(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)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/063352 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/363 (2006.01) *H01L 21/336* (2006.01)
C23C 14/08 (2006.01) *H01L 21/66* (2006.01)
H01L 21/20 (2006.01) *H01L 29/786* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/038044

(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 2021-169157 2021年10月14日(14.10.2021) JP
特願 2022-053861 2022年3月29日(29.03.2022) JP

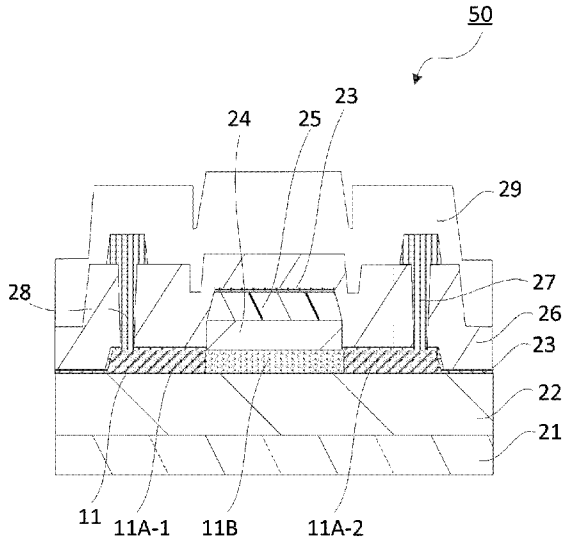
(71) 出願人：出光興産株式会社(**IDEMITSU KOSAN CO.,LTD.**) [JP/JP]; 〒1008321 東京都千代田区大手町一丁目２番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者：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). 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). 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). 井上一吉(**INOUE, Kazuyoshi**); 〒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).

(54) **Title:** CRYSTALLINE OXIDE THIN FILM, METHOD FOR PRODUCING SAME, THIN FILM TRANSISTOR, AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 発明の名称： 結晶酸化物薄膜及びその製造方法、並びに薄膜トランジスタ及びその製造方法



(57) **Abstract:** A crystalline oxide thin film having In as a main component, the crystalline oxide thin film being such that 50% or more of Fourier transform images obtained by processing each of a plurality of lattice images of image regions, which are extracted from a transition electron microscope (TEM) image of a cross-section of the crystalline oxide thin film, using respective two-dimensional Fourier transforms (FFT) exhibit any plane orientation selected from the (100), (110), (111), (211), (411), (125), (210), (310), and (320) planes.

(57) 要約：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断面の透過電子顕微鏡（ＴＥＭ）画像から抽出した、複数の画像領域の格子像を、それぞれ２次元フーリエ変換（ＦＦＴ）処理して得られるフーリエ変換像の５０％以上が、（１００）、（１１０）、（１１１）、（２１１）、（４１１）、（１２５）、（２１０）、（３１０）、及び（３２０）から選択されるいずれかの面方位を示す、結晶酸化物薄膜。

［続葉有］

WO 2023/063352 A1

(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, 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 ：

結晶酸化物薄膜及びその製造方法、並びに薄膜トランジスタ及びその製造方法

技術分野

[0001]　本発明は、結晶酸化物薄膜及びその製造方法、並びに薄膜トランジスタ及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002]　チャネル層に結晶酸化物薄膜を使用した薄膜トランジスタ（ＴＦＴ）が知られている（特許文献１～２参照）。

例えば特許文献１では、Ｉｎ元素を主成分とする酸化物半導体を、水を導入しながらスパッタリングして成膜することで、当該酸化物半導体を用いたＴＦＴにおいて高移動度な特性が得られている。

また、特許文献２では、Ｉｎ元素を主成分とする結晶酸化物薄膜において、Ｇａ元素とともにＳｍ元素を含む組成とすることで、薄膜の成膜時に水を導入しなくても、ＴＦＴ素子において良好な移動度が得られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第５４９１２５８号公報

特許文献2：特許第６８５３４２１号公報

発明の概要

[0004]　しかしながら、特許文献１、２の技術でも、ＴＦＴ特性の向上は必ずしも十分でなく、改善の余地があった。

特許文献１の技術では、所定の期間電圧印加したときに閾値電圧（Ｖｔｈ）が変動し易く、信頼性の面で問題が生じることがあった。

また、特許文献１、２の技術では、酸化物薄膜においてアニール工程前に結晶化が進行することで、アニール工程における良好な結晶成長が阻害され

てしまい、移動度の向上の効果を十分に得られないことがあった。

[0005] 本発明の目的は、ＴＦＴに適用したときに良好な移動度を示し、且つ高い信頼性が得られる結晶酸化物薄膜を提供することである。また、当該結晶酸化物薄膜を有する薄膜トランジスタ及びその製造方法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断面の透過電子顕微鏡（ＴＥＭ）画像から抽出した、複数の画像領域の格子像を、それぞれ２次元フーリエ変換（ＦＦＴ）処理して得られるフーリエ変換像の５０％以上が、（１００）、（１１０）、（１１１）、（２１１）、（４１１）、（１２５）、（２１０）、（３１０）、及び（３２０）から選択されるいずれかの面方位を示す、結晶酸化物薄膜。

２．前記複数の画像領域について取得した、（１００）、（１１０）、（１１１）、（２１１）、（４１１）、（１２５）、（２１０）、（３１０）、及び（３２０）から選択されるいずれかの面方位を示す前記フーリエ変換像の各々において、

前記フーリエ変換像の中心座標から前記結晶酸化物薄膜の主面に対して法線方向に伸びる座標軸上に位置する輝点から選択される逆格子点Ｐ１の、前記中心座標からの周波数領域の大きさを法線方向の面間隔ｄ１とし、

前記フーリエ変換像の中心座標から前記結晶酸化物薄膜の主面に平行な方向に伸びる座標軸上に位置する輝点から選択される逆格子点Ｐ２の、前記中心座標からの周波数領域の大きさを平面方向の面間隔ｄ２とし、

前記逆格子点Ｐ１のミラー指数を（h_1、k_1、l_1）とし、前記逆格子点Ｐ２のミラー指数を（h_2、k_2、l_2）としたとき、

下記式（１）で算出される法線方向の格子定数ａ及び下記式（２）で算出される平面方向の格子定数ｂから下記式（３）により算出される、前記複数の画像領域の各々の格子歪みεの平均値ε_{aver}が、１．０＜ε_{aver}＜１．１

である、１に記載の結晶酸化物薄膜。

法線方向の格子定数ａ＝√（$h_1^2+k_1^2+h_1^2$）×ｄ１　…（式（１））

平面方向の格子定数ｂ＝√（$h_2^2+k_2^2+h_2^2$）×ｄ２　…（式（２））

[数1]

$$\varepsilon = \frac{b}{a}$$

…（式（３））

３．膜厚が３ｎｍ以上５０ｎｍ未満である、１又は２に記載の結晶酸化物薄膜。

４．前記結晶酸化物薄膜の短辺の長さが５０μｍ未満である、１～３のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

５．結晶粒界同士の平均間隔Ｄが０．０１μｍ以上２μｍ以下である、１～４のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

６．Ｉｎを６２ａｔ％以上含む、１～５のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

７．さらに、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一種以上の元素を含む、１～６のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜。

８．支持体上に形成した酸化物薄膜を、大気雰囲気下、３００℃超の温度下でアニール処理する、１～７のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜の製造方法。

９．前記アニール処理に供する前記酸化物薄膜の膜厚が、３ｎｍ以上５０ｎｍ未満である、８に記載の結晶酸化物薄膜の製造方法。

１０．前記アニール処理に供する前記酸化物薄膜の短辺が５０μｍ未満である、８又は９に記載の結晶酸化物薄膜の製造方法。

１１．１～７のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜を含む、薄膜トランジスタ。

１２．バッファ層と、チャネル層とを有しており、前記チャネル層は前記結晶酸化物薄膜であり、前記チャネル層からみて、前記バッファ層と反対側に、ゲート絶縁膜及びゲート電極を、前記チャネル層側からこの順に有する、１１に記載の薄膜トランジスタ。

１３．基板上に酸化物薄膜を成膜する工程と、前記酸化物薄膜を、大気雰囲気下、３００℃超の温度下でアニール処理して結晶酸化物薄膜を形成する工程と、前記結晶酸化物薄膜上に、ゲート絶縁膜及びゲート電極をこの順で形成する工程と、を有する、１１又は１２に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

１４．前記基板上にバッファ層を形成した後、前記バッファ層上に前記酸化物薄膜を成膜する、１３に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

１５．基板上に酸化物薄膜を成膜する工程と、前記酸化物薄膜を、大気雰囲気下、３００℃超の温度下でアニール処理して結晶酸化物薄膜を形成する工程と、前記結晶酸化物薄膜上に、層間絶縁膜をこの順で形成する工程と、を有する、１１又は１２に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

１６．前記基板上にゲート電極、ゲート絶縁膜をこの順で形成した後、前記ゲート絶縁膜層上に前記酸化物薄膜を成膜する、１５に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

[0007] 本発明によれば、ＴＦＴに適用したときに良好な移動度を示し、且つ高い信頼性が得られる結晶酸化物薄膜を提供することができる。また、当該結晶酸化物薄膜を有する薄膜トランジスタ及びその製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本実施形態の一例のＴＦＴの概略断面図である。

[図2]本実施形態の他例のＴＦＴの概略断面図である。

[図3]本実施形態の他例のＴＦＴの概略断面図である。

[図4]In_2O_3のビックスバイト構造のＦＦＴ像を示す図である。

[図5]格子定数ａ、格子定数ｂの算出方法を説明するための図である。

[図6]In_2O_3のビックスバイト構造の逆格子シミュレーションの結果を示す図である。

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、即ち、単数か複数かを特定する旨の記載や順序を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、「電気的に接続」には、「何らかの電気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、「何らかの電気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、「何らかの電気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～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] また、本明細書において、「薄膜の主面」とは、薄膜の面のうち最も広い面積を有する面をいう。

