

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年4月20日(20.04.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/063348 A1

(51) 国際特許分類:

H01L 29/786 (2006.01) H01L 21/363 (2006.01)
G02F 1/1368 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)
H01L 21/28 (2006.01) H01L 29/417 (2006.01)
H01L 21/336 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/038036

(22) 国際出願日: 2022年10月12日(12.10.2022)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2021-169082 2021年10月14日(14.10.2021) JP
特願 2022-053470 2022年3月29日(29.03.2022) JP

(71) 出願人: 出光興産株式会社 (IDEMITSU KOSAN CO.,LTD.) [JP/JP]; 〒1008321 東京都千代田区大手町一丁目2番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 川嶋 絵美 (KAWASHIMA, Emi); 〒1008321 東京都千代田区大手町一丁目2番1号 出光興産株式会社内 Tokyo (JP). 霍間 勇輝 (TSURUMA, Yuki); 〒1008321 東京都千代田区大手町一丁目2番1号 出光興産株式会社内 Tokyo (JP). 佐々木 大地 (SASAKI, Daichi); 〒1008321 東京都千代田区大手町一丁目2番1号 出光興産株式会社内 Tokyo (JP). 山口 幸

士 (YAMAGUCHI, Koji); 〒1008321 東京都千代田区大手町一丁目2番1号 出光興産株式会社内 Tokyo (JP). 岩瀬 信博 (IWASE, Nobuhiro); 〒1008321 東京都千代田区大手町一丁目2番1号 出光興産株式会社内 Tokyo (JP).

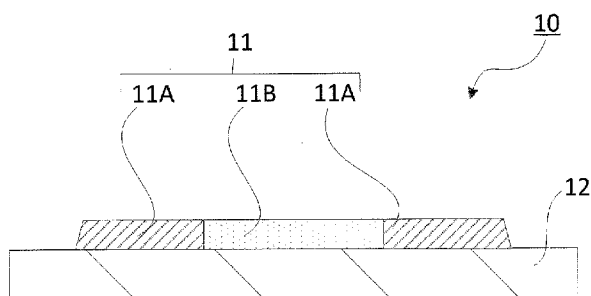
(74) 代理人: 弁理士法人平和国際特許事務所 (HEIWA INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1010054 東京都千代田区神田錦町一丁目16番地1 いちご神田錦町ビル5階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,

(54) Title: CRYSTALLINE OXIDE THIN FILM, LAMINATE, AND THIN-FILM TRANSISTOR

(54) 発明の名称: 結晶酸化物薄膜、積層体及び薄膜トランジスタ



(57) Abstract: Provided is a crystalline oxide thin film containing In as a main component. The crystalline oxide thin film has a low-resistance region A and a high-resistance region B which exhibit different spreading resistance values as measured by a scanning spreading resistance microscope (SSRM) in a plane direction of the crystalline oxide thin film, and the spreading resistance value in the high-resistance region B is at least 8 times the spreading resistance value in the low-resistance region A.

(57) 要約: Inを主成分とする結晶酸化物薄膜であって、結晶酸化物薄膜の面方向において、走査型広がり抵抗顕微鏡(SSRM)で測定される拡がり抵抗値の異なる低抵抗領域Aと高抵抗領域Bを有し、高抵抗領域Bの拡がり抵抗値が、低抵抗領域Aの拡がり抵抗値の8倍以上である、結晶酸化物薄膜。



WO 2023/063348 A1

MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： 結晶酸化物薄膜、積層体及び薄膜トランジスタ

技術分野

[0001] 本発明は、結晶酸化物薄膜、積層体及び薄膜トランジスタに関する。

背景技術

[0002] 結晶酸化物薄膜をチャンネル層に使用した薄膜トランジスタ（TFET）は高移動度な特性が得られることが知られている（例えば、特許文献1～7参照。）。

近年、TFETは小型化される傾向があり、小型TFETでの特性が重要となっている。ここでの小型TFETとはチャンネル長Lが50μm以下のTFETである。また、高精細化ディスプレイの駆動においては、高移動度であり、寄生容量が低減されたTFETが求められている。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：特許第5373212号公報
- 特許文献2：特開2018-107316号公報
- 特許文献3：特許第6097458号公報
- 特許文献4：特許第6334598号公報
- 特許文献5：特許第6289693号公報
- 特許文献6：国際公開第2018/043323号
- 特許文献7：国際公開第2020/196716号

発明の概要

[0004] チャンネル層に酸化物薄膜を用い、寄生容量が低減されたTFETを得るために、自己整合型TFET構造を利用することが考えられる。さらに高移動度を示すTFETを得るためには、アモルファス材料でなくチャンネル層に結晶系の酸化物材料を用いることが求められる。しかしながら、特許文献1～7の結晶酸化物薄膜を自己整合型TFET構造に適用すると、ゲート電極が積層して

いる領域（領域B）と、その他の領域（領域A）とで抵抗率に差が無いことから十分なエネルギー障壁が形成されず、高いドレイン電圧 V_d を印加しTFETを駆動した場合に V_{th} がマイナスにシフトしやすいドレイン誘起障壁低下（DIBL）現象が発生し、TFET特性が安定しないことという課題があった。

また、領域Aの結晶粒界の平均間隔（D）が制御されていないことからTFETの移動度や閾値電圧（ V_{th} ）の素子形状に対する安定性が悪化するという課題があった。このようなTFETを回路に組み込みディスプレイを駆動させると、輝度むらや焼き付きが起こるなどの課題が発生するおそれがある。

[0005] 本発明の目的の1つは、抵抗率の差が十分に大きい領域を形成できる、結晶酸化物薄膜及び積層体を提供することである。

また、本発明の目的の1つは、結晶粒界の平均間隔が制御された結晶酸化物薄膜及び積層体を提供することである。

[0006] 本発明によれば、以下の結晶酸化物薄膜等が提供される。

1. Inを主成分とする結晶酸化物薄膜であって、

前記結晶酸化物薄膜の面方向において、走査型広がり抵抗顕微鏡（SSRM）で測定される拡がり抵抗値の異なる低抵抗領域Aと高抵抗領域Bを有し、

前記高抵抗領域Bの拡がり抵抗値が、前記低抵抗領域Aの拡がり抵抗値の8倍以上である、結晶酸化物薄膜。

2. 前記高抵抗領域Bの拡がり抵抗値が、前記低抵抗領域Aの拡がり抵抗値の10倍以上である、1に記載の結晶酸化物薄膜。

3. 前記高抵抗領域Bの拡がり抵抗値が、前記低抵抗領域Aの拡がり抵抗値の15倍以上である、1に記載の結晶酸化物薄膜。

4. 膜厚が80nm以下である、1～3のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

5. 走査型静電容量顕微鏡（SCM）で測定される dC/dV 値において、前記低抵抗領域Aと前記高抵抗領域Bの境界の dC/dV 値が、前記高抵抗

領域Bの dC/dV 値よりも大きい、1～4のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

6. 前記結晶酸化物薄膜の、薄膜下面と薄膜中の結晶粒界とがなす平均粒界角度 θ が 70° 以上、 110° 以下であり、

前記結晶粒界同士の平均間隔Dが $0.01\mu\text{m}$ 以上、 $2.0\mu\text{m}$ 以下である、1～5のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

7. 前記結晶酸化物薄膜の電子線回折において、ビクスイ構造である結晶粒を含む、1～6のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

8. 前記結晶酸化物薄膜が、さらに、H、B、C、N、O、F、Mg、Al、Si、S、Cl、Ar、Ca、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Ge、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Cd、Sn、Sb、Cs、Ba、Ln、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Pb及びBiからなる群から選択される1以上の元素を含む、1～7のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

9. 1～8のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜を含む、積層体。

10. 前記結晶酸化物薄膜と下部層とが接する面と、前記結晶酸化物薄膜中の結晶粒界とがなす平均粒界角度 θ_{sub} が 70° 以上、 110° 以下である、9に記載の積層体。

11. 前記下部層が薄膜トランジスタの基板又は薄膜トランジスタの構成層である、9又は10に記載の積層体。

12. 1～8のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜又は9～11のいずれかに記載の積層体を含む、薄膜トランジスタ。

13. チャンネル層と

前記チャンネル層の両端側にそれぞれ接続する、ソース電極及びドレイン電極と、

ゲート絶縁膜を介して、チャンネル層に積層しているゲート電極と、を有し
前記チャンネル層は前記結晶酸化物薄膜であり、前記高抵抗領域Bに前記ゲート絶縁膜が形成され、前記低抵抗領域Aにソース電極及びドレイン電極が

形成され、

前記ソース電極の端部及びドレイン電極の端部から、前記ゲート電極の端部から厚さ方向に引いた垂線と前記結晶酸化物薄膜との交点までの距離 L_{off} が、 $4\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下であり、

前記結晶酸化物薄膜の結晶粒界同士の平均間隔 D と、前記距離 L_{off} が下記式(1)を満たす、12に記載の薄膜トランジスタ。

$$2 \leq L_{off} / D \leq 100 \dots (1)$$

14. 前記ソース電極及び前記ドレイン電極と前記チャネル層の接触領域長 L_s が、 $4\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下であり、

前記結晶酸化物薄膜の結晶粒界同士の平均間隔 D と、前記接触領域長 L_s が下記式(2)を満たす、12又は13に記載の薄膜トランジスタ。

$$1 \leq L_s / D \leq 100 \dots (2)$$

15. 前記低抵抗領域Aと前記ゲート電極の水平方向の間隙 ΔL が $1\ \mu\text{m}$ 未満である、12~14のいずれかに記載の薄膜トランジスタ。

16. Inを主成分とする結晶酸化物薄膜であって、

膜厚が $80\ \text{nm}$ 以下であり、

前記結晶酸化物薄膜の面方向において、キャリア濃度の異なる高キャリア濃度領域Aと低キャリア濃度領域Bを有し、

前記高キャリア濃度領域Aのキャリア濃度が $10^{19}\ \text{cm}^{-3}$ 以上、 $10^{22}\ \text{cm}^{-3}$ 以下であり、

前記高キャリア濃度領域Aのキャリア濃度が、前記低キャリア濃度領域Bのキャリア濃度の8倍以上である、結晶酸化物薄膜。

17. 前記高キャリア濃度領域Aのキャリア濃度が、前記低キャリア濃度領域Bのキャリア濃度の10倍以上である、16に記載の結晶酸化物薄膜。

18. 前記高キャリア濃度領域Aのキャリア濃度が、前記低キャリア濃度領域Bのキャリア濃度の15倍以上である、16に記載の結晶酸化物薄膜。

19. 前記低キャリア濃度領域Bのキャリア濃度が、 $10^{15}\ \text{cm}^{-3}$ 以上、 $10^{19}\ \text{cm}^{-3}$ 未満である、16~18のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

20. 前記結晶酸化物薄膜の、薄膜下面と薄膜中の結晶粒界とがなす平均粒界角度 θ が 70° 以上、 110° 以下であり、

前記結晶粒界同士の平均間隔 D が $0.01\mu\text{m}$ 以上、 $2.0\mu\text{m}$ 以下である、16～19のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

21. 前記結晶酸化物薄膜の電子線回折において、ビクスイ構造である結晶粒を含む、16～20のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

22. 前記結晶酸化物薄膜が、さらに、H、B、C、N、O、F、Mg、Al、Si、S、Cl、Ar、Ca、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Ge、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Cd、Sn、Sb、Cs、Ba、Ln、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Pb及びBiからなる群から選択される1以上の元素を含む、16～21のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

23. 16～22のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜を含む、積層体。

24. 前記結晶酸化物薄膜と下部層とが接する面と、前記結晶酸化物薄膜中の結晶粒界とがなす平均粒界角度 θ_{sub} が 70° 以上、 110° 以下である、23に記載の積層体。

25. 前記下部層が薄膜トランジスタの基板又は薄膜トランジスタの構成層である、23又は24に記載の積層体。

26. 16～22のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜又は23～25に記載の積層体を含む、薄膜トランジスタ。

27. チャンネル層と

前記チャンネル層の両端側にそれぞれ接続する、ソース電極及びドレイン電極と、

ゲート絶縁膜を介して、チャンネル層に積層しているゲート電極と、を有し
前記チャンネル層は前記結晶酸化物薄膜であり、前記低キャリア濃度領域Bに前記ゲート絶縁膜が形成され、前記高キャリア濃度領域Aにソース電極及びドレイン電極が形成され、

前記ソース電極の端部及び前記ドレイン電極の端部から、前記ゲート電極

の端部から厚さ方向に引いた垂線と前記結晶酸化物薄膜との交点までの距離 L_{off} が、 $4 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 以下であり、

前記結晶酸化物薄膜の結晶粒界同士の平均間隔 D と、前記距離 L_{off} が下記式 (1) を満たす、26 に記載の薄膜トランジスタ。

$$2 \leq L_{off} / D \leq 100 \dots (1)$$

28. 前記ソース電極及び前記ドレイン電極と前記チャネル層の接触領域長 L_s が、 $4 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 以下であり、

前記結晶酸化物薄膜の結晶粒界同士の平均間隔 D と、前記接触領域長 L_s が下記式 (2) を満たす、26 又は 27 に記載の薄膜トランジスタ。

$$1 \leq L_s / D \leq 100 \dots (2)$$

29. 前記高キャリア濃度領域 A と前記ゲート電極の水平方向の間隙 ΔL が $1 \mu\text{m}$ 未満である、26～28 のいずれかに記載の薄膜トランジスタ。

30. In を主成分とする結晶酸化物薄膜であって、膜厚が 80nm 以下であり、

前記結晶酸化物薄膜の結晶粒界同士の平均間隔 D が $2 \mu\text{m}$ 以下であり、

キャリア濃度が 10^{19}cm^{-3} 以上、 10^{22}cm^{-3} 以下である、結晶酸化物薄膜。

31. 30 に記載の結晶酸化物薄膜を含む、薄膜トランジスタ。

32. 12～15、26～29 及び 31 のいずれかに記載の薄膜トランジスタを含む、電子回路。

33. 32 に記載の電子回路を含む、電気機器、電子機器、車両、又は動力機関。

[0007] 本発明によれば、抵抗率の差が十分に大きい領域を形成できる結晶酸化物薄膜及び積層体を提供できる。また、本発明によれば結晶粒界の平均間隔が制御された結晶酸化物薄膜及び積層体を提供できる。

これにより DI BL 現象を起こさず、高い移動度を保持し、さらに移動度や V_{th} の素子形状に対する安定性が高い自己整合型 TFT を提供できる。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]本実施形態の一例の積層体の断面概略図である。
- [図2]本実施形態の他例の積層体の断面概略図である。
- [図3A]本実施形態の一例のTF Tの概略断面図である。
- [図3B]図3 Aのソース電極付近の拡大図である。
- [図4]本実施形態の他例のTF Tの概略断面図である。
- [図5]本実施形態の他例のTF Tの概略断面図である。
- [図6]本実施形態の他例のTF Tの概略断面図である。
- [図7]本実施形態の他例のTF Tの概略断面図である。
- [図8A]液晶素子を適用する場合の画素部の回路図の一例である。
- [図8B]有機EL素子を適用する場合の画素部の回路図の一例である。
- [図8C]本実施形態に係る表示装置の上面図である。
- [図9]実施例で作製したTF Tの概略断面図である。
- [図10]実施例217及び比較例20で測定したCLスペクトルである。

発明を実施するための形態

- [0009] 本明細書にて用いる「第1」、「第2」、「第3」という序数詞は、構成要素の混同を避けるために付されており、数的に特定する旨の記載が無い構成要素については、数的に限定されない。
- [0010] 本明細書等において、「膜」又は「薄膜」という用語と、「層」という用語とは、場合によっては、互いに入れ替えることが可能である。
- [0011] 本明細書等の焼結体及び酸化物薄膜において、「化合物」という用語と、「結晶相」という用語は、場合によっては、互いに入れ替えることが可能である。
- [0012] 本明細書において、「酸化物焼結体」を単に「焼結体」と称する場合がある。
- 本明細書において、「スパッタリングターゲット」を単に「ターゲット」と称する場合がある。
- [0013] 本明細書等において、「電氣的に接続」には、「何らかの電氣的作用を有するもの」を介して接続されている場合が含まれる。ここで、「何らかの電

氣的作用を有するもの」は、接続対象間での電気信号の授受を可能とするものであれば、特に制限を受けない。例えば、「何らかの電氣的作用を有するもの」には、電極、配線、スイッチング素子（トランジスタなど）、抵抗素子、インダクタ、キャパシタ、及びその他の各種機能を有する素子などが含まれる。

[0014] 本明細書等において、トランジスタが有するソースやドレインの機能は、異なる極性のトランジスタを採用する場合又は回路動作において電流の方向が変化する場合などには入れ替わることがある。このため、本明細書等においては、ソースやドレインの用語は、入れ替えて用いることができる。

[0015] 本明細書において、「 $x \sim y$ 」は「 x 以上、 y 以下」の数値範囲を表すものとする。数値範囲に関して記載された上限値及び下限値は任意に組み合わせることができる。

また、以下に記載される本発明の個々の形態を2つ以上組み合わせた形態もまた、本発明の形態である。

[0016] 1. 結晶酸化物薄膜

(1) 結晶酸化物薄膜の第一実施形態

本実施形態に係る結晶酸化物薄膜は、Inを主成分とする結晶酸化物薄膜である。そして、結晶酸化物薄膜の面方向において、走査型広がり抵抗顕微鏡（SSRM）で測定される広がり抵抗値の異なる低抵抗領域Aと高抵抗領域Bを有し、かつ、高抵抗領域Bの広がり抵抗値が、低抵抗領域Aの広がり抵抗値の8倍以上である。

[0017] 本実施形態に係る結晶酸化物薄膜は、In元素を主成分とする。主成分であるとは、結晶酸化物薄膜の全金属元素に対し、Inの組成比率（原子%： $at\%$ ）が $50\ at\%$ 以上であることを意味する。Inの組成比率は $70\ at\%$ 以上であることが好ましく、 $80\ at\%$ 以上であることがより好ましく、 $85\ at\%$ 以上であることがさらに好ましい。結晶酸化物薄膜を構成する金属元素の全原子数の内、 $50\ at\%$ 以上がIn元素であれば、本実施形態に係る結晶酸化物薄膜をTFETに採用した場合に、十分高い移動度を発揮で

きる。

[0018] 結晶酸化物薄膜はInの他に、H、B、C、N、O、F、Mg、Al、Si、O、S、Cl、Ar、Ca、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Ge、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Cd、Sn、Sb、Cs、Ba、Ln、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Pb及びBiからなる群から選択される1以上の元素を含んでいてもよい。

[0019] 本実施形態において、結晶酸化物薄膜は、実質的にIn、Mg、Al、Si、Zn、Ga、Mo、Sn、Ln元素（ランタノイド元素）及びOから選択される元素のみからなってもよい。ここで、「実質的に」とは、上記In、Mg、Al、Si、Zn、Ga、Mo、Sn、Ln及びOの組合せに起因する本発明の効果が生じる範囲において、本実施形態に係る結晶酸化物薄膜が、他の成分を含んでいてもよいことを意味する。

[0020] 本実施形態において、結晶酸化物薄膜のより好ましい第一形態は、金属元素がInとGaからなり、原子比率が下記式（11）を満たす。

$$[\text{Ga}] / ([\text{In}] + [\text{Ga}]) < 22 \text{ at} \% \quad (11)$$

なお、金属元素としては不可避不純物、さらにはO以外にF又はHを含んでもよい。上記組成範囲にすることで、In比率が大きくなり、300℃の様な低温のアニールでもInサイトへGaが置換しピクスバイト構造へと結晶化することができる。さらに酸素との結合力の強いGaを添加することによって、アニール後の酸素欠損を抑制し、半導体として安定な膜が形成できる。

[0021] 本実施形態において、結晶酸化物薄膜のより好ましい第二形態は、金属元素としてInと、B、Al、Sc、Mg、Zn、Ti、Y、Zr、Mo、Sn、Hf、W、Nb、Ta、Ge、Si、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及びLuから選ばれる1以上の元素Xからなり、In以外の金属元素をXとしたときに、原子比率として下記式（12）を満たす。

$$[X] / ([In] + [X]) < 15 \text{ at} \% \quad (12)$$

なお、金属元素としては不可避不純物、さらにはO以外にF又はHを含んでもよい。上記組成範囲にすることで、In比率が大きくなり、300℃の様な低温のアニールでもInサイトへXが置換したピックスバイト構造へと結晶化することができる。さらに酸素との結合力の強い元素Xを添加することによって、アニール後の酸素欠損を抑制し、半導体として安定な膜が形成できる。

[0022] 本実施形態において、結晶酸化物薄膜のより好ましい第三形態は、金属元素としてInと、Gaと、B、Al、Sc、Mg、Zn、Ti、Y、Zr、Mo、Sn、Hf、W、Nb、Ta、Ge、Si、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及びLuから選ばれる1以上の元素Xからなり、In、Ga以外の金属元素を添加元素Xとしたときに、原子比率が下記式(13)及び(14)を満たす。

$$[Ga] / ([In] + [Ga] + [X]) < 22.5 \text{ at} \% \quad (13)$$

$$[X] / ([In] + [Ga] + [X]) < 8.0 \text{ at} \% \quad (14)$$

なお、金属元素としては不可避不純物、さらにはO以外にF又はHを含んでもよい。

上記組成範囲にすることで、In比率が大きくなり、300℃の様な低温のアニールでもInサイトへGaが置換したピックスバイト構造へと結晶化することができる。また、酸素との結合力の強い添加元素Xを添加することによって、さらにアニール後の酸素欠損を抑制し、半導体として安定な膜が形成できる。

[0023] 本実施形態において、結晶酸化物薄膜のより好ましい第四形態は、金属元素としてInと、Snと、B、Al、Sc、Mg、Zn、Ti、Y、Zr、Mo、Hf、W、Nb、Ta、Ge、Si、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及びLuから選ばれる一以上の元素Xからなり、In、及びSn以外の金属元素を元素Xとしたときに、原子比率が下記式(15)及び(16)を満たす。

$$[\text{Sn}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{X}]) < 20 \text{ at} \% \quad (15)$$

$$[\text{X}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{X}]) < 8.0 \text{ at} \% \quad (16)$$

なお、金属元素としては不可避不純物、さらにはO以外にF又はHを含んでもよい。

このような組成範囲にすることで、In比率が大きくなり、300℃の様な低温のアニールでもInサイトへSnが置換したピックスバイト構造へと結晶化することができる。Snはイオン半径が大きく、Inとの軌道の重なりが大きいため、高移動度を保つことができる。また酸素との結合力の強い添加元素Xを添加することによって、さらにアニール後の酸素欠損を抑制し、半導体として安定な膜が形成できる。

[0024] 本実施形態において、結晶酸化物薄膜のより好ましい第五形態は、金属元素としてInと、Znと、B、Al、Sc、Mg、Ti、Y、Zr、Mo、Hf、W、Nb、Ta、Ge、Si、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及びLuから選ばれる一以上の元素Xからなり、In及びZn以外の金属元素を元素Xとしたときに、原子比率が下記式(17)及び(18)を満たす。

$$[\text{Zn}] / ([\text{In}] + [\text{Zn}] + [\text{X}]) < 12 \text{ at} \% \quad (17)$$

$$[\text{X}] / ([\text{In}] + [\text{Zn}] + [\text{X}]) < 8.0 \text{ at} \% \quad (18)$$

なお、金属元素としては不可避不純物、さらにはO以外にF又はHを含んでもよい。

上記組成範囲にすることで、In比率が大きくなり、300℃の様な低温のアニールでもInサイトへZnが置換したピックスバイト構造へと結晶化することができる。Znを添加することで成膜直後の膜をアモルファス状態にすることができ、TFE作製時の酸による半導体パターニング時に、残渣なく加工することができる。さらに酸素との結合力の強い添加元素Xを添加することによって、アニール後の酸素欠損を抑制し、半導体として安定な膜が形成できる。

[0025] 結晶酸化物薄膜中の各金属元素の含有量(原子比)は、ICP(Indu

ctive Coupled Plasma) 測定又はXRF (X-ray Fluorescence) 測定により、各元素の存在量を測定することで求めることができる。ICP測定には、誘導結合プラズマ発光分析装置 (ICP-OES、Agilent社製) を用いることができる。XRF測定には、薄膜蛍光X線分析装置 (AZX400、リガク社製) を用いることができる。

[0026] また、結晶酸化物薄膜中の各金属元素の含有量 (原子比) は、電子顕微鏡を用いたTEM-EDS測定、誘導結合プラズマ発光分析装置を用いたICP測定、及びセクタ型ダイナミック二次イオン質量分析計を用いたSIMS分析によって2原子%以内の誤差精度で分析することができる。初めに断面TEM-EDSにより結晶酸化物薄膜中の金属元素、及び半定量分析により10原子%程度の誤差範囲で組成比率を同定する。次に、半定量分析結果から20原子%の範囲において金属元素の原子比が既知の10種類の組成比率からなる標準酸化物薄膜を作製する。標準酸化物薄膜については、誘導結合プラズマ発光分析装置又は薄膜蛍光X線分析装置で測定した値を組成比率の絶対値とする。さらに、標準酸化物薄膜の上面に、TFT素子と同様の材料及び同様のチャンネル長で形成したソース・ドレイン電極を作製し、これを標準材料としセクタ型ダイナミック二次イオン質量分析計SIMS (IMS 7f-Auto、AMETEK社製) により酸化物半導体層の分析を行い各元素の質量スペクトル強度を得て、既知の元素濃度と質量スペクトル強度の検量線を作製する。次に、パネルから取り出した実TFT素子の酸化物薄膜部分を、セクタ型ダイナミック二次イオン質量分析計を用いたSIMS分析によるスペクトル強度から、前述の検量線を用いて、原子比を算出すると、算出された原子比は、別途、薄膜蛍光X線分析装置又は誘導結合プラズマ発光分析装置で測定された酸化物薄膜の原子比の2原子%以内の精度で確認できる。

[0027] 本実施形態に係る結晶酸化物薄膜では、結晶酸化物薄膜の面方向において、走査型広がり抵抗顕微鏡 (SSRM) で測定される広がり抵抗値の異なる

低抵抗領域Aと高抵抗領域Bを有し、低抵抗領域Aの拡がり抵抗値 R_A に対する高抵抗領域Bの拡がり抵抗値 R_B の比率(R_B/R_A)は、8倍以上である。 R_B/R_A は、好ましくは10倍以上、さらに好ましくは15倍以上である。 R_B/R_A が大きいほど、低抵抗領域Aと高抵抗領域Bの間に十分なエネルギー障壁が形成されるため、結晶酸化物薄膜をTFTのチャネル層に使用した際に、DIBL現象を抑制することができ、TFT特性が安定する。 R_B/R_A の上限は特に限定しないが、例えば、100000倍以下であり、10000倍以下であってもよい。 R_B/R_A が大きすぎると、低抵抗領域Aと高抵抗領域Bの間のエネルギー障壁が大きすぎることからソース電極とドレイン電極間に電圧 V_d をかけたときに電子の注入障壁となり、結果的にTFTの移動度が低下する。

なお、「抵抗」の「高」及び「低」は、領域A及び領域Bとの拡がり抵抗値の相対的な高低を意味するものである。

低抵抗領域Aの拡がり抵抗値 R_A は $1\ \Omega$ 以上、 $1 \times 10^6\ \Omega$ 以下が好ましい。

[0028] 低抵抗領域Aは、例えば、インジウム-酸化スズ(ITO)、酸化インジウム亜鉛(IZO)、アルミニウム等の存在下、熱処理(アニール)する方法、プラズマ処理又はイオン注入によって、結晶酸化物薄膜の対象部を低抵抗化することにより形成することができる。低抵抗化処理を施さない領域は、高抵抗領域Bとなる。

[0029] 一実施形態において、結晶酸化物薄膜の膜厚は80nm以下であることが好ましい。膜厚が80nm以下であることにより、低抵抗化処理の効果が発現しやすくなる、また、結晶酸化物薄膜の結晶が、柱状の単層結晶になりやすい傾向がある。結晶酸化物薄膜の膜厚は60nm以下であることが好ましく、50nm以下であることがより好ましく、特に40nm以下であることが好ましい。一方、結晶酸化物薄膜の膜厚は、例えば3nm以上であり、5nm以上であってもよく、10nm以上であってもよい。結晶酸化物薄膜の膜厚を3nm以上とすることで、アニール結晶化時に下地の影響を受けるこ

となく高品質な結晶を成長させることができる。

本明細書において、膜厚は、断面TEM観察画像（「断面TEM像」と称する場合がある。）に基づき測定する。

[0030] 一実施形態において、走査型静電容量顕微鏡（SCM）で測定される dC/dV 値において、低抵抗領域Aと高抵抗領域Bの境界の dC/dV 値が、高抵抗領域Bの dC/dV 値よりも大きい。これにより、低抵抗領域Aと高抵抗領域Bの境界で連続的にキャリア濃度が増加することで、TFE駆動時（ここでは $V_g > 0$ としてゲート絶縁膜とチャンネル層界面に電子が蓄積されている状態とする）にソース・ドレイン間に電氣的なポテンシャル障壁が存在せず、高移動度特性を得ることができる。

SCMの測定条件は、実施例で詳しく説明する。

[0031] 一実施形態において、結晶酸化物薄膜の、薄膜下面と薄膜中の結晶粒界とがなす平均粒界角度 θ が 70° 以上、 110° 以下であることが好ましい。これにより、電極との接触領域長が短い小型TFEにおいても、電極面に対して結晶粒界が傾き過ぎず、接触領域長の長さ方向において結晶粒界を密に存在させることができる。その結果、本実施形態に係る結晶酸化物薄膜を有するTFEは、より良好な移動度を示す。

[0032] 薄膜表面と薄膜中の結晶粒界とがなす平均粒界角度 θ は、断面TEM観察画像（「断面TEM像」と称する場合がある。）に基づき測定する。すなわち、透過型電子顕微鏡を用いて、拡大して観察した断面TEMにより観察される結晶粒界と薄膜表面とのなす角を解析することによって算出する。

[0033] 一実施形態において、結晶酸化物薄膜中の結晶粒界同士の平均間隔 D が $0.01\mu\text{m}$ 以上、 $2.0\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。これにより、本実施形態に係る結晶酸化物薄膜を有する小型TFEは、高い移動度を示し、なお且つ移動度や閾値電圧（ V_{th} ）の素子形状に対する均一な特性が得られる。その結果、TFEを回路に組み込みディスプレイを駆動させると、輝度むらや残像がなく高精細ディスプレイを実現することができる。

薄膜中の結晶粒界同士の平均間隔 D は、断面TEM観察画像に基づき測定

する。測定条件は、実施例で詳しく説明する。

[0034] 一実施形態において、結晶酸化物薄膜は電子線回折において、ビックスバイト構造である結晶粒を含む。ビックスバイト構造である結晶粒は対称性の良い立方晶状であるため、結晶粒界を跨いでもTFT特性（移動度）の低下を抑制できる。

[0035] (2) 結晶酸化物薄膜の第二実施形態

本実施形態の結晶酸化物薄膜は、Inを主成分とする結晶酸化物薄膜であって、膜厚が80nm以下である。そして、結晶酸化物薄膜の面方向において、キャリア濃度の異なる高キャリア濃度領域Aと低キャリア濃度領域Bを有し、高キャリア濃度領域Aのキャリア濃度が 10^{19} cm^{-3} 以上、 10^{22} cm^{-3} 以下であり、高キャリア濃度領域Aのキャリア濃度が、前記低キャリア濃度領域Bのキャリア濃度の8倍以上である。好ましくは10倍以上であり、より好ましくは15倍以上であり、さらに好ましくは100倍以上である。キャリア濃度の差を大きくすることによって低抵抗化領域と高抵抗化領域のエネルギー障壁が形成され、TFTのチャンネルに適用し駆動した際にDIBL現象が起これにくく安定なTFT特性が得られる。

