	酸化物半導体層	
5 1 5 a	第 1 の電極	
5 1 5 b	第 2 の電極	20
5 1 6 a	バッファ層	
5 1 6 b	バッファ層	
5 1 6 c	バッファ層	
5 1 6 d	バッファ層	
5 1 9	第 2 のゲート電極	
5 5 0	トランジスタ	
5 5 1 a	トランジスタ	
5 5 1 b	トランジスタ	
5 5 2	トランジスタ	
2 7 0 0	電子書籍	30
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	
2 8 0 0	筐体	
2 8 0 1	筐体	40
2 8 0 2	表示パネル	
2 8 0 3	スピーカー	
2 8 0 4	マイクロフォン	
2 8 0 5	操作キー	
2 8 0 6	ポインティングデバイス	
2 8 0 7	カメラ用レンズ	
2 8 0 8	外部接続端子	
2 8 1 0	太陽電池セル	
2 8 1 1	外部メモリスロット	
3 0 0 1	本体	50

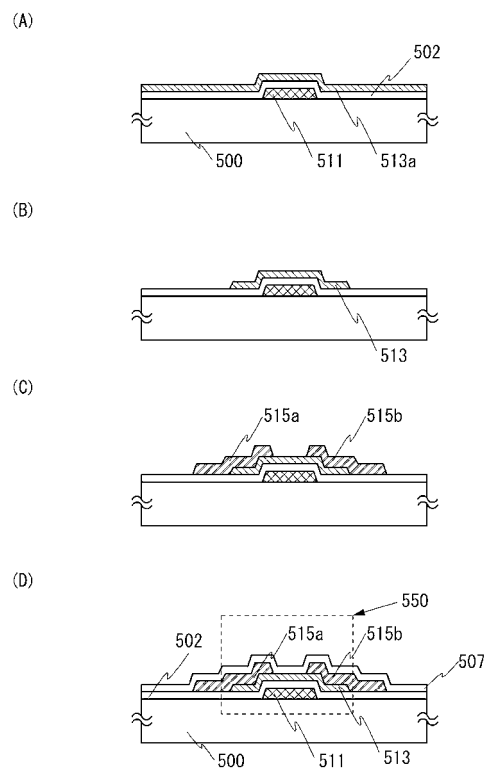
3 0 0 2	筐体	
3 0 0 3	表示部	
3 0 0 4	キーボード	
3 0 2 1	本体	
3 0 2 2	スタイラス	
3 0 2 3	表示部	
3 0 2 4	操作ボタン	
3 0 2 5	外部インターフェイス	
3 0 5 1	本体	
3 0 5 3	接眼部	10
3 0 5 4	操作スイッチ	
3 0 5 5	表示部 (B)	
3 0 5 6	バッテリー	
3 0 5 7	表示部 (A)	
4 0 0 1	基板	
4 0 0 2	画素部	
4 0 0 3	信号線駆動回路	
4 0 0 4	走査線駆動回路	
4 0 0 5	シール材	
4 0 0 6	基板	20
4 0 0 8	液晶層	
4 0 1 0	トランジスタ	
4 0 1 1	トランジスタ	
4 0 1 3	液晶素子	
4 0 1 5	接続端子電極	
4 0 1 6	端子電極	
4 0 1 8	F P C	
4 0 1 9	異方性導電膜	
4 0 2 1	絶縁層	
4 0 3 0	第 1 の電極	30
4 0 3 1	第 2 の電極	
4 0 3 2	絶縁膜	
4 0 3 3	絶縁膜	
4 0 4 1	ゲート電極	
4 0 4 2	酸化物半導体層	
4 0 4 3	カラーフィルタ層	
4 0 4 5	平坦化膜	
4 0 4 8	遮光層	
4 5 1 0	隔壁	
4 5 1 1	電界発光層	40
4 5 1 3	発光素子	
4 5 1 4	充填材	
4 6 1 2	キャビティ	
4 6 1 3	球形粒子	
4 6 1 4	充填材	
4 6 1 5 a	黒色領域	
4 6 1 5 b	白色領域	
9 6 0 0	テレビジョン装置	
9 6 0 1	筐体	
9 6 0 3	表示部	50