[0017] 本明細書において、結晶のある特定の面またはそれに平行な面を結晶面と称する。

また、結晶面に垂直な方向を面方位と称する。

[0018] １．結晶酸化物薄膜

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、結晶酸化物薄膜の断面の透過電子顕微鏡画像（以下、断面ＴＥＭ画像と示すことがある。）から抽出した、複数の画像領域の格子像を、それぞれ２次元フーリエ変換（ＦＦＴ）処理して得られるフーリエ変換像（以下、ＦＦＴ像と示す。）の５０％以上が、（１００）、（１１０）、（１１１）、（２１１）、（４１１）、（１２５）、（２１０）、（３１０）、及び（３２０）から選択されるいずれかの面方位を示す。

なお、複数の画像領域とは、以降の説明では１０個の画像領域であるが、画像領域の数は１０個に限られず、これより多い数でもよい。例えば５０個或いはそれ以上の数の画像領域を抽出してもよい。

[0019] 上記特性を有する結晶酸化物薄膜は、後記する結晶酸化物薄膜の製造方法に記載の方法だけでなく、結晶酸化物薄膜の結晶状態を柱状に調整することによって得ることができる。

[0020] 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５０ａｔ％以上であることを意味する。

Ｉｎの組成比率は６２ａｔ％以上であることが好ましく、７０ａｔ％以上であることがより好ましく、８０ａｔ％以上であることがより好ましく、８５ａｔ％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、５０ａｔ％以上がＩｎ元素であれば、成膜した非晶質膜において結晶化が進行しやすく、本実施形態に係る結晶酸化物薄膜をＴＦＴに採用した場合に、十分高い移動度を発揮できる。

[0021] 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。

[0022] 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いてもよい。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。

[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。

［Ｇａ］／（［Ｉｎ］＋［Ｇａ］）］＜２２ａｔ％　　（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が置換しビ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。

[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］）］＜１５ａｔ％　（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が置換したビ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。

[0025] 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］）］＜２２．５ａｔ％　（１３）

［Ｘ］／（［Ｉｎ］＋［Ｇａ］＋［Ｘ］）］＜８．０ａｔ％　（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が置換したビ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。

[0026] 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。

［Ｓｎ］／（［Ｉｎ］＋［Ｓｎ］＋［Ｘ］）］＜２０ａｔ％　（１５）

［Ｘ］／（［Ｉｎ］＋［Ｓｎ］＋［Ｘ］）］＜８．０ａｔ％　（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が置換したビ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。

[0027] 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。

［Ｚｎ］／（［Ｉｎ］＋［Ｚｎ］＋［Ｘ］）］＜１２ａｔ％　（１７）

［Ｘ］／（［Ｉｎ］＋［Ｚｎ］＋［Ｘ］）］＜８．０ａｔ％　（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が置換したビ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、ＴＦＴ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。

[0028] 結晶酸化物薄膜中の各金属元素の含有量（原子比）は、ＩＣＰ（Ｉｎｄｕｃｔｉｖｅ　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。

[0029] 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（ＩＭＳ７ｆ－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。

[0030] 本実施形態に係る結晶酸化物薄膜では、結晶酸化物薄膜の断面の断面ＴＥＭ画像から抽出した、複数の画像領域の格子像を、それぞれ２次元フーリエ変換（ＦＦＴ）処理して得られるＦＦＴ像の５０％以上が、（１００）、（１１０）、（１１１）、（２１１）、（４１１）、（１２５）、（２１０）、（３１０）、及び（３２０）から選択されるいずれかの面方位を示す。

（１００）、（１１０）、（１１１）、（２１１）、（４１１）、（１２５）、（２１０）、（３１０）、及び（３２０）は、いずれもIn_2O_3のビックスバイト構造の結晶面であり、これらの面方位のいずれかに該当する場合を、「ＦＦＴ特定面方位を示す」という。

各画像領域の格子像から得られる複数のＦＦＴ像のうちの５０％以上が、前述した面方位のいずれかに該当する場合には、結晶酸化物薄膜が、ＦＦＴのチャネル層に適した良好なビックスバイト結晶構造を有していると判断できる。

これにより、結晶酸化物薄膜をＴＦＴのチャネル層に使用した際に、高い移動度を発揮でき、また閾値電圧（Ｖｔｈ）の変動が少なく信頼性に優れる。

ＦＦＴ特定面方位の判定方法は、実施例で詳しく説明する。

[0031] 好ましくは、結晶酸化物薄膜の断面の断面ＴＥＭ画像から抽出した、複数

の画像領域の格子像のＦＦＴ像の６０％以上、７０％以上、８０％以上、９０％以上、９５％以上、又は９９％以上が、（１００）、（１１０）、（１１１）、（２１１）、（４１１）、（１２５）、（２１０）、（３１０）、及び（３２０）から選択されるいずれかの面方位を示す。

さらに好ましくは、複数の画像領域の格子像のＦＦＴ像の１００％が、（１００）、（１１０）、（１１１）、（２１１）、（４１１）、（１２５）、（２１０）、（３１０）、及び（３２０）から選択されるいずれかの面方位を示す。

[0032] 一実施形態に係る結晶酸化物薄膜は、ＦＦＴ特定面方位を示すフーリエ変換像の各々について、結晶酸化物薄膜の主面に対する法線方向（以下、法線方向と示す。）の格子定数ａ、及び結晶酸化物薄膜の主面に平行な方向（以下、平面方向と示す。）の格子定数ｂから、下記式（３）により算出される格子歪みε_1、・・・ε_xの算術平均値ε_{aver}が、１．０＜ε_{aver}＜１．１である。

[0033] [数2]

$$\varepsilon = \frac{b}{a}$$

…（式（３））

格子歪みεは、結晶格子の歪みの度合いを示すものであり、εの値が１．０を超える場合には、法線方向の格子定数ａに対して、平面方向の格子定数ｂが大きく、結晶格子に引張応力が生じた状態となる。これにより、結晶酸化物薄膜は結晶粒内の欠陥が低減され、電子トラップが少なく良好な伝導特性を持つ結晶状態となるため、結晶酸化物薄膜をＴＦＴのチャネル層に使用した際に、高い移動度を発揮でき、また閾値電圧（Ｖｔｈ）の変動が少なく信頼性に優れる。また、εの値が１．１未満である場合には、結晶酸化物薄膜の剥離やクラックの発生が抑制されるため、膜性状が良好である。

ε_{aver}は、１．０１～１．０９であることが好ましく、１．０２～１．０８であることがより好ましい。

なお、法線方向の格子定数ａ及び平面方向の格子定数ｂの算出方法は、実施例で詳しく説明する。

[0034] 一実施形態において、結晶酸化物薄膜の膜厚は３ｎｍ以上１３０ｎｍ以下である。膜厚が１３０ｎｍ以下であることにより、結晶酸化物薄膜の結晶が、柱状の単層結晶になりやすい。これは、膜厚を１３０ｎｍ以下とすることにより、支持体上に成膜された酸化物薄膜において、アニール処理前の段階で結晶化が進行するのを抑制でき、その後のアニール処理工程において、微結晶の存在により結晶成長が阻害されるのを抑制できることによる。このため、結晶酸化物薄膜をＴＦＴのチャネル層に使用した際に、高い移動度を発揮でき、また信頼性に優れる。

また、酸化物薄膜中における微結晶化を抑制できるため、パターニング工程で生じた残差により剥離すべき膜を除去できない等の不具合の発生を抑制でき、膜性状に優れる。

結晶酸化物薄膜の膜厚は、５０ｎｍ未満であることが好ましく、４５ｎｍ以下であることがより好ましく、特に４０ｎｍ以下であることがより好ましい。一方、結晶酸化物薄膜の膜厚は、例えば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、結晶酸化物薄膜の結晶が下地の影響を受け難くなり、高品質な柱状の単層結晶になりやすい。

本明細書において、膜厚は断面ＴＥＭ画像に基づき測定する。

[0035] 一実施形態において、結晶酸化物薄膜の短辺の長さは、５０μｍ未満である。短辺の長さが５０μｍ未満であることにより、結晶酸化物薄膜において、断面ＴＥＭ画像のＦＦＴ像がＦＦＴ特定面方位を示す割合が高くなる傾向がある。

結晶酸化物薄膜の短辺の長さは４５μｍ以下であることが好ましく、３５μｍ以下であることがより好ましく、２５μｍ以下であることがより好ましく、特に２２μｍ以下であることが好ましい。一方、結晶酸化物薄膜の短辺の長さは、例えば０．１μｍ以上であり、０．３μｍ以上であってもよく、

１μｍ以上であってもよい。短辺を１μｍ以上とすることで、結晶酸化物薄膜を用いたＴＦＴを作製する際に、パターニングマスクの位置合わせを精度よく行うことができ、安定した製造が可能となる。但し、集積回路等の製造プロセスにおいては、パターニングマスクの位置合わせ精度が異なるため、その場合には短辺は１μｍ未満であってもよい。

[0036] 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０．０１μｍ以上、２．０μｍ以下であることが好ましい。

これにより、結晶酸化物薄膜をＴＦＴのチャネル層に使用した際に、高い移動度を発揮でき、また閾値電圧（Ｖｔｈ）の変動が少なく信頼性に優れる。

[0037] 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。平均間隔Ｄは、透過型電子顕微鏡を用いて、倍率２０，０００倍で観測した像の中で、チャネル方向に５μｍ、結晶酸化物の膜厚のサイズでＴＦＴ中のチャネル長方向の中央部が中心となる視野を抽出し、断面ＴＥＭ像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する。なお、酸化物薄膜のチャネル方向の長さが５μｍ未満と短い場合は、チャネル方向の長さに合わせた視野を抽出して、同様にして算出すればよい。

[0038] 一実施形態において、結晶酸化物薄膜は、ＴＥＭ像のＦＦＴ像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。

[0039] ２．結晶酸化物薄膜の製造方法

本実施形態の結晶酸化物薄膜は、例えば、基板、バッファ層、絶縁層等の、ＴＦＴを構成する下部層等を支持体とし、当該支持体に、Ｉｎの酸化物を主成分とする薄膜を成膜し、所定の温度でアニール処理（熱処理）することで製造できる。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－ＣＶ

Ｄ、ＩＣＰ－ＣＶＤ、ゾルゲル法、塗布法、ミストＣＶＤが挙げられる。

[0040] 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よく、又は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。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] アニール処理（熱処理）の方法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。

[0044] 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いてもよい。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。