[0036] 本実施形態では、第一実施形態の結晶酸化物薄膜の低抵抗領域A及び高抵抗領域Bに代えて、高キャリア濃度領域A及び低キャリア濃度領域Bにより結晶酸化物薄膜を規定するものである。高キャリア濃度領域Aは低抵抗領域Aに対応し、低キャリア濃度領域Bは高抵抗領域Bに対応する。

[0037] 本実施形態では、結晶酸化物薄膜の膜厚は80nm以下である。膜厚が80nm以下であることにより、低抵抗化処理の効果が発現しやすくなる、また、結晶酸化物薄膜の結晶が、柱状の単層結晶になりやすい傾向がある。結晶酸化物薄膜の膜厚は、第一実施形態と同様に、60nm以下であることが好ましく、50nm以下であることがより好ましく、特に40nm以下であることが好ましい。一方、結晶酸化物薄膜の膜厚は、例えば3nm以上であり、5nm以上であってもよく、10nm以上であってもよい。

[0038] また、高キャリア濃度領域Aのキャリア濃度は 10^{19} cm^{-3} 以上、 10^{22}

cm^{-3} 以下であり、 10^{19}cm^{-3} 以上、 10^{21}cm^{-3} 以下が好ましい。これにより、低抵抗領域の導電率が十分に高く、自己整合型TFTのソース及びドレイン電極下部の結晶系酸化物薄膜、及びソース及びドレイン電極端部からゲート電極の端部から厚さ方向に引いた垂線と前記結晶酸化物薄膜との交点までに位置する結晶系酸化物薄膜に用いた場合、TFT駆動時に抵抗成分とならず高移動度のTFTを実現できる。

[0039] 一実施形態において、低キャリア濃度領域Bのキャリア濃度が、 10^{15}cm^{-3} 以上、 10^{19}cm^{-3} 未満であることが好ましい。これにより、自己整合型TFTのゲート電極及びゲート絶縁膜下の結晶酸化物薄膜領域に低キャリア濃度領域Bを用いる場合、 $V_d = 0.1\text{V}$ を印加しTFTを駆動させたときの $I_d - V_g$ カーブにおいて V_{th} が 0V に近づきノーマリーオフ特性の良好な性能を示す。

キャリア濃度は、実施例で説明するようにホール効果測定により決定できる。

[0040] 本実施形態に係る結晶酸化物薄膜の構成元素、製造方法、好適範囲等は、第一実施形態と同様である。また、後述する積層体、TFT、電子回路、電気機器、電子機器、車両、及び動力機関については、第一実施形態の結晶酸化物薄膜について説明しているが、第二実施形態にも同様に適用できる。具体的に、低抵抗領域Aを高キャリア濃度領域Aに、高抵抗領域Bを低キャリア濃度領域Bに置き換えることにより、第二実施形態の適用例となる。

[0041] (3) 結晶酸化物薄膜の第三実施形態

本実施形態の結晶酸化物薄膜は、Inを主成分とする結晶酸化物薄膜であって、膜厚が 80nm 以下であり、結晶酸化物薄膜の結晶粒界同士の平均間隔Dが $2\mu\text{m}$ 以下であり、キャリア濃度が 10^{19}cm^{-3} 以上、 10^{22}cm^{-3} 以下である。

本実施形態の結晶酸化物薄膜は、第二実施形態の結晶酸化物薄膜の高キャリア濃度領域Aを有する。本実施形態に係る結晶酸化物薄膜の構成元素、製造方法、好適範囲等は、第一実施形態及び第二実施形態と同様である。

[0042] 2, 積層体

本実施形態に係る積層体は、上述した一実施形態に係る結晶酸化物薄膜と、結晶酸化物薄膜を支持する下部層と、を有する。

図1は、本実施形態の一例の積層体の断面概略図である。積層体10は、結晶酸化物薄膜11と、結晶酸化物薄膜11を支持する下部層12とを有する。結晶酸化物薄膜11は、面方向に1つの高抵抗領域B(11B)と、高抵抗領域B(11B)を挟むように2つの低抵抗領域A(11A)とを有する。

[0043] 本実施形態に係る結晶酸化物薄膜及び積層体は、結晶酸化物薄膜が高抵抗領域Bと低抵抗領域Aとを有していればよく、他の構成は限定されない。

図2は、本実施形態の他の例の積層体の断面概略図である。

積層体20は、結晶酸化物薄膜11と、結晶酸化物薄膜11を支持する下部層12とを有する。積層体20では、結晶酸化物薄膜11が、面方向に高抵抗領域B(11B)と低抵抗領域A(11A)とを、交互に形成されている。

[0044] 積層体10及び20では、下部層12は単一層であるが、これに限定されず、2層以上の積層体であってもよい。下部層12としては、基板、バッファ層、絶縁層、電極、ライトシールド層等が挙げられる。これらは、それぞれ2層以上で構成されていてもよい。

[0045] 本実施形態に係る積層体において、下部層の表面と、結晶酸化物薄膜中の結晶粒界とがなす平均粒界角度 θ_{sub} が 70° 以上、 110° 以下であることが好ましい。下部層の表面と、結晶酸化物薄膜中の結晶粒界とがなす平均粒界角度 θ_{sub} が上記範囲を満たすことで、結晶酸化物薄膜が接する下部層の表面に対して、結晶粒界を密に存在させることができる。その結果、結晶酸化物薄膜が、下部層としての電極(例えば、ソース電極)と接する場合には、当該電極面に対して、結晶粒界が密に存在することになる。その結果、電極との接触領域が狭い場合(例えば、小型TFET)でも、結晶酸化物薄膜への電子注入を確保でき、移動度の低下を抑制できる。

[0046] (結晶酸化物薄膜及び積層体の製造方法)

本実施形態の結晶酸化物薄膜、及び該結晶酸化物薄膜を含む積層体は、例えば、基板、バッファ層、絶縁層等、TFTを構成する下部層等に、Inの酸化物を主成分とする薄膜を成膜し、その後所望の部分を上述した低抵抗化処理すること製造できる。成膜方法は特に限定されないが、例えば、DCスパッタリング、ACスパッタリング、RFスパッタリング、ICPスパッタリング、反応性スパッタリング、イオンプレーティング、ALD、PLD、MO-CVD、ICP-CVD、ゾルゲル法、塗布法、ミストCVDが挙げられる。なお、スパッタリングによって成膜を行う場合、プレーナー式のスパッタリングカソードの装置によって成膜を行っても、また、ロータリー式スパッタリングカソードの装置によって成膜を行ってもよい。

[0047] 成膜方法の一例としては、Inの酸化物を主成分とする酸化物焼結体を含むスパッタリングターゲットを用いてDCスパッタリングによって成膜し、その後、所望の部分を上述した低抵抗化処理することにより製造できる。

スパッタ法によって得られる結晶酸化物薄膜の原子組成比は、スパッタリングターゲットにおける酸化物焼結体の原子組成比を反映する。そのため、所望の酸化物薄膜の原子組成比と同様の原子組成比を有する酸化物焼結体を含むスパッタリングターゲットを用いて成膜することが好ましい。

[0048] また、薄膜を成膜後、低抵抗化処理前に熱処理を行っても良い。熱処理の工程は特に限定されないが、熱風炉、IR炉、ランプアニール装置、レーザーアニール装置、熱プラズマ装置等を用いることができる。

さらにアニールした後、低抵抗化処理前にN₂Oによるプラズマ酸化処理、又はO₂によるプラズマ酸化処理を行っても良い。プラズマ酸化処理の装置は特に限定されないが、PE-CVDなどが挙げられる。

[0049] スパッタ法に用いられるターゲットは、不純物金属が500ppm以下であることが好ましく、100ppm以下であることがより好ましい。ターゲット中の不純物金属の含有量は、結晶酸化物薄膜と同様、ICP、又はSIMSにより測定できる。ターゲット中に含まれる「不純物」は、原料や製造

工程で混入する、意図的に添加しない元素であって、ターゲット及び半導体の性能に実質的な影響を与えない微量元素を意味し、「不純物金属」は、「不純物」としての元素のうち金属元素であるものを意味する。

[0050] 本実施形態において、スパッタリングターゲットは、実質的にInと、Mg、Al、Si、Zn、Ga、Mo、Sn、Ln元素（ランタノイド元素）及びOから選択される元素のみからなってもよい。ここで、「実質的に」とは、上記In以外に、Mg、Al、Si、Zn、Ga、Mo、Sn、Ln及びOの組合せに起因する本発明の効果が生じる範囲において、スパッタリングターゲットが、他の成分を含んでいてもよいことを意味する。

[0051] 上述した本発明の結晶酸化物薄膜と同様に、本実施形態において、スパッタリングターゲットのより好ましい第一形態は、金属元素がInとGaからなる酸化物であって、原子比率が下記式（11）を満たす。

$$[\text{Ga}] / ([\text{In}] + [\text{Ga}]) < 22 \text{ at} \% \quad (11)$$

[0052] スパッタリングターゲットのより好ましい第二形態は、金属元素としてInと、B、Al、Sc、Mg、Zn、Ti、Y、Zr、Mo、Sn、Hf、W、Nb、Ta、Ge、Si、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及びLuから選ばれる1以上の元素Xからなる酸化物であって、In以外の金属元素をXとしたときに、原子比率として下記式（12）を満たす。

$$[\text{X}] / ([\text{In}] + [\text{X}]) < 15 \text{ at} \% \quad (12)$$

[0053] スパッタリングターゲットのより好ましい第三形態は、金属元素としてInと、Gaと、B、Al、Sc、Mg、Zn、Ti、Y、Zr、Mo、Sn、Hf、W、Nb、Ta、Ge、Si、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及びLuから選ばれる1以上の元素Xからなる酸化物であって、In、Ga以外の金属元素を添加元素Xとしたときに、原子比率が下記式（13）及び（14）を満たす。

$$[\text{Ga}] / ([\text{In}] + [\text{Ga}] + [\text{X}]) < 22.5 \text{ at} \% \quad (13)$$

$$[\text{X}] / ([\text{In}] + [\text{Ga}] + [\text{X}]) < 8.0 \text{ at} \% \quad (14)$$

[0054] スパッタリングターゲットのより好ましい第四形態は、金属元素としてInと、Snと、B、Al、Sc、Mg、Zn、Ti、Y、Zr、Mo、Hf、W、Nb、Ta、Ge、Si、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及びLuから選ばれる一以上の元素Xからなる酸化物であって、In、及びSn以外の金属元素を元素Xとしたときに、原子比率が下記式(15)及び(16)を満たす。

$$[\text{Sn}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{X}]) < 20 \text{ at} \% \quad (15)$$

$$[\text{X}] / ([\text{In}] + [\text{Sn}] + [\text{X}]) < 8.0 \text{ at} \% \quad (16)$$

[0055] スパッタリングターゲットのより好ましい第五形態は、金属元素としてInと、Znと、B、Al、Sc、Mg、Ti、Y、Zr、Mo、Hf、W、Nb、Ta、Ge、Si、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及びLuから選ばれる一以上の元素Xからなる酸化物であって、In及びZn以外の金属元素を元素Xとしたときに、原子比率が下記式(17)及び(18)を満たす。

$$[\text{Zn}] / ([\text{In}] + [\text{Zn}] + [\text{X}]) < 12 \text{ at} \% \quad (17)$$

$$[\text{X}] / ([\text{In}] + [\text{Zn}] + [\text{X}]) < 8.0 \text{ at} \% \quad (18)$$

[0056] 酸化インジウムを主成分とするスパッタリングターゲットを用い、スパッタリングにより成膜して得られる酸化物薄膜は、アモルファスの酸化物薄膜である。この酸化物薄膜を、フォトリソグラフィーで島状にパターンニングし、保護膜を形成する前に加熱して結晶化させることにより、表面結晶が単一の結晶方位を有する、結晶酸化物薄膜を得ることができる。

以下、各工程について説明する。

[0057] (酸化物薄膜成膜工程)

酸化物薄膜成膜工程では、上述したスパッタリングターゲットを用い、不純物ガスを実質的に含まないアルゴン及び酸素からなる群から選択される1種以上のガスをスパッタガスとして用いて、スパッタリングにより酸化物薄膜を成膜する。本工程では、スパッタリングターゲットをRFマグネトロンスパッタリング装置又はDCマグネトロンスパッタリング装置に装着してス

パッタリングすることが好ましい。

[0058] スパッタガスが「不純物ガスを実質的に含まない」とは、ガスの挿入に伴う吸着水の持ち込み、及びチャンバーのリークや吸着ガス等の排除できないガス（不可避不純物ガス）を除き、スパッタガス以外の不純物ガスを積極的に投入しないことを意味する。不純物は、可能であれば、スパッタリング成膜時に導入するガス（スパッタガス）から排除することが好ましい。

[0059] スパッタガス中の不純物ガスの割合は、0.1体積%以下であることが好ましく、0.05体積%以下であることがより好ましい。不純物ガスの割合が0.1体積%以下であれば、酸化物薄膜の結晶化が問題なく進行する。

スパッタガスの一例である高純度アルゴン及び高純度酸素の純度は、99体積%以上が好ましく、99.9体積%以上がより好ましく、99.99体積%以上であることがさらに好ましい。

[0060] スパッタリング成膜時に導入するガス（スパッタガス）は特に限定されないが、例えば、アルゴン、窒素、酸素、水、水素、又はこれらのガスを2種以上含む混合ガスが挙げられる。

一例として、アルゴン及び酸素を使用する場合の混合ガス中の酸素分圧は、0体積%超、50体積%以下であることが好ましく、0体積%超、20体積%以下であることがより好ましい。酸素分圧が0体積%超、50体積%以下であれば、加熱時に容易に結晶化して半導体化する。酸素分圧を変えることによって、酸化物薄膜の酸化度合い、すなわち、結晶化度合いを調節できる。酸素分圧は、必要に応じて適宜選択すればよい。

一例としてアルゴン及び水を使用する場合の混合ガス中の水分圧は、0.03体積%超、10体積%以下であることが好ましく、0.03体積%超、5体積%以下であることがより好ましい。水分圧が0.03体積%超、5体積%以下であれば、加熱時に容易に結晶化して半導体化する。また、水の代わりに水素と酸素の混合ガスを用いてもよい。

[0061] 本実施形態に係る結晶酸化物薄膜は、In元素を主成分とすることが好ましい。この酸化物薄膜を後述する加熱処理工程により加熱することで、下部

層に対して柱状の結晶を成長させることができる。上述のように成膜した酸化物薄膜を小型TFETに適用することにより、駆動時に電子キャリアの注入性が優れ、結果として高い移動度を示し、なお且つ移動度や閾値電圧 (V_{th}) の素子形状に対する均一な特性が得られる。

[0062] (TFETの構成層の形成工程)

結晶酸化物薄膜の上に、絶縁層等のTFETの構成層を形成する場合、得られた酸化物薄膜に対して熱処理を行った後、酸化物薄膜の上に構成層を形成することが好ましい。TFETの構成層の形成前にアニールを行うことによって、アニール時に酸素や水素が拡散し、柱状で高品質な結晶が得られ、構成層の形成後に界面電子トラップ準位が少なく高い移動度の小型TFETが得られる。

[0063] (熱処理工程)

酸化物薄膜を成膜した後に、熱処理を行う。この熱処理をアニールと称する場合がある。

熱処理の温度は、 250°C 以上、 500°C 以下であることが好ましく、 280°C 以上、 470°C 以下であることがより好ましく、 300°C 以上、 450°C 以下であることがさらに好ましい。

酸化物薄膜の成膜後の熱処理温度が 250°C 以上であれば、酸化物薄膜が結晶化し易い。酸化物薄膜の成膜後の加熱処理温度が 500°C 以下であれば、結晶が異常成長して結晶粒が大きくなることを防止でき、結晶粒径を小さく制御できる。

[0064] 熱処理工程における加熱時間は、0.1時間以上、5時間以下であることが好ましく、0.3時間以上、3時間以下であることがより好ましく、0.5時間以上、2時間以下であることがさらに好ましい。

熱処理工程における加熱時間が0.1時間以上であれば、結晶化しないといったことがなく、酸化物薄膜が結晶化し易い。

熱処理工程における加熱時間が5時間以下であれば、経済性に優れる。

「加熱時間」とは、熱処理の際に所定の最高温度を維持している時間（保

持時間)をいう。

[0065] 熱処理工程における昇温速度は、 $2^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以上、 $40^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以下であることが好ましく、 $3^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以上、 $20^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以下であることがより好ましい。

熱処理工程における昇温速度が $2^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以上であれば、 $1^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 未満の場合に比べて酸化物薄膜の製造効率が向上する。

熱処理工程における昇温速度が $40^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以下であれば、結晶化時に金属元素が均一に拡散し、粒界に金属が偏析していない結晶を形成できる。

また、熱処理工程での昇温速度は、炉の設定温度と設定時間より算出される値とは異なり、酸化物薄膜の実際温度を時間で割った値である。酸化物薄膜の実際の温度は、例えば、炉の中の酸化物薄膜から 1cm 以内のエリアを熱電対で測定することにより求めることができる。

[0066] 熱処理工程は、 25°C における湿度 10% 以上の大気雰囲気下であることが好ましい。熱処理工程における湿度が 10% 以上の大気中であることで、アニール時に水素や酸素が膜中に拡散し、結晶化を促進することができる。

[0067] 熱処理工程は、酸化物薄膜のパターニング後に行うことが好ましい。パターニング後に行うことで、成膜時に膜中に存在する過剰な酸素、及びパターニング時に付着する有機物を脱離させながら結晶化を促進することができる。結果として、結晶粒内に有機物や過剰酸素がなく結晶欠陥の少ない膜が形成でき、電子トラップが少なく良好な伝導特性をもつ酸化物薄膜が形成できる。

[0068] 熱処理工後の膜の結晶欠陥については、例えばカソードルミネッセンス (CL) などの欠陥解析によって評価をすることができる。酸素に由来する欠陥が多い合、 680nm の光の発光が強く検出される。電子トラップが少なく良好な伝導特性をもつ酸化物薄膜を得るため、CLによる発光が極力検出されない膜質替えらえるように、成膜方法やアニール条件を調整する必要がある。

[0069] なお、熱処理工程は複数回実施してもよい。例えば、酸化物薄膜のパターニング後に上述した熱処理工程 (第1熱処理工程) を実施し、さらに、TF

T素子を作製した後、最終工程として熱処理工程（第2熱処理工程）を実施してもよい。第2熱処理工程は、第1熱処理工程よりも高いアニール温度で行うことが好ましい。

[0070]（低抵抗化処理工程）

熱処理工程で得た結晶酸化物薄膜に、低抵抗領域A及び高抵抗領域Bを形成する。低抵抗領域Aは、特に限定されないが、例えば、酸化インジウムスズ（ITO）、アルミニウム等の存在下、熱処理（アニール）する方法、プラズマ処理、イオン注入等のドライプロセスによって、結晶酸化物薄膜の対象部を低抵抗化することにより形成することができる。低抵抗化処理を施さない領域は、高抵抗領域Bとなる。

[0071] ITOの存在下、アニールすることにより低抵抗領域Aを形成する場合、低抵抗化する領域の結晶酸化物薄膜上に、スパッタリング等によりITO層を形成し、その後、250℃以上、500℃以下（好ましくは280℃以上、470℃以下、より好ましくは300℃以上、450℃以下）の温度で、0.1時間以上、5時間以下の時間アニールすればよい。

アニール後、ITO層はエッチングにより除去してもよく、また、残しておいてもよい。

[0072] アルミニウムの存在下、アニールすることにより低抵抗領域Aを形成する場合、低抵抗化する領域の結晶酸化物薄膜上に、スパッタリング等によりアルミニウム層を形成し、その後、250℃以上、500℃以下（好ましくは280℃以上、470℃以下、より好ましくは300℃以上、450℃以下）の温度で、0.1時間以上、5時間以下の時間アニールすればよい。

アニール後、アルミニウムとして残る場合と酸化アルミニウムになる場合とがあるが、いずれもアルミニウム、又は酸化アルミニウム層はエッチングにより除去してもよく、また、残しておいてもよい。

[0073] プラズマ処理によって低抵抗領域Aを形成する場合、熱処理工程で得た結晶酸化物薄膜に処理を施す。プラズマ処理に用いるガスは特に限定されないが、H₂、He、Ar、N₂、F系ガス等が挙げられる。プラズマ処理に用い

る元素は一般にイオン半径が小さい元素が好ましい。これらの元素を用いたプラズマ処理を行うことによって、結晶酸化物薄膜に酸素空孔を生じさせキャリア濃度が増加し低抵抗化する。

[0074] イオン注入によって低抵抗領域Aを形成する場合、熱処理工程で得た結晶酸化物薄膜に直接イオンを注入する場合と、酸化物薄膜上にゲート絶縁膜若しくは層間絶縁膜を形成後にこれらの絶縁膜を介してイオンを注入する場合がある。

注入に用いるイオンは特に限定されないが、 H^+ 、 He^+ 、 B^+ 、 N^+ 、 F^+ 、 PHx^+ 、 Ar^+ 等が挙げられる。イオン注入により酸素欠損を発生させる元素、又は膜中に残した場合に電子を放出しドナーとして働く元素であればよい。また元素は膜中に残存しなくても残存してもよい。

[0075] 一実施形態において、低抵抗化処理工程は、ゲート絶縁膜及び／又はゲート電極の形成後に実施することが好ましい。具体的に、ゲート絶縁膜及び／又はゲート電極をマスクの代わりに利用し（自己整合）、低抵抗領域A及び高抵抗領域Bを形成することができる。

例えば、上述したITO層を利用する場合、結晶酸化物薄膜のうちのITO層が直接積層された領域が低抵抗領域Aとなり、ゲート絶縁膜及び／又はゲート電極の下部領域が高抵抗領域Bとなる。

[0076] 3. 薄膜トランジスタ (TF T)

本実施形態に係るTF Tは、上述した本発明の結晶酸化物薄膜又は積層体を含む。好ましくはTF Tのチャネル層として本発明の結晶酸化物薄膜が使用されている。さらに好ましくは、チャネル層の両端側、すなわち、ソース電極及びドレイン電極が接続される領域付近が、結晶酸化物薄膜の低抵抗領域Aであり、ゲート絶縁膜の下面に接触する領域が高抵抗領域Bであることが好ましい。

[0077] 一実施形態において、TF Tはチャネル層と、チャネル層の両端側にそれぞれ接続する、ソース電極及びドレイン電極と、ゲート絶縁膜を介して、チャネル層に積層しているゲート電極と、を有し、チャネル層は結晶酸化物薄

膜であり、高抵抗領域Bにゲート絶縁膜が形成され、低抵抗領域Aにソース電極及びドレイン電極が形成された構造を有する。そして、ソース電極の端部及びドレイン電極の端部から、ゲート電極の端部から厚さ方向に引いた垂線と前記結晶酸化物薄膜との交点までの距離 L_{off} が、 $4\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下である。

[0078] また、結晶酸化物薄膜の結晶粒界同士の平均間隔 D と、距離 L_{off} が下記式(1)を満たす。

$$2 \leq L_{off} / D \leq 100 \dots (1)$$

[0079] 一実施形態において、TF Tはソース電極及びドレイン電極とチャネル層の接触領域長 L_s が、 $4\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下である。また、結晶酸化物薄膜の結晶粒界同士の平均間隔 D と、接触領域長 L_s が下記式(2)を満たす。

$$1 \leq L_s / D \leq 100 \dots (2)$$

これにより、ソース電極及びドレイン電極とチャネル層とのコンタクト領域が小さくても、優れた移動度を示す。

[0080] 従来技術において作製されたTF Tは、高移動度を得るために結晶酸化物薄膜が用いられているが、酸化物薄膜の上にメタルマスクを用いてソース電極及びドレイン電極が形成されていたところ、例えば、ソース電極と、酸化物薄膜との接触領域長が $100\mu\text{m}$ 程度であった。そのため、酸化物薄膜における結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以上であっても、ソース電極との接触領域においては結晶粒界が 100 個程度存在しており、ソース電極に対して導電領域である結晶粒界が十分な数、接しており、移動度の観点で大きな問題とはなっていないかった。

[0081] また、従来技術ではゲート電極とソース電極及びドレイン電極との間が重なる領域において、寄生容量が発生する構造であったが、ディスプレイに高解像度、高速駆動、及び大面積化が求められていなかったことから、大きな問題とはなっていないかった。

しかしながら、近年、OLED等のディスプレイにおいては高解像度、高

速駆動、及び大面積化が求められている。高精細化の流れにおいては画素回路の開口率を上げるため、TFTのサイズが小さくなっている。そのため、従来のようにメタルマスクを用いた成膜ではなく、フォトリソグラフィによってパターニングされた小型TFTにおける特性制御が必要である。さらにディスプレイの高精細化、高速駆動、及び大面積化の流れにおいては、バックプレーンの駆動回路において寄生抵抗や寄生容量の影響で入力から駆動までの時間が遅れるRC遅延をなくすため寄生容量を小さくする必要があり、またOLEDの各画素の輝度むらをなくすため寄生容量のばらつきをできるだけ小さくする必要がある。

[0082] これらの課題を同時に解決するには、ゲート電極をマスクにして半導体を選択的に低抵抗化させた領域を、ソース領域及びドレイン領域として用いる自己整合型TFT構造が有効である。酸化物薄膜を自己整合型かつ小型TFT構造（自己整合型小型TFT構造）に適用する場合、ソース電極と結晶酸化物薄膜との接触領域長が短くなる。また、ソース電極の端部及びドレイン電極の端部から、ゲート電極の端部から厚さ方向に引いた垂線と結晶酸化物薄膜との交点が短くなる。

[0083] 高移動度である結晶酸化物薄膜を自己整合型小型TFT構造に適用し、十分な移動度とし、安定的に閾値電圧（ V_{th} ）を制御するためには、ソース電極の端部及びドレイン電極の端部から、ゲート電極の端部から厚さ方向に引いた垂線と結晶酸化物薄膜との交点までの領域において、十分な数の結晶粒界を存在させることや、ソース電極との接触領域において十分な数の結晶粒界を存在させることが必要である。本実施形態に係るTFTによれば、距離 L_{off} 、接触領域長 L_s 、式（1）及び式（2）を満たすため、移動度に優れ V_{th} を安定的に制御できる。

[0084] 一実施形態において、低抵抗領域Aとゲート電極の水平方向の間隙 ΔL が $1\mu m$ 未満である。本発明の結晶酸化物薄膜は自己整合型TFTに好適であるため、間隙 ΔL をきわめて小さくすることができる。

[0085] 本実施形態に係るTFTの構成としては、例えば、従来公知の構成を採用

できる。

本実施形態に係るTFETは、上述した結晶酸化物薄膜及び積層体の製造方法を採用することにより製造できる。すなわち、スパッタリングターゲットを用い、不純物ガスを実質的に含まないアルゴン、窒素、水素、水及び酸素からなる群から選択される1種以上のガスをスパッタガスとして用いて、スパッタリングにより酸化物薄膜を成膜する工程（成膜工程と称する場合がある。）及び酸化物薄膜に熱処理を施す工程（熱処理工程と称する場合がある。）を含む製造方法である。成膜工程及び加熱処理工程の各条件等は、上述した通りである。ソース電極、ドレイン電極、ゲート電極及びゲート絶縁膜は、公知の材料及び形成方法により形成できる。

[0086] 一実施形態に係る結晶酸化物薄膜は、膜表面に並行方向に高い移動度を有する。このような結晶酸化物薄膜を自己整合型小型TFETの酸化物半導体層（チャンネル層）や導電化領域に用いることで、高移動度、且つ V_{th} を安定的に制御することができる。ここでの、 $V_d = 0.1V$ 印加時の移動度は、線形移動度として求められ、 $V_d = 20V$ 印加時の移動度は、飽和移動度を指標として定義する。

具体的には、各々の V_d を印加した際の伝達特性 $I_d - V_g$ グラフを作成し、各 V_g のトランスコンダクタンス(G_m)を算出し、線形領域又は飽和領域の式を用いて移動度を求めることにより、算出できる。電流 I_d は、ソース電極及びドレイン電極間の電流、電圧 V_d は、ソース電極とドレイン電極との間に印加した電圧（ドレイン電圧）、電圧 V_g は、ソース電極とゲート電極との間に印加した電圧（ゲート電圧）である。移動度は $20\text{cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$ 以上であり、高ければ高いほど好ましい。

[0087] また、一実施形態に係る結晶酸化物薄膜は、高抵抗領域Bの一方の面に、金属、ITO、IZO等のオーミック電極を配置し、他方の面に仕事関数 4.8eV 以上の、金属、酸化物等のショットキー電極を配置することにより、ショットキーバリアダイオード、MES-FET等を構成できる。

[0088] 本実施形態に係る薄膜トランジスタの形状は、自己整合型であれば特に限

定されないが、トップゲート型トランジスタ、バックチャンネルエッチ型トランジスタ、又はエッチストッパー型トランジスタ等が好ましい。

[0089] 以下、実施の形態について図面等を参照しながら説明する。但し、実施の形態は多くの異なる態様で実施することが可能であり、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、以下の実施の形態の記載内容に限定して解釈されない。

[0090] 図面において、大きさ、層の厚さ及び領域等は、明瞭化のために誇張されている場合がある。よって、本発明は、図示された大きさ、層の厚さ及び領域等に限定されない。なお、図面は、理想的な例を模式的に示したものであり、本発明は、図面に示す形状及び値等に限定されない。

[0091] 図3Aは本実施形態のTFETの一例の概略断面図である。

TFET50は、トップゲート型のTFETであり、基板21、バッファ層22、チャンネル層（結晶酸化物薄膜）11、ITO層23、ゲート絶縁膜24、ゲート電極25、層間絶縁膜26、ソース電極27、ドレイン電極28及び保護膜29を有する。

[0092] TFET50は、基板21、バッファ層22、チャンネル層（結晶酸化物薄膜）11をこの順に積層した構造を有する。チャンネル層11の中央部には高抵抗領域11Bがあり、高抵抗領域11B上にはゲート絶縁膜24及びゲート電極25がこの順に積層されている。ゲート絶縁膜24はゲート電極25と結晶酸化物薄膜11の導通を遮断する絶縁膜である。

高抵抗領域11Bの両側にはチャンネル層11の低抵抗領域11A-1及び11A-2がある。低抵抗領域11A-1、11A-2及びゲート電極25上には、ITO層23及び層間絶縁膜26が覆ってある。ITO層23はチャンネル層11の低抵抗化領域を形成する際に使用される。

ITO層23及び層間絶縁膜26に設けられたコンタクトホールを介して、ソース電極27及びドレイン電極28が、それぞれ低抵抗領域11A-1及び11A-2に接続している。ソース電極27及びドレイン電極28は、

ソース電流及びドレイン電流をチャンネル層 11 に流すための導電端子である。

層間絶縁膜 26、ソース電極 27 及びドレイン電極 28 等、TF T 構成層を覆うように保護膜 29 が設けられている。

[0093] 図 3 B は図 3 A のソース電極付近の拡大図である。図 3 B は、TF T 50 における、ソース電極の端部及びドレイン電極の端部から、ゲート電極の端部から厚さ方向に引いた垂線と前記結晶酸化物薄膜との交点までの距離 L_{of} 、ソース電極（ドレイン電極）とチャンネル層の接触領域長 L_s 、及び低抵抗領域 A とゲート電極の水平方向の間隙 ΔL を図示したものである。