9 6 0 5 スタンド

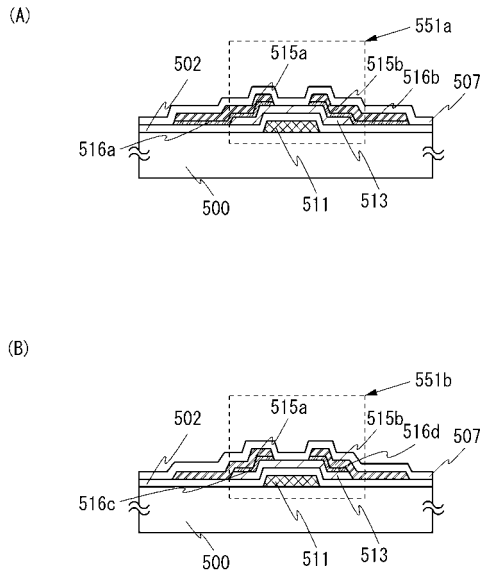
【 図 1 】



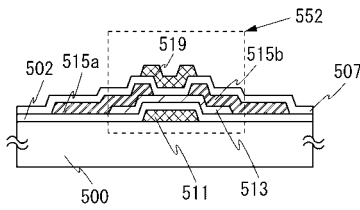
【 図 2 】



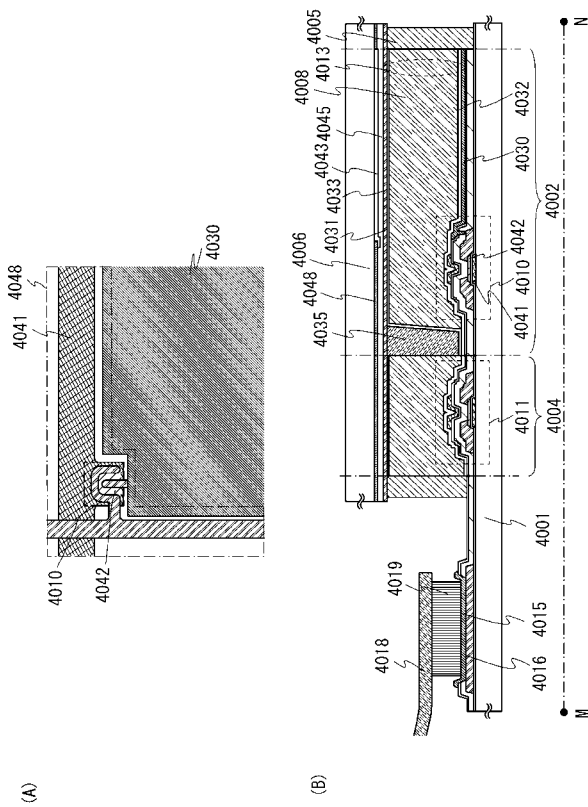
【 図 3 】



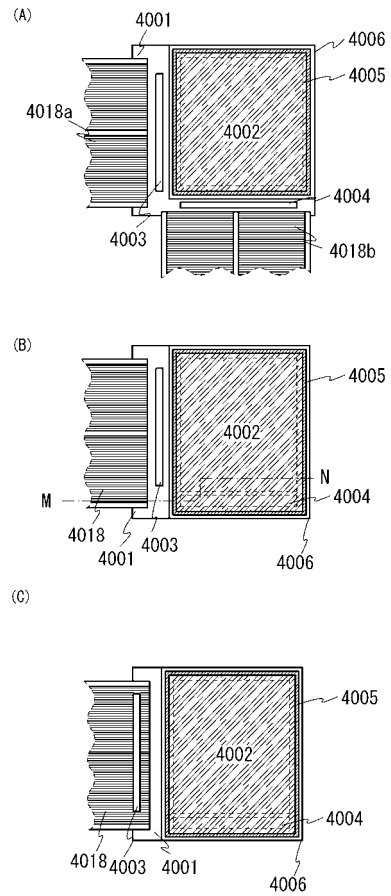
【 図 4 】



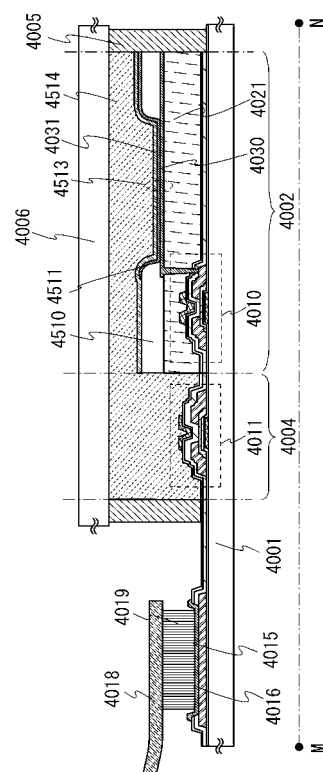
【 図 6 】



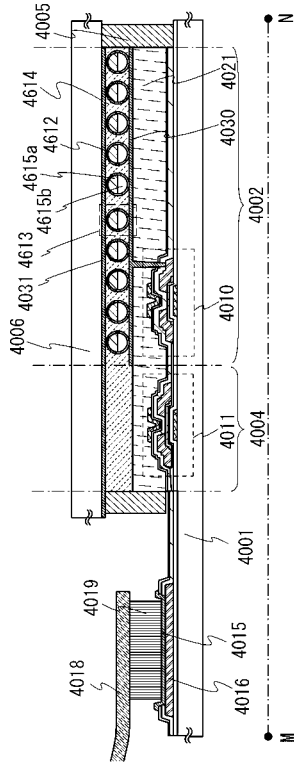
【 図 5 】



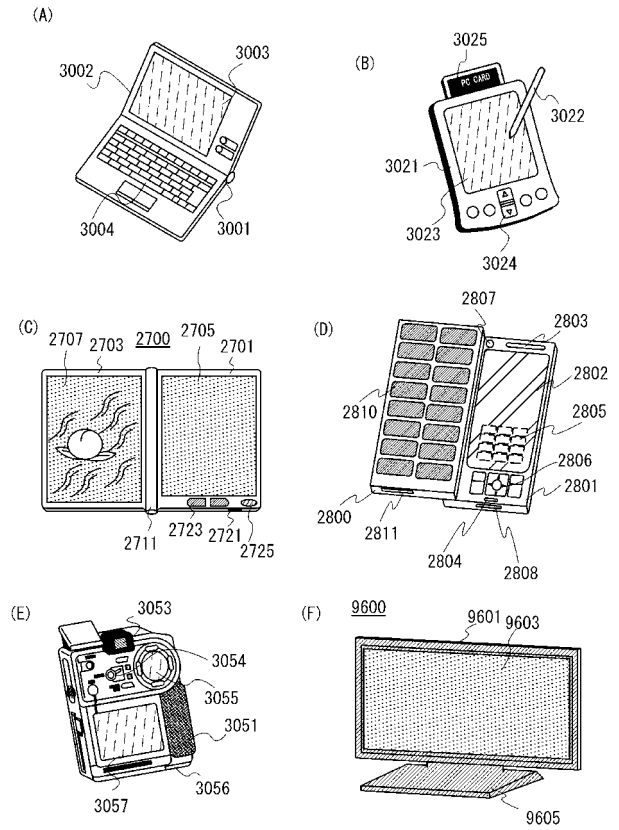
【 図 7 】



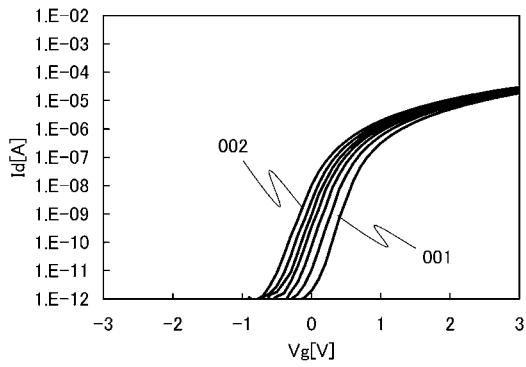
【 図 8 】



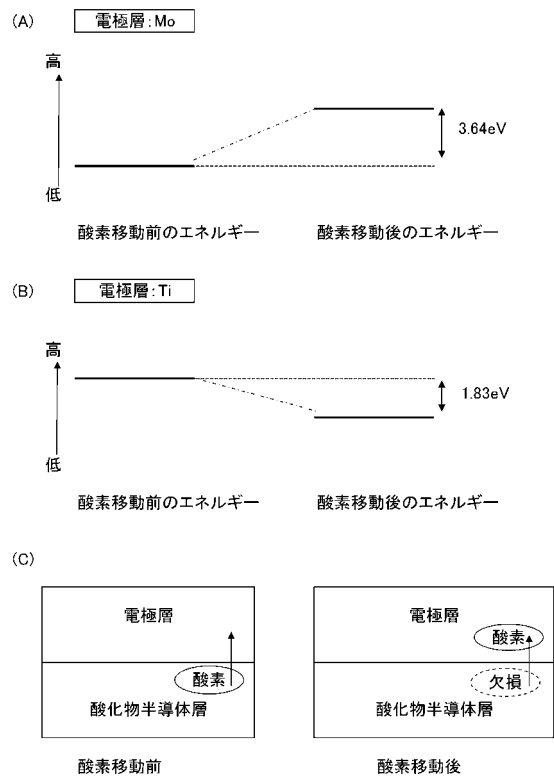
【 図 9 】



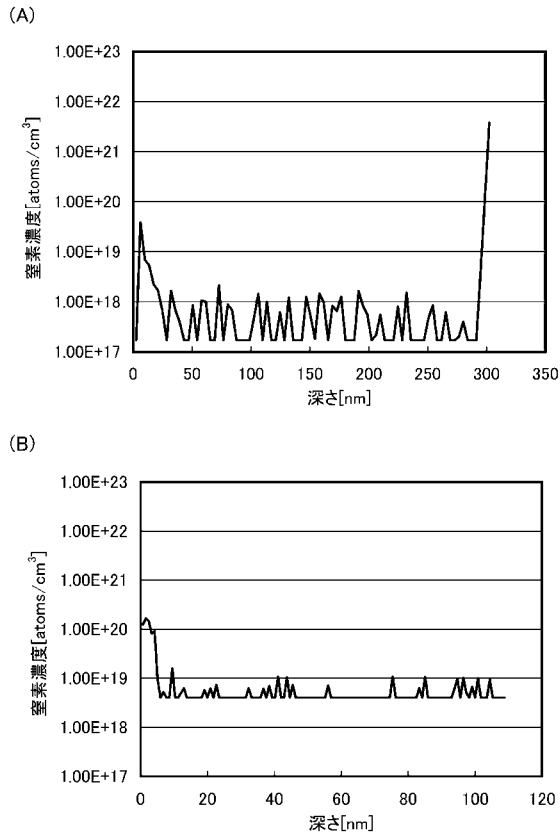
【 図 1 1 】