[0045] 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。

［Ｇａ］／（［Ｉｎ］＋［Ｇａ］）］＜２２ａｔ％　（１１）

[0046] 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。

［Ｘ］／（［Ｉｎ］＋［Ｘ］）］＜１５ａｔ％　（１２）

[0047] 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。

［Ｇａ］／（［Ｉｎ］＋［Ｇａ］＋［Ｘ］）］＜２２．５ａｔ％　（１３）

［Ｘ］／（［Ｉｎ］＋［Ｇａ］＋［Ｘ］）］＜８．０ａｔ％　（１４）

[0048] 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。

［Ｓｎ］／（［Ｉｎ］＋［Ｓｎ］＋［Ｘ］）］＜２０ａｔ％　（１５）

［Ｘ］／（［Ｉｎ］＋［Ｓｎ］＋［Ｘ］）］＜８．０ａｔ％　（１６）

[0049] 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。

［Ｚｎ］／（［Ｉｎ］＋［Ｚｎ］＋［Ｘ］）］＜１２ａｔ％　（１７）

［Ｘ］／（［Ｉｎ］＋［Ｚｎ］＋［Ｘ］）］＜８．０ａｔ％　（１８）

[0050] 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、実質的に不純物を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成膜して得られる酸化物薄膜は、非晶質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、表面結晶が単一な面方位を有する、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。

[0051] （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、スパッタリングにより酸化物薄膜を成膜する。

[0052] 一実施形態において、酸化物薄膜成膜工程は、ガラス基板等の基板を支持体として用い、当該支持体上に形成したバッファ層や、バッファ層及び例えば金属層等のバッファ層以外の層を含む積層膜の上に直接、結晶酸化物薄膜を成膜する。積層膜の場合、膜に含まれるバッファ層が結晶酸化物薄膜と直接接触するように、当該積層膜を支持体上に形成することが好ましい。

バッファ層の材料としては、SiO_2、SiN_x、Al_2O_3等が挙げられる。これらの中でもSiO_2が好ましい。

SiO_2等を主成分とするバッファ層又は積層膜の上に酸化物薄膜を直接形成し、さらに後述するアニール処理をすることで、最終的に得られる結晶酸化物薄膜において、断面ＴＥＭ画像のＦＦＴ像がＦＦＴ特定面方位を示す割合が高くなる傾向があり、良好な結晶構造を有するものとなる。

[0053] スパッタリング成膜時に導入する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の流量比（（O_2流量）／（Ａｒ流量）＋（O_2流量））は、０％超、５０％以下であることが好ましく、０％超、２０％以下であることがより好ましい。酸素の流量比が０％超、５０％以下であれば、加熱時に容易に結晶化して半導体化する。酸素の流量比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。酸素の流量比は、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の流量比（（H_2O流量）／（Ａｒ流量）＋（H_2O流量））は、０．０３％超、１０％以下であることが好ましく、０．０３％超、５％以下であることがより好ましい。水の流量比が０．０３％超、５％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。

[0054] 一実施形態においては、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、酸化物薄膜を成膜する。

[0055] 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、アルゴン及び酸素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。本実施形態において、スパッタガスとしては、例えば、市販の高純度アルゴン及び高純度酸素の混合ガスを用いるこ

とができる。不純物は、可能であれば、スパッタガスから排除することが好ましい。

[0056] 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。

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。

[0057] 成膜時のスパッタ圧力は、プラズマが安定して放電できる範囲であれば特に限定されないが、通常、０．１～５Ｐａであり、好ましくは０．２～２Ｐａである。

これにより、最終的に得られる結晶酸化物薄膜において、断面ＴＥＭ画像のＦＦＴ像がＦＦＴ特定面方位を示す割合が高くなり、良好な結晶構造を有するものとなる。

[0058] 酸化物薄膜成膜工程では、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。

[0059] 本実施形態に係る結晶酸化物薄膜は、加熱処理する前の酸化物薄膜が、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、支持体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結晶酸化物薄膜をＴＦＴ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ＴＦＴが高い移動度を示し、なお且つ閾値電圧（Ｖｔｈ）の変動が少なく信頼性に優れる。

[0060] 一実施形態において、酸化物薄膜成膜工程では、酸化物薄膜の膜厚を３ｎｍ以上５０ｎｍ未満に成膜する。

酸化物薄膜の膜厚を上記範囲とする理由は、結晶酸化物薄膜の膜厚を３ｎｍ以上５０ｎｍ未満とする理由と同様である。酸化物薄膜の膜厚の好ましい

範囲も、結晶酸化物薄膜の膜厚の好ましい範囲と同様である。

[0061] 一実施形態において、酸化物薄膜成膜工程では、酸化物薄膜の短辺の長さを５０μｍ未満とする。

酸化物薄膜の短辺の長さを上記範囲とする理由は、結晶酸化物薄膜の短辺の長さを５０μｍ未満とする理由と同様である。酸化物薄膜の短辺の長さの好ましい範囲も、結晶酸化物薄膜の短辺の長さの好ましい範囲と同様である。

[0062] （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、３００℃超、５００℃未満であることが好ましく、３２０℃以上４８０℃以下であることが好ましく、３３０℃以上４５０℃以下であることがより好ましい。

酸化物薄膜の成膜後の熱処理温度が３００℃超であれば、酸化物薄膜が結晶化し易く、最終的に得られる結晶酸化物薄膜において、断面ＴＥＭ画像のＦＦＴ像がＦＦＴ特定面方位を示す割合が高くなり、良好な結晶構造を有するものとなる。また、結晶粒径の平均間隔Ｄを適正な範囲として形成できる。

酸化物薄膜の成膜後の加熱処理温度が５００℃未満であれば、クラックや剥離の発生を抑制できる。

[0063] 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生じ難く、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。

[0064] 熱処理工程における昇温速度は、２℃／分以上、１０００℃／分以下であることが好ましく、３℃／分以上、６００℃／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℃／分以上であれば、１℃／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１０００℃／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。

[0065] 熱処理工程は、２５℃における湿度１０％以上、より好ましくは湿度４０％以上の大気雰囲気下で行うことが好ましい。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。湿度の上限は特に限定されないが、概ね８０％以下である。

[0066] 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出来る。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。

[0067] 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、ＴＦＴ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。

[0068] なお、熱処理工程で得た結晶酸化物薄膜の一部に、その他の領域よりも低

抵抗な領域を形成してもよい。低抵抗な領域の形成方法は、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、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することにより（自己整合）、熱処理（アニール）する方法によって、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。

[0069] ３．薄膜トランジスタ（ＴＦＴ）及びその製造方法

本実施形態に係るＴＦＴは、上述した本発明の結晶酸化物薄膜を含む。好ましくはＴＦＴ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。

また、本実施形態に係るＴＦＴは、バッファ層と、チャネル層とを有しており、前記チャネル層は前記結晶酸化物薄膜であり、前記チャネル層からみて、前記バッファ層と反対側に、ゲート絶縁膜及びゲート電極を、前記チャネル層側からこの順に有する。

[0070] 一実施形態において、ＴＦＴは、基板と、バッファ層と、チャネル層とをこの順に有している。そして、ＴＦＴ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る。

すなわち、ゲート絶縁膜及びゲート電極は、チャネル層からみてバッファ層と反対側に設けられている。

[0071] 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。

[0072] 本実施形態に係るＴＦＴは、基板上に酸化物薄膜を成膜する工程と、前記酸化物薄膜を、大気雰囲気下、３００℃超の温度下でアニール処理して結晶酸化物薄膜を形成する工程と、前記結晶酸化物薄膜上に、ゲート絶縁膜及びゲート電極をこの順で形成する工程と、を有する薄膜トランジスタの製造方法によって製造することができる。

一実施形態においては、前記基板上にバッファ層を形成した後、前記バッ

ファ層上に前記酸化物薄膜を成膜する。

[0073] また、本実施形態に係るＴＦＴは、基板上に酸化物薄膜を成膜する工程と、前記酸化物薄膜を、大気雰囲気下、３００℃超の温度下でアニール処理して結晶酸化物薄膜を形成する工程と、前記結晶酸化物薄膜上に、層間絶縁膜をこの順で形成する工程と、を有する薄膜トランジスタの製造方法によって製造することができる。

一実施形態においては、前記基板上にゲート電極、ゲート絶縁膜をこの順で形成した後、前記ゲート絶縁膜上に前記酸化物薄膜を成膜する。

[0074] ここで、酸化物薄膜をアニール処理して結晶酸化物薄膜を形成する工程は、上述した結晶酸化物薄膜の製造方法を採用することができる。すなわち、本実施形態のＴＦＴは、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。）を含む製造方法によって製造できる。成膜工程及び加熱処理工程の各条件等は、結晶酸化物薄膜の製造方法において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。

[0075] 本実施形態の薄膜トランジスタの製造方法における、結晶酸化物薄膜以外の各層の形成方法は、特に限定されず、公知の方法を用いることができる。

[0076] （ＴＦＴの構成層の形成工程）

結晶酸化物薄膜の上に、絶縁層等のＴＦＴ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。ＴＦＴ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ＴＦＴが得られる。

[0077] 本実施形態に係る薄膜トランジスタの形状は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。また、これらのトランジスタは自己整合型であってもよい。

[0078] 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、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は、以下の実施の形態の記載内容に限定して解釈されない。

[0079] 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。

[0080] 図１は本実施形態のＴＦＴの一例の概略断面図である。

ＴＦＴ５０は、トップゲート型のＴＦＴであり、基板２１、バッファ層２２、チャネル層（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。

ＴＦＴ５０は、基板２１、バッファ層２２、チャネル層（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とチャネル層（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の上は、ＩＴＯ層２３及び層間絶縁膜２６で覆われている。ＩＴＯ層２３はチャネル層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、ＴＦＴ構成層を覆うように保護膜２９が設けられている。

[0081] バッファ層２２は単層からなっていてもよく、２層以上の積層構造であってもよい。また、バッファ層２２と基板２１との間に、金属層を有していてもよい。

ただし、チャネル層１１とバッファ層２２とは、図１に示すように直接接していることが好ましい。

バッファ層２２を形成する材料については後述する。

バッファ層２２の厚さは特に限定されないが、例えば５０～６００ｎｍである。

[0082] また、図１では、層間絶縁膜２６は単層であるが、層間絶縁膜２６を２層構造としてもよい。

[0083] 本実施形態のＴＦＴは、公知の構成にて改良できる。

例えば、図１には図示しないが、ＴＦＴ５０には、基板２１とバッファ層２２の間に、図２に示すようにライトシールド層３１を形成してもよく、又は複数の層が積層されたバッファ層２２の中間層にライトシールド層３１を形成してもよい。