[0094] 図 4 は本実施形態の TF T の他の例の概略断面図である。

TF T 51 は、基板 21 とバッファ層 22 の間に、ライトシールド層 31 を設けた他は TF T 50 と同様の構成を有する。ライトシールド層 31 は光による TF T の誤動作を抑制するために形成される。

[0095] 図 5 は本実施形態の TF T の他の例の概略断面図である。

TF T 52 は、ITO 層 23 が形成されていない他は TF T 50 と同様の構成を有する。本例において、低抵抗領域 11 A-1 及び 11 A-2 は、例えば、イオン注入法や、プラズマ処理等のドライプロセスなどで形成される。

[0096] 図 6 は本実施形態の TF T の他の例の概略断面図である。

TF T 60 は、ITO 層 23 が形成されておらず、また、層間絶縁膜 26 が 2 層構造（層間絶縁膜 26-1、26-2）となっている他は、TF T 50 と同様の構成を有する。本例において、層間絶縁膜 26-1 のゲート電極 25 下部領域がゲート絶縁膜 24 に相当する。本例において、低抵抗領域 11 A-1 及び 11 A-2 は、例えば、イオン注入法で形成される。

[0097] 図 7 は本実施形態の TF T の他の例の概略断面図である。

TF T 70 は、ボトムゲート型の TF T であり、基板 21、ゲート電極 25、ゲート絶縁膜 24、チャンネル層（結晶酸化物薄膜）11、層間絶縁膜 26、ソース電極 27、ドレイン電極 28 及び保護膜 29 を有する。

[0098] T F T 7 0 では、基板 2 1 上にゲート電極 2 5 が形成され、基板 2 1 及びゲート電極 2 5 上にゲート絶縁膜 2 4 が積層されている。

ゲート絶縁膜 2 4 上にはチャネル層（結晶酸化物薄膜） 1 1 が積層され、ゲート電極 2 5 上に対応する領域が高抵抗領域 1 1 B であり、高抵抗領域 1 1 B の両側にはチャネル層 1 1 の低抵抗領域 1 1 A - 1 及び 1 1 A - 2 がある。

チャネル層（結晶酸化物薄膜） 1 1 上には、層間絶縁膜 2 6 が覆ってある。層間絶縁膜 2 6 に設けられたコンタクトホールを介して、ソース電極 2 7 及びドレイン電極 2 8 が、それぞれ低抵抗領域 1 1 A - 1 及び 1 1 A - 2 に接続している。

層間絶縁膜 2 6、ソース電極 2 7 及びドレイン電極 2 8 等、T F T 構成層を覆うように保護膜 2 9 が設けられている。

[0099] 本実施形態の T F T は、公知の構成にて改良できる。

[0100] 基板を形成する材料に特に制限はなく、一般に用いられる材料を任意に選択できる。例えば、ガラス基板、セラミック基板、石英基板、サファイア基板を用いることができる。また、シリコンや炭化シリコン等の単結晶半導体基板、多結晶半導体基板、シリコンゲルマニウム等の化合物半導体基板、S i l i c o n I n I n s u l a t o r 基板等を適用することも可能であり、これらの基板上に半導体素子が設けられたものを、基板として用いてもよい。

[0101] また、基板として、可撓性基板を用いてもよい。なお、可撓性基板上に T F T を設ける方法としては、可撓性基板上に T F T を直接作製する方法以外に、非可撓性基板上に T F T を作製した後、T F T を剥離し可撓性基板上に設置する方法もある。その場合には、非可撓性基板と T F T の間に剥離層を設けるとよい。

[0102] バッファ層 2 2 を形成する材料にも特に制限はなく、一般に用いられている材料を任意に選択でき、また、積層膜を用いることができる。例えば S i O₂、S i N_x、酸化窒化シリコン、A l₂O₃、T a₂O₅、T i O₂、M g

O、 ZrO_2 、 Ga_2O_3 、 GeO_2 、 Nd_2O_3 、 La_2O_3 、 CeO_2 、 K_2O 、 Li_2O 、 Na_2O 、 Rb_2O 、 Sc_2O_3 、 Y_2O_3 、 HfO_2 、 $CaHfO_3$ 、 $PbTiO_3$ 、 $BaTa_2O_6$ 、 $SrTiO_3$ 、 Sm_2O_3 、 AlN を用いることができる。なお各材料の酸化数は変動してもよい。バッファ層22は基板の種類に合わせて適宜設計することができる。

[0103] ライトシールド層31はソース電極27に接続していてもよく、また、ゲート電極25に接続していてもよい。

ライトシールド層を形成する材料に特に制限はなく、一般に用いられている材料を任意に選択することができる。具体的には、Al、Ag、Cu、Cr、Ni、Co、Mo、Au、Ti、Zr、Ru、Y、Nb、Ta、W等の金属電極、これら金属を2種以上含む合金からなる金属電極等が挙げられる。また、2層以上の積層電極を用いることもできる。

[0104] ライトシールド層31と基板21の間に第2のバッファ層を設置してもよい。第2のバッファ層を形成する材料にも特に制限はなく、一般に用いられている材料を任意に選択でき、また、積層膜を用いることができる。例えば、 SiO_2 、 $SiNx$ 、酸化窒化シリコン、 Al_2O_3 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 MgO 、 ZrO_2 、 Ga_2O_3 、 GeO_2 、 Nd_2O_3 、 La_2O_3 、 CeO_2 、 K_2O 、 Li_2O 、 Na_2O 、 Rb_2O 、 Sc_2O_3 、 Y_2O_3 、 HfO_2 、 $CaHfO_3$ 、 $PbTiO_3$ 、 $BaTa_2O_6$ 、 $SrTiO_3$ 、 Sm_2O_3 、 AlN を用いることができる。なお各材料の酸化数は変動してもよい。

[0105] ゲート絶縁膜を形成する材料にも特に制限はなく、一般に用いられている材料を任意に選択でき、また、積層膜を用いることができる。例えば、 SiO_2 、 $SiNx$ 、酸化窒化シリコン、 Al_2O_3 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 MgO 、 ZrO_2 、 Ga_2O_3 、 GeO_2 、 Nd_2O_3 、 La_2O_3 、 CeO_2 、 K_2O 、 Li_2O 、 Na_2O 、 Rb_2O 、 Sc_2O_3 、 Y_2O_3 、 HfO_2 、 $CaHfO_3$ 、 $PbTiO_3$ 、 $BaTa_2O_6$ 、 $SrTiO_3$ 、 Sm_2O_3 、 AlN を用いることができる。なお各材料の酸化数は変動してもよい。

[0106] 本実施形態において、TFTが小型TFTである場合、ソース電極及びド

レイン電極に対するチャネル層としての結晶酸化物薄膜は、チャネル長さ（L長）が $1\mu\text{m}$ 以上、 $50\mu\text{m}$ 以下である。チャネル幅は特に限定されないが、例えばチャネル幅（W長）が $1\mu\text{m}$ 以上、 $1000\mu\text{m}$ 以下である。

[0107] ドレイン電極、ソース電極及びゲート電極を形成する材料に特に制限はなく、一般に用いられている材料を任意に選択することができる。具体的には、ITO、IZO、ZnO、 SnO_2 等の透明電極、Al、Ag、Cu、Cr、Ni、Co、Mo、Au、Ti、Zr、Ru、Y、Nb、Ta、W等の金属電極、これら金属を2種以上含む合金からなる金属電極等が挙げられる。また、2層以上の積層電極を用いることもできる。

[0108] 各層間絶縁膜を形成する材料にも特に制限はなく、一般に用いられている材料を任意に選択でき、また、積層膜を用いることができる。例えば、 SiO_2 、 SiN_x 、酸化窒化シリコン、 Al_2O_3 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 MgO 、 ZrO_2 、 Ga_2O_3 、 GeO_2 、 Nd_2O_3 、 La_2O_3 、 CeO_2 、 K_2O 、 Li_2O 、 Na_2O 、 Rb_2O 、 Sc_2O_3 、 Y_2O_3 、 HfO_2 、 CaHfO_3 、 PbTiO_3 、 BaTa_2O_6 、 SrTiO_3 、 Sm_2O_3 、AlN、を用いることができる。なお各材料の酸化数は変動してもよい。

[0109] TFTの構造に依らず、ドレイン電極、ソース電極及び導電化領域の上に層間絶縁膜を設けることが好ましい。さらにボトムゲート型の場合はチャネル層の上に保護膜を設けることが好ましい。保護膜を設けることにより、TFTの長時間駆動した場合でも耐久性が向上しやすくなる。

[0110] バッファ層、ゲート絶縁膜、層間絶縁膜、保護膜の絶縁膜の作製方法は特に限定されない。作製法としては、PE-CVD、ALD、PLD、MOCVD、RFスパッタリング、ICPスパッタリング、反応性スパッタリング、ICP-CVD、イオンプレーティング、ゾルゲル法、塗布法、ミストCVD等が挙げられる。なお、PE-CVDのガス種としては、シラン（ SiH_4 ）以外にテトラエトキシシラン（TEOS）を用いることもできる。

[0111] 例えばPE-CVDにより形成する場合、高温度によるプロセスになる場合がある。また、保護膜又は絶縁膜は、成膜直後は不純物ガスを含有してい

ることが多く、熱処理（アニール処理）を行うことが好ましい。熱処理で不純物ガスを取り除くことにより、安定した保護膜又は絶縁膜となり、耐久性の高いTFTを形成しやすくなる。また、ゲート絶縁膜形成後にアニールをすることによって、ゲート絶縁膜中に含まれる水素が酸化物薄膜まで拡散し、酸化物薄膜表面に存在する結晶欠陥を水酸基で終端し、結果として電子トラップが少なく良好な伝導特性をもつ酸化物薄膜が形成できる。

[0112] 本発明の結晶酸化物薄膜を用いることにより、PE-CVDプロセスにおける温度の影響、及びその後の加熱処理による影響を受けにくくなるため、保護膜又は絶縁膜を形成した場合であっても、TFT特性の安定性を向上させることができる。

[0113] 閾値電圧 (V_{th}) は、 $-3.0V$ 以上、 $3.0V$ 以下が好ましく、 $-2.0V$ 以上、 $2.0V$ 以下がより好ましく、 $-1.0V$ 以上、 $1.0V$ 以下がさらに好ましい。閾値電圧 (V_{th}) が $-3.0V$ 以上、 $3.0V$ 以下であると、TFTに V_{th} 補正回路を搭載することで $V_{th}=0V$ への補正が可能となる。これにより得られたTFTをパネルに搭載した際に、輝度ムラ及び焼き付きが起こらずディスプレイを駆動することができる。

[0114] 閾値電圧 (V_{th}) は、伝達特性のグラフより $I_d=10^{-9}A$ での V_g で定義できる。 $on-off$ 比は 10^6 以上、 10^{12} 以下が好ましく、 10^7 以上、 10^{11} 以下がより好ましく、 10^8 以上、 10^{10} 以下がさらに好ましい。 $on-off$ 比が 10^6 以上であると、液晶ディスプレイの駆動ができる。 $on-off$ 比が 10^{12} 以下であると、コントラストの大きな有機EL素子の駆動ができる。また、 $on-off$ 比が 10^{12} 以下であると、オフ電流を $10^{-12}A$ 以下にでき、CMOSイメージセンサーの転送トランジスタやリセットトランジスタに用いた場合、画像の保持時間を長くしたり、感度を向上させたりできる。

[0115] $on-off$ 比は、 $V_g=-10V$ の I_d の値をOff電流値とし、 $V_g=20V$ の I_d の値をOn電流値として、比 [On電流値/Off電流値] を決めることにより、求められる。

Off 電流値は、 10^{-10} A以下が好ましく、 10^{-11} A以下がより好ましく、 10^{-12} A以下がさらに好ましい。Off 電流値が 10^{-10} A以下であると、コントラストの大きな有機ELの駆動ができる。また、CMOSイメージセンサーの転送トランジスタやリセットトランジスタに用いた場合、画像の保持時間を長くしたり、感度を向上させたりできる。

[0116] 本実施形態に係るTF Tは、太陽電池、液晶素子、有機エレクトロルミネッセンス素子、無機エレクトロルミネッセンス素子等の表示素子やパワー半導体素子、タッチパネル等の電子機器に好適に使用できる。

[0117] 本実施形態に係る薄膜トランジスタは、電界効果型トランジスタ、論理回路、メモリ回路、及び差動増幅回路等の各種の集積回路にも適用でき、それらを電子機器等に適用することができる。さらに、本実施形態に係る薄膜トランジスタは、電界効果型トランジスタ以外にも静電誘起型トランジスタ、及びショットキー障壁型トランジスタにも適応できる。

本実施形態に係る薄膜トランジスタは、携帯用又は車載用表示装置等の表示装置及び固体撮像素子等に好適に用いることができる。さらに、本実施形態に係る薄膜トランジスタは、医療用途のX線イメージセンサー用フラットパネルディテクター用トランジスタとしても好適に用いることができる。

また、本実施形態に係る結晶酸化物薄膜は、ショットキーダイオード、抵抗変化型メモリ、及び抵抗素子にも適応できる。

以下、本実施形態に係る薄膜トランジスタを表示装置に用いる場合について、説明する。

[0118] 図8Aは、液晶素子を適用する場合の画素部の回路図の一例である。これをMini LEDディスプレイに用いる場合は、図8Aは液晶制御用回路以外にLEDチップの制御用の回路にも用いることができる。また、図8Bは、有機EL素子を適用する場合の画素部の回路図の一例である。

[0119] 画素部の回路は、一つの画素に複数の画素電極を有する構成に適用できる。それぞれの画素電極は異なるトランジスタに接続され、各トランジスタは異なるゲート信号で駆動できるように構成されている。これにより、マルチ

ドメイン設計された画素の個々の画素電極に印加する信号を、独立して制御できる。

[0120] 回路図のトランジスタの少なくとも1つに、本実施形態に係るTFTを用いていけばよい。これにより、信頼性の高い表示装置を提供できる。

回路図は図8A及び図8Bに示す構成に限定されない。例えば、スイッチ、抵抗素子、容量素子、トランジスタ、センサー、又は論理回路を追加してもよい。

また、本実施形態に係るTFTを用いた表示装置においては、Si系トランジスタと本実施形態のTFTの両方を搭載してもよい。

[0121] 図8Cは、本実施形態に係る表示装置の上面図である。

画素部に配置するトランジスタは、本実施形態に係る薄膜トランジスタを用いることができる。本実施形態に係る薄膜トランジスタはnチャネル型とすることが容易なので、nチャネル型トランジスタで構成できる駆動回路の一部を、画素部のトランジスタと同一基板上に形成する。画素部や駆動回路に本実施の形態に示す薄膜トランジスタを用いることにより、信頼性の高い表示装置を提供できる。

[0122] アクティブマトリクス型表示装置の上面図の一例を図8Cに示す。表示装置の基板300上には、画素部301、第1の走査線駆動回路302、第2の走査線駆動回路303、信号線駆動回路304が形成される。画素部301には、複数の信号線が信号線駆動回路304から延伸して配置され、複数の走査線が第1の走査線駆動回路302、及び第2の走査線駆動回路303から延伸して配置される。走査線と信号線との交差領域には、各々、表示素子を有する画素がマトリクス状に設けられる。表示装置の基板300は、FPC(Flexible Printed Circuit)等の接続部を介して、タイミング制御回路(コントローラ、制御ICともいう)に接続される。

[0123] 図8Cでは、第1の走査線駆動回路302、第2の走査線駆動回路303、信号線駆動回路304は、画素部301と同じ基板300上に形成される

。そのため、外部に設ける駆動回路等の部品の数が減るので、コストの低減を図ることができる。また、基板300外部に駆動回路を設けた場合、配線を延伸させる必要が生じ、配線間の接続数が増える。同じ基板300上に駆動回路を設けた場合、その配線間の接続数を減らすことができ、信頼性の向上、又は歩留まりの向上を図ることができる。

実施例

[0124] 以下、実施例に基づき本発明を具体的に説明する。本発明は、実施例に限定されない。

[0125] [自己整合型トップゲート構造小型TF Tの製造]

実施例1

以下の工程により図9に示す薄膜トランジスタ(TF T)53を製造した。なお、TF T53は保護層29がない他は、図3Aに示すTF T50と同様の構成を有する。

(1) バッファ層22の形成

SiO₂のスputタリングターゲットを用いて、直径4インチの無アルカリガラス基板21(コーニング社製EAGLE XG)上に、スputタリングにより、厚さ300nmのSiO_x層(バッファ層22)を形成した。スputタリング条件は以下の通りである。

基板温度：25℃

到達圧力：8.5×10⁻⁵Pa

雰囲気ガス：Ar

スputタ圧力(全圧)：0.4Pa

投入電圧：RF300W

S(基板)－T(ターゲット)間距離：70mm

[0126] (2) 酸化物薄膜の形成

次に、表1に示す仕込み組成比率の原料混合物から得られた酸化物スputタリングターゲットを用い、スputタリングすることによりチャンネル層を形成した。なお、酸化物スputタリングターゲットにおける金属組成比率(単

位：a t %）を表 1 に示す。

スパッタリングにおける成膜条件と、チャンネル層の厚さを表 1 に示す。表 1 記載以外のスパッタリング条件は以下の通りである。

基板温度：25℃

到達圧力： 1.0×10^{-4} Pa

雰囲気ガス：Ar と H₂O の混合ガス

スパッタ圧力（全圧）：0.5 Pa

投入電圧：DC300W

S（基板）－T（ターゲット）間距離：70 mm

[0127] (3) チャンネル層 11 の形成

次に、酸化物薄膜をフォトリソグラフィーによって島状にパターンニングして、チャンネル層 11 を形成した。初めに、酸化物薄膜にフォトレジストの膜を形成した。フォトレジストとして、AZ1500（AZエレクトロニックマテリアルズ社製）を用いた。横（ $10 + L_{of} \times 2 + L_s \times 2 + 2$ （両端部） $\times 2$ ） μm \times 縦 $20 \mu\text{m}$ にパターンが形成されたフォトマスクを介し露光した。露光の後、テトラメチルアンモニウムヒドロキサイド（TMAH）にて現像した。現像後、シュウ酸（関東化学製 ITO-06N）により酸化物薄膜をエッチングした。エッチングの後、フォトレジストを剥離して、パターンニングされた酸化物薄膜（チャンネル層 11）付き基板 21 を得た。得られたチャンネル層 11 の寸法は、横（ $10 + L_{of} \times 2 + L_s \times 2 + 2$ （両端部） $\times 2$ ） μm \times 縦 $20 \mu\text{m}$ であった。

[0128] (4) アニール

次に、チャンネル層 11 を形成した基板 21 を炉に入れて、大気中で、10℃/分で 350℃まで昇温した後、1 時間保持した。炉の内部を 350℃で 1 時間保持した後、自然放冷し、炉の内部温度が室温に戻った後、基板 21 を炉から取り出した。

[0129] (5) ゲート絶縁膜 24 の成膜

次に SiO₂ のスパッタリングターゲットを用いてスパッタリングして、厚

さ10nmのSiO_x層（ゲート絶縁膜24）を形成した。スパッタリング条件は以下の通りである。

基板温度：25℃

到達圧力：8.5×10⁻⁵Pa

雰囲気ガス：Ar+O₂の混合ガス（O₂流量30%）

スパッタ圧力（全圧）：0.4Pa

投入電圧：RF100W

S（基板）－T（ターゲット）間距離：70mm

[0130]（6）ゲート絶縁膜24のアニール

次に、基板21を炉に入れて、大気中で、10℃/分で400℃まで昇温した後、1時間保持した。炉の内部を400℃で1時間保持した後、自然放冷した。炉内温度が室温に戻った後、基板21を炉から取り出した。

[0131]（7）ゲート絶縁膜24の成膜

次に、SiO₂のスパッタリングターゲットを用いて、スパッタリングによって厚さ100nmのSiO_x層（ゲート絶縁膜24）を形成した。スパッタリング条件は以下の通りである。

基板温度：25℃

到達圧力：8.5×10⁻⁵Pa

雰囲気ガス：Ar+O₂の混合ガス（O₂流量30%）

スパッタ圧力（全圧）：0.4Pa

投入電圧：RF100W

S（基板）－T（ターゲット）間距離：70mm

これによりゲート絶縁膜24の合計厚みは110nmとなった。

[0132]（8）ゲート電極25の形成

次に、Moのスパッタリングターゲットを用いて、150nm厚のMo膜を成膜した。スパッタリングの条件は以下の通りである。

基板温度：25℃

到達圧力：8.5×10⁻⁵Pa

雰囲気ガス：Ar

スパッタ圧力（全圧）：0.4 Pa

投入電圧：DC100W

S（基板）－T（ターゲット）間距離：70 mm

[0133] (9) ゲート電極25及びゲート絶縁膜24のパターニング

次に、Mo膜及びゲート絶縁膜24を、フォトリソグラフィーによって島状にパターニングした。初めに、チャンネル層にフォトレジストの膜を形成した。フォトレジストとして、AZ1500（AZエレクトロニックマテリアルズ社製）を用いた。横10 μm×縦28 μmサイズにパターンが形成されたフォトマスクを介し露光した。露光の後、テトラメチルアンモニウムヒドロキサイド（TMAH）にて現像した。現像後、PAN（リン酸・硝酸・酢酸の混酸）によりMo膜をエッチングし、ゲート電極25を形成した。

次いで、バッファードフッ酸（BHF）によりゲート絶縁膜24をエッチングし、島状にパターニングした。

次に、フォトレジストを剥離した後、シュウ酸（関東化学製ITO-06N）を用い、チャンネル層11がむき出しになっている領域を、膜厚10 nm分エッチングし、洗浄した。

得られたゲート電極層25及びゲート絶縁膜24の寸法は、横10 μm×縦28 μmであった。

[0134] (9) 低抵抗化処理

ゲート電極25を利用した自己整合により、チャンネル層11に低抵抗領域A（11A-1、11A-2）を形成した。ITOのスパッタリングターゲットを用いて、2 nm厚のITO層23を形成した。スパッタリング条件は以下の通りである。

基板温度：25℃

到達圧力： 8.5×10^{-5} Pa

雰囲気ガス：Ar+O₂の混合ガス（O₂流量2%）

スパッタ圧力（全圧）：0.4 Pa

投入電圧：DC100W

S（基板）－T（ターゲット）間距離：70mm

[0135] 次に、基板21を炉に入れて、大気中で、10℃/分で350℃まで昇温した後、1時間保持し、アニールした。炉の内部を350℃で1時間保持した後、自然放冷した。炉内温度が室温に戻った後、基板21を炉から取り出した。

[0136] (10) 層間絶縁膜26の形成

次に、SiO₂のスputteringターゲットを用いてsputteringし、厚さ150nmのSiO_x層（層間絶縁膜26）を形成した。sputtering条件は以下の通りである。

基板温度：25℃

到達圧力：8.5×10⁻⁵Pa

雰囲気ガス：Ar+O₂の混合ガス（O₂流量30%）

sputtering圧力（全圧）：0.4Pa

投入電圧：RF100W

S（基板）－T（ターゲット）間距離：70mm

[0137] (11) 層間絶縁膜26のコンタクトホール形成

層間絶縁膜26を形成した基板に対して、フォトレジストAZ1500（AZエレクトロニックマテリアルズ社製）を用い、フォトマスクを介して露光後、テトラメチルアンモニウムヒドロキサイド（TMAH）にて現像した。現像後、バッファードフッ酸（BHF）により表1に示す横がLs（ソース電極27及びドレイン電極28と、チャンネル層11との接触領域長、図3（B））となり、縦18μmのコンタクトホールを形成した。

[0138] (12) ソース電極27及びドレイン電極28の形成

イメージリバーサルレジストAZ5214及びフォトマスクを用い、ソース電極27及びドレイン電極28をリフトオフプロセスにてパターニングした。イメージリバーサルレジストAZ5214を、表1の最終素子形状にパターニングできるように形成されたフォトマスクを介して露光し、反転ペー

ク工程後に全面露光し、TMAHにて現像した。パターニングされたレジスト付き基板に対し、厚さ150nmのMo層を以下のスパッタ条件で成膜した。

基板温度：25℃

到達圧力： 8.5×10^{-5} Pa

雰囲気ガス：Ar

スパッタ圧力（全圧）：0.4 Pa

投入電圧：DC100W

S（基板）－T（ターゲット）間距離：70mm

その後、Mo層を成膜した基板をアセトン中でリフトオフすることにより、ソース電極27及びドレイン電極28をパターニングした。

[0139] (13) 最終アニール

最後に、N₂雰囲気中で、300℃、1時間アニールすることにより、自己整合型トップゲート構造小型TFETを得た。

表1及び2にTFETの作製条件の要約を示す。

[0140] 比較例1

実施例1の(9)低抵抗化処理を実施しなかった他は、実施例1と同様にしてTFETを作製した。

[0141] 比較例2

実施例1の(9)低抵抗化処理において、ITO層23を形成し、アニールを実施しなかった他は、実施例1と同様にしてTFETを作製した。

[0142]

[表1]

		実施例1	実施例2	比較例1	比較例2
スパッタリング ターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃	100.0	95.0	95.0
	金属組成比率 [at%]	Ga ₂ O ₃	0.0	5.0	5.0
TFT作製条件	チャンネル層成膜	In	100.0	92.8	92.8
		Ga	0.0	7.2	7.2
	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	
	成膜時の酸素分圧[Pa]	0.00	0.00	0.00	
	成膜時の水分圧[Pa]	0.01	0.03	0.01	
	磁束密度[G]	600	600	600	
	膜厚[nm]	10	10	10	
	チャンネル層パターンニング	半導体エッチング	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸
	アニール	昇温パターン[°C/分]	10	10	10
		最高温度[°C]	350	350	350
保持時間[時間]		1	1	1	
ゲート絶縁膜 成膜	雰囲気	大気	大気	大気	
	ゲート絶縁膜 膜厚[nm]	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	
アニール	昇温パターン[°C/分]	10	10	10	
	最高温度[°C]	400	400	400	
	保持時間[時間]	1	1	1	
	雰囲気	大気	大気	大気	

[0143] [表2]

		実施例1	実施例2	比較例1	比較例2
ゲート絶縁膜 成膜	ゲート絶縁膜	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
	膜厚[nm]	100	100	100	100
ゲート電極 成膜	ゲート電極	Mo	Mo	Mo	Mo
	膜厚[nm]	150	150	150	150
ゲートパターンニング	ゲート電極エッチャント	PAN	PAN	PAN	PAN
	ゲート絶縁膜エッチャント	BHF	BHF	BHF	BHF
ITO層成膜	クリーニングエッチャント	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N
	成膜時酸素分圧[%]	2.0	2.0	-	2.0
低抵抗化 アニール	膜厚[nm]	2	2	-	2
	最高温度[°C]	350	350	-	-
層間絶縁膜 成膜	保持時間[時間]	1	1	-	-
	雰囲気	大気中	大気中	-	-
最終アニール	絶縁膜	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
	膜厚[nm]	150	150	150	150
電極形成	エッチャント	BHF	BHF	BHF	BHF
	電極	Mo	Mo	Mo	Mo
最終アニール	最高温度[°C]	300	300	300	300
	保持時間[時間]	1	1	1	1
最終形状	雰囲気	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂
	L長[μm]	10	10	10	10
最終形状	W長[μm]	20	20	20	20
	ゲート絶縁膜膜厚[nm]	110	110	110	110
最終形状	L _{off} [μm]	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14
	L _s [μm]	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12

TFT作製条件

[0144] 実施例 2

実施例 1 の (2) 酸化物薄膜の形成において、表 1 に示す仕込み組成比率の原料混合物から得られた酸化物スパッタリングターゲットを使用した他は、実施例 1 と同様にして T F T を作製した。なお、以下の実施例及び比較例では、実施例 1 工程 (7) のゲート絶縁膜の成膜は実施せずに、工程 (5) で 100 nm 厚のゲート絶縁膜を形成した。

[0145] 実施例 3

実施例 1 の (2) 酸化物薄膜の形成において、表 3 に示す仕込み組成比率の原料混合物から得られた酸化物スパッタリングターゲットを使用し、成膜時に雰囲気ガスを $A r + O_2$ の混合ガスとし、また、各構成層の形成条件を表 3 及び 4 に示すように変更した他は、実施例 1 と同様にして T F T を作製した。

表 3 及び 4 に T F T の作製条件の要約を示す。

[0146] 比較例 3 ~ 5

実施例 3 の酸化物薄膜の膜厚を表 3 に示すように変更し、(9) 低抵抗化処理を表 4 に示すように変更した他は、実施例 3 と同様にして T F T を作製した。

[0147]

[表3]

		実施例3	比較例3	比較例4	比較例5		
スバタリング ターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃ 7.0 3.0 87.6	90.0 7.0 3.0 87.6	90.0 7.0 3.0 87.6	90.0 7.0 3.0 87.6		
	金属組成比率 [at%]	In 10.1 2.3 0.5	10.1 2.3 0.5	10.1 2.3 0.5	10.1 2.3 0.5		
	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.05	0.05	0.05	0.05	
		成膜時の酸素分圧[Pa]	0.00	0.00	0.00	0.00	
		成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.00	0.00	0.00	
	チャネル層成膜	磁束密度[G]	1000	1000	1000	1000	
		膜厚[nm]	30	30	30	100	
	TFT作製条件	半導体エッチング	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	
		アニール	昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10
			最高温度[°C]	350	350	350	350
保持時間[時間]			1	1	1	1	
ゲート絶縁膜 成膜		雰囲気	大気	大気	大気	大気	
		ゲート絶縁膜	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	
		膜厚[nm]	100	100	100	100	
		昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10	
アニール		最高温度[°C]	400	400	400	400	
		保持時間[時間]	1	1	1	1	
	雰囲気	大気	大気	大気	大気		

[0148] [表4]

		実施例3		比較例3		比較例4		比較例5	
ゲート電極 成膜	ゲート電極 膜厚[nm]	Mo	150	Mo	150	Mo	150	Mo	150
	ゲート電極エッチャント	PAN	PAN	PAN	PAN	PAN	PAN	PAN	PAN
ゲートパターンニング	ゲート絶縁膜エッチャント	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF
	クリーニングエッチャント	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N
ITO層成膜	成膜時酸素分圧[%]	2.0	2.0	-	-	2.0	2.0	2.0	2.0
	膜厚[nm]	2	2	-	-	2	2	2	2
低抵抗化 アニール	最高温度[°C]	350	350	-	-	-	-	350	350
	保持時間[時間]	1	1	-	-	-	-	1	1
層間絶縁膜 成膜	雰囲気	大気中	大気中	-	-	-	-	大気中	大気中
	絶縁膜 膜厚[nm]	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
層間絶縁膜 コンタクトホール形成	エッチャント	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF
	電極	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo
電極形成	レジスト	AZ5214	AZ5214	AZ5214	AZ5214	AZ5214	AZ5214	AZ5214	AZ5214
	最高温度[°C]	200	200	200	200	200	200	200	200
最終アニール	保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
	雰囲気	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂
最終形状	L長[μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	W長[μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
	ゲート絶縁膜膜厚[nm]	100	100	100	100	100	100	100	100
	L _{off} [μm]	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14
	Ls [μm]	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12

TFT作製条件

[0149] 実施例 4、比較例 6～9

実施例 1 の (2) 酸化物薄膜の形成において、表 5 に示す仕込み組成比率の原料混合物から得られた酸化物スパッタリングターゲットを使用し、また、各構成層の形成条件を表 5 及び 6 に示すように変更した他は、実施例 1 と同様にして T F T を作製した。

表 5 及び 6 に T F T の作製条件の要約を示す。

[0150]

[表5]