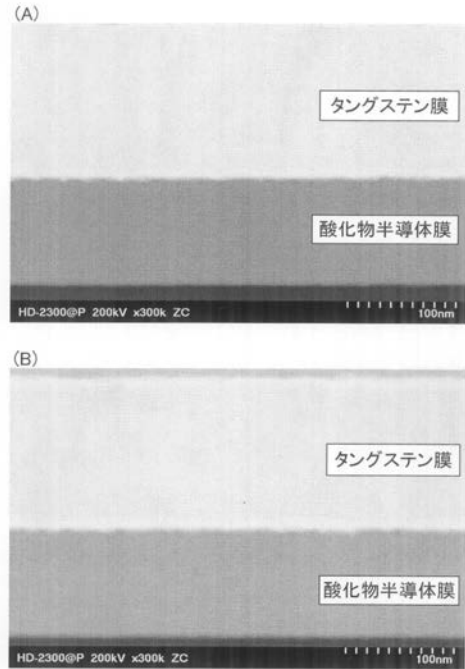
【 図 1 2 】



【図 1 3】



【図 1 0】



【手続補正書】

【提出日】平成27年12月28日(2015.12.28)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ゲート電極と、

ゲート絶縁層と、

酸化物半導体層と、

ソース電極及びドレイン電極と、

酸化物絶縁層と、を有し、

前記ゲート電極は、前記ゲート絶縁層を介して前記酸化物半導体層に重なる領域を有し

前記ソース電極は、前記酸化物半導体層に電氣的に接続され、

前記ドレイン電極は、前記酸化物半導体層に電氣的に接続され、

前記酸化物絶縁層は、前記酸化物半導体層に重なる領域を有し、

前記酸化物半導体層は、窒素濃度が 2×10^{19} atoms/cm³ 以下である領域を有する半導体装置。

【請求項 2】

ゲート電極と、

ゲート絶縁層と、

酸化物半導体層と、

第 1 の導電膜及び第 2 の導電膜と、
ソース電極及びドレイン電極と、
酸化物絶縁層と、を有し、
前記ゲート電極は、前記ゲート絶縁層を介して前記酸化物半導体層に重なる領域を有し

、
前記ソース電極は、前記第 1 の導電膜を介して前記酸化物半導体層に電氣的に接続され

、
前記ドレイン電極は、前記第 2 の導電膜を介して前記酸化物半導体層に電氣的に接続され、

前記酸化物絶縁層は、前記酸化物半導体層に重なる領域を有し、

前記酸化物半導体層は、窒素濃度が $2 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下である領域を有する領域を有する半導体装置。

【請求項 3】

ゲート電極と、

ゲート絶縁層と、

酸化物半導体層と、

第 1 の導電膜及び第 2 の導電膜と、

ソース電極及びドレイン電極と、

酸化物絶縁層と、を有し、

前記ゲート電極は、前記ゲート絶縁層を介して前記酸化物半導体層に重なる領域を有し

、
前記ソース電極は、前記第 1 の導電膜を介して前記酸化物半導体層に電氣的に接続され

、
前記ドレイン電極は、前記第 2 の導電膜を介して前記酸化物半導体層に電氣的に接続され、

前記酸化物絶縁層は、前記酸化物半導体層に重なる領域を有し、

前記酸化物半導体層は、窒素濃度が $2 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下である領域を有し、