[0084] 図２は本実施形態のＴＦＴの他の例の概略断面図である。

ＴＦＴ５１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ＴＦＴ５０と同様の構成を有する。ライトシールド層３１は光によるＴＦＴの誤動作を抑制するために形成される。ライトシールド層はソース電極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。

[0085] また、図１では、チャネル層１１の両端側、すなわち、ソース電極２７及びドレイン電極２８が接続される領域付近を、結晶酸化物薄膜の低抵抗領域１１Ａとし、ゲート絶縁膜２４の下面に接触する領域が高抵抗領域１１Ｂとした構成例を、本発明のＴＦＴの一例として示しているが、本発明のＴＦＴ

はこの構成には限られない。すなわち、本発明のＴＦＴは、チャネル層１１として、抵抗値が面方向に一様な結晶酸化物薄膜を用いてもよい。その場合、図３に示すように、ＩＴＯ層２３は形成しなくてよい。

[0086] 図３は本実施形態のＴＦＴの他の例の概略断面図である。

ＴＦＴ５２は、チャネル層（結晶酸化物薄膜）１１が、抵抗値の境界を有しない層である（チャネル層（結晶酸化物薄膜）１１に低抵抗領域１１Ａ、高抵抗領域１１Ｂの区分けを設けていない）点、及び、ＩＴＯ層２３を設けていない他は、ＴＦＴ５０と同様の構成を有する。

[0087] 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；図１において、チャネル層１１とゲート絶縁層２４との接触領域における、ソース電極２７－ドレイン電極２８方向の長さ）が１μｍ以上、５０μｍ以下であり、チャネル幅（Ｗ長；図１において、チャネル層１１とゲート絶縁層２４との接触領域における、ソース電極２７－ドレイン電極２８方向に直交する方向の長さ）が１μｍ以上、８０μｍ以下である。

[0088] 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、サファイア基板等を用いることができる。また、シリコンや炭化シリコンなどの単結晶半導体基板、多結晶半導体基板、シリコンゲルマニウムなどの化合物半導体基板、ＳＩＯ（Ｓｉｌｉｃｏｎ Ｉｎ Ｉｎｓｕｌａｔｏｒ）基板など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。

[0089] 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ＴＦＴを設ける方法としては、可撓性基板上にＴＦＴを直接作製する方法以外に、非可撓性基板上にＴＦＴを作製した後、ＴＦＴ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ＴＦＴの間に剥離層を設けると良い。

[0090] 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、バッファ層として積層膜を用いることもできる。例えばSiO_2、SiO_x、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等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。

[0091] バッファ層２２は基板の種類（例えばガラス基板、ポリイミド等の樹脂基板）に合わせて適宜設計することができる。チャネル層１１と接するバッファ層２２の材料としては、上述したものの中でもSiO_2が好ましい。

チャネル層１１と接するバッファ層２２の材料がSiO_2であれば、チャネル層（結晶酸化物薄膜）１１において、断面ＴＥＭ画像のＦＦＴ像がＦＦＴ特定面方位を示す割合が高くなる傾向があり、良好な結晶構造を有するものとなる。

[0092] 図２において、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る。また、第２のバッファ層として積層膜を用いることもできる。第２のバッファ層の材料としては、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等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。

[0093] 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、ゲート絶縁膜として積層膜を用いることもできる。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、A

ＩＮ等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。

[0094] 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。例えば、ＩＴＯ、ＩＺＯ、ＺｎＯ、及びSnO_2等の透明電極や、Ａｌ、Ａｇ、Ｃｕ、Ｃｒ、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｍｏ、Ａｕ、Ｔｉ、Ｚｒ、Ｒｕ、Ｙ、 Ｎｂ、W及びＴａ等の金属電極、又はこれらを含む合金からなる金属電極を用いることができる。また、２層以上の積層電極を用いることができる。

[0095] 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る。また、層間絶縁膜として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、Ｙ２O_3、HfO_2、ＣａＨｆO_3、ＰｂＴｉO_3、ＢａＴａ$_2O_6$、ＳｒＴｉO_3、Sm_2O_3、及びＡＩＮ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。

[0096] 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、これらの合金、これらの積層体等を用いることができる。

[0097] 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。

[0098] バッファ層、ゲート絶縁膜、層間絶縁膜、保護膜等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、ＭＯ－ＣＶＤ、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。

[0099] 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、バッファ層、ゲート絶縁膜、層間絶縁膜、保護膜等の絶縁膜は、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。

[0100] バッファ層の作製方法としては、上述したものの中でも、例えば、ＲＦスパッタリング、反応性スパッタリング、ＰＥ－ＣＶＤ、塗布法等が好適に用いられる。中でも、ＰＥ－ＣＶＤ法は、生産性が高く、また汎用されている方法であるため、好適に用いることができる。

[0101] ＴＦＴの飽和移動度は１０．０ｃｍ^2／Ｖ・ｓ以上、２００．０ｃｍ^2／Ｖ・ｓ以下が好ましく、２０．０ｃｍ^2／Ｖ・ｓ以上、１５０．０ｃｍ^2／Ｖ・ｓ以下がより好ましい。

ＴＦＴの飽和移動度を１０．０ｃｍ^2／Ｖ・ｓ以上とすることにより、ディスプレイの高精細化、高フレームレート化、大面積化が可能となる。

[0102] ＴＦＴの飽和移動度は、ドレイン電圧を２０Ｖ印加した場合の伝達特性から求められる。ＴＦＴの飽和移動度の測定方法は、実施例で詳しく説明する。

[0103] 閾値電圧（Ｖｔｈ）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（Ｖｔｈ）が－３．０Ｖ以上、３．０Ｖ以下であると、ＴＦＴにＶｔｈ補正回路を搭載することでＶｔｈ＝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。

閾値電圧（Ｖｔｈ）の測定方法は、実施例で詳しく説明する。

[0104] 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。

[0105] ｏｎ－ｏｆｆ比は、Ｖｇ＝－１０Ｖのｌｄの値をＯｆｆ電流値とし、Ｖｇ＝２０Ｖのｌｄ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素子の駆動ができる。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。

[0106] リーク電流は1×10^{-10}Ａ以下が好ましく、1×10^{-11}Ａ以下がより好ましく、1×10^{-12}Ａ以下がさらに好ましい。

本実施形態のＴＦＴは、チャネル層の結晶酸化物薄膜が、ＦＦＴ特定面方位を示す割合が高く、また例えば膜厚方向の２層結晶化が抑制され、柱状の単層結晶が多く存在する良好な結晶状態を有するため、リーク電流が上記のように抑制された、良好なＴＦＴ特性を示すことができる。

リーク電流が1×10^{-10}Ａ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、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。

リーク電流の測定方法は、実施例で詳しく説明する。

[0107] 本実施形態に係るＴＦＴ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。

[0108] 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。

実施例

[0109] 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。

[0110] [自己整合型トップゲート構造（ＳＡ－ＴＧ：Ｓｅｌｆ－Ａｌｉｇｎｅｄ　Ｔｏｐ－Ｇａｔｅ）小型ＴＦＴの製造]

実施例１

以下の工程により図１に示す薄膜トランジスタ５０を製造した。

（１－１）バッファ層（SiO_x層）の形成（スパッタ）

SiO_2のスパッ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（支持体）２１（コーニング社製ＥＡＧＬＥ　ＸＧ）上に、スパッタリングにより、厚さ３００ｎｍのSiO_x層（バッファ層）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：８．５×10^{-5}Ｐａ

雰囲気ガス：Ａｒ

スパッタ圧力（全圧）：０．４Ｐａ

投入電圧：ＲＦ３００Ｗ

Ｓ（基板）－Ｔ（ターゲット）間距離：７０ｍｍ

[0111]（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パッタリングターゲットを用い、スパッタリングすることにより酸化物薄膜を形成した。なお、酸化物スパッタリングターゲットにおける仕込み組成比率（単位：ｍａｓｓ％）及び金属組成比率（単位：ａｔ％）を表１に示す。

スパッタリングにおける成膜条件と、チャネル層の厚さを表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

投入電圧：ＤＣ３００Ｗ

Ｓ（基板）－Ｔ（ターゲット）間距離：７０ｍｍ

[0112]（３）チャネル層の形成

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ニングして、チャネル層を形成した。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。表１に示す長辺及び短辺の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、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、パターニングされた酸化物薄膜（チャネル層）付き基板を得た。得られたチャネル層の長辺及び短辺のサイズを表１に示す。

[0113]（４）アニール

次に、チャネル層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、炉の内部温度が室温に戻った後、基板を炉から取り

出した。

[0114] （５）第一ゲート絶縁膜の形成

次にSiO_2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（第一ゲート絶縁膜）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＋O_2の混合ガス（O_2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

[0115] （６）第一ゲート絶縁膜のアニール

次に、基板を炉に入れて、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、基板を炉から取り出した。

[0116] （７）第二ゲート絶縁膜の形成

次に、SiO_2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（第二ゲート絶縁膜）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＋O_2の混合ガス（O_2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

これにより第一及び第二ゲート絶縁膜からなるゲート絶縁膜層の合計厚みは１１０ｎｍとなった。

[0117] （８）ゲート電極の形成

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$^{-5}$Ｐａ

雰囲気ガス：Ａｒ

スパッタ圧力（全圧）：０．４Ｐａ

投入電圧：ＤＣ１００Ｗ

Ｓ（基板）－Ｔ（ターゲット）間距離：７０ｍｍ

[0118]（９）ゲート電極及びゲート絶縁膜層のパターニング

次に、Ｍｏ膜及びゲート絶縁膜層を、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１０μｍ×縦２８μｍ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層をエッチングし、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、チャネル層がむき出しになっている領域を、膜厚１０ｎｍ分エッチングし、洗浄した。

得られたゲート電極層及びゲート絶縁層の寸法は、横１０μｍ×縦（チャネル層の短辺サイズ（μｍ）＋８（μｍ））であった。

[0119]（１０）低抵抗化処理

ゲート電極を利用した自己整合により、チャネル層に低抵抗領域を形成した。ＩＴＯのスパッタリングターゲットを用いて、２ｎｍ厚の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：８．５×１０$^{-5}$Ｐａ