		実施例4	比較例6	比較例7	比較例8	比較例9	
スパッタリング ターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃ 89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	
		Ga ₂ O ₃ 9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	
		Al ₂ O ₃ 1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	
	金属組成比率 [at%]	In 83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	
		Ga 13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	
		Al 3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	
		成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.05	0.05	0.25	0.05
		成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
		磁束密度[G]	1000	1000	1000	1000	1000
TFT作製 条件	膜厚[nm]	30	30	30	100	30	
	半導体エッチング	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	
	昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10	1	
	最高温度[°C]	350	350	350	350	350	
	保持時間[時間]	1	1	1	1	10	
	雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	
	ゲート絶縁膜 成膜	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	
		膜厚[nm]	100	100	100	100	100
		昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10	10
		最高温度[°C]	400	400	400	400	400
	保持時間[時間]	1	1	1	1	1	
	雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	

[0151] [表6]

		実施例4	比較例6	比較例7	比較例8	比較例9
ゲート電極成膜	ゲート電極膜厚[nm]	Mo 150	Mo 150	Mo 150	Mo 150	Mo 150
	ゲート電極エッチャント	PAN	PAN	PAN	PAN	PAN
ゲートバターニング	ゲート絶縁膜エッチャント	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF
	クリーニングエッチャント	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N
ITO層成膜	成膜時酸素分圧[%]	2.0	-	2.0	2.0	2.0
	膜厚[nm]	2	-	2	2	2
低抵抗化アニール	最高温度[°C]	350	-	-	350	350
	保持時間[時間]	1	-	-	1	1
	雰囲気	大気中	-	-	大気中	大気中
層間絶縁膜成膜	絶縁膜膜厚[nm]	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150
	エッチャント	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF
電極形成	電極レジスト	Mo AZ5214	Mo AZ5214	Mo AZ5214	Mo AZ5214	Mo AZ5214
	最終アニール	200	200	200	200	200
最終アニール	最高温度[°C]	1	1	1	1	1
	保持時間[時間]	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂
最終形状	雰囲気	10	10	10	10	10
	L長[μm]	20	20	20	20	20
	W長[μm]	100	100	100	100	100
	ゲート絶縁膜膜厚[nm]	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14
L _{off} [μm]	6条件	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	
Ls [μm]	6条件	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	

TFT作製条件

[0152] 実施例及び比較例で得たTF Tについて、以下の評価をした。結果を表7～9に示す。なお、表中、「E+XX」は「×10^{XX}」を意味する。

(A) TF Tのチャネル層（結晶酸化物薄膜）に関する評価

(1) TF T作製後のチャネル層の状態

TF T中のチャネル層の断面の結晶状態については、集束イオンビーム装置（FIB: Focused Ion Beam）を用いてチャネル層に対して前処理を行い、透過型電子顕微鏡（TEM: Transmission Electron Microscope）により、チャネル層の断面を観察することにより、(a) 薄膜表面に対する平均粒界角度 θ 、(b) 下部層に対する平均粒界角度 θ_{sub} 、(c) 結晶粒界の平均間隔D及び(d) 結晶状態を評価した。

[0153] 具体的には、まず、チャネル層の表面に対して垂直方向に、FIB（日立ハイテクノロジーズ社製「FB2100型」）装置を用いてイオンビームを入れ、 $16\mu\text{m}\times 4\mu\text{m}$ の試験片をサンプリングした。その後、サンプリングした試験片について、チャネル長方向（図面の水平方向）にソース電極又はドレイン電極とチャネル層がオーバーラップしている領域の端からオーバーラップしていない領域に向かって $3\mu\text{m}$ の領域について2つサンプルを抽出した。抽出した2つのサンプルに対して、チャネル長方向及び膜厚方向に対して垂直なチャネル幅方向（図面の奥行方向）に薄片の厚さがおおよそ100nm程度になるまでA rイオンミリングを行い、抽出した2つのサンプルの厚さを薄くした。FIB加工時のイオンスパッタダメージにより結晶粒を確認できない場合は、A rイオンミリング（Gatan社製「Model 691」）にてイオンガン電圧4keVで結晶粒を確認できるまでエッチングを繰り返し実施した。

断面TEM像は、透過型電子顕微鏡（日本電子製「JEM-2800型」）を用いて加速電圧200kVとし、観察倍率100,000倍（約 $4\mu\text{m}$ 四方のエリア）の像を観察した。

[0154] (a) 薄膜表面に対する平均粒界角度 θ

チャンネル層（結晶酸化物薄膜）の断面を観察した際の薄膜表面に対する平均粒界角度 θ は、断面TEMにより観察される結晶粒界と薄膜表面とのなす角を解析することによって算出できる。観察倍率100,000倍で観測した像（チャンネル長方向×厚さ方向=4 μ m角）にて、TFE中のチャンネル長方向に L_s 、 L_{of} 、 L それぞれのエリアの結晶系酸化物膜を含むように任意の3つの視野を抽出し、観測した。

また、結晶粒が大きく粒界が観察できない場合は、チャンネル長方向×厚さ方向が4 μ m角の範囲で、TFE中のチャンネル層全てを観察できるようにチャンネル長方向に観測点が重ならないように複数の視野を抽出し、断面TEM像を観測した。

得られたそれぞれの視野の断面TEM像について、イメージメトロロジー社製「SPIP, Version 4.3.2.0」を用いて画像解析を行うことにより薄膜表面と結晶粒界とのなす角を算出した。詳細は以下のとおりである。

断面TEM画像について、結晶性酸化物薄膜の観察像において結晶粒界にカラーコードH0, S0, V10のラインを引く。さらに画像解析ソフトウェアを用いてコントラストを数値化し、（最大濃度－最小濃度） $\times 1/4$ の高さを閾値として設定した。次に閾値以下のコントラストを示す領域を結晶粒界と定義し、各薄膜表面と結晶粒界とのなす角を求めた。得られた各薄膜表面と結晶粒界とのなす角の合計値を粒子数で除し、得られた全ての視野において各々で求めた角度の平均値を薄膜表面に対する平均粒界角度 θ とした。

[0155] (b) 下部層に対する平均粒界角度 θ_{sub}

薄膜表面に対する平均粒界角度 θ と同様の断面TEM像と解析方法により結晶粒界を抽出し、下部層に対してなす角を求めた。得られた各下部層表面と結晶粒界とのなす角の合計値を粒子数で除し、得られた全ての視野において各々で求めた角度の平均値を下部層表面に対する平均粒界角度 θ_{sub} とした。

[0156] (c) 結晶粒界の平均間隔D

酸化物薄膜の断面を観察した際の平均間隔Dは、断面TEMにより観察される結晶粒子の間隔を解析することによって算出できる。観察倍率100,000倍(チャンネル長方向×厚さ方向=4 μ m角)にて、TFE中のチャンネル長方向に L_s 、 L_{of} 、 L それぞれのエリアの結晶系酸化物膜を含むように任意の3つの視野を抽出し、観測した。

また、結晶粒が大きく粒界が観察できない場合は、チャンネル長方向×厚さ方向が4 μ m角の範囲で、薄膜トランジスタ中のチャンネル層全てを観察できるようにチャンネル長方向に観測点が重ならないように複数の視野を抽出し、断面TEM像を観測した。

得られたそれぞれの視野の断面TEM像について、イメージメトロロジー社製「SPIP, Version 4.3.2.0」を用いて画像解析を行うことにより結晶粒界の平均間隔Dを算出した。詳細は以下のとおりである。

断面TEM画像について、結晶粒界にカラーコードH0, S0, V10のラインを引く。さらに画像解析ソフトウェアを用いてコントラストを数値化し、(最大濃度-最小濃度)×1/4の高さを閾値として設定した。次に閾値以下のコントラストを示す領域を結晶粒界と定義し、各結晶粒界と最近接粒子との間隔を求め、結晶粒界の間隔とした。得られた各結晶粒界の間隔の合計値を、間隔を測定した箇所の数で割ったものを結晶粒界の平均間隔とし、全ての視野において各々で得られた結晶粒界の平均間隔の平均値をDとして求めた。

[0157] (d) 結晶状態

結晶状態の判定方法については、断面TEM像の観察によって得たサンプルに対し、電子線回折パターンを観察することで判断した。

具体的には、電子顕微鏡(日本電子製「JEM-2800型」)を用いて、断面TEM像にて観察した酸化物薄膜エリアに、制限視野絞りにより照射エリア約100nm ϕ 、加速電圧200kVで電子線を照射し、カメラ長は2mに設定して回折パターンを測定した。断面TEM像サンプル中のチャネ

ル長方向に観測点が重ならならない様に抽出した任意の3つの視野において、明瞭な回折スポットが得られない酸化物薄膜を「アモルファス」と判断した。一方で、対称性を持つ回折点が回折パターンから観察された酸化物薄膜を「結晶」と判断し、さらに膜厚方向に観測点が重ならならない様に抽出した任意の3つの視野において同様の回折パターンから観察された酸化物薄膜を「柱状結晶」と判断した。

[0158] (2) SSRMによる酸化物薄膜断面の拡がり抵抗の測定方法

チャンネル層の低抵抗領域A、及び高抵抗領域Bの拡がり抵抗は、広がり抵抗顕微鏡(SSRM: Scanning Spread Resistance Microscope)測定から求めることができる。装置及び測定条件を以下に示す。

装置 : Bruker AXS (旧Veeco) 社 Digital Instruments 部門製 NanoScope IVa AFM Dimension 3100 ステージAFMシステム+SSRMオプション

SSRM走査モード : コンタクトモードと拡がり抵抗同時測定

SSRM探針(Tip) : p型半導体ダイヤモンドコートシリコンカンチレバー

試料加工 : 機械研磨による断面作製後、各層を短絡してバイアス電圧を印加できるようにした。さらに試料にDCバイアス電圧-3.0Vを加えて測定を実施した。

測定環境 : 室温、大気中

[0159] (a) 拡がり抵抗 R_A 及び R_B

チャンネル層の厚さ方向 $1\mu\text{m}$ ×チャンネル長方向 $4\mu\text{m}$ の断面をゲート電極層、ゲート絶縁膜層、低抵抗領域A及び高抵抗領域Bを含むように抽出し、水中機械研磨により観察断面を得た。続いて、該断面をSSRMにて拡がり抵抗を測定した。チャンネル領域に対して、チャンネル長方向に並行にカンチレバーを 7.8nm ずつ移動させながら拡がり抵抗値のラインプロファイルを

測定し、低抵抗領域Aにおける拡がり抵抗の最小値を「低抵抗領域Aの拡がり抵抗値 R_A 」、高抵抗領域Bにおける拡がり抵抗の最大値を「高抵抗領域Bの拡がり抵抗値 R_B 」とした。

[0160] (b) 拡がり抵抗 $R_s(L)$ 、 $R_s(L_{off})$ 、及び $R_s(L_s)$

TFTのチャネル層について、 L_{off} 領域、及びゲート絶縁膜の下面と接する領域Lを含むように抽出し、水中機械研磨により観察断面を得た。続いて、SSRMによって断面の拡がり抵抗を測定した。領域Lに対して、チャネル長方向に並行にカンチレバーを7.8nmずつ移動させながら拡がり抵抗値のラインプロファイルを測定し、 L_{off} 領域における拡がり抵抗の最小値を「 $R_s(L_{off})1$ 」、Lにおける拡がり抵抗の最大値を「 $R_s(L)$ 」とした。

また、 L_{off} 領域、及びソース電極又はドレイン電極と接する領域 L_s を含むように抽出し、水中機械研磨により観察断面を得た。領域Lに対して、カンチレバーを7.8nmずつ移動させながら拡がり抵抗値のラインプロファイルを測定し、 L_{off} 領域における拡がり抵抗の最小値を「 $R_s(L_{off})2$ 」、 L_s における拡がり抵抗の最小値を「 $R_s(L_s)$ 」とした。

$R_s(L_{off})$ は、 $R_s(L_{off})1$ と $R_s(L_{off})2$ の平均値とした。

[0161] (c) 低抵抗領域Aとゲート電極の水平方向の間隙 ΔL の測定

水中機械研磨により観察断面を得た断面に対して、SSRMを測定した装置と同様の装置を用いて、AFMモード断面の高さ像の測定を実施した。ゲート電極層と隣接する層間絶縁膜層を含むように、ゲート電極表面に対して水平方向にカンチレバーを7.8nmずつ移動させながら高さ像のラインプロファイルを測定し、高さが急峻に変化する場所をゲート電極の水平方向の端部とした。次に、前記SSRMで評価を行った拡がり抵抗 R_A のチャネル長方向のプロファイルと、ゲート電極のゲート電極表面に対して水平方向のプロファイルと比較し、それぞれの端部の差を ΔL とした。なお、 ΔL が正の場合は低抵抗領域Aとゲート電極の水平方向に間隙があること、 ΔL が0の場合は隙間が無く、さらに ΔL が負の場合はゲート電極端部と低抵抗領域A

が水平方向に重なっていることを意味する。

[0162] (3) 走査型静電容量顕微鏡 (SCM) 測定

チャンネル層の低抵抗領域 A 及び高抵抗領域 B の静電容量の電圧変化 (dC/dV) は、走査型静電容量顕微鏡 (SCM: Scanning Capacitance Microscopy) 測定から求めることができる。使用装置及び測定条件を以下に示す。

観察装置 : Bruker AXS (旧 Veeco) 社 Digital Instruments 部門製 NanoScope IVa AFM Dimension 3100 ステージ AFM システム + SCM オプション

SCM 走査モード : コンタクトモードと X-Y モードの dC/dV 信号同時測定

SCM 探針 (Tip) : PtIr コートシリコンカンチレバー

試料加工 : 機械研磨による断面作製後、各層を短絡してバイアス電圧を印加できるようにした。さらに試料に変調電圧 4.0 V、DC バイアス電圧 0 V を加えて測定を実施した。

測定環境 : 室温、大気中

[0163] (a) dC/dV (A-B)、 dC/dV (B) の大小関係

チャンネル層の厚さ方向 $1.25 \mu\text{m}$ × 面方向 $10 \mu\text{m}$ の断面を低抵抗領域 A、高抵抗領域 B を含むように抽出し、水中機械研磨により観察断面を得た。続いて、その断面に対して SCM によって静電容量の電圧変化 (dC/dV) のシグナルを得た。チャンネル領域に対して、カンチレバーを 19.6 nm ずつ移動させながら dC/dV のラインプロファイルを測定し、高抵抗領域 B の dC/dV (B) の最小値と、低抵抗領域 A と高抵抗領域 B の境界の dC/dV (A-B) の大小関係を評価した。

[0164] (4) 電子線回折による結晶構造の同定

断面 TEM 像の観察によって得たサンプルの電子線回折パターンを観察することで酸化物薄膜の結晶構造がピクスパイト構造であるか否かを評価し

た。

具体的には、電子顕微鏡（日本電子製「JEM-2800型」）を用いて、断面TEM像にて観察した酸化物薄膜エリアに、制限視野絞りにより照射エリア約100nmφ、加速電圧200kVで電子線を照射し、カメラ長は2mに設定して回折パターンを測定した。

さらに結晶構造同定のため、電子線回折シミュレーションソフトウェアRecipro（フリーソフトウェア ver4.641（2019/03/04））を用いてIn₂O₃のビックスバイト構造の電子線回折パターンのシミュレーションを実施した。シミュレーションにおいては、ビックスバイト構造の結晶構造データはICSD（Inorganic Crystal Structure Database：化学情報協会）の14388を用い、空間群：Ia-3、格子定数：a=10.17700Å、原子座標Inサイト（0.250, 0.250, 0.250）、Inサイト（0.466, 0.000, 0.250）、Oサイト（0.391, 0.156, 0.380）を用いた。

さらにカメラ長を2mとして、11種類の逆格子ベクトル（1 0 0）、（1 1 1）、（1 1 0）、（2 1 1）、（3 1 1）、（2 2 1）、（3 3 1）、（2 1 0）、（3 1 0）、（3 2 1）、及び（2 3 0）を入射電子線方向としてシミュレーションを実施した。

酸化物薄膜の電子線回折パターンと、得られたシミュレーションパターンについて回折スポットの結果を比較し、11種類のシミュレーションパターンのいずれかと一致した場合、酸化物薄膜中にビックスバイト構造である結晶粒が含まれていると判断した。

[0165] (B) TFTの性能に関する評価

得られたTFTについて、半導体パラメーターアナライザー（アジレント株式会社製「B1500」）を用い、室温、遮光環境下（シールドボックス内）で測定した。なお、ドレイン電圧（V_d）は、0.1V又は20Vで印

加した。各 V_d 印加に対して、ゲート電圧 (V_g) を -5 V から 20 V まで 0.2 V ステップで電流値 I_d を測定することで $I_d - V_g$ 特性を得た。

$I_d - V_g$ 特性から算出した各種パラメータを表7、表8及び表9に示す。なお、各パラメータの算出方法は、次に記載の通りである。

[0166] (a) 線形移動度の最大値 ($\mu_{lin\ Max}$)

$V_d = 0.1\text{ V}$ 印加時の線形移動度の最大値を、 $I_d - V_g$ 特性のグラフを作成し、各 V_g のトランスコンダクタンス (G_m) を算出し、線形領域の式を用いて線形移動度 (μ_{lin}) を導いた。具体的には、 G_m は、 $\partial(I_d) / \partial(V_g)$ によって算出した。さらに線形領域の式 (b) によって μ_{lin} を算出した。

$$\mu_{lin} = (G_m \cdot L) / (W \cdot C_i \cdot V_d) \dots (b)$$

式 (b) の C_i は、ゲート絶縁膜のキャパシタンスであり、表2、表4、及び表6に記載の最終形状のゲート絶縁膜膜厚、 SiO_2 の比誘電率3.9、真空の誘電率 $8.85 \times 10^{-14} [\text{F}/\text{cm}]$ に基づいて算出した $C_i [\text{F}/\text{cm}^2]$ の値を用いた。

式 (b) の L は、チャネル長 (L 長) であり、 W は、チャネル幅 (W 長) である。

[0167] 各 $V_g - \mu_{lin}$ のグラフから、 $V_g = 0 \sim 20\text{ V}$ における μ_{lin} の最大値を算出し、これを線形移動度の最大値「 $\mu_{lin\ Max}$ 」とした。表7～9には、 L_{off} が $4\ \mu\text{m}$ であり、 L_s が $2\ \mu\text{m}$ であるTFTの値を示す。

[0168] (b) TFTの線形移動度ばらつき ($\Delta\mu_{lin}$)

各実施例及び比較例で作製した L_{off} 及び L_s の異なるTFT36素子 (条件： $L_{off} [\mu\text{m}]$ 6条件 $\times L_s [\mu\text{m}]$ 6条件) について、上記 (a) に示す方法で線形移動度の最大値を算出した。36素子の線形移動度の最大値のばらつきの範囲を「36素子の線形移動度ばらつき ($\Delta\mu_{lin}$)」とした。

[0169] (c) 飽和移動度の最大値 ($\mu_{sat\ Max}$)

$V_d = 20\text{ V}$ 印加時の飽和移動度の最大値は、 $I_d - V_g$ 特性のグラフを

作成し、各 V_g のトランスコンダクタンス (G_m) を算出し、飽和領域の式を用いて飽和移動度 (μ_{sat}) を導いた。具体的には、 G_m は、下記数式 (c1) によって算出した。

[数1]

$$G_m = \partial (\sqrt{I_d}) / \partial (V_g) \quad (c1)$$

さらに飽和領域の下記式 (c) によって μ_{sat} を算出した。

$$\mu_{sat} = (2 \cdot G_m \cdot L) / (W \cdot C_i) \dots (c)$$

式 (c) 中の L は、チャネル長 (L 長) であり、 W は、チャネル幅 (W 長) である。

さらに各 $V_g - \mu_{sat}$ のグラフから、 $V_g = 0 \sim 20V$ における μ_{sat} の最大値を算出し、「 $\mu_{sat} \text{ Max}$ 」とした。表7～9には、 L_{off} が $4 \mu m$ であり、 L_s が $2 \mu m$ である TFT の値を示す。

[0170] (d) TFT の線形移動度ばらつき $\Delta \mu_{sat}$

各実施例及び比較例で作製した L_{off} 及び L_s の異なる 36 種の TFT それぞれについて、上記 (c) の方法で飽和移動度の最大値を算出した。36 素子の線形移動度の最大値のばらつきの範囲を「36 素子の飽和移動度ばらつき ($\Delta \mu_{sat}$)」とした。

[0171] (e) S 値及び V_{th}

各々の $I_d - V_g$ 特性のグラフから、S 値及び閾値電圧 (V_{th}) を評価した。具体的には、電流値 $I_d = 10^{-11} \sim 10^{-10}$ [A] 領域において、下記式 (d) によって求められる値を S 値として算出した。さらに、電流値 $I_d = 10^{-8}$ [A] における V_g の値を閾値電圧 (V_{th}) として算出した。表7～9には、 L_{off} が $4 \mu m$ であり、 L_s が $2 \mu m$ である TFT の値を示す。

[数2]

$$S = \frac{\Delta V g}{\Delta(\log Id)} \quad (d)$$

[0172] (f) V_{th} ばらつき ΔV_{th}

各実施例及び比較例で作製した L_{off} 及び L_s の異なる36種のTFTそれぞれについて、上記(e)の方法で V_{th} を算出した。36素子の線形移動度の最大値のばらつきの範囲を「36素子の線形移動度ばらつき(ΔV_{th})」とした。

[0173]

[表7]

	実施例1	実施例2	比較例1	比較例2
チャネル層の 評価	平均粒界面角度 θ [°]	98.6	98.6	98.6
	平均粒界面角度 θ_{sub} [°]	98.6	92.2	98.6
	結晶粒界の平均間隔 D [μm]	2.0	1.9	2.0
	L_{eff}/D	2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0	2.1, 3.2, 4.2, 5.3, 6.3, 7.4	2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0
	L_s/D	1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0	1.1, 2.1, 3.2, 4.2, 5.3, 6.3	1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0
	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
	低抵抗領域A R_A [Ω]	1.4E+05	1.1E+05	2.3E+06
	高抵抗領域B R_B [Ω]	2.3E+06	2.0E+06	2.3E+06
	R_B/R_A	17	18	1
	$R_s(L)$	2.3E+06	2.0E+06	2.3E+06
SSRM・ 拡がり抵抗値評価	$R_s(L_{off})$	1.4E+05	1.4E+05	2.3E+06
	$R_s(L_s)$	1.4E+05	1.2E+05	2.3E+06
	$R_s(L)/R_s(L_{off})$	16	15	1
	$R_s(L)/R_s(L_s)$	16	17	1
	ΔL [μm]	-0.3	-0.4	R_A, R_B の差がないため測定不可
	境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)=(B)
	電子線回折	ビクスマイト	ビクスマイト	ビクスマイト
	$\mu_{lin} \text{ Max}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	40.3	40.5	ビクスマイト
	$\Delta \mu_{lin}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	1.1	1.4	ON/OFFしない 絶縁性挙動
	S値 [V/decade]	0.4	0.5	
TFT性能	V_{th} [V]	0.2	0.1	-2.3
	ΔV_{th}	0.5	0.6	2.2
	$\mu_{sat} \text{ Max}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	38.6	39.2	17.1
	$\Delta \mu_{sat}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	1	1.2	5.8
	S値 [V/decade]	0.4	0.5	1.23
	V_{th} [V]	0.2	0.1	-6.7
	ΔV_{th}	0.5	0.6	3.4
	DIBL現象の有無	無し	無し	ON/OFFしない
				有り

[0174] [表8]

		実施例3	比較例3	比較例4	比較例5
断面TEM像	平均粒界角度 θ [°]	104	104	104	比較例5
	平均粒界角度 θ_{sub} [°]	104	104	104	
	結晶粒界の平均間隔 D[μ m]	0.23	0.23	0.23	2相のため測定不可
	L_{off}/D	19, 28, 37, 46, 56, 64	19, 28, 37, 46, 56, 64	19, 28, 37, 46, 56, 64	
	L_s/D	9, 19, 28, 37, 46, 56	9, 19, 28, 37, 46, 56	9, 19, 28, 37, 46, 56	
	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	膜厚方向に2層結晶化
	低抵抗領域A R_A [Ω]	1.1E+05	2.5E+06	9.1E+05	1.6E+05
	高抵抗領域B R_B [Ω]	2.5E+06	2.5E+06	2.5E+06	1.8E+05
	R_B/R_A	23	1	3	1
	$R_s(L)$	2.5E+06	2.5E+06	2.5E+06	1.8E+05
SSRM・ 拡がり抵抗値評価	$R_s(L_{off})$	1.9E+05	2.5E+06	8.4E+05	1.6E+05
	$R_s(L_s)$	1.1E+05	2.4E+06	9.1E+05	1.6E+05
	$R_s(L)/R_s(L_{off})$	13	1	3	1
	$R_s(L)/R_s(L_s)$	21	1	3	1
	$\angle L$ [μ m]	-0.8	$R_A R_B$ の差がないため測定不可	3.0	$R_A R_B$ の差がないため測定不可
	境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B)>(B)	(A-B)=(B)	(A-B)>(B)	(A-B)=(B)
	結晶構造	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト
	$\mu_{lin} Max$ [$cm^2/(V \cdot s)$]	32.2		13.4	
	$\Delta \mu_{lin}$ [$cm^2/(V \cdot s)$]	1.4	ON/OFFしない 絶縁性挙動	6.2	ON/OFFしない リーク
	S値 [V/decade]	0.5		1.28	
V_{th} [V]	0.2		-5.3		
ΔV_{th}	0.1		3.2		
TFT性能	$\mu_{sat} Max$ [$cm^2/(V \cdot s)$]	29.0		9.2	
	$\Delta \mu_{sat}$ [$cm^2/(V \cdot s)$]	1.8	ON/OFFしない 絶縁性挙動	5.8	ON/OFFしない リーク
	S値 [V/decade]	0.6		1.67	
	V_{th} [V]	0.2		-9.2	
	ΔV_{th}	0.1		4.8	
	DIBL現象の有無	無し	ON/OFFしない	有り	ON/OFFしない

[0175] [表9]

		実施例4	比較例6	比較例7	比較例8	比較例9
断面TEM像	平均粒界角度 θ [°]	93.2	93.2	93.2	2相のため 測定不可	99.6
	平均粒界角度 θ_{sub} [°]	93.2	93.2	93.2		99.6
	結晶粒界の平均間隔 D [μ m)]	0.87	0.87	0.87		7.9
	L_{off}/D	4.6, 6.9, 9.2, 12, 14, 16	4.6, 6.9, 9.2, 12, 14, 16	4.6, 6.9, 9.2, 12, 14, 16		0.5, 0.8, 1.0, 1.3, 1.5, 1.8
	L_g/D	2.3, 4.6, 6.9, 9.2, 12, 14	2.3, 4.6, 6.9, 9.2, 12, 14	2.3, 4.6, 6.9, 9.2, 12, 14	0.3, 0.5, 0.8, 1.0, 1.3, 1.5	
	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	膜厚方向に 2層結晶化	柱状結晶
	低抵抗領域A R_A [Ω]	1.7E+04	3.9E+05	2.7E+05	1.0E+04	1.2E+06
	高抵抗領域B R_B [Ω]	3.9E+05	3.9E+05	3.9E+05	1.1E+04	4.9E+06
	R_B/R_A	23	1	1	1	4
	$R_s(L)$	3.9E+05	3.9E+05	3.9E+05	1.1E+04	4.9E+06
SSRM・ 拡がり抵抗値評価	$R_s(L_{off})$	1.6E+04	3.9E+05	4.5E+05	1.2E+04	1.1E+06
	$R_s(L_s)$	1.7E+04	3.9E+05	2.7E+05	1.0E+04	1.6E+06
	$R_s(L)/R_s(L_{off})$	24	1.0	0.9	0.9	4
	$R_s(L)/R_s(L_s)$	23	1.0	1.5	1.1	3
	ΔL [μ m)]	-0.2	R_A, R_B の差が ないため測定不可	2.0	R_A, R_B の差が ないため測定不可	2.8
	SCM・ dC/dV評価	(A-B)×(B)	(A-B)=(B)	(A-B)×(B)	(A-B)=(B)	(A-B)×(B)
	電子線回折	ピクスパイト	ピクスパイト	ピクスパイト	ピクスパイト	ピクスパイト
	$\mu_{lin} Max$ [$cm^2/(V \cdot s)$]	34.0	ON/OFFしない 絶縁性挙動	28.5	ピクスパイト	11.3
	$\Delta \mu_{lin}$ [$cm^2/(V \cdot s)$]	1.6	ON/OFFしない 絶縁性挙動	9.5	ON/OFFしない リーク	5.2
	S値 [V/decade]	0.4	ON/OFFしない 絶縁性挙動	1.4	ON/OFFしない リーク	1.8
Vth [V]	0.1	ON/OFFしない 絶縁性挙動	-5.2	ON/OFFしない リーク	3.6	
ΔV_{th}	0.1	ON/OFFしない 絶縁性挙動	6.2	ON/OFFしない リーク	2.8	
TFT性能	$\mu_{sat} Max$ [$cm^2/(V \cdot s)$]	29.5	ON/OFFしない 絶縁性挙動	22.0	ON/OFFしない リーク	5.9
	$\Delta \mu_{sat}$ [$cm^2/(V \cdot s)$]	0.5	ON/OFFしない 絶縁性挙動	7.9	ON/OFFしない リーク	5
	S値 [V/decade]	0.4	ON/OFFしない 絶縁性挙動	1.8	ON/OFFしない リーク	1.92
	Vth [V]	0.1	ON/OFFしない 絶縁性挙動	-10.1	ON/OFFしない リーク	3.9
	ΔV_{th}	0.05	ON/OFFしない 絶縁性挙動	8.9	ON/OFFしない リーク	3.5
DIBL現象の有無		無し	ON/OFFしない	有り	ON/OFFしない	無し

チャネル層
の評価

TFT性能

[0176] [結晶酸化物薄膜の形成]

実施例5～8では、実施例1～4で作製したTFTのチャンネル層と同様の条件で、結晶酸化物薄膜のみを基板上に形成した積層体を作製し、評価した。

実施例5

(1) 酸化物薄膜の形成

直径4インチの無アルカリガラス基板（コーニング社製EAGLE XG）上に、表10に示す仕込み組成比率の原料混合物から得られたスパッタリングターゲットを用い、スパッタリングして10nm厚の酸化物薄膜を形成した。

スパッタリングターゲットの金属組成比率（単位：at%）、スパッタリングの条件を表10に示す。なお、表10に記載していないスパッタリングの条件は以下の通りである。

基板温度：25℃

到達圧力： 1.0×10^{-4} Pa

雰囲気ガス：ArとH₂Oの混合ガス

スパッタ圧力（全圧）：0.5 Pa

投入電圧：DC300W

S（基板）－T（ターゲット）間距離：70mm

[0177] (2) 酸化物薄膜のアニール

酸化物薄膜を形成した基板を炉に入れて、大気中で、10℃/分で350℃まで昇温した後、1時間保持した。炉の内部を350℃で1時間保持した後、自然放冷した。炉内温度が室温に戻った後、基板を炉から取り出した。

[0178] (3) 低抵抗率（高キャリア濃度）化処理

(3-1) ITO膜の形成

ITOのスパッタリングターゲットを用いて、2nm厚みのITO層を形成した。スパッタリング条件は以下の通りである。

基板温度：25℃

到達圧力： $8.5 \times 10^{-5} \text{ Pa}$

雰囲気ガス：Ar + O₂の混合ガス（O₂流量2%）

スパッタ圧力（全圧）：0.4 Pa

投入電圧：DC100W

S（基板）－T（ターゲット）間距離：70 mm

[0179] (3-2) ITO層のパターニング

ITO層を、フォトリソグラフィーによって1 cm角の島状にパターニングした。初めに、ITO層にフォトレジスト膜を形成した。フォトレジストとして、AZ1500（AZエレクトロニックマテリアルズ社製）を用いた。1 cm角のパターンを多数有するフォトマスクを介し、フォトレジスト膜に露光した。露光の後、テトラメチルアンモニウムヒドロキサイド（TMAH）にて現像した。現像後、シュウ酸（関東化学製ITO-06N）によりITO層をエッチングした。エッチングの後、フォトレジストを剥離して、酸化物薄膜上に1 cm角のITO層が等間隔に形成された基板を得た。