前記第 1 の導電膜及び前記第 2 の導電膜は、透光性を有する半導体装置。

【請求項 4】

ゲート電極と、

ゲート絶縁層と、

酸化物半導体層と、

第 1 のバッファ層及び第 2 のバッファ層と、

ソース電極及びドレイン電極と、

酸化物絶縁層と、を有し、

前記ゲート電極は、前記ゲート絶縁層を介して前記酸化物半導体層に重なる領域を有し

、
前記ソース電極は、前記第 1 のバッファ層を介して前記酸化物半導体層に電氣的に接続され、

前記ドレイン電極は、前記第 2 のバッファ層を介して前記酸化物半導体層に電氣的に接続され、

前記酸化物絶縁層は、前記酸化物半導体層に重なる領域を有し、

前記酸化物半導体層は、窒素濃度が $2 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下である領域を有する半導体装置。

【請求項 5】

第 1 のゲート電極と、

ゲート絶縁層と、

酸化物半導体層と、

ソース電極及びドレイン電極と、

酸化物絶縁層と、
第2のゲート電極と、を有し、
前記第1のゲート電極は、前記ゲート絶縁層を介して前記酸化物半導体層に重なる領域
を有し、
前記ソース電極は、前記酸化物半導体層に電氣的に接続され、
前記ドレイン電極は、前記酸化物半導体層に電氣的に接続され、
前記酸化物絶縁層は、前記酸化物半導体層に重なる領域を有し、
前記第2のゲート電極は、前記酸化物絶縁層を介して前記酸化物半導体層に重なる領域
を有し、
前記酸化物半導体層は、窒素濃度が $2 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下である領域を
有する半導体装置。

【請求項6】

請求項1乃至請求項5のいずれか一項において、
前記ソース電極及び前記ドレイン電極は、窒素濃度が $2 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$
以下である領域を有する半導体装置。

【請求項7】

請求項1乃至請求項6のいずれか一項において、
前記ゲート絶縁層には、酸化ガリウム、酸化アルミニウム、酸化ガリウムアルミニウム
、及び酸化アルミニウムガリウムのいずれか一又は複数が含まれる半導体装置。

【請求項8】

請求項1乃至請求項7のいずれか一項において、
前記酸化物絶縁層には、酸化ガリウム、酸化アルミニウム、酸化ガリウムアルミニウム
、及び酸化アルミニウムガリウムのいずれか一又は複数が含まれる半導体装置。

【請求項9】

請求項1乃至請求項8のいずれか一項において、
前記酸化物半導体層の膜厚が、3nm以上30nm以下である領域を有する半導体装置
。

フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I	テーマコード(参考)		
H 0 1 L 51/50	(2006.01)		G 0 2 F	1/1368		
H 0 5 B 33/14	(2006.01)		H 0 5 B	33/14	A	
			H 0 5 B	33/14	Z	

(72)発明者 栃林 克明
 栃木県栃木市都賀町升塚161-2 アドバンスト フィルム ディバイス インク株式会社内

(72)発明者 中澤 安孝
 栃木県栃木市都賀町升塚161-2 アドバンスト フィルム ディバイス インク株式会社内

(72)発明者 横山 雅俊
 栃木県栃木市都賀町升塚161-2 アドバンスト フィルム ディバイス インク株式会社内

Fターム(参考) 2H192 AA24 BC31 CB05 CB08 CB37 CB81 CC04 CC41 CC42 EA67
 FA73 FB03 FB22 FB27 FB33 FB34 FB46 HA13 HA47 HA84
 HA90 JA06 JA13 JA32
 3K107 AA01 AA05 BB01 CC21 CC33 EE04 FF14
 4M104 AA03 AA09 BB02 BB04 BB06 BB09 BB13 BB14 BB16 BB17
 BB18 BB36 CC01 FF13 FF31 GG09 HH20
 5F110 AA03 AA06 AA08 AA14 BB01 BB02 CC07 DD02 DD13 DD14
 DD15 DD17 EE02 EE03 EE04 EE06 EE14 EE30 FF01 FF02
 FF05 FF09 FF28 FF36 GG01 GG22 GG25 GG28 GG29 GG33
 GG34 GG43 GG58 HK02 HK04 HK07 HK17 HK21 HK27 HK33
 NN02 NN03 NN05 NN22 NN25 NN27 NN40 NN71 NN72 PP01
 PP02 PP10 PP13 PP29 PP35 QQ01 QQ02 QQ09 QQ19