雰囲気ガス：Ａｒ＋O_2の混合ガス（O_2流量２％）

スパッタ圧力（全圧）：０．４Ｐａ

投入電圧：ＤＣ１００Ｗ

Ｓ（基板）－Ｔ（ターゲット）間距離：７０ｍｍ

[0120] 次に、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、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、基板を炉から取り出した。

[0121] （１１）層間絶縁膜の形成

次に、SiO_2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、厚さ１５０ｎｍのSiO_x層（層間絶縁膜）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＋O_2の混合ガス（O_2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

[0122] （１２）層間絶縁膜のコンタクトホールの形成

層間絶縁膜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）により横６μｍ×縦（チャネル層の短辺サイズ（μｍ）－４（μｍ））のコンタクトホールを形成した。

[0123] （１３）ソース電極及びドレイン電極の形成

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、ソース電極及びドレイン電極層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、図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、反転ベ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）：０．４Ｐａ

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、ソース電極及びドレイン電極層をパターニングした。

[0124] （１４）最終アニール

最後に、N_2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ＴＦＴ（ＳＡ－ＴＧ型ＴＦＴ）を得た。

得られた素子（自己整合型トップゲート構造小型ＴＦＴ）の最終形状は、チャネル長（Ｌ長ともいう。以下、チャネル長と示す。）が１０μｍであり、チャネル幅は表１に示すチャネル層の短辺サイズ（μｍ）と同じ長さであった。

[0125] 実施例２～６

チャネル層の膜厚、短辺のサイズ、並びにバッファ層の形成方法を表１に示すとおり変更した他は、実施例１と同様にしてＴＦＴを作製した。

なお、実施例２、４のバッファ層は、以下の方法により形成した。

[0126] （１－２）バッファ層（SiO_x膜）の形成（ＰＥ－ＣＶＤ；ｐｌａｓｍａ－ｅｎｈａｎｃｅｄ　ｃｈｅｍｉｃａｌ　ｖａｐｏｒ　ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）

原料ガスにモノシラン（SiH_4）と亜酸化窒素（N_2O）を用い、ＰＥ－ＣＶＤ法により、厚さ３００ｎｍのSiO_x膜を成膜した。成膜条件は、基板

温度３５０℃、成膜圧力１Ｔｏｒｒ、N_2O／SiH_4ガス流量比５０、ＲＦ電力１００Ｗの条件で行った。

[0127]

[表1]

			実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In_2O_3	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0
		Ga_2O_3	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75
		Al_2O_3	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
	金属組成比率 [at%]	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
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力 [Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	10	10	10	10	10
		成膜時の流量比 [%] $[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	–	–	–	–	–	–
		磁束密度[G]	1000	1000	1000	1000	1000	1000
		膜厚 [nm]	15	30	40	50	30	30
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
		短辺 [μm]	20.0	20.0	20.0	20.0	10.0	40.0
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/min]	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350
		保持時間 [h]	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	パッファ層の成膜方法	スパッタ	PE-CVD	スパッタ	PE-CVD	スパッタ	スパッタ
		パッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_x	SiO_x	SiO_x
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0128] 実施例７～１１

チャネル層の成膜条件、膜厚、短辺のサイズ、並びにバッファ層の形成方法を表２に示すとおり変更した他は、実施例１と同様にしてＴＦＴを作製した。

なお、実施例８のバッファ層の形成は、実施例２と同様にして行った。また、実施例１１のバッファ層は、以下の方法により形成した。

[0129] （１－３）バッファ層（SiN_x膜）の形成（ＰＥ－ＣＶＤ）

原料ガスにモノシラン（SiH_4）と窒素（N_2）を用い、ＰＥ－ＣＶＤ法により、厚さ３００ｎｍのSiN_x膜を成膜した。成膜条件は、基板温度３５０℃、成膜圧力０．５Ｔｏｒｒ、N_2／SiH_4ガス流量比１００、ＲＦ電力２００Ｗの条件で行った。

[0130]

[表2]

			実施例7	実施例8	実施例9	実施例10	実施例11
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In_2O_3	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0
		Ga_2O_3	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75
		Al_2O_3	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
	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
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力 [Pa]	1.0	1.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])]$	10	10	–	–	–
		成膜時の流量比 [%] $[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])]$	–	–	1	1	1
		磁束密度[G]	1000	1000	1000	1000	1000
		膜厚 [nm]	30	30	30	50	30
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
		短辺 [μm]	20.0	20.0	20.0	20.0	40.0
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/min]	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350
		保持時間 [h]	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	パッファ層の成膜方法	スパッタ	PE-CVD	スパッタ	スパッタ	PE-CVD
		パッファ層の材料	SiO_x	SiO_x	SiO_x	SiO_x	SiN_x
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0131] 実施例１２～１７

チャネル層の成膜に用いるスパッタリングターゲットの組成比率、チャネル層の成膜条件、アニール条件、チャネル層の膜厚、並びにバッファ層の形成方法を表３に示すとおり変更した他は、実施例１と同様にしてＴＦＴを作製した。

なお、実施例１３、１５のバッファ層の形成は、実施例２と同様にして行った。また、実施例１４のバッファ層の形成は、以下の方法により行った。

[0132] （１－４）バッファ層（Al_2O_3膜）の形成（ＡＬＤ；Ａｔｏｍｉｃ　Ｌａｙｅｒ　Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）

原料ガスにトリメチルアルミニウム（$Al(CH_3)_3$）と水（H_2O）を用い、基板温度３００℃の条件で、ＡＬＤ法により、膜厚１００ｎｍのAl_2O_3膜を成膜した。成膜は、成膜チャンバー内へトリメチルアルミニウムを導入した後に窒素パージ行い、次に水を導入した後に窒素パージを行う工程を１サイクルとし、これを１０００サイクル行うことにより行った。

[0133]

[表3]

			実施例12	実施例13	実施例14	実施例15	実施例16	実施例17
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In_2O_3	95.0	95.0	95.0	95.0	100.0	95.0
		Ga_2O_3	5.00	5.00	5.00	5.00	–	5.00
		Al_2O_3	–	–	–	–	–	–
	金属組成比率 [at%]	In	92.8	92.8	92.8	92.8	100.0	92.8
		Ga	7.20	7.20	7.20	7.20	–	7.20
		Al	–	–	–	–	–	–
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力 [Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])]$	–	–	–	–	–	–
		成膜時の流量比 [%] $[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])]$	1	1	1	1	1	1
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600
		膜厚 [nm]	30	30	30	30	30	120
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
		短辺 [μm]	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/min]	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	400	350	350
		保持時間 [h]	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	バッファ層の成膜方法	スパッタ	PE-CVD	ALD	PE-CVD	スパッタ	スパッタ
		バッファ層の材料	SiO_x	SiO_x	Al_2O_3	SiO_x	SiO_x	SiO_x
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0134] 比較例１～８

チャネル層の成膜に用いるスパッタリングターゲットの組成比率、チャネル層の成膜条件、アニール条件、チャネル層の膜厚、長辺又は短辺のサイズ、並びにバッファ層の形成方法を表４に示すとおり変更した他は、実施例１と同様にしてＴＦＴを作製した。

なお、比較例１、３のバッファ層の形成は、実施例２と同様にして行った。

また、比較例６は、基板として、厚さ１００ｎｍの熱酸化膜付きのＳｉ基板を使用し、この熱酸化膜（厚さ１００ｎｍ）をバッファ層として使用した。

なお、熱酸化膜付きＳｉ基板は、酸素含有雰囲気とした加熱炉にＳｉ基板を入れ、炉内温度９００～１１００℃程度の温度で所定時間加熱することで得られる。

[0135]

[表4]

			比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例5	比較例6	比較例7	比較例8
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In_2O_3	89.0	89.0	95.0	95.0	89.0	89.0	89.0	70.0
		Ga_2O_3	9.75	9.75	5.00	5.00	9.75	9.75	9.75	30.0
		Al_2O_3	1.25	1.25	–	–	1.25	1.25	1.25	–
	金属組成比率 [at%]	In	83.3	83.3	92.8	92.8	83.3	83.3	83.3	61.2
		Ga	13.5	13.5	7.20	7.20	13.5	13.5	13.5	38.8
		Al	3.2	3.2	–	–	3.2	3.2	3.2	–
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力 [Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	2.0	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	–	–	–	10	10	10	10
		成膜時の流量比 [%] $[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	–	1	1	1	–	–	–	1
		磁束密度[G]	1000	1000	600	600	1000	1000	1000	600
		膜厚 [nm]	160	30	50	80	30	30	30	30
		成膜後の結晶性	結晶	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	50.0	50.0	50.0	120.0	50.0	50.0	50.0	50.0
		短辺 [μm]	20.0	20.0	20.0	100.0	20.0	20.0	50.0	20.0
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/min]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	300	500	600	350	350	350	350
		保持時間 [h]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	バッファ層の成膜方法	PE-CVD	スパッタ	PE-CVD	スパッタ	スパッタ	熱酸化	スパッタ	スパッタ
		バッファ層の材料	SiO_x	SiO_x	SiO_x	SiO_x	SiO_x	SiO_x	SiO_x	SiO_x
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0136] 実施例１８～２２５、比較例９

チャネル層の成膜に用いるスパッタリングターゲットの組成比率、チャネル層の成膜条件、チャネル層の膜厚、短辺及び長辺のサイズ、アニール条件、並びにバッファ層の形成方法を表５～１９に示すとおり変更した他は、実施例１と同様にしてＴＦＴを作製した。

[0137] [表5]

			実施例18	実施例19	実施例20	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_2O_3	84.78	90.84	97.82	81.63
		Ga_2O_3	15.22	9.16	2.18	18.37
		X_2O_3	–	–	–	–
		X_2O_3 種類	–	–	–	–
	金属組成比率[at%]	In	79.00	87.00	96.80	75.00
		Ga	21.00	13.00	3.20	25.00
		X	–	–	–	–
		X元素	–	–	–	–
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	10	0	10
		$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	0	2	0
		磁束密度[G]	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	30	10	30
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺 [μm]	20	20	20	20
		短辺 [μm]	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10
		最高温度[℃]	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
	TFT	バッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		バッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0138] [表6]