[0180] (3-3) アニール

ITO層がパターニングされた基板を炉に入れて、大気中、10℃/分で350℃まで昇温した後、1時間保持した。炉の内部を350℃で1時間保持した後、自然放冷した。炉内温度が室温に戻った後、基板を炉から取り出した。

ここで、ITO層に被覆されていない状態でアニールされた領域の酸化物薄膜は高抵抗領域Bとなる。一方、ITO層に被覆された状態でアニールされた領域の酸化物薄膜は低抵抗領域Aとなる。

[0181] (3-4) ITO層の除去

アニールした基板のITO層を、シュウ酸（関東化学製ITO-06N）によりエッチングして除去した。以上により、基板上に、1 cm角の高抵抗領域Bと、1 cm角の低抵抗領域Aを交互に有する結晶酸化物薄膜を得た。

[0182] 比較例10

実施例5の(3)低抵抗化処理を実施しなかった他は、実施例5と同様に

して結晶酸化物薄膜を形成した。

[0183] 比較例 1 1

実施例 5 の (3) 低抵抗化処理において、ITO 層を形成し、アニールを実施しなかった他は、実施例 5 と同様にして結晶酸化物薄膜を形成した。

[0184] 実施例 6

実施例 5 の (1) 酸化物薄膜の形成において、表 10 に示す仕込み組成比率の原料混合物から得られた酸化物スパッタリングターゲットを使用した他は、実施例 5 と同様にして結晶酸化物薄膜を形成した。

[0185] 実施例 7

実施例 5 の (1) 酸化物薄膜の形成において、表 11 に示す仕込み組成比率の原料混合物から得られた酸化物スパッタリングターゲットを使用し、また、各構成層の形成条件を表 11 に示すように変更した他は、実施例 5 と同様にして結晶酸化物薄膜を形成した。

[0186] 比較例 1 2 ~ 1 4

実施例 5 の (3) 低抵抗化処理、又は酸化物薄膜の膜厚を表 11 に示すように変更した他は、実施例 5 と同様にして結晶酸化物薄膜を形成した。

[0187] 実施例 8、比較例 1 5 ~ 1 8

実施例 5 の (1) 酸化物薄膜の形成において、表 12 に示す仕込み組成比率の原料混合物から得られた酸化物スパッタリングターゲットを使用し、また、各構成層の形成条件を表 12 に示すように変更した他は、実施例 5 と同様にして結晶酸化物薄膜を形成した。

[0188] 実施例及び比較例で得た結晶酸化物薄膜について、実施例 1 のチャンネル層と同様に評価した。加えて、結晶酸化物薄膜のキャリア濃度を測定した。結果を表 10 ~ 12 に示す。

(1) キャリア濃度

結晶酸化物薄膜の低抵抗領域 A 及び高抵抗領域 B を、それぞれ 1 cm 角に切り出し、4 隅に In はんだを用いて電極をつけてホール効果測定用素子とし、キャリア濃度を測定した。キャリア濃度は、室温にて ResiTest

8400型（東陽テクニカ社製）を用いてACホール効果測定することにより求めた。

測定条件は以下の通りとした。測定精度として、F値が0.9以上であり、ホール電圧位相の絶対値が $170^{\circ} \sim 180^{\circ}$ であるときの電子のキャリア濃度の値を採用した。

電流値： $1 \times 10^{-12} \sim 1 \times 10^{-3} \text{ A}$

磁場強度：0.36 T

[0189] (2) SSRM及びSCMの測定

結晶酸化物薄膜の低抵抗領域Aと高抵抗領域Bを含む領域を1cm角に切り出して断面を得た。該断面についてTFEのチャンネル層と同様に評価した。

[0190] (3) 断面TEM及び電子線回折の測定

結晶酸化物薄膜の任意の領域を1cm角に切り出して断面を得た。該断面の対象位置について、TFEのチャンネル層と同様に評価した。

[0191]

[表10]

スパッタリング ターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	実施例5	実施例6	比較例10	比較例11
	In ₂ O ₃	95.0	100.0	95.0	95.0
	Ga ₂ O ₃	5.0	0.0	5.0	5.0
	In	92.8	100.0	92.8	92.8
	Ga	7.2	0.0	7.2	7.2
酸化物薄膜作製	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5
	成膜時の酸素分圧[Pa]	0.00	0.00	0.00	0.00
	成膜時の水分圧[Pa]	0.01	0.03	0.01	0.01
	磁束密度[G]	600	600	600	600
	膜厚[nm]	10	10	10	10
	昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10
	最高温度[°C]	350	350	350	350
	保持時間[時間]	1	1	1	1
	雰囲気	大気	大気	大気	大気
	成膜時酸素分圧[%]	2.0	2.0	-	2.0
作製条件	電極膜厚[nm]	2	2	-	2
	半導体エッチング	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸
	ITOエッチング膜厚[nm]	2.0	2.0	2.0	2.0
	最高温度[°C]	350	350	-	-
	保持時間[時間]	1	1	-	-
	雰囲気	大気中	大気中	-	-
	平均粒径角度θ[°]	98.6	92.2	98.6	98.6
	平均粒径角度θsub[°]	98.6	92.2	98.6	98.6
	結晶粒径の平均間隔 D[μm]	2.0	1.9	2.0	2.0
	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
評価結果	ホール効果測定	高キャリア濃度領域A n _A [cm ⁻³] 低キャリア濃度領域B n _B [cm ⁻³]	9.0E+19 5.0E+16	2.0E+20 8.0E+16	5.0E+17 5.0E+16
		n _A /n _B	1800	2500	10
	SSRM・ 拡がり抵抗値評価	低抵抗領域A R _A [Ω] 高抵抗領域B R _B [Ω]	1.5E+05 2.5E+06	1.8E+05 3.0E+06	1.1E+06 2.5E+06
		R _B /R _A	17	17	2
	SCM・ dC/dV値評価	境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)<(B)
		電子線回折による結晶相解析	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト

[0192] [表11]

	実施例7	比較例12	比較例13	比較例14
スパッタリング ターゲット	In ₂ O ₃	90.0	90.0	90.0
	Ga ₂ O ₃	7.0	7.0	7.0
	Sm ₂ O ₃	3.0	3.0	3.0
	In	87.6	87.6	87.6
	Ga	10.1	10.1	10.1
	Sm	2.3	2.3	2.3
	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5
	成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.05	0.05
	成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.00	0.00
	磁束密度[G]	1000	1000	1000
作製条件	膜厚[nm]	30	30	100
	昇温パターン[°C/分]	10	10	10
	最高温度[°C]	350	350	350
	保持時間[時間]	1	1	1
	雰囲気	大気	大気	大気
	成膜時酸素分圧[%]	2.0	2.0	2.0
	電極膜厚[nm]	2	2	2
	半導体エッチング	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸
	ITOエッチング膜厚 [nm]	2.0	2.0	2.0
	最高温度[°C]	350	-	350
評価結果	保持時間[時間]	1	-	1
	雰囲気	大気中	-	大気中
	平均粒界角度 θ [°]	104	104	104
	平均粒界角度 θ _{sub} [°]	104	104	104
	結晶粒界の平均間隔 D [μm]	0.23	0.23	0.23
	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
	高キャリア濃度領域A n _A [cm ⁻³]	8.0E+19	3.0E+16	6.0E+16
	低キャリア濃度領域B n _B [cm ⁻³]	3.0E+16	3.0E+16	3.0E+16
	n _A /n _B	2667	1	2
	低抵抗領域A R _A [Ω]	1.6E+05	2.7E+06	9.7E+05
高抵抗領域B R _B [Ω]	2.7E+06	2.7E+06	2.7E+06	
R _B /R _A	17	1	3	
境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B)≫(B)	(A-B)=(B)	(A-B)≫(B)	
dC/dV値評価	電子線回折による結晶相解析	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト
SCM*				
dC/dV値評価				
評価結果				
断面TEM				
ホール効果測定				
SSRM*				
拡がり抵抗値評価				
電子線回折による結晶相解析				
膜厚方向に2層結晶化				
2相のため測定不可				

[0193] [表12]

		実施例8	比較例15	比較例16	比較例17	比較例18	
スハットリング ターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃ 89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	
	金属組成比率 [at%]	Ga ₂ O ₃ 9.75	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
		Al ₂ O ₃ 1.25	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
		In 83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3
		Ga 13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
		Al 3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
		成膜時の圧力[Pa] 0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	酸化物薄膜作製	成膜時の酸素分圧[Pa] 0.05	0.05	0.05	0.05	0.25	0.05
		成膜時の水分圧[Pa] 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
		磁束密度[G] 1000	1000	1000	1000	1000	1000
膜厚[nm] 30		30	30	100	30	30	
昇温パターン[°C/分] 10		10	10	10	10	10	
最高温度[°C] 350		350	350	350	350	350	
保持時間[時間] 1		1	1	1	1	10	
雰囲気 大気		大気	大気	大気	大気	大気	
成膜時酸素分圧[%] 2.0		2.0	-	2.0	2.0	2.0	
電極膜厚[nm] 2		2	-	2	2	2	
作製条件	ITO層 パターンニング	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	
	ITO層 パターンニング	ITOエッチング膜厚 [nm] 2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
	低抵抗化アニール	最高温度[°C] 350	-	-	-	350	350
		保持時間[時間] 1	-	-	-	1	1
	雰囲気 大気中	大気中	-	-	大気中	大気中	
	断面TEM	平均粒度 93.2	93.2	93.2	93.2	99.6	99.6
		平均粒度 93.2	93.2	93.2	93.2	99.6	99.6
		結晶粒度の平均間隔 D[μm] 0.87	0.87	0.87	0.87	7.9	7.9
		結晶状態 柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	膜厚方向に2層結晶化	柱状結晶
		高キャリア濃度領域A n _A [cm ⁻³] 9.5E+19	9.5E+19	3.3E+16	5.0E+17	8.3E+19	1.5E+16
低キャリア濃度領域B n _B [cm ⁻³] 3.3E+16		3.3E+16	3.3E+16	3.3E+16	8.0E+19	1.3E+16	
評価結果	ホール効果測定	n _A /n _B 2879	1	15	1	1	
	SSRM 拡がり抵抗値評価	低抵抗領域A R _A [Ω] 1.7E+04	4.1E+05	6.3E+04	1.0E+04	6.1E+05	
		高抵抗領域B R _B [Ω] 4.1E+05	4.1E+05	4.1E+05	1.1E+04	6.3E+05	
	SCM dC/dV値評価	R _B /R _A 24	1	7	1	1	
		境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B)>(B)	(A-B)=(B)	(A-B)<(B)	(A-B)=(B)	(A-B)>(B)
	電子線回折による結晶相解析	ビックスパイト	ビックスパイト	ビックスパイト	ビックスパイト	ビックスパイト	

[0194] [自己整合型トップゲート構造小型TF Tの製造]

実施例9～11、比較例19

実施例1の(2)酸化物薄膜の形成において、表13に示す仕込み組成比率の原料混合物から得られた酸化物スパッタリングターゲットを使用し、また、各構成層の形成条件を表13及び14に示すように変更した他は、実施例1と同様にしてTF Tを作製した。

表13及び14にTF Tの作製条件の要約を示す。また、TF Tの評価結果を表15に示す。

[0195]

[表13]

		実施例9	実施例10	実施例11	比較例19
スパッタリング ターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃	90.8	97.8	81.6
		Ga ₂ O ₃	9.2	2.2	18.4
金属組成比率 [at%]		In	87.0	96.8	75.0
		Ga	13.0	3.2	25.0
チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5
	成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.05	0.00	0.05
	成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.00	0.01	0.00
	磁束密度[G]	600	600	600	600
	膜厚[nm]	30	30	10	30
TFT作製条件	チャネル層 パターニング	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸
	昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10
アニール	最高温度[°C]	350	350	350	350
	保持時間[時間]	1	1	1	1
	雰囲気	大気	大気	大気	大気
	ゲート絶縁膜 成膜	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
	膜厚[nm]	10	10	10	10
アニール	昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10
	最高温度[°C]	400	400	400	400
	保持時間[時間]	1	1	1	1
	雰囲気	大気	大気	大気	大気

[0196] [表14]

		実施例9	実施例10	実施例11	比較例19
ゲート絶縁膜成膜	ゲート絶縁膜膜厚[nm]	SiO ₂ 100	SiO ₂ 100	SiO ₂ 100	SiO ₂ 100
	ゲート電極成膜	Mo 150	Mo 150	Mo 150	Mo 150
ゲートパターンニング	ゲート電極エッチャント	PAN	PAN	PAN	PAN
	ゲート絶縁膜エッチャント	BHF	BHF	BHF	BHF
ITO層成膜	クリーニングエッチャント	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N
	成膜時酸素分圧[%]	2.0	2.0	2.0	2.0
	膜厚[nm]	2	2	2	2
	最高温度[°C]	350	350	350	350
低抵抗化アニール	保持時間[時間]	1	1	1	1
	雰囲気	大気中	大気中	大気中	大気中
層間絶縁膜成膜	絶縁膜膜厚[nm]	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150
	エッチャント	BHF	BHF	BHF	BHF
コンタクトホール形成電極形成	電極	Mo	Mo	Mo	Mo
	最高温度[°C]	300	300	300	300
最終アニール	保持時間[時間]	1	1	1	1
	雰囲気	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂
最終形状	L長[μm]	10	10	10	10
	W長[μm]	20	20	20	20
	ゲート絶縁膜膜厚[nm]	110	110	110	110
	L _{off} [μm] 6条件	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14
	Ls [μm] 6条件	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12

TFT作製条件

[0197] [表15]

		実施例9	実施例10	実施例11	比較例19	
子ヤネル層の 評価	断面TEM像	平均粒界角度 θ [°]	103.7	96.0	106.7	
		平均粒界角度 θ_{sub} [°]	103.7	96	106.7	
		結晶粒界の平均間隔 D [μm]	2.0	1.6	1.4	
		L_{off}/D	2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0	2.5, 3.8, 5.0, 7.5, 8.8	2.9, 4.3, 5.7, 8.6, 10	
		L_s/D	1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0	1.3, 2.5, 3.8, 5.0, 7.5	1.4, 2.9, 4.3, 5.7, 8.6	
	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	膜厚方向に 2層結晶化	
	SSRM・ 拡がり抵抗値評価	低抵抗領域A R_A [Ω]	9.4E+04	6.1E+04	3.8E+04	1.0E+04
		高抵抗領域B R_B [Ω]	1.6E+06	2.9E+06	1.1E+06	1.1E+04
		R_B/R_A	17.4	46.8	28.2	1.1
		$R_s(L)$	1.6E+06	2.9E+06	1.1E+06	1.1E+04
$R_s(L_{off})$		1.4E+05	9.1E+04	5.7E+04	1.2E+04	
TFT性能	SCM・ dC/dV評価 電子線回折	$R_s(L_s)$	9.4E+04	6.1E+04	3.8E+04	1.0E+04
		$R_s(L)/R_s(L_{off})$	11.6	31.2	18.8	0.9
		$R_s(L)/R_s(L_s)$	17.4	46.8	28.2	1.1
		$\angle L$ [μm]	-0.7	-0.3	-0.6	R_A, R_B の差が ないため測定不可
		境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)
	$V_d=0.1V$	結晶構造	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト
		$\mu_{lin} Max$ [cm ² /(V·s)]	35.8	35.5	40	
		$\Delta \mu_{lin}$ [cm ² /(V·s)]	1.4	1.6	1.1	ON/OFFしない リーク
		S値 [V/decade]	0.5	0.4	0.4	
		Vth [V]	-0.2	-0.5	-0.2	
$V_d=20V$	ΔV_{th}	0.4	0.3	0.6		
	$\mu_{sat} Max$ [cm ² /(V·s)]	33.0	32.5	37.2		
	$\Delta \mu_{sat}$ [cm ² /(V·s)]	0.8	1.4	0.9	ON/OFFしない リーク	
	S値 [V/decade]	0.4	0.4	0.4		
	Vth [V]	-0.2	-0.5	-0.2		
DIBL現象の有無	ΔV_{th}	0.5	0.2	0.6		
		無し	無し	無し	ON/OFFしない	

[0198] 実施例 12～20

実施例 1 の (2) 酸化物薄膜の形成時に、表 16, 17 に示す仕込み組成比率の原料混合物から得られた酸化物スパッタリングターゲットを用い、表 16～19 に示すスパッタリング条件によってチャンネル層を形成した以外は、実施例 1 と同様にして T F T を作製した。

表 16～19 に T F T の作製条件の要約を示す。また、T F T の評価結果を表 20、21 に示す。

[0199]

[表16]

		実施例12	実施例13	実施例14	実施例15	実施例16
スパッタリング ターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃	92.0	91.9	84.8	82.8
		Ga ₂ O ₃	6.0	3.2	13.6	13.2
		Sm ₂ O ₃	4.0	2.0	5.0	4.0
	金属組成比率 [at%]	In	86.8	91.4	79.8	78.5
		Ga	10.1	4.7	19.0	18.5
		Sm	3.1	1.6	3.9	3.0
		成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.05	0.05	0.05
		成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.00	0.00	0.00
		磁束密度[G]	1000	1000	1000	1000
TFT作製条件	膜厚[nm]	30	30	30	30	30
	半導体エッチング	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸
	昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10	10
	最高温度[°C]	350	350	350	350	350
	保持時間[時間]	1	1	1	1	1
	雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気
	ゲート絶縁膜 成膜	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
	膜厚[nm]	100	100	100	100	100
	昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10	10
	最高温度[°C]	400	400	400	400	400
保持時間[時間]	1	1	1	1	1	
雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	

[0200] [表17]

		実施例17	実施例18	実施例19	実施例20	
スバッタリング ターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃	96.6	94.2	92.8	
		Ga ₂ O ₃	2.2	4.5	2.2	
		Sm ₂ O ₃	1.3	1.3	5.0	
	金属組成比率 [at%]	In	88.5	95.8	92.5	92.8
		Ga	5.0	3.2	6.5	3.2
		Sm	6.5	1.0	1.0	4.0
		成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5
	チャネル層成膜	成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.00	0.00	0.00
		成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.01	0.01	0.01
		磁束密度[G]	1000	1000	1000	1000
膜厚[nm]		30	30	30	30	
TFT作製条件	チャネル層 パターニング	半導体エッチング	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	
		昇温パターン[C/分]	10	10	10	
	アニール	最高温度[C]	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気
		ゲート絶縁膜 成膜	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
	アニール	膜厚[nm]	100	100	100	100
		昇温パターン[C/分]	10	10	10	10
		最高温度[C]	400	400	400	400
		保持時間[時間]	1	1	1	1
雰囲気	大気	大気	大気	大気		

[0201] [表18]

		実施例12	実施例13	実施例14	実施例15	実施例16
TFT作製条件	ゲート電極成膜	Mo 150	Mo 150	Mo 150	Mo 150	Mo 150
	ゲートパターンニング	PAN BHF ITO-06N	PAN BHF ITO-06N	PAN BHF ITO-06N	PAN BHF ITO-06N	PAN BHF ITO-06N
	ITO層成膜	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	低抵抗化アニール	350 1 大気中	350 1 大気中	350 1 大気中	350 1 大気中	350 1 大気中
	層間絶縁膜成膜	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150
	層間絶縁膜コンタクトホール形成	BHF Mo	BHF Mo	BHF Mo	BHF Mo	BHF Mo
	電極形成	AZ5214 200	AZ5214 200	AZ5214 200	AZ5214 200	AZ5214 200
	最終アニール	1 N2 10 20	1 N2 10 20	1 N2 10 20	1 N2 10 20	1 N2 10 20
	最終形状	100 4, 6, 8, 10, 12, 14 6条件	100 4, 6, 8, 10, 12, 14 6条件	100 4, 6, 8, 10, 12, 14 6条件	100 4, 6, 8, 10, 12, 14 6条件	100 4, 6, 8, 10, 12, 14 6条件
		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	2	2	2	2	2	
	350	350	350	350	350	
	1	1	1	1	1	
	大気中	大気中	大気中	大気中	大気中	
	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	
	150	150	150	150	150	
	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF	
	Mo	Mo	Mo	Mo	Mo	
	AZ5214	AZ5214	AZ5214	AZ5214	AZ5214	
	200	200	200	200	200	
	1	1	1	1	1	
	N2	N2	N2	N2	N2	
	10	10	10	10	10	
	20	20	20	20	20	
	100	100	100	100	100	
	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	
	6条件	6条件	6条件	6条件	6条件	
	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	

[0202] [表19]

		実施例17	実施例18	実施例19	実施例20
ゲート電極成膜	ゲート電極膜厚[nm]	Mo 150	Mo 150	Mo 150	Mo 150
	ゲート電極エッチャント	PAN	PAN	PAN	PAN
	ゲート絶縁膜エッチャント	BHF	BHF	BHF	BHF
	クリーニングエッチャント	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N
	成膜時酸素分圧[%]	2.0	2.0	2.0	2.0
	膜厚[nm]	2	2	2	2
	最高温度[°C]	350	350	350	350
	保持時間[時間]	1	1	1	1
	雰囲気	大気中	大気中	大気中	大気中
	絶縁膜成膜	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150
層間絶縁膜成膜	エッチャント	BHF	BHF	BHF	BHF
	電極	Mo	Mo	Mo	Mo
層間絶縁膜コンタクトホール形成	レジスト	AZ5214	AZ5214	AZ5214	AZ5214
	最高温度[°C]	200	200	200	200
最終アニール	保持時間[時間]	1	1	1	1
	雰囲気	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂
最終形状	L長[μm]	10	10	10	10
	W長[μm]	20	20	20	20
	ゲート絶縁膜膜厚[nm]	100	100	100	100
	L _{off} [μm]	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14
	Ls [μm]	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12

TFT作製条件

[0203] [表20]

	実施例12	実施例13	実施例14	実施例15	実施例16		
断面TEM像	平均粒界角度 θ [°]	78	101	83	104		
	平均粒界角度 θ_{sub} [°]	78	101	83	104		
	結晶粒界の平均間隔 D [μm]	0.60	1.90	0.60	1.10		
	L_{off}/D	3.6, 5.5, 7.3, 10, 11, 13	6.7, 10, 13, 18, 20, 23	2.1, 3.2, 4.2, 5.3, 6.3, 7.4	6.7, 10, 13, 17, 20, 23	3.6, 5.5, 7.3, 9.1, 11, 13	
	L_c/D	1.8, 3.6, 5.5, 7.3, 9.1, 11	3.3, 6.7, 10, 13, 17, 20	1.1, 2.1, 3.2, 4.2, 5.3, 6.3	3.3, 6.7, 10, 13, 17, 20	1.8, 3.6, 5.5, 7.3, 9.1, 11	
	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	
	低抵抗領域A R_A [Ω]	3.9E+04	4.3E+04	1.4E+05	3.4E+04	8.8E+04	
	高抵抗領域B R_B [Ω]	1.5E+06	9.2E+05	4.6E+06	8.9E+05	2.6E+06	
	R_B/R_A	38	21	34	26	29	
	$R_S(L)$	1.5E+06	9.2E+05	4.6E+06	8.9E+05	2.6E+06	
SSRM・ 拡がり抵抗値評価	$R_S(L_{off})$	5.8E+04	6.4E+04	2.0E+05	5.2E+04	1.3E+05	
	$R_S(L_S)$	3.8E+04	4.3E+04	1.4E+05	3.4E+04	8.8E+04	
	$R_S(L)/R_S(L_{off})$	25	14	23	17	19	
	$R_S(L)/R_S(L_S)$	38	21	34	26	29	
	L/L_{off} [μm]	-0.4	-0.8	-0.6	0.2	-0.4	
	境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	
	dC/dV評価	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト	
	電子線回折	結晶構造	結晶構造	結晶構造	結晶構造	結晶構造	
	Vd=0.1V	μ_{lin_Max} [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	38.9	39.2	38.7	32.1	30.2
		$\Delta\mu_{lin}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	1.2	1.4	1.3	1.4	1.1
S値 [V/decade]		0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	
Vth [V]		-0.1	-0.7	-0.3	0.7	0.4	
ΔV_{th}		0.6	0.4	0.2	0.4	0.6	
μ_{sat_Max} [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]		33.9	34.5	31.7	30.1	28.9	
$\Delta\mu_{sat}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]		0.9	1.8	1.4	1.1	0.7	
S値 [V/decade]		0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	
Vth [V]		-0.9	0.6	1	-0.4	0.2	
ΔV_{th}		0.5	0.6	0.6	0.2	0.6	
TFT性能	DIBL現象の有無	無し	無し	無し	無し		

[0204] [表21]

	実施例17	実施例18	実施例19	実施例20	
断面TEM像	平均粒界角度 θ [°]	72	99	82	77
	平均粒界角度 θ_{sub} [°]	72	99	82	77
	結晶粒界の平均間隔 D [μm]	0.20	0.90	0.70	2.00
	L_{off}/D	20, 30, 40, 50, 60, 70	4.4, 6.7, 8.9, 11, 13, 16	5.7, 8.6, 11, 14, 17, 20	2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0
	L_s/D	10, 20, 30, 40, 50, 60	2.2, 4.4, 6.7, 8.9, 11, 13	2.9, 5.7, 8.6, 11, 14, 17	1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0
	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
	低抵抗領域A R_{A} [Ω]	9.8E+04	5.5E+04	2.3E+04	3.2E+04
	高抵抗領域B R_{B} [Ω]	4.2E+06	1.3E+06	9.2E+05	6.4E+05
	R_B/R_A	43	24	39	20
	$R_s(L)$	4.2E+06	1.3E+06	9.2E+05	6.4E+05
SSRM・ 拡がり抵抗値評価	$R_s(L_{off})$	1.5E+05	8.3E+04	3.5E+04	4.7E+04
	$R_s(L_s)$	9.8E+04	5.5E+04	2.3E+04	3.2E+04
	$R_s(L)/R_s(L_{off})$	29	16	26	14
	$R_s(L)/R_s(L_s)$	43	24	39	20
	ΔL [μm]	-0.2	-0.5	-0.7	0.0
	境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)
	結晶構造	ビクスパイト	ビクスパイト	ビクスパイト	ビクスパイト
	$\mu_{lin} \text{ Max}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	35.1	38.7	38.5	39.2
	$\Delta \mu_{lin}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	1.2	1.4	1.4	1.2
	S値 [V/decade]	0.4	0.5	0.5	0.5
TFT性能	V_{th} [V]	-0.7	-0.2	-0.2	1.2
	ΔV_{th}	0.5	0.5	0.2	0.5
	$\mu_{sat} \text{ Max}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	33.2	34.9	34.4	34.5
	$\Delta \mu_{sat}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	0.8	1.4	1.2	1.2
	S値 [V/decade]	0.5	0.4	0.6	0.4
	V_{th} [V]	-0.7	0	0	-0.4
	ΔV_{th}	0.3	0.4	0.3	0.5
	DIBL現象の有無	無し	無し	無し	無し

[0205] 実施例 2 1 ~ 3 4 B

実施例 1 の (2) 酸化物薄膜の形成において、表 2 2 ~ 2 4 に示す仕込み組成比率の原料混合物から得られた酸化物スパッタリングターゲットを使用し、また、各構成層の形成条件を表 2 2 ~ 2 7 に示すように変更した他は、実施例 1 と同様にして T F T を作製した。

表 2 2 ~ 2 7 に T F T の作製条件の要約を示す。また、T F T の評価結果を表 2 8 ~ 3 0 に示す。

[0206]

[表22]

		実施例21	実施例22	実施例23	実施例24	実施例25	
スパッタリング ターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃	94.0	88.0	87.5	89.6	83.0
		Ga ₂ O ₃	4.0	11.0	11.0	10.0	15.0
		Al ₂ O ₃	2.0	1.0	1.5	0.4	2.0
	金属組成比率 [at%]	In	89.2	82.2	81.1	84.9	75.0
		Ga	5.6	15.2	15.1	14.0	20.1
		Al	5.2	2.5	3.8	1.1	4.9
		成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	チャンネル層成膜	成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.05	0.05	0.25	0.05
		成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		磁束密度[G]	1000	1000	1000	1000	1000
膜厚[nm]		30	30	30	30	30	
TFT作製 条件	チャンネル層 パターニング	半導体エッチング	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸
		昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10	10
	アニール	最高温度[°C]	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気
		ゲート絶縁膜 成膜	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
	アニール	膜厚[nm]	100	100	100	100	100
		昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10	10
		最高温度[°C]	400	400	400	400	400
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1
	雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	

[0207] [表23]

		実施例26	実施例27	実施例28	実施例29	実施例30
スハットリング ターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃	83.2	87.8	90.7	92.6
		Ga ₂ O ₃	16.2	9.8	7.3	5.8
		Al ₂ O ₃	0.6	2.4	2.0	1.6
	金属組成比率 [at%]	In	76.5	80.7	84.8	87.7
		Ga	22.0	13.3	10.1	8.1
		Al	3.7	6.0	5.1	4.1
		成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.05	0.05	0.05
		成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.00	0.00	0.00
		磁束密度[G]	1000	1000	1000	1000
	膜厚[nm]	30	30	30	30	
	半導体エッチング	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸
TFT作製 条件	昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10	10
	最高温度[°C]	350	350	350	350	350
	保持時間[時間]	1	1	1	1	1
	雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気
	ゲート絶縁膜 成膜	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
		膜厚[nm]	100	100	100	100
	昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10	10
	最高温度[°C]	400	400	400	400	400
	保持時間[時間]	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気

[0208] [表24]

		実施例31	実施例32	実施例33	実施例34	実施例34A	実施例34B	
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃	92.1	97.4	95.1	96.2	91.0	93.5
		Ga ₂ O ₃	5.1	2.2	4.5	2.2	8.0	5.0
		Al ₂ O ₃	2.8	0.4	0.4	1.5	1.0	1.5
	金属組成比率 [at%]	In	85.9	95.8	92.5	92.8	86.2	89.1
		Ga	7.0	3.2	6.5	3.2	11.2	7.1
		Al	7.1	1.0	1.0	4.0	2.6	3.9
	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.00	0.00	0.00	0.15	0.10	
	成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	
	磁束密度[G]	1000	1000	1000	1000	0	0	
	膜厚[nm]	30	30	30	30	30	30	
	半導体エッチング	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	シュウ酸	
TFT作製条件	昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10	10	10	
	最高温度[°C]	350	350	350	350	350	350	
	保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	
	雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	
	ゲート絶縁膜成膜	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	
	膜厚[nm]	100	100	100	100	100	100	
	昇温パターン[°C/分]	10	10	10	10	10	10	
	最高温度[°C]	400	400	400	400	400	400	
	保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	
	雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	

[0210] [表26]