			実施例21	実施例22	実施例23	実施例24	実施例25	実施例26	実施例27	実施例28
TFT作製条件	スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	96.49	99.63	89.16	97.38	85.08	96.27	84.98	96.24
			Ga_2O_3	-	-	-	-	-	-	-	-
			X_2O_3	3.51	0.37	10.84	2.62	14.92	3.73	15.02	3.76
		金属組成比率[at%]	X_2O_3 種類	Al	Al	Y	Y	La	La	Ce	Ce
			In	91.00	99.00	87.00	96.80	87.00	96.80	87.00	96.80
			Ga	-	-	-	-	-	-	-	-
			X	9.00	1.00	13.00	3.20	13.00	3.20	13.00	3.20
			X元素	Al	Al	Y	Y	La	La	Ce	Ce
	チャネル層成膜		成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
			成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	0	10	0	10	0	10	0
			$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	2	0	2	0	2	0	2
			磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
			膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30	10
			成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング		長辺 [μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
			短辺 [μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール		昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
			最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
			保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
			雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT		バッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
			バッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
			TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

			実施例29	実施例30	実施例31	実施例32	実施例33	実施例34	実施例35	実施例36
TFT作製条件	スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	84.92	96.22	84.67	96.15	84.20	96.01	83.28	95.75
			Ga_2O_3	-	-	-	-	-	-	-	-
			X_2O_3	15.08	3.78	15.33	3.85	15.80	3.99	16.72	4.25
		金属組成比率[at%]	X_2O_3 種類	Pr	Pr	Nd	Nd	Sm	Sm	Dy	Dy
			In	87.00	96.80	87.00	96.80	87.00	96.80	87.00	96.80
			Ga	-	-	-	-	-	-	-	-
			X	13.00	3.20	13.00	3.20	13.00	3.20	13.00	3.20
			X元素	Pr	Pr	Nd	Nd	Sm	Sm	Dy	Dy
	チャネル層成膜		成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
			成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	0	10	0	10	0	10	0
			$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	2	0	2	0	2	0	2
			磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
			膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30	10
			成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング		長辺 [μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
			短辺 [μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール		昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
			最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
			保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
			雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT		バッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
			バッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
			TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0139]

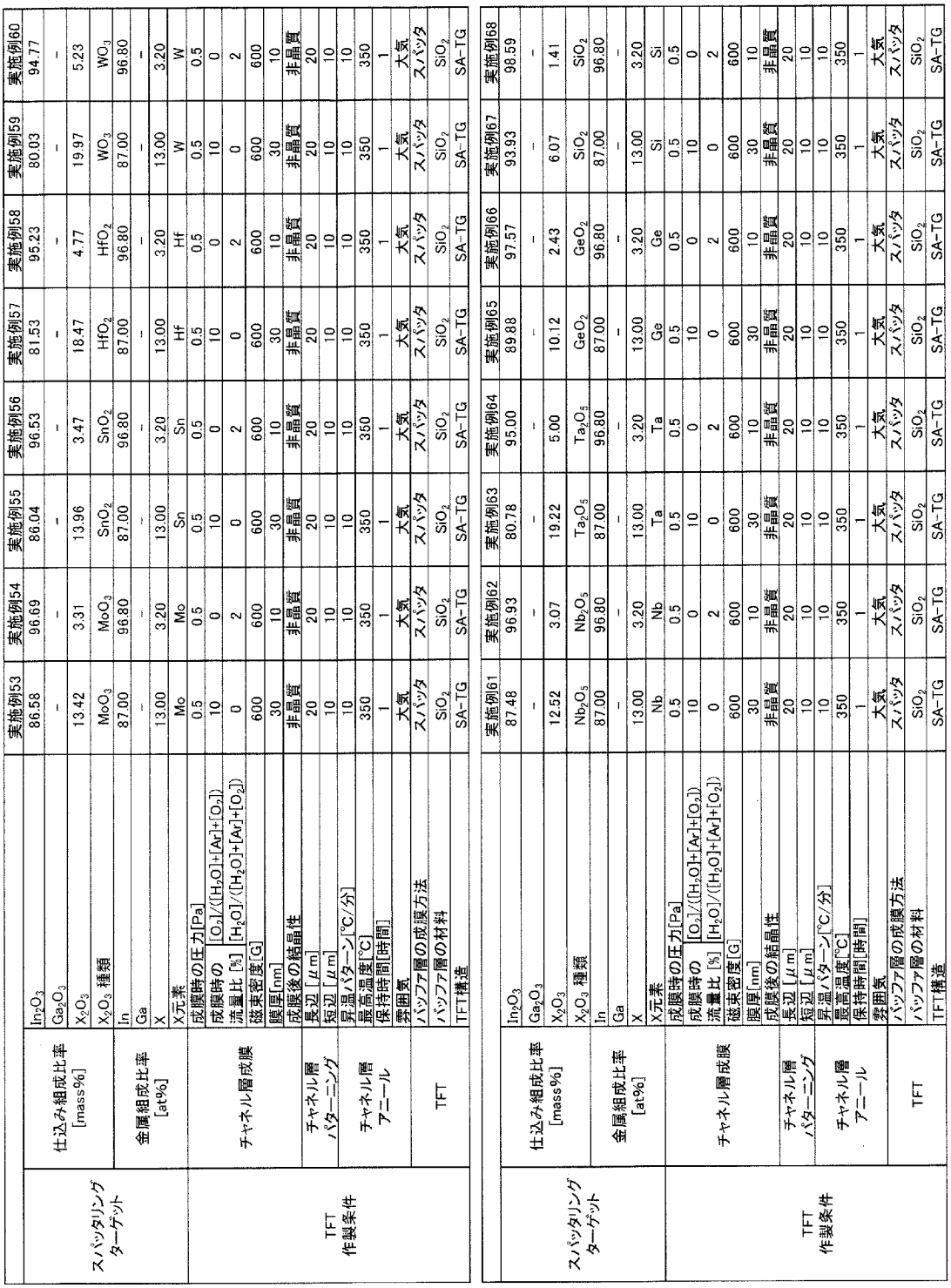
[表7]

			実施例37	実施例38	実施例39	実施例40	実施例41	実施例42	実施例43	実施例44
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	83.10	95.69	82.93	95.64	82.80	95.61	82.50	95.52
		Ga_2O_3	-	-	-	-	-	-	-	-
		X_2O_3	16.90	4.31	17.07	4.36	17.20	4.39	17.50	4.48
		X_2O_3 種類	Ho	Ho	Er	Er	Tm	Tm	Yb	Yb
	金属組成比率[at%]	In	87.00	96.80	87.00	96.80	87.00	96.80	87.00	96.80
		Ga	-	-	-	-	-	-	-	-
		X	13.00	3.20	13.00	3.20	13.00	3.20	13.00	3.20
		X元素	Ho	Ho	Er	Er	Tm	Tm	Yb	Yb
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	0	10	0	10	0	10	0
		$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	2	0	2	0	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺 [μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺 [μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	バッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		バッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

			実施例45	実施例46	実施例47	実施例48	実施例49	実施例50	実施例51	実施例52
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	82.36	95.48	91.94	98.10	92.08	98.13	88.29	97.15
		Ga_2O_3	-	-	-	-	-	-	-	-
		X_2O_3	17.64	4.52	8.06	1.90	7.92	1.87	11.71	2.85
		X_2O_3 種類	Lu	Lu	ZnO	ZnO	TiO_2	TiO_2	ZrO_2	ZrO_2
	金属組成比率[at%]	In	87.00	96.80	87.00	96.80	87.00	96.80	87.00	96.80
		Ga	-	-	-	-	-	-	-	-
		X	13.00	3.20	13.00	3.20	13.00	3.20	13.00	3.20
		X元素	Lu	Lu	Zn	Zn	Ti	Ti	Zr	Zr
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	0	10	0	10	0	10	0
		$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	2	0	2	0	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺 [μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺 [μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	バッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		バッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0140]

[表8]



			実施例53	実施例54	実施例55	実施例56	実施例57	実施例58	実施例59	実施例60
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	86.58	96.69	86.04	96.53	81.53	95.23	80.03	94.77
		Ga_2O_3	-	-	-	-	-	-	-	-
		X_2O_3	13.42	3.31	13.96	3.47	18.47	4.77	19.97	5.23
		X_2O_3 種類	MoO_3	MoO_3	SnO_2	SnO_2	HfO_2	HfO_2	WO_3	WO_3
	金属組成比率[at%]	In	87.00	96.80	87.00	96.80	87.00	96.80	87.00	96.80
		Ga	-	-	-	-	-	-	-	-
		X	13.00	3.20	13.00	3.20	13.00	3.20	13.00	3.20
		X元素	Mo	Mo	Sn	Sn	Hf	Hf	W	W
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比[%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	0	10	0	10	0	10	0
		成膜時の流量比[%] $[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	2	0	2	0	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺[μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
		昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	パッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		パッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

			実施例61	実施例62	実施例63	実施例64	実施例65	実施例66	実施例67	実施例68
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	87.48	96.93	80.78	95.00	89.88	97.57	93.93	98.59
		Ga_2O_3	-	-	-	-	-	-	-	-
		X_2O_3	12.52	3.07	19.22	5.00	10.12	2.43	6.07	1.41
		X_2O_3 種類	Nb_2O_5	Nb_2O_5	Ta_2O_5	Ta_2O_5	GeO_2	GeO_2	SiO_2	SiO_2
	金属組成比率[at%]	In	87.00	96.80	87.00	96.80	87.00	96.80	87.00	96.80
		Ga	-	-	-	-	-	-	-	-
		X	13.00	3.20	13.00	3.20	13.00	3.20	13.00	3.20
		X元素	Nb	Nb	Ta	Ta	Ge	Ge	Si	Si
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比[%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	0	10	0	10	0	10	0
		成膜時の流量比[%] $[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	2	0	2	0	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺[μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
		昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	パッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		パッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0141]

[表9]