		実施例26	実施例27	実施例28	実施例29	実施例30
TFT作製 条件	ゲート電極 成膜	Mo 150	Mo 150	Mo 150	Mo 150	Mo 150
	ゲート電極エッチャント	PAN	PAN	PAN	PAN	PAN
	ゲート絶縁膜エッチャント	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF
	クリーニングエッチャント	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N
	成膜時酸素分圧[%]	-	2.0	-	2.0	2.0
	膜厚[nm]	-	2	-	2	2
	最高温度[°C]	-	350	-	-	350
	保持時間[時間]	-	1	-	-	1
	雰囲気	-	大気中	-	-	大気中
	絶縁膜 成膜	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150
	層間絶縁膜 エッチャント	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF
	電極形成	Mo AZ5214	Mo AZ5214	Mo AZ5214	Mo AZ5214	Mo AZ5214
	レジスト	200	200	200	200	200
最終アニール	最高温度[°C] 保持時間[時間] 雰囲気	1 N2	1 N2	1 N2	1 N2	1 N2
最終形状	L長[μm]	10	10	10	10	10
	W長[μm]	20	20	20	20	20
	ゲート絶縁膜膜厚[nm]	100	100	100	100	100
	L _{off} [μm]	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14
	L _s [μm]	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12

[0211] [表27]

		実施例31	実施例32	実施例33	実施例34	実施例34A	実施例34B
ゲート電極成膜	ゲート電極膜厚[nm]	Mo 150	Mo 150	Mo 150	Mo 150	Mo 150	Mo 150
	ゲート電極エッチャント	PAN	PAN	PAN	PAN	PAN	PAN
ゲートパターンニング	ゲート絶縁膜エッチャント	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF
	クリーニングエッチャント	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N	ITO-06N
ITO層成膜	成膜時酸素分圧[%]	2.0	-	-	-	-	-
	膜厚[nm]	2	-	-	-	-	-
低抵抗化アニール	最高温度[°C]	350	-	-	-	-	-
	保持時間[時間]	1	-	-	-	-	-
層間絶縁膜成膜	雰囲気	大気中	-	-	-	-	-
	絶縁膜膜厚[nm]	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150	SiO ₂ 150
層間絶縁膜コンタクトホール形成	エッチャント	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF	BHF
	電極レジスト	Mo AZ5214	Mo AZ5214	Mo AZ5214	Mo AZ5214	Mo AZ5214	Mo AZ5214
電極形成	最高温度[°C]	200	200	200	200	200	200
	保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1
最終アニール	雰囲気	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂
	L長[μm]	10	10	10	10	10	10
最終形状	W長[μm]	20	20	20	20	20	20
	ゲート絶縁膜膜厚[nm]	100	100	100	100	100	100
	L _{off} [μm]	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14	4, 6, 8, 10, 12, 14
	Ls [μm]	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12	2, 4, 6, 8, 10, 12

TFT作製条件

[0212] [表28]

		実施例21	実施例22	実施例23	実施例24	実施例25
断面TEM像	平均粒界角度 θ [°]	91.1	74.9	84.2	86.7	81.8
	平均粒界角度 θ_{sub} [°]	91.1	74.9	84.2	86.7	81.8
	結晶粒界の平均間隔 D [μm]	1.1	0.3	1.0	0.8	1.6
	L_{off}/D	3.6, 5.5, 7.3, 9.1, 11, 13	13, 20, 27, 33, 40, 47	4.0, 6.0, 8.0, 10, 12, 14	5.0, 7.5, 10, 13, 15, 18	2.5, 3.8, 5.0, 6.3, 7.5, 8.8
	L_g/D	1.8, 3.6, 5.5, 7.3, 9.1, 11	6.7, 13, 20, 27, 33, 40	2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10, 12	2.5, 5.0, 7.5, 10, 13, 15	1.3, 2.5, 3.8, 5.0, 6.3, 7.5
	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
	低抵抗領域A R_A [Ω]	1.3E+05	1.3E+05	8.1E+04	1.2E+05	1.0E+05
	高抵抗領域B R_B [Ω]	5.4E+06	4.5E+06	3.1E+06	2.9E+06	3.7E+06
	R_B/R_A	41	34	38	24	38
	$R_s(L)$	5.4E+06	4.5E+06	3.1E+06	2.9E+06	3.7E+06
SSRM・ 拡がり抵抗値評価	$R_s(L_{off})$	2.0E+05	2.0E+05	1.2E+05	1.8E+05	1.5E+05
	$R_s(L_s)$	1.3E+05	1.3E+05	8.1E+04	1.2E+05	1.0E+05
	$R_s(L)/R_s(L_{off})$	27	22.5	25.1	16.3	25
	$R_s(L)/R_s(L_s)$	41	33.7	37.7	24.4	38
	ΔL [μm]	-0.6	0.1	0.1	-0.3	-0.1
	境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B) >> (B)	(A-B) >> (B)	(A-B) >> (B)	(A-B) >> (B)	(A-B) >> (B)
	結晶構造	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト
	$\mu_{lin} \text{ Max}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	38.7	38.7	39.9	33.2	38.5
	$\Delta \mu_{lin}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	1.6	1.6	1.6	1.5	1.2
	S値 [V/decade]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
TFT性能	V_{th} [V]	-0.3	-0.9	-0.9	1.4	0.2
	ΔV_{th}	0.6	0.3	0.5	0.6	0.5
	$\mu_{sat} \text{ Max}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	35.8	35.2	36.1	30.5	35.3
	$\Delta \mu_{sat}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	1.3	0.5	1.6	1	0.7
	S値 [V/decade]	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5
	V_{th} [V]	-0.25	-0.9	-0.85	1.45	0.3
	ΔV_{th}	0.5	0.2	0.6	0.1	0.5
	DIBL現象の有無	無し	無し	無し	無し	無し

[0213]

[表29]

	実施例26	実施例27	実施例28	実施例29	実施例30	
断面TEM像	平均粒界角度 θ [°]	103.1	92.8	101.2	89.7	
	平均粒界角度 θ_{sub} [°]	103.1	92.8	101.2	89.7	
	結晶粒界の平均間隔 D [μm]	0.7	0.4	0.4	0.6	
	L_{off}/D	57.86, 11, 14, 17, 20 29, 5.7, 8.6, 11, 14, 17	57.86, 11, 14, 17, 20 29, 5.7, 8.6, 11, 14, 17	10, 15, 20, 25, 30, 35 5, 10, 15, 20, 25, 30	10, 15, 20, 25, 30, 35 5, 10, 15, 20, 25, 30	6.7, 10, 13, 17, 20, 23 3.3, 6.7, 10, 13, 17, 20
	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
	低抵抗領域A R_A [Ω]	1.2E+05	1.3E+05	1.3E+05	6.6E+04	2.4E+04
	高抵抗領域B R_B [Ω]	5.1E+06	3.9E+06	3.9E+06	3.3E+06	6.7E+05
	R_B/R_A	43	31	29	50	28
	$R_s(L)$	5.1E+06	3.9E+06	3.9E+06	3.3E+06	6.7E+05
	$R_s(L_{off})$	1.8E+05	1.9E+05	2.0E+05	9.8E+04	3.5E+04
SSRM・ 拡がり抵抗値評価	$R_s(L_s)$	1.2E+05	1.3E+05	1.3E+05	6.6E+04	2.4E+04
	$R_s(L)/R_s(L_{off})$	29	21	19	33.1	19
	$R_s(L)/R_s(L_s)$	43	31	29	49.7	28
	ΔL [μm]	-0.7	-0.6	0.2	0.2	-0.8
	境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B) \times (B)	(A-B) \times (B)	(A-B) \times (B)	(A-B) \times (B)	(A-B) \times (B)
	結晶構造	ビクスバイト	ビクスバイト	ビクスバイト	ビクスバイト	ビクスバイト
	$\mu\text{lin Max}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	38.5	33.7	38.5	34.5	39.7
	$\Delta\mu\text{lin}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	1.1	1.6	1.2	1.4	1.2
	S値 [V/decade]	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5
	V_{th} [V]	0.4	-0.6	0.1	0.2	-0.9
TFT性能	ΔV_{th}	0.3	0.6	0.5	0.1	0.4
	$\mu\text{sat Max}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	35.3	30.9	35.3	31.2	36.5
	$\Delta\mu\text{sat}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	1.8	1.1	1.1	1.7	0.6
	S値 [V/decade]	0.4	0.5	0.4	0.6	0.5
	V_{th} [V]	0.5	-0.6	0.2	0.3	-0.9
	ΔV_{th}	0.4	0.6	0.3	0.2	0.6
	DIBL現象の有無	無し	無し	無し	無し	無し

[表30]

	実施例31	実施例32	実施例33	実施例34	実施例34A	実施例34B
断面TEM像	平均粒界角度 θ [°]	93.6	96.4	99.8	100.3	99.5
	平均粒界角度 θ_{sub} [°]	109.9	93.6	96.4	99.8	100.3
結晶状態	結晶粒界の平均間隔 D [μm]	0.3	0.3	0.2	1.1	0.9
	L_{off}/D	13, 20, 27, 40, 47	13, 20, 27, 40, 47	20, 30, 40, 60, 70	3.6, 5.5, 7.3, 11, 13	4.4, 1.4, 5.9, 1.7, 7.1, 2.0
SSRM・ 拡がり抵抗値評価	L_s/D	6.7, 13, 20, 27, 40	6.7, 13, 20, 27, 40	10, 20, 30, 40, 60	1.8, 3.6, 5.5, 7.3, 11	2.2, 1.8, 3.3, 2.4, 4.2, 2.9
	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
チャネル 層の評価	低抵抗領域A R_A [Ω]	3.5E+04	8.1E+04	1.2E+05	7.2E+04	7.3E+04
	高抵抗領域B R_B [Ω]	6.7E+05	1.8E+06	2.8E+06	1.1E+06	8.0E+05
	R_B/R_A	19	22	23	16	11
	$R_s(L)$	6.7E+05	1.8E+06	2.8E+06	1.1E+06	1.1E+06
	$R_s(L_{off})$	5.3E+04	1.2E+05	1.8E+05	1.1E+05	1.1E+05
	$R_s(L_s)$	3.5E+04	8.1E+04	1.2E+05	7.2E+04	7.2E+04
	$R_s(L)/R_s(L_{off})$	13	14.9	15.6	10.4	10.4
	$R_s(L)/R_s(L_s)$	19	22.3	23.4	15.6	15.6
	ΔL [μm]	0.0	0.0	-0.3	-0.1	-0.5
	境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)
SCM・ dC/dV評価 電子線回折	結晶構造	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト
	$\mu\text{lin Max}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	32.6	39.6	31.2	33.5	34.2
Vd=0.1V	$\Delta\mu\text{lin}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	1.2	1.5	1.5	1.6	2.5
	S値 [V/decade]	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5
	Vth [V]	-0.5	0.1	0.4	1.3	-1.5
	$\Delta V\text{th}$	0.1	0.2	0.5	0.5	0.8
	$\mu\text{sat Max}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	29.3	36.6	28.3	30.8	32.8
Vd=20V	$\Delta\mu\text{sat}$ [$\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$]	1.7	1.8	1.8	1.3	2.1
	S値 [V/decade]	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6
	Vth [V]	-0.5	0.2	0.5	1.4	-1.8
	$\Delta V\text{th}$	0.5	0.3	0.2	0.4	0.6
	DIBL現象の有無	無し	無し	無し	無し	無し

[0215] 実施例 3 5 ~ 2 1 6

実施例 1 の (2) 酸化物薄膜の形成において、表 3 1 ~ 5 5 に示す仕込み組成比率の原料混合物から得られた酸化物スパッタリングターゲットを使用し、また、表 3 1 ~ 5 5 に示すように酸化物薄膜のスパッタリング条件を変更した他は、実施例 1 と同様にして T F T を作製した。

表 3 1 ~ 5 5 に得られたチャンネル層の評価結果、及び T F T 性能を示す。

[0216]

[0221] [表36]

実施例75	実施例76	実施例77	実施例78	実施例79	実施例80	実施例81	実施例82
In ₂ O ₃ [mass%]	87.5	86.9	80.8	95.0	97.6	93.9	98.6
金属酸化物 [mass%]	12.5	3.1	19.2	5.0	2.4	6.1	1.4
金属酸化物の種類	Nb ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	GeO ₂	SiO ₂	SiO ₂
In [at %]	87.0	96.8	87.0	96.8	87.0	87.0	96.8
X [at %]	13.0	3.2	13.0	3.2	13.0	13.0	3.2
X元素	Nb	Nb	Ta	Ta	Ge	Si	Si
成膜時の圧力 [Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
成膜時の酸素分圧 [Pa]	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00
成膜時の水分圧 [Pa]	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
磁束密度 [G]	600	600	600	600	600	600	600
膜厚 [nm]	30	10	30	10	10	30	10
その他 TFT 作製条件	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様
平均粒界角度 θ [°]	81.3	73.9	81	106.3	78	104.2	98.1
平均粒界角度 θ sub [°]	81.3	73.9	81	106.3	78	104.2	98.1
結晶粒界の平均間隔 D [μm]	1.7	0.1	1.5	1.7	0.9	0.6	1.4
結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
低抵抗領域 A R _A [Ω]	5.8E+04	3.6E+04	1.0E+05	3.4E+04	1.3E+05	6.4E+04	2.8E+04
高抵抗領域 B R _B [Ω]	1.0E+06	6.6E+05	3.4E+06	1.6E+06	3.2E+06	2.1E+06	1.2E+06
R _B /R _A	18	18	34	47	24	32	41
R _S (L)	1.0E+06	6.6E+05	3.4E+06	1.6E+06	3.2E+06	2.1E+06	1.2E+06
R _S (L _{gr})	8.7E+04	5.4E+04	1.5E+05	5.0E+04	2.0E+05	9.6E+04	4.2E+04
R _S (L _s)	5.8E+04	3.6E+04	1.0E+05	3.4E+04	1.3E+05	6.4E+04	2.8E+04
R _S (L)/R _S (L _{gr})	12	12	23	31	16	21	27
R _S (L)/R _S (L _s)	18	18	34	47	24	32	41
∠L [μm]	-0.4	-0.4	-0.1	-0.1	0.2	-0.5	-0.7
境界領域 (A-B) と領域 (B) の大小	(A-B) > (B)	(A-B) > (B)	(A-B) > (B)	(A-B) > (B)	(A-B) > (B)	(A-B) > (B)	(A-B) > (B)
SQM・dC/dV 評価	ピークスパイト	ピークスパイト	ピークスパイト	ピークスパイト	ピークスパイト	ピークスパイト	ピークスパイト
電子線回折	38.7	34.5	36.0	37.3	34.3	39.3	37.0
μ lin Max [cm ² /(V·s)]	1.4	1.3	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5
Δμ lin [cm ² /(V·s)]	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4
S 値 [V/decade]	0.2	0.1	0.7	0.3	0.5	0.8	0.2
Vth [V]	0.1	0.1	0.5	0.6	0.6	0.2	0.3
ΔVth	35.9	31.6	33	34.5	31.4	36.3	34.2
μ sat Max [cm ² /(V·s)]	1.5	1.7	1.8	1.1	1.4	0.5	1.7
Δμ sat [cm ² /(V·s)]	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.4	0.4
S 値 [V/decade]	0.3	0.2	0.8	0.4	0.6	-0.5	0.3
Vth [V]	0.4	0.6	0.2	0.3	0.6	0.5	0.2
ΔVth	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し
DIBL 現象の有無	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し
TFT性能	Vd=0.1V	Vd=20V					

[0222] [表37]

	実施例83	実施例84	実施例85	実施例86	実施例87	実施例88	実施例89	実施例90	
スパッタリング ターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃ [mass%] 83.0 Ga ₂ O ₃ [mass%] 13.2 X2O3 [mass%] 3.8	86.6 2.2 1.2	82.6 13.1 4.3	96.5 2.2 1.4	83.1 13.2 3.7	96.6 2.2 1.2	83.0 13.2 3.8	96.6 2.2 1.2
	金属組成比率[at%]	X2O3 種類 In [at %] 78.5 Ga [at %] 18.5 X [at %] 3.0	Nd2O3 95.8 3.2 1.0	Ho2O3 78.5 18.5 3.0	Ho2O3 95.8 3.2 1.0	Ho2O3 95.8 3.2 1.0	La2O3 78.5 18.5 3.0	La2O3 95.8 3.2 1.0	Ce2O3 78.5 18.5 3.0
TFT作製条件	チャネル層成膜	X元素 Nd 成膜時の圧力[Pa] 0.5 成膜時の酸素分圧[Pa] 0.05 成膜時の水分圧[Pa] 0.00 磁束密度[G] 600 膜厚[nm] 30	Nd 0.5 0.00 0.00 600 10	Ho 0.5 0.05 0.00 600 30	Ho 0.5 0.00 0.01 600 10	La 0.5 0.05 0.00 600 30	La 0.5 0.00 0.01 600 10	Ce 0.5 0.05 0.00 600 30	Ce 0.5 0.00 0.01 600 10
	断面TEM像	その他 TFT作製条件 平均粒界角度θ [°] 84.8 平均粒界角θ sub [°] 84.8 結晶状態 柱状結晶 低抵抗領域A R _A [Ω] 8.6E+04 高抵抗領域B R _B [Ω] 1.4E+06 R _B /R _A 16 Rs (L) 1.4E+06 Rs (L _{off}) 1.3E+05 Rs (Ls) 8.6E+04 Rs (L)/Rs (L _{off}) 11 Rs (L)/Rs (Ls) 16 ∠L [μm] -0.3	実施例1同様 100.6 100.6 1 柱状結晶 柱状結晶 1.1E+05 2.2E+06 20 2.2E+06 1.6E+05 1.1E+05 14 20 0.2 (A-B)×(B)	実施例1同様 74.5 74.5 1.2 柱状結晶 柱状結晶 6.0E+04 2.2E+06 37 2.2E+06 9.1E+04 6.0E+04 25 37 0.2 (A-B)×(B)	実施例1同様 108.8 108.8 0.4 柱状結晶 柱状結晶 9.3E+04 2.0E+06 22 2.0E+06 1.4E+05 9.3E+04 14 22 0.2 (A-B)×(B)	実施例1同様 95.5 95.5 0.2 柱状結晶 柱状結晶 2.8E+04 8.8E+05 31 8.8E+05 4.3E+04 2.8E+04 21 31 -0.3 (A-B)×(B)	実施例1同様 96.6 96.6 0.5 柱状結晶 柱状結晶 9.3E+04 2.5E+06 27 2.5E+06 1.4E+05 9.3E+04 18 27 -0.1 (A-B)×(B)	実施例1同様 83.4 83.4 0.9 柱状結晶 柱状結晶 6.6E+04 1.8E+06 27 1.8E+06 9.9E+04 6.6E+04 18 27 (A-B)×(B)	実施例1同様 80.3 80.3 0.7 柱状結晶 柱状結晶 8.0E+04 2.1E+06 27 2.1E+06 1.2E+05 8.0E+04 18 27 (A-B)×(B)
チャネル層の 評価	SCM・ dC/dV評価 電子線回折	境界領域(A-B)と領域(B)の大小 結晶構造 μlin Max [cm ² /(V·s)] Δμlin [cm ² /(V·s)] S値 [V/decade] Vth [V] ΔVth μsat Max [cm ² /(V·s)] Δμsat [cm ² /(V·s)] S値 [V/decade] Vth [V] ΔVth	ピクスパイト 36.3 1.3 0.4 -0.6 0.2 33 0.8 0.6 -0.4 0.6 無し	ピクスパイト 34.2 1.2 0.4 1.4 0.6 31.4 1.8 0.6 1.5 0.6 無し	ピクスパイト 40 1.4 0.5 1.2 0.5 37 1.5 0.6 1.3 0.1 無し	ピクスパイト 36.9 1.2 0.5 1 0.4 34 1 0.5 1.1 0.5 無し	ピクスパイト 40.3 1.2 0.4 0.4 0.1 37.3 0.5 0.5 0.2 0.2 無し	ピクスパイト 32.4 1.1 0.5 1 0.1 29.6 1.3 0.5 1.1 0.2 無し	ピクスパイト 37.1 1.6 0.4 0.1 0.5 34.2 0.5 0.4 0.2 0.6 無し
	TFT性能	DIBL現象の有無	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し

[0223] [表38]

	実施例91	実施例92	実施例93	実施例94	実施例95	実施例96	実施例97	実施例98
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	83.0	96.6	82.5	96.4	82.4	96.4	82.5
	In ₂ O ₃ [mass%]	13.2	2.2	13.1	2.2	13.1	2.2	13.1
TFT作製条件	X2O3 [mass%]	3.8	1.2	4.4	1.4	4.5	1.4	4.3
	X2O3 種類	Pr2O3	Pr2O3	Tm2O3	Tm2O3	Yb2O3	Yb2O3	Er2O3
	In [at %]	78.5	95.8	78.5	95.8	78.5	95.8	78.5
	Ga [at %]	18.5	3.2	18.5	3.2	18.5	3.2	18.5
	X [at %]	3.0	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	3.0
	X元素	Pr	Pr	Tm	Tm	Yb	Yb	Er
	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05
	成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
	磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600
チャネル層の 評価	膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30
	平均粒径角度θ [°]	74.3	108.2	90.5	99.1	74.8	81	77
	平均粒径の平均間隔 D[μm]	1.1	1.2	1.9	2	0.8	0.1	1.3
	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
	低抵抗領域A Ra[Ω]	8.8E+04	4.5E+04	1.1E+05	1.0E+05	9.3E+04	1.3E+05	4.4E+04
	高抵抗領域B Rb[Ω]	4.3E+06	8.9E+05	3.5E+06	3.3E+06	3.5E+06	4.0E+06	2.0E+06
	Rb/Ra	48	20	32	33	37	31	45
	Rs(L)	4.3E+06	8.9E+05	3.5E+06	3.3E+06	3.5E+06	4.0E+06	2.0E+06
	Rs(L _{off})	1.3E+05	6.8E+04	1.6E+05	1.5E+05	1.4E+05	1.9E+05	6.6E+04
	Rs(Ls)	8.9E+04	4.5E+04	1.1E+05	1.0E+05	9.3E+04	1.3E+05	4.4E+04
TFT性能	Rs(L)/Rs(L _{off})	32	13	22	22	25	21	30
	Rs(L)/Rs(Ls)	48	20	32	33	37	31	45
	ΔL[μm]	-0.3	-0.7	-0.3	0.1	-0.5	0.1	-0.6
	境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)
	電子線回折	ビクスマイト	ビクスマイト	ビクスマイト	ビクスマイト	ビクスマイト	ビクスマイト	ビクスマイト
	Δμlin [cm ² /(V·s)]	33.7	36.3	34.1	34.1	37.8	37.8	34.2
	S値 [V/decade]	1.5	1.6	1.1	1.4	1.6	1.2	1.5
	Vth [V]	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4
	ΔVth	0.9	-0.3	-0.4	0	0.5	0.1	0.7
	ΔVth	0.3	0.5	0.2	0.3	0.2	0.5	0.4
DIBI現象の有無	μsat Max [cm ² /(V·s)]	30.9	33.3	31.2	31.3	34.9	34.9	31.2
	Δμsat [cm ² /(V·s)]	0.7	1.4	1	0.7	0.6	0.6	0.8
	S値 [V/decade]	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
	Vth [V]	1.0	-0.3	-0.4	0.1	0.6	0.2	0.8
	ΔVth	0.6	0.4	0.5	0.5	0.1	0.6	0.5
		無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し

[0224] [表39]

	実施例99	実施例100	実施例101	実施例102	実施例103	実施例104	実施例105	実施例106
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃ [mass%] Ga ₂ O ₃ [mass%] XZrO ₃ [mass%] XZrO ₃ 種類	82.4 13.1 4.5 Lu ₂ O ₃	84.0 13.4 2.6 Y ₂ O ₃	97.0 2.2 0.8 Y ₂ O ₃	85.4 14.0 0.5 B ₂ O ₃	96.7 2.3 1.0 B ₂ O ₃	85.0 14.0 1.1 Sc ₂ O ₃
	金属組成比率[at%]	In [at %] Ga [at %] X [at %] X元素	78.5 18.5 3.0 Lu	78.5 18.5 3.0 Y	95.8 3.2 1.0 Y	78.8 19.2 2.0 B	92.8 3.2 4.0 B	78.8 19.2 2.0 Sc
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa] 成膜時の酸素分圧[Pa] 成膜時の水分圧[Pa] 遊束密度[G] 膜厚[nm]	0.05 0.00 0.00 600 30	0.05 0.00 0.00 600 30	0.00 0.01 600 10	0.05 0.00 600 30	0.00 0.01 600 10	0.05 0.00 600 30
	断面TEM像	その他 TFT作製条件 平均粒界角度θ _{subl} [°] 結晶粒界の平均間隔 D _{cr} [nm]	88.1 104.4 0.5	79.5 79.5 1.7	74.3 74.3 1.6	70.8 70.8 1.9	89 89 2	107 107 0.7
チャネル層の評価	SSRM 抵抗抵抗値評価	結晶状態 底抵抗領域A R _A [Ω] 高抵抗領域B R _B [Ω] R _{sp} /R _A R _s (L) R _s (L _{int}) R _s (L _{sat}) R _s (L)/R _s (L _{sat}) ΔL[μm]	柱状結晶 7.6E+04 3.0E+06 30 3.0E+06 1.5E+05 9.9E+04 20 30 -0.8	柱状結晶 1.2E+05 4.9E+06 42 4.9E+06 1.7E+05 1.2E+05 28 42 -0.6	柱状結晶 5.0E+04 2.3E+06 46 2.3E+06 7.5E+04 5.0E+04 30 46 -0.6	柱状結晶 5.7E+04 1.8E+06 33 1.8E+06 8.5E+04 5.7E+04 22 33 -0.7	柱状結晶 5.8E+04 2.0E+06 35 2.0E+06 8.7E+04 5.8E+04 23 35 -0.7	柱状結晶 1.3E+05 5.7E+06 45 5.7E+06 1.9E+05 1.3E+05 30 45 -0.9
	SCM dC/dV評価 電子線回折	境界領域(A-B)と領域(B)の大小 結晶構造 μ _{lin} Max [cm ² /(V·s)] Δμ _{lin} [cm ² /(V·s)] S[値 [V/decade] V _{th} [V] ΔV _{th} μ _{sat} Max [cm ² /(V·s)] Δμ _{sat} [cm ² /(V·s)] S[値 [V/decade] V _{th} [V] ΔV _{th}	(A-B)×(B) ピククスバイト 38.7 1.3 0.5 0.1 0.3 35.7 1.5 0.4 0.2 0.6 0.2 0.4	(A-B)×(B) ピククスバイト 37.0 1.4 0.4 0.8 0.1 34.2 0.7 0.6 0.9 0.4 0.6 無し	(A-B)×(B) ピククスバイト 39.0 1.4 0.5 0.5 0.4 36.1 1.6 0.5 0.6 0.6 0.5 無し	(A-B)×(B) ピククスバイト 35.2 1.5 0.4 0.6 0.2 32.3 0.6 0.5 0.7 0.7 0.5 無し	(A-B)×(B) ピククスバイト 35.6 1.3 0.4 0.7 0.4 32.7 0.5 0.5 0.8 0.4 0.4 無し	(A-B)×(B) ピククスバイト 34.7 1.3 0.5 1.4 0.6 31.9 1.2 0.4 1.5 0.6 0.6 無し
TFT性能	V _d =0.1V V _d =20V	無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し	無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し	無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し	無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し	無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し	無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し	無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し 無し
	DIBL現象の有無	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し

[0225] [表40]

実施例107	実施例108	実施例109	実施例110	実施例111	実施例112	実施例113	実施例114
In ₂ O ₃ [mass%]	97.1	84.8	85.4	85.1	96.0	84.5	94.7
Ga ₂ O ₃ [mass%]	2.3	13.9	2.2	14.0	2.2	13.9	2.2
金属酸化物 [mass%]	0.3	0.6	2.4	0.9	1.8	1.8	3.1
金属酸化物の種類	MgO	ZnO	ZnO	SiO ₂	SiO ₂	GeO ₂	GeO ₂
In [at %]	78.8	78.8	92.8	78.8	92.8	78.8	92.8
Ga [at %]	19.2	19.2	3.2	19.2	3.2	19.2	3.2
X [at %]	2.0	4.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0
X元素	Mg	Zn	Zn	Si	Si	Ge	Ge
成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.00	0.05	0.05	0.00	0.05	0.00
成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600
膜厚[nm]	30	10	30	30	10	30	10
その他 TFT 作製条件	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様
平均粒界角度 θ [°]	105.9	102.8	88.3	103.5	90.5	101.8	87.3
平均粒界角度 θ sub [°]	105.9	102.8	79.4	103.5	90.5	101.8	87.3
結晶粒界の平均間隔 D [μm]	1.8	0.8	0.6	0.3	0.7	2	0.8
結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
低抵抗領域 A R _s [Ω]	9.2E+04	3.8E+04	1.9E+04	1.0E+05	1.3E+05	1.2E+05	2.6E+04
高抵抗領域 B R _g [Ω]	4.4E+06	6.7E+05	4.0E+05	2.5E+06	2.7E+06	3.5E+06	7.9E+05
R _g /R _s	47	18	21	33	22	30	31
R _s (L)	4.4E+06	6.7E+05	4.0E+05	2.5E+06	2.7E+06	3.5E+06	7.9E+05
R _s (L _{opt})	1.4E+05	5.6E+04	2.9E+04	1.1E+05	1.9E+05	1.7E+05	3.9E+04
R _s (L _s)	9.2E+04	3.8E+04	1.9E+04	7.6E+04	1.3E+05	1.2E+05	2.6E+04
R _s (L)/R _s (L _{opt})	31	12	14	22	15	20	20
R _s (L)/R _s (L _s)	47	18	21	33	22	30	31
∠L [μm]	-0.6	-0.9	-0.8	0.0	0.0	-0.3	-0.6
SCM・dC/dV 評価電子線回折	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)
境界領域(A-B)と領域(B)の大小	ピクセルバイト	ピクセルバイト	ピクセルバイト	ピクセルバイト	ピクセルバイト	ピクセルバイト	ピクセルバイト
結晶構造	32.3	38.3	39.7	32.4	34.1	37.9	35
μ _{lin} Max [cm ² /(V·s)]	1.2	1.1	1.3	1.3	1.4	1.4	1.6
Δ μ _{lin} [cm ² /(V·s)]	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5
S 値 [V/decade]	-0.1	0.9	0.8	-0.1	0	0.7	0.8
V _{th} [V]	0.3	0.5	0.2	0.3	0.2	0.3	0.5
Δ V _{th}	29.3	35.4	36.8	29.5	32.1	34.9	32.0
μ _{sat} Max [cm ² /(V·s)]	0.8	0.5	0.6	1.3	1.8	1.5	0.5
Δ μ _{sat} [cm ² /(V·s)]	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.4
S 値 [V/decade]	-0.1	1.0	0.9	-0.1	0.1	0.8	0.9
V _{th} [V]	0.5	0.3	0.2	0.1	0.6	0.5	0.5
Δ V _{th}	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し
DIBL 現象の有無	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し

スハッターリングターゲット

TFT 作製条件

断面 TEM 像

SCRM・拡がり抵抗値評価

TFT 性能

[0227] [表42]