			実施例69	実施例70	実施例71	実施例72	実施例73	実施例74	実施例75	実施例76
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In_2O_3	89.00	92.00	91.85	84.77	82.84	88.46	96.56	94.25
		Ga_2O_3	7.00	6.00	3.19	13.63	13.18	3.37	2.18	4.47
		X_2O_3	4.00	2.00	4.96	1.60	3.98	8.16	1.27	1.28
		X_2O_3 種類	Sm_2O_3	Sm_2O_3	Sm_2O_3	Sm_2O_3	Sm_2O_3	Sm_2O_3	Sm_2O_3	Sm_2O_3
	金属組成比率 [at%]	In	86.79	89.78	91.37	79.80	78.50	88.50	95.80	92.50
		Ga	10.11	8.67	4.70	19.00	18.50	5.00	3.20	6.50
		X	3.10	1.55	3.93	1.20	3.00	6.50	1.00	1.00
		X元素	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	10	10	10	10	10	0	0
		$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	0	0	0	0	0	2	2
		磁束密度[G]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
		膜厚[nm]	30	30	30	30	30	30	30	30
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺 [μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺 [μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
		昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	パッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		パッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

			実施例77	実施例78	実施例79	実施例80	実施例81	実施例82	実施例83	実施例84
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In_2O_3	92.81	94.00	88.00	87.50	89.62	83.00	82.00	83.20
		Ga_2O_3	2.16	4.00	11.00	11.00	9.97	15.00	16.50	16.20
		X_2O_3	5.03	2.00	1.00	1.50	0.41	2.00	1.50	0.60
		X_2O_3 種類	Sm_2O_3	Al_2O_3	Al_2O_3	Al_2O_3	Al_2O_3	Al_2O_3	Al_2O_3	Al_2O_3
	金属組成比率 [at%]	In	92.80	89.21	82.23	81.11	84.95	75.00	74.19	76.45
		Ga	3.20	5.62	15.22	15.10	14.00	20.08	22.11	22.05
		X	4.00	5.17	2.54	3.79	1.06	4.92	3.70	1.50
		X元素	Sm	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	10	10	10	50	10	10	10
		$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	2	0	0	0	0	0	0	0
		磁束密度[G]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
		膜厚[nm]	30	30	30	30	30	30	30	30
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺 [μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺 [μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
		昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	パッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		パッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0142]

[表10]

			実施例85	実施例86	実施例87	実施例88	実施例89	実施例90	実施例91	実施例92
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	87.80	90.70	92.60	92.10	97.43	95.11	96.24	82.96
		Ga_2O_3	9.80	7.30	5.80	5.10	2.20	4.51	2.24	13.20
		X_2O_3	2.40	2.00	1.60	2.80	0.37	0.38	1.52	3.84
		X_2O_3 種類	Al_2O_3	Al_2O_3	Al_2O_3	Al_2O_3	Al_2O_3	Al_2O_3	Al_2O_3	Nd_2O_3
	金属組成比率[at%]	In	80.66	84.80	87.73	85.85	95.80	92.50	92.80	78.50
		Ga	13.33	10.11	8.14	7.04	3.20	6.50	3.20	18.50
		X	6.00	5.09	4.13	7.11	1.00	1.00	4.00	3.00
		X元素	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Nd
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比[%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	10	50	10	0	0	0	10
		成膜時の流量比[%] $[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	0	0	0	2	2	2	0
		磁束密度[G]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	600
		膜厚[nm]	30	30	30	30	30	30	30	30
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺[μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	パッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		パッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

			実施例93	実施例94	実施例95	実施例96	実施例97	実施例98	実施例99	実施例100
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	96.60	82.57	96.45	83.06	96.64	83.03	96.63	83.02
		Ga_2O_3	2.18	13.14	2.18	13.22	2.18	13.21	2.18	13.21
		X_2O_3	1.22	4.30	1.37	3.73	1.18	3.75	1.19	3.77
		X_2O_3 種類	Nd2O3	Ho2O3	Ho_2O_3	La_2O_3	La_2O_3	Ce2O3	Ce2O3	Pr2O3
	金属組成比率[at%]	In	95.80	78.50	95.80	78.50	95.80	78.50	95.80	78.50
		Ga	3.20	18.50	3.20	18.50	3.20	18.50	3.20	18.50
		X	1.00	3.00	1.00	3.00	1.00	3.00	1.00	3.00
		X元素	Nd	Ho	Ho	La	La	Ce	Ce	Pr
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比[%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	10	0	10	0	10	0	10
		成膜時の流量比[%] $[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	2	0	2	0	2	0	2	0
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	10	30	10	30	10	30	10	30
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺[μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	パッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		パッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0143]

[表11]

			実施例101	実施例102	実施例103	実施例104	実施例105	実施例106	実施例107	実施例108
TFT作製条件	スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	96.62	82.49	96.43	82.41	96.40	82.52	96.44	82.38
			Ga_2O_3	2.18	13.13	2.17	13.11	2.17	13.13	2.18	13.11
			X_2O_3	1.20	4.38	1.40	4.47	1.43	4.35	1.39	4.51
			X_2O_3 種類	Pr_2O_3	Tm_2O_3	Tm_2O_3	Yb_2O_3	Yb_2O_3	Er_2O_3	Er_2O_3	Lu_2O_3
		金属組成比率[at%]	In	95.80	78.50	95.80	78.50	95.80	78.50	95.80	78.50
			Ga	3.20	18.50	3.20	18.50	3.20	18.50	3.20	18.50
			X	1.00	3.00	1.00	3.00	1.00	3.00	1.00	3.00
			X元素	Pr	Tm	Tm	Yb	Yb	Er	Er	Lu
	チャネル層成膜		成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
			成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	10	0	10	0	10	0	10
			$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	2	0	2	0	2	0	2	0
			磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
			膜厚[nm]	10	30	10	30	10	30	10	30
			成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング		長辺 [μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
			短辺 [μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール		昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
			最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
			保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
			雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT		パッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
			パッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
			TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

			実施例109	実施例110	実施例111	実施例112	実施例113	実施例114	実施例115	実施例116
TFT作製条件	スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	96.38	84.02	96.99	85.42	96.70	84.96	95.72	85.61
			Ga_2O_3	2.17	13.37	2.19	14.04	2.25	13.96	2.23	14.07
			X_2O_3	1.44	2.61	0.82	0.55	1.05	1.08	2.05	0.32
			X_2O_3 種類	Lu_2O_3	Y_2O_3	Y_2O_3	B_2O_3	B_2O_3	Sc_2O_3	Sc_2O_3	MgO
		金属組成比率[at%]	In	95.80	78.50	95.80	78.81	92.80	78.81	92.80	78.81
			Ga	3.20	18.50	3.20	19.18	3.20	19.18	3.20	19.18
			X	1.00	3.00	1.00	2.01	4.00	2.01	4.00	2.01
			X元素	Lu	Y	Y	B	B	Sc	Sc	Mg
	チャネル層成膜		成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
			成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	10	0	10	0	10	0	10
			$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	2	0	2	0	2	0	2	0
			磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
			膜厚[nm]	10	30	10	30	10	30	10	30
			成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング		長辺 [μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
			短辺 [μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール		昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
			最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
			保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
			雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT		パッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
			パッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
			TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0144]

[表12]

			実施例117	実施例118	実施例119	実施例120	実施例121	実施例122	実施例123	実施例124
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	97.13	84.80	95.37	85.08	95.97	84.49	94.72	84.82
		Ga_2O_3	2.26	13.93	2.22	13.98	2.23	13.88	2.21	13.94
		X_2O_3	0.61	1.27	2.41	0.94	1.79	1.63	3.08	1.25
		X_2O_3 種類	MgO	ZnO	ZnO	SiO_2	SiO_2	GeO_2	GeO_2	TiO_2
	金属組成比率[at%]	In	92.80	78.81	92.80	78.81	92.80	78.81	92.80	78.81
		Ga	3.20	19.18	3.20	19.18	3.20	19.18	3.20	19.18
		X	4.00	2.01	4.00	2.01	4.00	2.01	4.00	2.01
		X元素	Mg	Zn	Zn	Si	Si	Ge	Ge	Ti
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比[%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	10	0	10	0	10	0	10
		$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	2	0	2	0	2	0	2	0
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	10	30	10	30	10	30	10	30
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺[μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	バッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		バッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

			実施例125	実施例126	実施例127	実施例128	実施例129	実施例130	実施例131	実施例132
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	95.41	81.77	96.15	83.82	96.92	82.16	96.30	83.42
		Ga_2O_3	2.22	13.01	2.17	13.34	2.19	13.07	2.17	13.27
		X_2O_3	2.37	5.22	1.68	2.84	0.90	4.76	1.52	3.31
		X_2O_3 種類	TiO2	WO3	WO3	ZrO2	ZrO2	HfO2	HfO2	MoO3
	金属組成比率[at%]	In	92.80	78.50	95.80	78.50	95.80	78.50	95.80	78.50
		Ga	3.20	18.50	3.20	18.50	3.20	18.50	3.20	18.50
		X	4.00	3.00	1.00	3.00	1.00	3.00	1.00	3.00
		X元素	Ti	W	W	Zr	Zr	Hf	Hf	Mo
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比[%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	10	0	10	0	10	0	10
		$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	2	0	2	0	2	0	2	0
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	10	30	10	30	10	30	10	30
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺[μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	バッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		バッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0145]

[表13]

			実施例133	実施例134	実施例135
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In_2O_3	96.77	83.29	96.72
		Ga_2O_3	2.18	13.25	2.18
		X_2O_3	1.05	3.46	1.10
		X_2O_3 種類	MoO_3	SnO_2	SnO_2
	金属組成比率 [at%]	In	95.80	78.50	95.80
		Ga	3.20	18.50	3.20
		X	1.00	3.00	1.00
		X元素	Mo	Sn	Sn
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	10	0
		$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600
		膜厚[nm]	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺 [μm]	20	20	20
		短辺 [μm]	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気
	TFT	バッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		バッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0146]

[表14]

			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	実施例143
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	73.28	94.54	72.98	94.40	73.36	94.58	73.34	94.57
		SnO_2	23.32	4.26	23.23	4.26	23.35	4.27	23.34	4.27
		X_2O_3	3.39	1.20	3.80	1.34	3.29	1.16	3.31	1.17
	金属組成比率[at%]	X_2O_3 種類	Nd_2O_3	Nd_2O_3	Ho_2O_3	Ho_2O_3	La_2O_3	La_2O_3	Ce_2O_3	Ce_2O_3
		In	78.50	95.80	78.50	95.80	78.50	95.80	78.50	95.80
		Sn	18.50	3.20	18.50	3.20	18.50	3.20	18.50	3.20
		X	3.00	1.00	3.00	1.00	3.00	1.00	3.00	1.00
		X元素	Nd	Nd	Ho	Ho	La	La	Ce	Ce
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比[%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	0	10	0	10	0	10	0
		成膜時の流量比[%] $[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	2	0	2	0	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺[μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
		昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	パッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		パッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