		実施例 123	実施例 124	実施例 125	実施例 126	
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃ [mass%]	83.4	96.8	83.3	96.7
		Ga ₂ O ₃ [mass%]	13.3	2.2	13.3	2.2
		金属酸化物 [mass%]	3.3	1.0	3.5	1.1
		金属酸化物の種類	MoO3	MoO3	SnO2	SnO2
	金属組成比率[at%]	In [at %]	78.5	95.8	78.5	95.8
		Ga [at %]	18.5	3.2	18.5	3.2
		X [at %]	3.0	1.0	3.0	1.0
X元素		Mo	Mo	Sn	Sn	
TFT作製条件	チャンネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.00	0.05	0.00
		成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.01	0.00	0.01
		磁束密度[G]	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10
	その他 TFT作製条件	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	
チャンネル層の評価	断面TEM像	平均粒界面角度 θ [°]	86.8	98.9	96.5	103.2
		平均粒界面角度 θ_{sub} [°]	86.8	98.9	96.5	103.2
		結晶境界の平均間隔 D[μ m]	1.7	2	0.7	0.9
		結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
	SSRM・拡がり抵抗値評価	低抵抗領域A R _A [Ω]	5.0E+04	1.2E+05	7.1E+04	9.3E+04
		高抵抗領域B R _B [Ω]	2.2E+06	2.1E+06	2.6E+06	3.1E+06
		R _B /R _A	45	18	36	34
		R _s (L)	2.2E+06	2.1E+06	2.6E+06	3.1E+06
		R _s (L _{off})	7.5E+04	1.7E+05	1.1E+05	1.4E+05
		R _s (L _s)	5.0E+04	1.2E+05	7.1E+04	9.3E+04
		R _s (L)/R _s (L _{off})	30	12	24	22
		R _s (L)/R _s (L _s)	45	18	36	34
	$\angle L$ [μ m]	-0.5	0.0	0.2	-0.4	
	SCM・dC/dV評価	境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)	(A-B)>(B)
	電子線回折	結晶構造	ピクスパイト	ピクスパイト	ピクスパイト	ピクスパイト
TFT性能	V _d =0.1V	$\mu_{lin Max}$ [cm ² /(V·s)]	36.5	39.3	37.5	35.5
		$\Delta \mu_{lin}$ [cm ² /(V·s)]	1.2	1.1	1.4	1.5
		S値 [V/decade]	0.4	0.5	0.4	0.5
		V _{th} [V]	-0.9	-0.3	0.4	0.6
		ΔV_{th}	0.5	0.6	0.4	0.4
	V _d =20V	$\mu_{sat Max}$ [cm ² /(V·s)]	33.6	36.5	34.6	32.7
		$\Delta \mu_{sat}$ [cm ² /(V·s)]	1.6	1.8	1.6	1.3
		S値 [V/decade]	0.4	0.4	0.4	0.6
		V _{th} [V]	-0.9	-0.3	0.5	0.7
		ΔV_{th}	0.5	0.2	0.5	0.3
	DIBL現象の有無		無し	無し	無し	無し

[0228]

[0229] [表44]

	実施例135	実施例136	実施例137	実施例138	実施例139	実施例140	実施例141	実施例142
スパッタリング ターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃ [mass%] 73.3	94.6	72.9	94.4	72.9	94.3	72.9
	金属組成比率[at%]	SnO ₂ [mass%] 23.3 XZnO3 種類 Pr2O3 78.5 18.5 3.0 Pr 0.5 0.05 0.00 600 30	4.3 1.2 Pr2O3 95.8 3.2 1.0 Pr 0.5 0.00 0.01 600 10	23.2 3.9 Tm2O3 78.5 18.5 3.0 Tm 0.5 0.05 0.00 600 30	4.3 1.4 Tm2O3 95.8 3.2 1.0 Tm 0.5 0.00 0.01 600 10	23.2 4.0 Yb2O3 78.5 18.5 3.0 Yb 0.5 0.05 0.00 600 30	94.3 1.4 Yb2O3 95.8 3.2 1.0 Yb 0.5 0.00 0.01 600 10	4.3 3.8 Er2O3 78.5 18.5 3.0 Er 0.5 0.05 0.00 600 30
TFT作製条件	断面TEM像	平均粒界角度θ _{subl} [°] 77	104.2	92.2	102.7	92.6	95.6	84
	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
チャネル層の 評価	SSRM 拡がり抵抗値評価	低抵抗領域A R _{sq} [Ω] 6.6E+04 2.8E+06	1.0E+05 1.6E+06	7.0E+04 1.9E+06	1.1E+05 3.8E+06	1.3E+05 4.1E+06	1.1E+05 8.8E+05	4.8E+04 8.8E+05
	高抵抗領域B R _{sq} [Ω]	43	15	27	33	33	27	18
TFT性能	ΔI _{on} [μm]	0.2	-0.7	-0.1	-0.8	0.2	-0.4	-0.6
	境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)
	電子線回折	結晶構造	結晶構造	結晶構造	結晶構造	結晶構造	結晶構造	結晶構造
	V _d =0.1V	μ _{lin} Max [cm ² /(V·s)] 1.4	33.2	36.5	40.5	40.4	33.6	38.3
		Δμ _{lin} [cm ² /(V·s)] 0.4	1.1	1.4	1.5	1.2	1.6	1.6
		S値 [V/decade] 1.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5
		V _{th} [V] 0.2	1	0.4	-0.3	0.1	0	-0.4
		ΔV _{th} 30.2	0.1	0.2	0.6	0.2	0.4	0.4
		μ _{sat} Max [cm ² /(V·s)] 1.6	30.3	33.7	37.6	37.6	30.7	35.3
		Δμ _{sat} [cm ² /(V·s)] 0.6	1.7	1.1	1.4	0.6	1.5	0.5
	S値 [V/decade] 1.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	
	V _{th} [V] 0.2	1.1	0.5	-0.3	0.2	0.1	-0.4	
	ΔV _{th} 無し	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.6	
	DIBL現象の有無	無し	無し	無し	無し	無し	無し	

[0230] [表45]

スバックリング ターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃ [mass%]	72.8	94.3	74.1	94.9	78.7	95.4
		SnO ₂ [mass%]	23.2	4.3	23.6	4.3	20.8	3.6
金属組成比率[at%]	X2O3 [mass%]	X2O3 種類	Lu2O3	Lu2O3	Y2O3	Y2O3	B2O3	B2O3
		In [at %]	78.5	95.8	78.5	95.8	78.8	92.8
TFT作製条件	成膜時の酸素分圧[Pa]	Sn [at %]	18.5	3.2	18.5	3.2	19.2	3.2
		X [at %]	3.0	1.0	3.0	1.0	2.0	4.0
TFT作製条件	成膜時の圧力[Pa]	X元素	Lu	Lu	Y	Y	B	B
		成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00
TFT作製条件	成膜時の水分圧[Pa]	成膜時の圧力[Pa]	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
		成膜時の水分圧[Pa]	0.00	600	600	600	600	600
TFT作製条件	継ぎ密度[G]	継ぎ密度[G]	600	800	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10
断面TEM像	平均結界角度θ _{sub} [°]	その他 TFT作製条件	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様
		平均結界角度θ _{sub} [°]	99.6	104.3	106.9	95.1	100.5	86.9
チャネル層の 評価	低抵抗領域A R _h [Ω]	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
		低抵抗領域A R _h [Ω]	1.2E+05	1.2E+05	3.5E+04	8.8E+04	1.4E+05	1.3E+05
チャネル層の 評価	高抵抗領域B R _h [Ω]	高抵抗領域B R _h [Ω]	2.1E+06	5.0E+06	1.4E+06	2.8E+06	6.2E+06	5.7E+06
		R _h /R _s	17	43	41	32	45	44
チャネル層の 評価	SSRM 拡がり抵抗値評価	R _s (L)	2.1E+06	5.0E+06	1.4E+06	2.8E+06	6.2E+06	5.7E+06
		R _s (L _{opt})	1.8E+05	1.8E+05	5.2E+04	1.3E+05	2.1E+05	1.9E+05
チャネル層の 評価	SCM dC/dV評価 電子線回折	R _s (L _s)	1.2E+05	1.2E+05	3.5E+04	8.8E+04	1.4E+05	1.3E+05
		R _s (L)/R _s (L _{opt})	11	28	27	21	30	29
チャネル層の 評価	V _d =0.1V	R _s (L)/R _s (L _s)	17	43	41	32	45	44
		∠L[μm]	-0.2	-0.9	0.1	-0.8	-0.3	-0.6
TFT性能	V _d =20V	境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)
		結晶構造	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト
TFT性能	DIBL現象の有無	μ _{lin} Max [cm ² /(V·s)]	37.8	32.5	37.8	37.7	35.5	39.6
		Δμ _{lin} [cm ² /(V·s)]	1.1	1.5	1.6	1.5	1.6	1.3
TFT性能	V _d =0.1V	S値 [V/decade]	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4
		V _{th} [V]	-0.1	-0.9	1.3	-0.2	0	-0.7
TFT性能	V _d =20V	ΔV _{th}	0.1	0.5	0.5	0.4	0.4	0.6
		μ _{sat} Max [cm ² /(V·s)]	34.9	29.6	34.9	34.8	32.7	36.7
TFT性能	V _d =20V	Δμ _{sat} [cm ² /(V·s)]	0.6	1.7	1.1	1.6	1.8	1.3
		S値 [V/decade]	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
TFT性能	DIBL現象の有無	V _{th} [V]	-0.1	-0.9	1.4	-0.2	0.1	-0.7
		ΔV _{th}	0.4	0.3	0.4	0.2	0.1	0.6

[0231]

[表46]

実施例149	実施例150	実施例151	実施例152	実施例153	実施例154
In ₂ O ₃ [mass%]	94.4	78.5	94.9	73.2	94.5
SnO ₂ [mass%]	3.5	20.7	3.6	23.3	4.3
X2O3 [mass%]	2.0	0.7	1.5	3.5	1.2
X2O3 種類	Sc2O3	Al2O3	Al2O3	Sm2O3	Sm2O3
In [at %]	78.8	78.8	92.8	78.5	95.8
Sn [at %]	19.2	19.2	3.2	18.5	3.2
X [at %]	2.0	2.0	4.0	3.0	1.0
X元素	Sc	Al	Al	Sm	Sm
成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
磁束密度[G]	600	600	600	600	600
膜厚[nm]	30	10	10	30	10
その他 TFT作製条件	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様
平均粒界角度 θ [°]	101.2	103.8	105.3	88.9	91.3
平均粒界角度 θ sub [°]	101.2	103.8	105.3	88.9	91.3
結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1.2	2	1.8	0.9	1.1
結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
低抵抗領域A R _A [Ω]	4.6E+04	3.1E+04	9.9E+04	3.5E+04	4.0E+04
高抵抗領域B R _B [Ω]	1.3E+06	1.5E+06	2.0E+06	6.1E+05	1.4E+06
R _B /R _A	28	48	20	18	35
Rs(L)	1.3E+06	1.5E+06	1.7E+06	6.1E+05	1.4E+06
Rs(L _{off})	6.9E+04	4.6E+04	1.5E+05	5.2E+04	6.0E+04
Rs(Ls)	4.6E+04	3.1E+04	9.9E+04	3.5E+04	4.0E+04
Rs(L)/Rs(L _{off})	19	32	11	12	23
Rs(L)/Rs(Ls)	28	48	20	18	35
∠L[μm]	-0.4	0.1	-0.2	-0.3	-0.9
SQM・dC/dV評価	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)
電子線回折	ビックスハイト	ビックスハイト	ビックスハイト	ビックスハイト	ビックスハイト
結晶構造	34	36.6	34.6	34.1	39.6
μ _{lin} Max [cm ² /(V·s)]	1.2	1.2	1.1	1.4	1.5
Δμ _{lin} [cm ² /(V·s)]	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4
S値 [V/decade]	-0.8	0.5	-0.2	0.8	-0.9
V _{th} [V]	0.3	0.4	0.6	0.4	0.4
ΔV _{th}	31.2	33.8	31.6	31.2	36.8
μ _{sat} Max [cm ² /(V·s)]	1.1	1.7	0.8	0.5	0.6
Δμ _{sat} [cm ² /(V·s)]	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6
S値 [V/decade]	-0.8	0.6	-0.5	-0.2	-0.9
V _{th} [V]	0.3	0.1	0.1	0.6	0.5
ΔV _{th}	無し	無し	無し	無し	無し
DIBL現象の有無	無し	無し	無し	無し	無し

[表47]

実施例155	実施例156	実施例157	実施例158	実施例159	実施例160
実施例155	実施例156	実施例157	実施例158	実施例159	実施例160
In ₂ O ₃ [mass%]	95.2	78.2	94.1	78.4	94.7
仕込み組成比率 [mass%]	20.8	20.7	3.5	20.7	3.5
SnO ₂ [mass%]	0.6	1.2	2.4	0.9	1.8
XO [mass%]	MgO	ZnO	ZnO	SiO ₂	SiO ₂
XO 種類	MgO	ZnO	ZnO	SiO ₂	SiO ₂
In [at %]	78.8	78.8	92.8	78.8	92.8
金属組成比率[at%]	19.2	19.2	3.2	19.2	3.2
Sn [at %]	2.0	2.0	4.0	2.0	4.0
X [at %]	Mg	Zn	Zn	Si	Si
X元素	Mg	Zn	Zn	Si	Si
成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
チャンネル層成膜	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
成膜時の水分圧[Pa]	600	600	600	600	600
磁束密度[G]	30	30	10	30	10
膜厚[nm]	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様
その他 TFT作製条件	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様
平均粒界角度θ ^{sub} [°]	71.2	97.7	83.8	94.3	94.4
断面TEM像	71.2	97.7	83.8	94.3	94.4
平均粒界角度θ ^{sub} [°]	0.5	0.2	0.1	2	2
結晶粒界の平均間隔 D[μm]	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
低抵抗領域A R _A [Ω]	1.3E+05	3.1E+04	1.2E+05	1.3E+05	5.9E+04
高抵抗領域B R _B [Ω]	4.2E+06	9.3E+05	3.1E+06	2.7E+06	2.7E+06
R _B /R _A	33	19	27	21	46
R _s (L)	4.2E+06	9.3E+05	3.1E+06	2.7E+06	2.7E+06
チャンネル層の 評価	1.9E+05	7.4E+04	1.7E+05	2.0E+05	8.8E+04
SSRM・ 拡がり抵抗値評価	1.3E+05	4.9E+04	1.2E+05	1.3E+05	5.9E+04
R _s (L _{eff})	22	13	18	14	31
R _s (L)/R _s (L _{eff})	33	19	27	21	46
R _s (L)/R _s (L _s)	-0.9	0.2	-0.4	0.0	-0.4
∠L[μm]	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)
境界領域(A-B)と領域(B)の大小	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト	ビックスバイト
SCM・ dC/dV評価	336	32.5	39.3	38.2	40.3
電子線回折	336	32.5	39.3	38.2	40.3
結晶構造	1.1	1.3	1.1	1.3	1.5
Δμ _{lin} [cm ² /V·s]	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4
S値 [V/decade]	-0.6	1	-0.9	1	1.3
V _{th} [V]	0.4	0.6	0.1	0.3	0.3
ΔV _{th}	30.8	29.6	36.4	35.4	37.3
μ _{sat} Max [cm ² /V·s]	1.7	1.2	0.5	1.7	1.4
Δμ _{sat} [cm ² /V·s]	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6
S値 [V/decade]	-0.6	1.1	-0.9	1.1	-0.7
V _{th} [V]	0.3	0.6	0.3	0.1	0.6
ΔV _{th}	無し	無し	無し	無し	無し
DIBL現象の有無	無し	無し	無し	無し	無し
TFT性能	無し	無し	無し	無し	無し

[表48]

	実施例161	実施例162	実施例163	実施例164	実施例165	実施例166
スハッターリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	77.9	93.5	78.2	94.1	72.4
	In ₂ O ₃ [mass%]	20.6	3.5	20.7	3.5	23.0
TFT作製条件	XO [mass%]	1.5	3.0	1.2	2.3	4.6
	XO 種類	GeO ₂	GeO ₂	TiO ₂	TiO ₂	WO ₃
	In [at %]	78.8	92.8	78.5	92.8	78.5
	Sn [at %]	19.2	3.2	19.2	3.2	18.5
	X [at %]	2.0	4.0	2.0	4.0	3.0
	X元素	Ge	Ge	Ti	Ti	W
	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05
	成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
	成膜時の酸素分圧[Pa]	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
TFT作製条件	磁束密度[G]	600	600	600	600	600
	膜厚[nm]	30	10	30	10	30
	その他 TFT作製条件	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様	実施例1同様
	平均粒界角度 θ [°]	104.5	106.6	85.2	88.1	79.2
	平均粒界角度 θ sub [°]	104.5	106.6	85.2	88.1	79.2
	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.1	1	1.8	1.2	1.2
	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
	低抵抗領域A R _A [Ω]	4.6E+04	1.2E+05	4.5E+04	4.2E+04	5.6E+04
	高抵抗領域B R _B [Ω]	1.0E+06	2.5E+06	1.4E+06	7.5E+05	2.4E+06
	R _B /R _A	23	21	32	18	43
チャンネル層の評価	Rs (L)	1.0E+06	2.5E+06	1.4E+06	7.5E+05	2.4E+06
	Rs (L _{off})	6.9E+04	1.8E+05	6.7E+04	6.3E+04	8.4E+04
	Rs (Ls)	4.6E+04	1.2E+05	4.5E+04	4.2E+04	5.6E+04
	Rs (L)/Rs (L _{off})	15	14	21	12	29
	Rs (L)/Rs (Ls)	23	21	32	18	43
	ΔL [μm]	-0.3	-0.4	0.0	-0.3	-0.7
	境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B) > (B)	(A-B) > (B)	(A-B) > (B)	(A-B) > (B)	(A-B) > (B)
	SOM・dC/V評価	ピクスパイト	ピクスパイト	ピクスパイト	ピクスパイト	ピクスパイト
	電子線回折	34	35	39.2	39.1	38.1
	TFT性能	μ _{lin} Max [cm ² /(V·s)]	1.2	1.5	1.3	1.1
Δμ _{lin} [cm ² /(V·s)]		0.5	0.4	0.4	0.5	0.5
S値 [V/decade]		0.8	1.2	0.5	1	1.2
V _{th} [V]		0.5	0.4	0.2	0.4	0.1
ΔV _{th}		31.1	32.2	36.4	36.2	35.3
μ _{sat} Max [cm ² /(V·s)]		1.5	1.4	0.8	1.1	1.4
Δμ _{sat} [cm ² /(V·s)]		0.4	0.6	0.4	0.6	0.6
S値 [V/decade]		0.9	1.3	0.6	1.1	1.3
V _{th} [V]		0.4	0.2	0.2	0.3	0.2
ΔV _{th}		無し	無し	無し	無し	無し
DIBL現象の有無						

[表50]

	実施例173	実施例174	実施例175	実施例176	実施例177	実施例178	実施例179	実施例180
スバタリングターゲット	In ₂ O ₃ [mass%]	95.8	95.8	88.8	95.5	95.9	89.6	95.8
	ZnO [mass%]	4.4	1.8	4.3	1.8	4.4	4.4	1.8
金属組成比率[at%]	X2O3 [mass%]	6.2	2.4	6.9	2.7	6.0	6.0	2.4
	X2O3 種類	Nd2O3	Nd2O3	Ho2O3	Ho2O3	La2O3	Ce2O3	Ce2O3
TFT作製条件	In [at %]	87.7	95.0	87.7	95.0	87.7	87.7	95.0
	Zn [at %]	7.3	3.0	7.3	3.0	7.3	7.3	3.0
チャネル層成膜	X [at %]	5.0	2.0	5.0	2.0	5.0	5.0	2.0
	X元素	Nd	Nd	Ho	Ho	La	Ce	Ce
TFT作製条件	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.05	0.00
チャネル層の評価	成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
	磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600
断面TEM像	膜厚[nm]	30	10	30	10	30	30	10
	平均粒界角度θ[sub]°	103.2	70.1	104.8	100.1	95.3	70.2	108
SSRM* 拡がり抵抗値評価	平均粒界角度θ[sub]°	103.2	70.1	104.8	100.1	95.3	70.2	108
	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1.8	1	0.1	0.4	1.9	1.8	0.3
TFT性能	結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
	低抵抗領域A R _s [Ω]	1.1E+05	7.2E+04	2.9E+04	4.8E+04	1.1E+05	8.3E+04	3.7E+04
電子線回折	高抵抗領域B R _s [Ω]	3.0E+06	2.2E+06	6.2E+05	1.8E+06	2.1E+06	4.0E+06	7.1E+05
	R _s /R _a	26	31	21	38	20	48	20
VD=0.1V	R _s (L)	3.0E+06	2.2E+06	6.2E+05	1.8E+06	2.1E+06	4.0E+06	7.1E+05
	R _s (L _{opt})	1.7E+05	1.1E+05	4.4E+04	7.2E+04	1.6E+05	1.2E+05	5.5E+04
VD=20V	R _s (L _s)	1.1E+05	7.2E+04	2.9E+04	4.8E+04	1.1E+05	8.3E+04	3.7E+04
	R _s (L)/R _s (L _{opt})	17	21	14	25	14	32	13
DIBL現象の有無	R _s (L)/R _s (L _s)	26	31	21	38	20	48	20
	ΔL[μm]	0.1	-0.6	-0.1	-0.9	-0.5	-0.5	-0.5
VD=0.1V	境界領域(A-B)と領域(B)の大小	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)	(A-B)×(B)
	結晶構造	ビクスマイト	ビクスマイト	ビクスマイト	ビクスマイト	ビクスマイト	ビクスマイト	ビクスマイト
VD=20V	μ _{lin} Max [cm ² /(V·s)]	36.5	32.8	34.1	36.2	34	35.2	38.8
	Δμ _{lin} [cm ² /(V·s)]	1.6	1.3	1.5	1.3	1.5	1.6	1.3
DIBL現象の有無	S値 [V/decade]	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4
	V _{th} [V]	-0.3	1.3	0.9	0.8	-0.1	-0.4	-1
VD=0.1V	ΔV _{th}	0.2	0.3	0.5	0.2	0.4	0.5	0.1
	μ _{sat} Max [cm ² /(V·s)]	33.6	30	31.3	33.3	31.2	32.9	35.9
VD=20V	Δμ _{sat} [cm ² /(V·s)]	1	1.1	1.2	0.9	1.3	1.8	0.6
	S値 [V/decade]	0.6	0.6	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5
DIBL現象の有無	V _{th} [V]	-0.3	1.4	1.0	0.9	-0.1	-0.4	-1.0
	ΔV _{th}	0.6	0.2	0.6	0.6	0.6	0.3	0.4

[0237] [表52]

	実施例189	実施例190	実施例191	実施例192	実施例193	実施例194	
スバクタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In ₂ O ₃ [mass%] ZnO [mass%] X2O3 [mass%]	95.4 1.8 2.9	91.3 4.5 4.2	96.6 1.8 1.7	93.8 5.1 1.1	95.8 3.9 0.3
	金属組成比率[at%]	X2O3 種類 In [at %] Zn [at %] X [at %] X元素	Lu2O3 95.0 3.0 2.0 Lu Lu	Y2O3 87.7 7.3 5.0 Y Y	Y2O3 95.0 3.0 2.0 Y Y	B2O3 87.7 8.1 4.1 B B	B2O3 87.7 8.1 4.1 B B
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa] 成膜時の酸素分圧[Pa] 成膜時の水分圧[Pa] 成膜密度[G] 膜厚[nm]	0.5 0.00 0.01 600 10	0.5 0.05 0.00 600 30	0.5 0.00 0.01 600 10	0.5 0.05 0.00 600 30	0.5 0.00 0.00 600 10
	その他 TFT 作製条件	平均粒界角度 θ [°] 平均粒界角度 θ_{sub} [°] 結晶粒界の平均間隔 D [μm] 結晶状態 低抵抗領域A RA [Ω] 高抵抗領域B RB [Ω] R _B /R _A Rs (L) Rs (L _{sat}) Rs (Ls) Rs (L)/Rs (L _{gr}) Rs (L)/Rs (Ls)	74.1 92.6 0.3 柱状結晶 3.0E+04 1.2E+06 39 5.1E+06 1.8E+05 1.2E+05 26 39	73.4 73.4 0.1 柱状結晶 1.1E+05 1.8E+06 16 1.8E+06 1.7E+05 1.1E+05 10 16	103.3 103.3 0.4 柱状結晶 7.6E+04 3.6E+06 48 3.6E+06 1.1E+05 7.6E+04 32 48	103.3 77.4 1.5 柱状結晶 1.2E+05 1.8E+06 16 1.8E+06 1.7E+05 1.2E+05 10 16	77.4 77.4 1.5 柱状結晶 1.2E+05 1.8E+06 16 1.8E+06 1.7E+05 1.2E+05 10 16
チャネル層の評価	SSRM・ 拡がり抵抗値評価	ΔL [μm] 境界領域(A-B)と領域(B)の大小	0.2 (A-B)×(B)	-0.3 (A-B)×(B)	0.2 (A-B)×(B)	-0.7 (A-B)×(B)	0.2 (A-B)×(B)
	電子線回折	結晶構造 μ_{lin} Max [cm ² /(V·s)] $\Delta \mu_{lin}$ [cm ² /(V·s)] S値 [V/decade] Vth [V] ΔV_{th} μ_{sat} Max [cm ² /(V·s)] $\Delta \mu_{sat}$ [cm ² /(V·s)] S値 [V/decade] Vth [V] ΔV_{th}	40.2 1.5 0.4 0.6 0.4 37.2 1.1 0.6 0.7 0.4	40.3 1.4 0.4 -0.9 0.6 37.5 1 0.4 -0.9 0.6	36.4 1.2 0.4 0.4 0.2 33.5 1.4 0.4 0.5 0.6	39.8 1.4 0.4 1 0.4 37 1.7 0.5 1.1 0.4	32.5 1.2 0.5 0.2 0.3 29.5 1.7 0.5 0.3 0.6
TFT性能	DIBL現象の有無		無し	無し	無し	無し	無し

[0238]

[0241] 実施例 2 1 7、比較例 2 0

(1) 酸化物薄膜の形成

直径 4 インチの無アルカリガラス基板（コーニング社製 E A G L E X G）上に、表 5 6 に示す仕込み組成比率の原料混合物から得られたスパッタリングターゲットを用い、スパッタリングして 5 0 n m 厚の酸化物薄膜を形成した。

スパッタリングターゲットの金属組成比率（単位：a t %）、スパッタリングの条件を表 5 6 に示す。表 5 6 に記載の X は I n、G a 以外の金属元素である。なお、表 5 6 に記載していないスパッタリングの条件は以下の通りである。

基板温度：2 5 °C

到達圧力：1. 0 × 1 0⁻⁴ P a

雰囲気ガス：O₂

スパッタ圧力（全圧）：0. 5 P a

投入電圧：D C 4 0 0 W

S（基板）－T（ターゲット）間距離：7 0 m m

[0242] (2) 酸化物薄膜のアニール

酸化物薄膜を形成した基板を炉に入れて、大気中で、1 0 °C / 分で 3 5 0 °C まで昇温した後、1 時間保持した。炉の内部を 3 5 0 °C で 1 時間保持した後、自然放冷した。炉内温度が室温に戻った後、基板を炉から取り出した。

[0243] (3) 電子線回折測定

酸化物薄膜の任意の領域を 1 c m 角に切り出して断面を得た。該断面の対象位置について、T F T のチャンネル層と同様に評価した。結果、実施例 2 1 7 はピクスバイト構造、比較例 4 1 はアモルファスであった。

[0244] (4) C L（カソードルミネッセンス分光法）測定

C L 測定は、以下の測定装置、測定条件で実施した。

[測定装置]

・装置：カソードルミネッセンス分光装置

- ・分光器：堀場製作所製
- ・SEM：日本電子製ショットキーエミッション型SEM JSM-7100F/TTL S
- ・分光器：iHR-320 回折格子（100gr/mm、ブレイズ波長450nm）
- ・検出器：CCD：Jobin Yvon

[測定条件]

- ・温度：室温
- ・スリット：500 μ m
- ・加速電圧：1kV
- ・照射電流：0.7nA（1kV）
- ・W. D.：10.3mm
- ・スペクトル積算時間：60～180s

得られたスペクトルの強度を単位秒あたりのカウント数に換算した。実施例217、及び比較例20で得られた酸化物薄膜のCLスペクトルの結果を、それぞれ図10に示す。

[0245] さらに、それぞれのスペクトルにおいて、酸素欠陥などの結晶欠陥に由来する640nmの発光強度 $I(640nm)$ と、バンド間遷移発光による発光380nmの発光強度 $I(380nm)$ の比率 $I(640nm) / I(380nm)$ を算出し比較することで、酸化物薄膜中の欠陥量を比較した。

結果を表52に示す。

ビックスバイト構造に結晶化している実施例217は、アモルファスである比較例20と比較し、発光が小さく欠陥の少ない膜質であった。

[0246]

[表56]

		実施例217	比較例20	
膜の組成比率	金属組成比率 [at%] [In] / ([In] + [Ga] + [X])	> 75	33.0	
作製条件	酸化物薄膜作製	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5
		成膜時の酸素分圧[Pa]	0.05	0.05
		成膜時の水分圧[Pa]	0.00	0.00
		磁束密度[G]	1000	1000
	アニール	膜厚[nm]	50	50
		昇温パターン[°C/分]	10	10
		最高温度[°C]	350	350
		保持時間[時間]	1	1
雰囲気		大気	大気	
評価結果	電子線回折による結晶相解析		ビクスパイト	アモルファス
	CL評価結果	CLスペクトル		図10
		I (640nm) / I (380nm)		7.5

産業上の利用可能性

[0247] 本発明の結晶酸化物薄膜は薄膜トランジスタの構成部材、例えば、チャネル層として好適に使用できる。また、本発明の薄膜トランジスタは、電気機器、電子機器、車両、動力機関に使用される電子回路に使用できる。

[0248] 上記に本発明の実施形態及び／又は実施例を幾つか詳細に説明したが、当業者は、本発明の新規な教示及び効果から実質的に離れることなく、これら例示である実施形態及び／又は実施例に多くの変更を加えることが容易である。従って、これらの多くの変更は本発明の範囲に含まれる。

この明細書に記載の文献、及び本願のパリ条約による優先権の基礎となる出願の内容を全て援用する。

請求の範囲

- [請求項1] I_n を主成分とする結晶酸化物薄膜であって、
前記結晶酸化物薄膜の面方向において、走査型広がり抵抗顕微鏡（SSRM）で測定される広がり抵抗値の異なる低抵抗領域Aと高抵抗領域Bを有し、
前記高抵抗領域Bの広がり抵抗値が、前記低抵抗領域Aの広がり抵抗値の8倍以上である、結晶酸化物薄膜。
- [請求項2] 前記高抵抗領域Bの広がり抵抗値が、前記低抵抗領域Aの広がり抵抗値の10倍以上である、請求項1に記載の結晶酸化物薄膜。
- [請求項3] 前記高抵抗領域Bの広がり抵抗値が、前記低抵抗領域Aの広がり抵抗値の15倍以上である、請求項1に記載の結晶酸化物薄膜。
- [請求項4] 膜厚が80nm以下である、請求項1～3のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。
- [請求項5] 走査型静電容量顕微鏡（SCM）で測定される dC/dV 値において、前記低抵抗領域Aと前記高抵抗領域Bの境界の dC/dV 値が、前記高抵抗領域Bの dC/dV 値よりも大きい、請求項1～4のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。
- [請求項6] 前記結晶酸化物薄膜の、薄膜下面と薄膜中の結晶粒界とがなす平均粒界角度 θ が 70° 以上、 110° 以下であり、
前記結晶粒界同士の平均間隔Dが $0.01\mu m$ 以上、 $2.0\mu m$ 以下である、請求項1～5のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。
- [請求項7] 前記結晶酸化物薄膜の電子線回折において、ビックスバイト構造である結晶粒を含む、請求項1～6のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。
- [請求項8] 前記結晶酸化物薄膜が、さらに、H、B、C、N、O、F、Mg、Al、Si、S、Cl、Ar、Ca、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Ge、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Cd、Sn、Sb、Cs、B

a、Ln、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Pb及びBiからなる群から選択される1以上の元素を含む、請求項1～7のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

[請求項9] 請求項1～8のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜を含む、積層体。

[請求項10] 前記結晶酸化物薄膜と下部層とが接する面と、前記結晶酸化物薄膜中の結晶粒界とがなす平均粒界角度 θ_{sub} が 70° 以上、 110° 以下である、請求項9に記載の積層体。

[請求項11] 前記下部層が薄膜トランジスタの基板又は薄膜トランジスタの構成層である、請求項9又は10に記載の積層体。

[請求項12] 請求項1～8のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜又は請求項9～11のいずれかに記載の積層体を含む、薄膜トランジスタ。

[請求項13] チャンネル層と

前記チャンネル層の両端側にそれぞれ接続する、ソース電極及びドレイン電極と、

ゲート絶縁膜を介して、チャンネル層に積層しているゲート電極と、を有し

前記チャンネル層は前記結晶酸化物薄膜であり、前記高抵抗領域Bに前記ゲート絶縁膜が形成され、前記低抵抗領域Aにソース電極及びドレイン電極が形成され、

前記ソース電極の端部及びドレイン電極の端部から、前記ゲート電極の端部から厚さ方向に引いた垂線と前記結晶酸化物薄膜との交点までの距離 L_{off} が、 $4\mu m$ 以上 $20\mu m$ 以下であり、

前記結晶酸化物薄膜の結晶粒界同士の平均間隔Dと、前記距離 L_{off} が下記式(1)を満たす、請求項12に記載の薄膜トランジスタ。

$$2 \leq L_{off}/D \leq 100 \dots (1)$$

[請求項14] 前記ソース電極及び前記ドレイン電極と前記チャンネル層の接触領域長 L_s が、 $4\mu m$ 以上 $20\mu m$ 以下であり、

前記結晶酸化物薄膜の結晶粒界同士の平均間隔Dと、前記接触領域長L_sが下記式(2)を満たす、請求項12又は13に記載の薄膜トランジスタ。

$$1 \leq L_s / D \leq 100 \dots (2)$$

[請求項15] 前記低抵抗領域Aと前記ゲート電極の水平方向の間隙ΔLが1μm未満である、請求項12～14のいずれかに記載の薄膜トランジスタ。

[請求項16] Inを主成分とする結晶酸化物薄膜であって、膜厚が80nm以下であり、前記結晶酸化物薄膜の面方向において、キャリア濃度の異なる高キャリア濃度領域Aと低キャリア濃度領域Bを有し、前記高キャリア濃度領域Aのキャリア濃度が 10^{19} cm^{-3} 以上、 10^{22} cm^{-3} 以下であり、前記高キャリア濃度領域Aのキャリア濃度が、前記低キャリア濃度領域Bのキャリア濃度の8倍以上である、結晶酸化物薄膜。

[請求項17] 前記高キャリア濃度領域Aのキャリア濃度が、前記低キャリア濃度領域Bのキャリア濃度の10倍以上である、請求項16に記載の結晶酸化物薄膜。

[請求項18] 前記高キャリア濃度領域Aのキャリア濃度が、前記低キャリア濃度領域Bのキャリア濃度の15倍以上である、請求項16に記載の結晶酸化物薄膜。

[請求項19] 前記低キャリア濃度領域Bのキャリア濃度が、 10^{15} cm^{-3} 以上、 10^{19} cm^{-3} 未満である、請求項16～18のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

[請求項20] 前記結晶酸化物薄膜の、薄膜下面と薄膜中の結晶粒界とがなす平均粒界角度θが70°以上、110°以下であり、前記結晶粒界同士の平均間隔Dが0.01μm以上、2.0μm以下である、請求項16～19のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

- [請求項21] 前記結晶酸化物薄膜の電子線回折において、ビックスバイト構造である結晶粒を含む、請求項16～20のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。
- [請求項22] 前記結晶酸化物薄膜が、さらに、H、B、C、N、O、F、Mg、Al、Si、S、Cl、Ar、Ca、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Ge、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Cd、Sn、Sb、Cs、Ba、Ln、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Pb及びBiからなる群から選択される1以上の元素を含む、請求項16～21のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。
- [請求項23] 請求項16～22のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜を含む、積層体。
- [請求項24] 前記結晶酸化物薄膜と下部層とが接する面と、前記結晶酸化物薄膜中の結晶粒界とがなす平均粒界角度 θ_{sub} が 70° 以上、 110° 以下である、請求項23に記載の積層体。
- [請求項25] 前記下部層が薄膜トランジスタの基板又は薄膜トランジスタの構成層である、請求項23又は24に記載の積層体。
- [請求項26] 請求項16～22のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜又は請求項23～25に記載の積層体を含む、薄膜トランジスタ。
- [請求項27] チャンネル層と
前記チャンネル層の両端側にそれぞれ接続する、ソース電極及びドレイン電極と、
ゲート絶縁膜を介して、チャンネル層に積層しているゲート電極と、
を有し
前記チャンネル層は前記結晶酸化物薄膜であり、前記低キャリア濃度領域Bに前記ゲート絶縁膜が形成され、前記高キャリア濃度領域Aにソース電極及びドレイン電極が形成され、
前記ソース電極の端部及び前記ドレイン電極の端部から、前記ゲー

ト電極の端部から厚さ方向に引いた垂線と前記結晶酸化物薄膜との交点までの距離 L_{off} が、 $4\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下であり、

前記結晶酸化物薄膜の結晶粒界同士の平均間隔 D と、前記距離 L_{off} が下記式(1)を満たす、請求項26に記載の薄膜トランジスタ。

$$2 \leq L_{off} / D \leq 100 \dots (1)$$

[請求項28] 前記ソース電極及び前記ドレイン電極と前記チャンネル層の接触領域長 L_s が、 $4\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下であり、

前記結晶酸化物薄膜の結晶粒界同士の平均間隔 D と、前記接触領域長 L_s が下記式(2)を満たす、請求項26又は27に記載の薄膜トランジスタ。

$$1 \leq L_s / D \leq 100 \dots (2)$$

[請求項29] 前記高キャリア濃度領域Aと前記ゲート電極の水平方向の間隙 ΔL が $1\ \mu\text{m}$ 未満である、請求項26～28のいずれかに記載の薄膜トランジスタ。

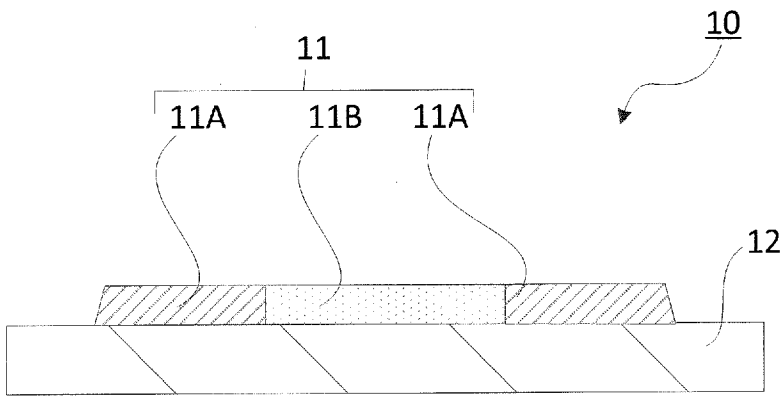
[請求項30] In を主成分とする結晶酸化物薄膜であって、膜厚が $80\ \text{nm}$ 以下であり、前記結晶酸化物薄膜の結晶粒界同士の平均間隔 D が $2\ \mu\text{m}$ 以下であり、キャリア濃度が $10^{19}\ \text{cm}^{-3}$ 以上、 $10^{22}\ \text{cm}^{-3}$ 以下である、結晶酸化物薄膜。

[請求項31] 請求項30に記載の結晶酸化物薄膜を含む、薄膜トランジスタ。

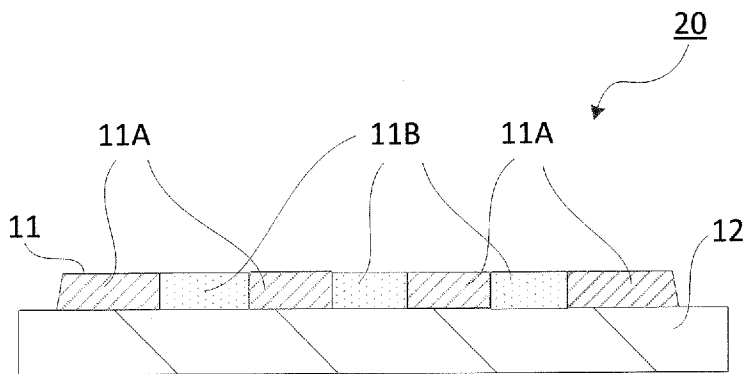
[請求項32] 請求項12～15、26～29及び31のいずれかに記載の薄膜トランジスタを含む、電子回路。

[請求項33] 請求項32に記載の電子回路を含む、電気機器、電子機器、車両、又は動力機関。

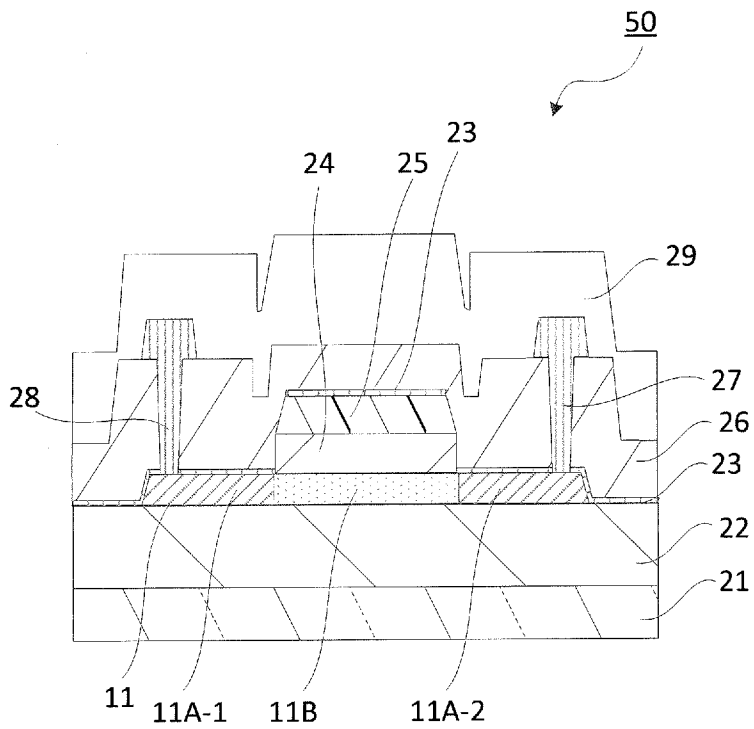
[図1]



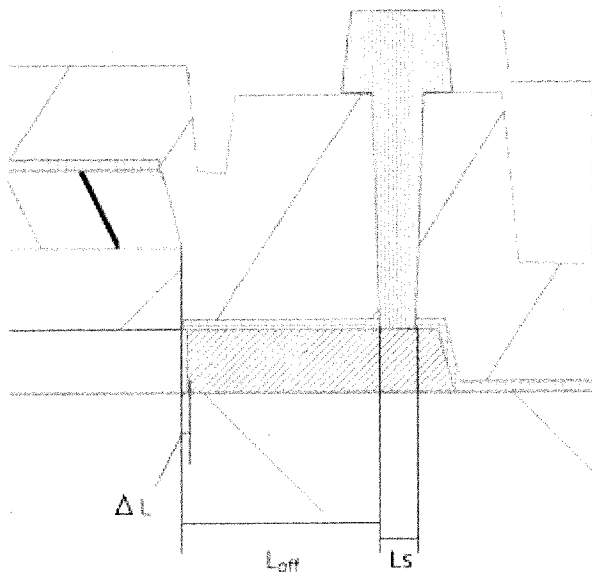
[図2]



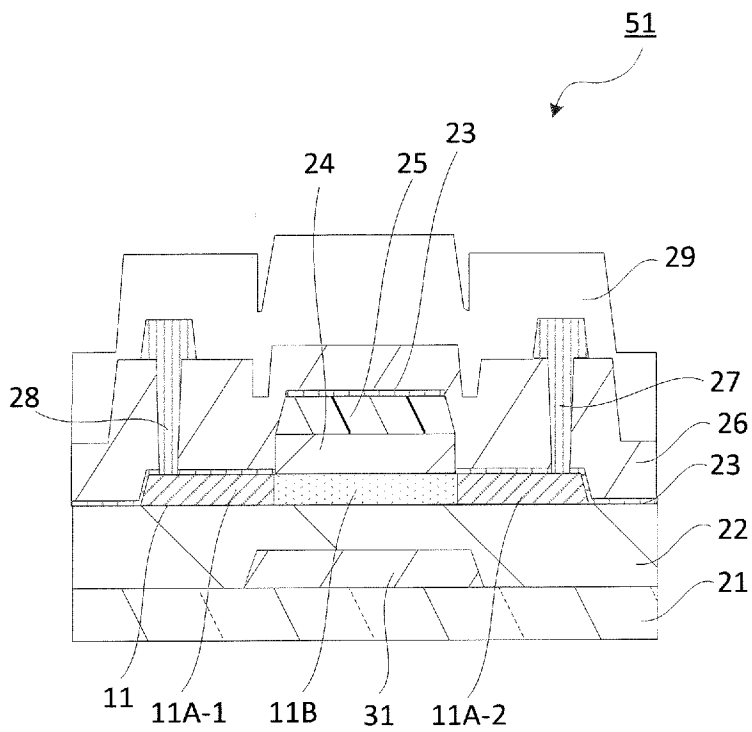
[図3A]



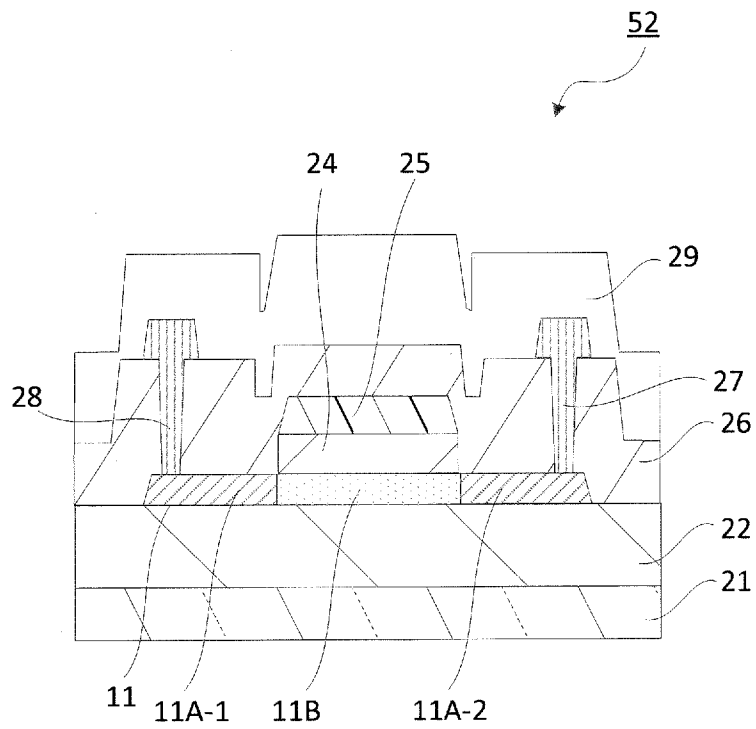
[図3B]



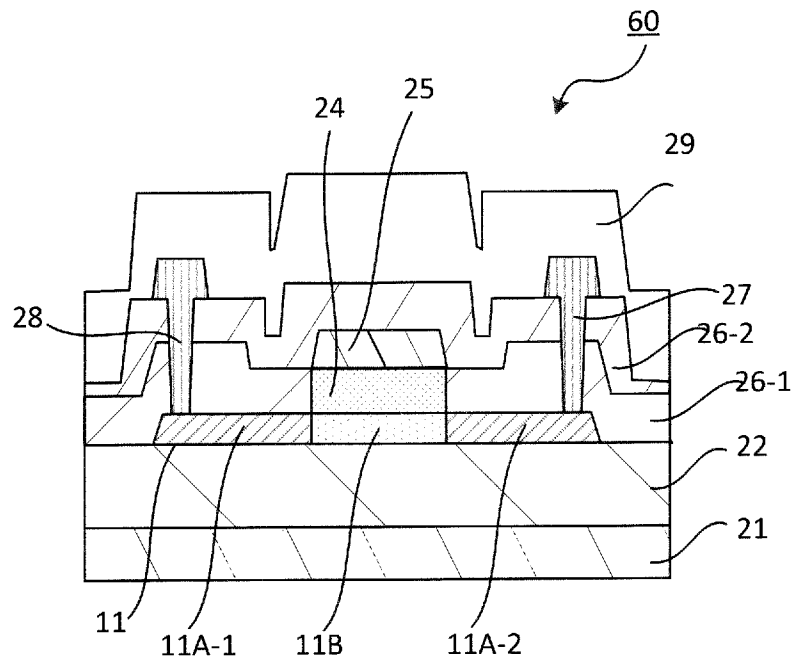
[図4]



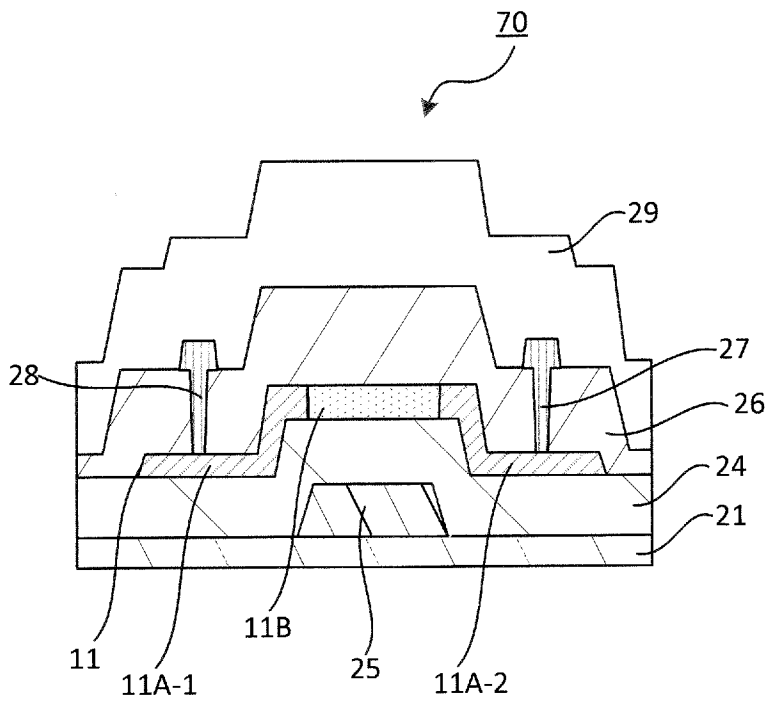
[図5]



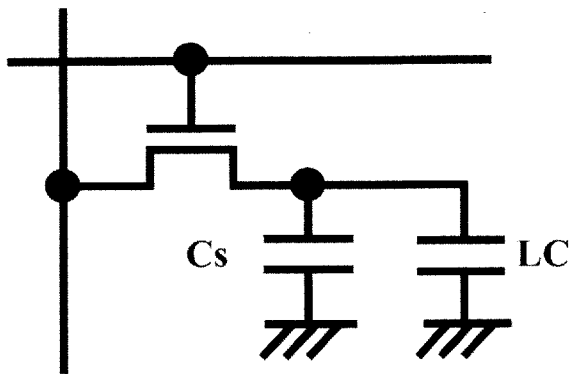
[図6]



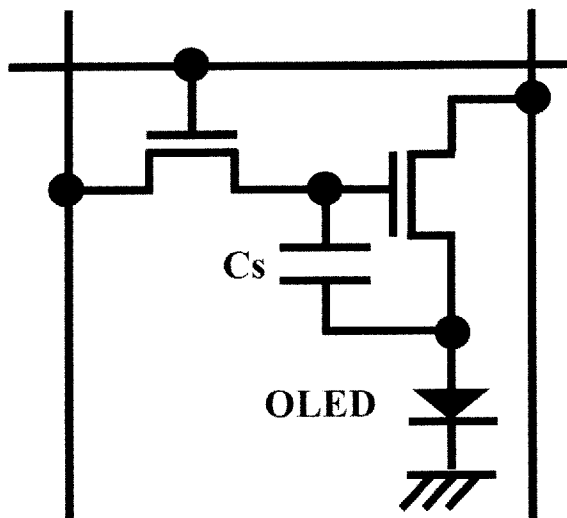
[図7]



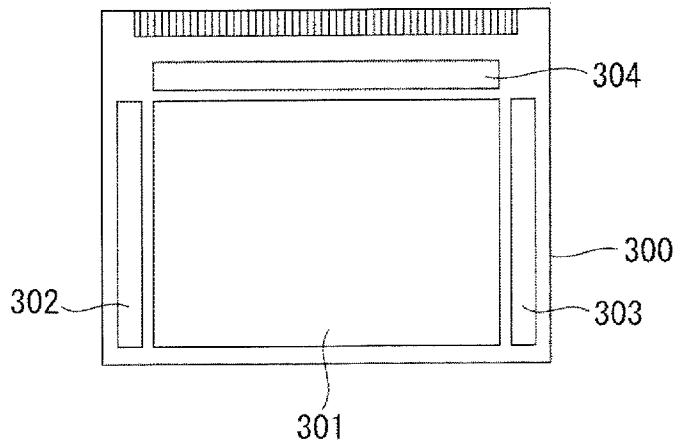
[図8A]



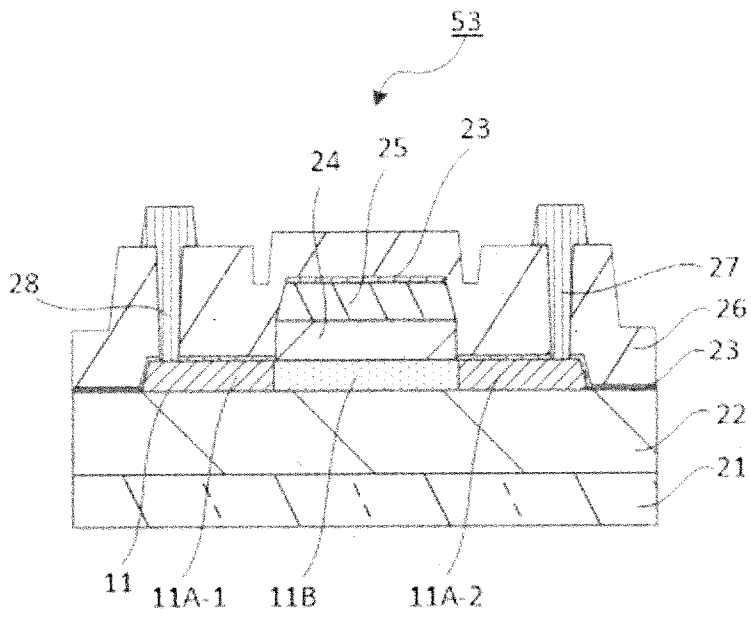
[図8B]



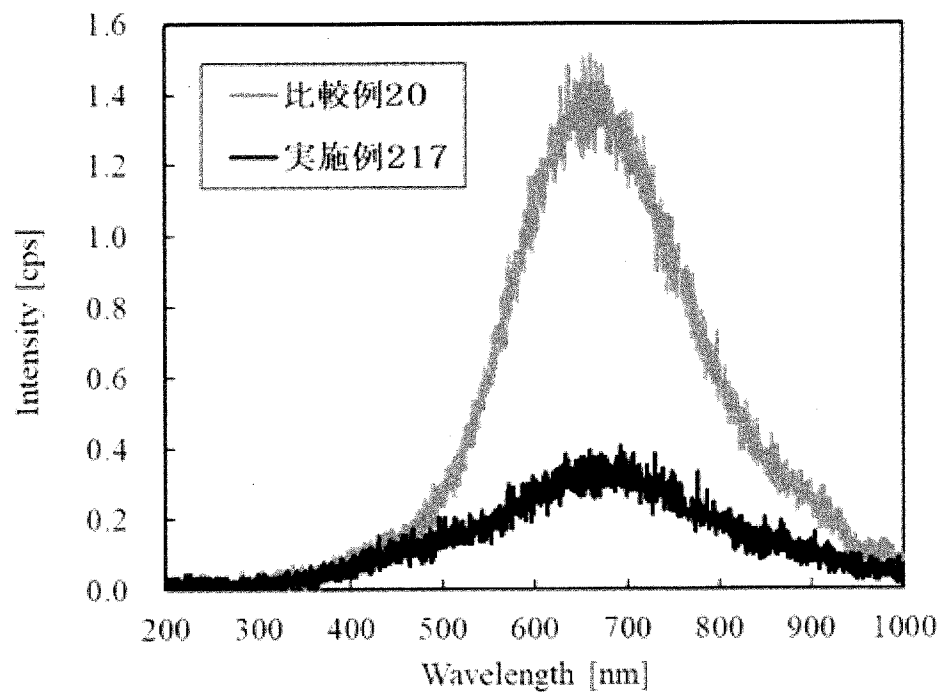
[図8C]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/038036

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01L 29/786</i> (2006.01)i; <i>G02F 1/1368</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/28</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/336</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/363</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/66</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/417</i> (2006.01)i FI: H01L29/78 618B; H01L21/28 301B; H01L29/50 M; H01L21/66 L; H01L29/78 618Z; H01L29/78 618F; G02F1/1368; H01L29/78 616J; H01L21/363		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L29/786; G02F1/1368; H01L21/28; H01L21/336; H01L21/363; H01L21/66; H01L29/417		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2020/196716 A1 (IDEMITSU KOSAN CO., LTD.) 01 October 2020 (2020-10-01) paragraphs [0072]-[0073], [0083]-[0086], [0133], [0161], fig. 1, 3, 4	1-33
Y	JP 2015-188063 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 29 October 2015 (2015-10-29) paragraphs [0033], [0063], [0083], [0183]-[0190], fig. 2, 5(B)	1-33
Y	JP 2011-146694 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 28 July 2011 (2011-07-28) paragraph [0044]	8-15, 22-29
Y	JP 2013-179141 A (SONY CORP) 09 September 2013 (2013-09-09) paragraphs [0047]-[0048]	8-15, 22-29
A	WO 2017/017966 A1 (IDEMITSU KOSAN CO., LTD.) 02 February 2017 (2017-02-02)	1-33
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 23 December 2022		Date of mailing of the international search report 10 January 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/038036

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2020/196716	A1	01 October 2020	US 2022/0199784 A1 paragraphs [0152]-[0159], [0175]-[0182], [0255], [0313], fig. 1, 3, 4 CN 113614276 A KR 10-2021-0144707 A TW 202044539 A	
JP	2015-188063	A	29 October 2015	US 2015/0228803 A1 paragraphs [0086], [0116], [0136], [0236]-[0243], fig. 2A, 2B, 5B KR 10-2015-0093616 A TW 201533912 A	
JP	2011-146694	A	28 July 2011	US 2011/0147738 A1 paragraph [0056] WO 2011/074407 A1 TW 201138114 A	
JP	2013-179141	A	09 September 2013	US 2013/0221358 A1 paragraphs [0107]-[0108] KR 2013/0221358 A CN 103295909 A TW 201338173 A	
WO	2017/017966	A1	02 February 2017	US 2018/0219098 A1 CN 107924822 A KR 2018/0219098 A TW 201714854 A	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>H01L 29/786(2006.01)i; G02F 1/1368(2006.01)i; H01L 21/28(2006.01)i; H01L 21/336(2006.01)i; H01L 21/363(2006.01)i; H01L 21/66(2006.01)i; H01L 29/417(2006.01)i FI: H01L29/78 618B; H01L21/28 301B; H01L29/50 M; H01L21/66 L; H01L29/78 618Z; H01L29/78 618F; G02F1/1368; H01L29/78 616J; H01L21/363</p>																				
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>H01L29/786; G02F1/1368; H01L21/28; H01L21/336; H01L21/363; H01L21/66; H01L29/417</p> <p>最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table> <p>国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年										
日本国実用新案公報	1922 - 1996年																			
日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年																			
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年																			
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年																			
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>WO 2020/196716 A1（出光興産株式会社）01.10.2020（2020 - 10 - 01） 段落0072-0073, 0083-0086, 0133, 0161、図1, 3, 4</td> <td>1-33</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2015-188063 A（株式会社半導体エネルギー研究所）29.10.2015（2015 - 10 - 29） 段落0033, 0063, 0083, 0183-0190、図2, 5(B)</td> <td>1-33</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2011-146694 A（株式会社半導体エネルギー研究所）28.07.2011（2011 - 07 - 28） 段落0044</td> <td>8-15, 22-29</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2013-179141 A（ソニー株式会社）09.09.2013（2013 - 09 - 09） 段落0047-0048</td> <td>8-15, 22-29</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2017/017966 A1（出光興産株式会社）02.02.2017（2017 - 02 - 02）</td> <td>1-33</td> </tr> </tbody> </table>			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	Y	WO 2020/196716 A1（出光興産株式会社）01.10.2020（2020 - 10 - 01） 段落0072-0073, 0083-0086, 0133, 0161、図1, 3, 4	1-33	Y	JP 2015-188063 A（株式会社半導体エネルギー研究所）29.10.2015（2015 - 10 - 29） 段落0033, 0063, 0083, 0183-0190、図2, 5(B)	1-33	Y	JP 2011-146694 A（株式会社半導体エネルギー研究所）28.07.2011（2011 - 07 - 28） 段落0044	8-15, 22-29	Y	JP 2013-179141 A（ソニー株式会社）09.09.2013（2013 - 09 - 09） 段落0047-0048	8-15, 22-29	A	WO 2017/017966 A1（出光興産株式会社）02.02.2017（2017 - 02 - 02）	1-33
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号																		
Y	WO 2020/196716 A1（出光興産株式会社）01.10.2020（2020 - 10 - 01） 段落0072-0073, 0083-0086, 0133, 0161、図1, 3, 4	1-33																		
Y	JP 2015-188063 A（株式会社半導体エネルギー研究所）29.10.2015（2015 - 10 - 29） 段落0033, 0063, 0083, 0183-0190、図2, 5(B)	1-33																		
Y	JP 2011-146694 A（株式会社半導体エネルギー研究所）28.07.2011（2011 - 07 - 28） 段落0044	8-15, 22-29																		
Y	JP 2013-179141 A（ソニー株式会社）09.09.2013（2013 - 09 - 09） 段落0047-0048	8-15, 22-29																		
A	WO 2017/017966 A1（出光興産株式会社）02.02.2017（2017 - 02 - 02）	1-33																		
<p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>																				
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</p> <p>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</p> <p>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p>																				
<p>国際調査を完了した日</p> <p>23.12.2022</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>10.01.2023</p>																			
<p>名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>岩本 勉 5F 9355</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3516</p>																			

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/038036

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2020/196716	A1	01.10.2020	US	2022/0199784	A1	
					段落0152-0159, 0175-0182, 0255, 0313、図1, 3, 4		
				CN	113614276	A	
				KR	10-2021-0144707	A	
				TW	202044539	A	
JP	2015-188063	A	29.10.2015	US	2015/0228803	A1	
					段落0086, 0116, 0136, 0236-0243、図2A, 2B, 5B		
				KR	10-2015-0093616	A	
				TW	201533912	A	
JP	2011-146694	A	28.07.2011	US	2011/0147738	A1	
					段落0056		
				WO	2011/074407	A1	
				TW	201138114	A	
JP	2013-179141	A	09.09.2013	US	2013/0221358	A1	
					段落0107-0108		
				KR	10-2013-0098906	A	
				CN	103295909	A	
				TW	201338173	A	
WO	2017/017966	A1	02.02.2017	US	2018/0219098	A1	
				CN	107924822	A	
				KR	10-2018-0034318	A	
				TW	201714854	A	