			実施例144	実施例145	実施例146	実施例147	実施例148	実施例149	実施例150	実施例151
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	73.33	94.56	72.92	94.37	72.86	94.35	72.94	94.38
		SnO_2	23.34	4.27	23.21	4.26	23.19	4.26	23.21	4.26
		X_2O_3	3.33	1.17	3.87	1.37	3.95	1.40	3.84	1.36
	金属組成比率[at%]	X_2O_3 種類	Pr_2O_3	Pr_2O_3	Tm_2O_3	Tm_2O_3	Yb_2O_3	Yb_2O_3	Er_2O_3	Er_2O_3
		In	78.50	95.80	78.50	95.80	78.50	95.80	78.50	95.80
		Sn	18.50	3.20	18.50	3.20	18.50	3.20	18.50	3.20
		X	3.00	1.00	3.00	1.00	3.00	1.00	3.00	1.00
		X元素	Pr	Pr	Tm	Tm	Yb	Yb	Er	Er
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比[%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	0	10	0	10	0	10	0
		成膜時の流量比[%] $[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	2	0	2	0	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺[μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	パッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		パッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0147]

[表15]

			実施例152	実施例153	実施例154	実施例155	実施例156	実施例157	実施例158	実施例159
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In_2O_3	72.83	94.33	74.11	94.91	78.70	95.40	78.31	94.44
		SnO_2	23.18	4.26	23.59	4.28	20.80	3.57	20.69	3.54
		X_2O_3	3.99	1.41	2.30	0.81	0.50	1.03	0.99	2.02
		X_2O_3 種類	Lu_2O_3	Lu_2O_3	Y_2O_3	Y_2O_3	B_2O_3	B_2O_3	Sc_2O_3	Sc_2O_3
	金属組成比率 [at%]	In	78.50	95.80	78.50	95.80	78.81	92.80	78.81	92.80
		Sn	18.50	3.20	18.50	3.20	19.18	3.20	19.18	3.20
		X	3.00	1.00	3.00	1.00	2.01	4.00	2.01	4.00
		X元素	Lu	Lu	Y	Y	B	B	Sc	Sc
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	0	10	0	10	0	10	0
		$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	2	0	2	0	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺 [μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺 [μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	バッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		バッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

			実施例160	実施例161	実施例162	実施例163	実施例164	実施例165	実施例166	実施例167
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In_2O_3	78.52	94.94	73.19	94.50	78.64	95.24	78.17	94.10
		SnO_2	20.75	3.55	23.29	4.26	20.78	3.57	20.66	3.52
		X_2O_3	0.74	1.50	3.51	1.24	0.58	1.19	1.17	2.38
		X_2O_3 種類	Al_2O_3	Al_2O_3	Sm_2O_3	Sm_2O_3	MgO	MgO	ZnO	ZnO
	金属組成比率 [at%]	In	78.81	92.80	78.50	95.80	78.81	92.80	78.81	92.80
		Sn	19.18	3.20	18.50	3.20	19.18	3.20	19.18	3.20
		X	2.01	4.00	3.00	1.00	2.01	4.00	2.01	4.00
		X元素	Al	Al	Sm	Sm	Mg	Mg	Zn	Zn
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	0	10	0	10	0	10	0
		$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	2	0	2	0	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺 [μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺 [μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	バッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		バッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0148]

[表16]

			実施例168	実施例169	実施例170	実施例171	実施例172	実施例173	実施例174	実施例175
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In_2O_3	78.41	94.69	77.91	93.46	78.19	94.14	72.35	94.11
		SnO_2	20.72	3.55	20.59	3.50	20.66	3.52	23.03	4.25
		X_2O_3	0.87	1.77	1.50	3.04	1.15	2.33	4.62	1.64
		X_2O_3 種類	SiO_2	SiO_2	GeO_2	GeO_2	TiO_2	TiO_2	WO_3	WO_3
	金属組成比率 [at%]	In	78.81	92.80	78.81	92.90	78.81	92.80	78.50	95.80
		Sn	19.18	3.20	19.18	3.20	19.18	3.20	18.50	3.20
		X	2.01	4.00	2.01	4.00	2.01	4.00	3.00	1.00
		X元素	Si	Si	Ge	Ge	Ti	Ti	W	W
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] [O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])	10	0	10	0	10	0	10	0
			0	2	0	2	0	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺 [μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺 [μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	バッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		バッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

			実施例176	実施例177	実施例178	実施例179	実施例180	実施例181
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In_2O_3	73.95	94.84	72.66	94.26	73.64	94.70
		SnO_2	23.54	4.28	23.13	4.25	23.44	4.27
		X_2O_3	2.51	0.88	4.21	1.49	2.92	1.03
		X_2O_3 種類	ZrO_2	ZrO_2	HfO_2	HfO_2	MoO_3	MoO_3
	金属組成比率 [at%]	In	78.50	95.80	78.50	95.80	78.50	95.80
		Sn	18.50	3.20	18.50	3.20	18.50	3.20
		X	3.00	1.00	3.00	1.00	3.00	1.00
		X元素	Zr	Zr	Hf	Hf	Mo	Mo
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] [O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])	10	0	10	0	10	0
			0	2	0	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺 [μm]	20	20	20	20	20	20
		短辺 [μm]	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	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
	TFT	バッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		バッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0149]

[表17]

			実施例182	実施例183	実施例184	実施例185	実施例186	実施例187	実施例188	実施例189
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	89.45	95.78	88.78	95.50	89.63	95.86	89.59	95.84
		ZnO	4.37	1.77	4.33	1.77	4.37	1.78	4.37	1.77
		X_2O_3	6.18	2.44	6.89	2.74	6.00	2.37	6.04	2.39
	金属組成比率[at%]	X_2O_3 種類	Nd_2O_3	Nd_2O3	Ho_2O_3	Ho_2O_3	La_2O_3	La_2O_3	Ce_2O_3	Ce_2O_3
		In	87.70	95.00	87.70	95.00	87.70	95.00	87.70	95.00
		Zn	7.30	3.00	7.30	3.00	7.30	3.00	7.30	3.00
		X	5.00	2.00	5.00	2.00	5.00	2.00	5.00	2.00
		X元素	Nd	Nd	Ho	Ho	La	La	Ce	Ce
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比[%] [O2]/([H2O]+[Ar]+[O2])	10	0	10	0	10	0	10	0
		磁束密度[G] [H2O]/([H2O]+[Ar]+[O2])	0	2	0	2	0	2	0	2
		膜厚[nm]	600	600	600	600	600	600	600	600
		成膜後の結晶性	30	10	30	10	30	10	30	10
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
		短辺[μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	10	10	10	10	10	10	10	10
		保持時間[時間]	350	350	350	350	350	350	350	350
		雰囲気	1	1	1	1	1	1	1	1
	TFT	バッファ層の成膜方法	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
		バッファ層の材料	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		TFT構造	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
			SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

			実施例190	実施例191	実施例192	実施例193	実施例194	実施例195	実施例196	実施例197
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	89.56	95.83	88.65	95.44	88.52	95.38	88.70	95.46
		ZnO	4.37	1.77	4.33	1.77	4.32	1.77	4.33	1.77
		X_2O_3	6.07	2.40	7.03	2.79	7.16	2.85	6.97	2.77
	金属組成比率[at%]	X_2O_3 種類	Pr_2O_3	Pr_2O_3	Tm_2O_3	Tm_2O_3	Yb_2O_3	Yb_2O_3	Er_2O_3	Er_2O_3
		In	87.70	95.00	87.70	95.00	87.70	95.00	87.70	95.00
		Zn	7.30	3.00	7.30	3.00	7.30	3.00	7.30	3.00
		X	5.00	2.00	5.00	2.00	5.00	2.00	5.00	2.00
		X元素	Pr	Pr	Tm	Tm	Yb	Yb	Er	Er
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比[%] [O2]/([H2O]+[Ar]+[O2])	10	0	10	0	10	0	10	0
		磁束密度[G] [H2O]/([H2O]+[Ar]+[O2])	0	2	0	2	0	2	0	2
		膜厚[nm]	600	600	600	600	600	600	600	600
		成膜後の結晶性	30	10	30	10	30	10	30	10
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
		短辺[μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	10	10	10	10	10	10	10	10
		保持時間[時間]	350	350	350	350	350	350	350	350
		雰囲気	1	1	1	1	1	1	1	1
	TFT	バッファ層の成膜方法	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
		バッファ層の材料	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		TFT構造	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
			SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0150]

[表18]

			実施例198	実施例199	実施例200	実施例201	実施例202	実施例203	実施例204	実施例205
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In_2O_3	88.45	95.36	91.31	96.56	93.79	95.79	92.78	95.55
		ZnO	4.32	1.77	4.46	1.79	5.10	3.95	5.05	3.94
		X_2O_3	7.23	2.88	4.23	1.65	1.11	0.26	2.17	0.51
	金属組成比率 [at%]	X_2O_3 種類	Lu_2O_3	Lu_2O_3	Y_2O_3	Y_2O_3	B_2O_3	B_2O_3	Sc_2O_3	Sc_2O_3
		In	87.70	95.00	87.70	95.00	87.73	92.50	87.73	92.50
		Zn	7.30	3.00	7.30	3.00	8.14	6.50	8.14	6.50
		X	5.00	2.00	5.00	2.00	4.13	1.00	4.13	1.00
		X元素	Lu	Lu	Y	Y	B	B	Sc	Sc
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	0	10	0	10	0	10	0
		$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	2	0	2	0	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺 [μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺 [μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	パッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		パッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

			実施例206	実施例207	実施例208	実施例209	実施例210	実施例211	実施例212	実施例213
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率 [mass%]	In_2O_3	93.31	95.68	89.25	95.70	93.63	95.75	93.04	95.61
		ZnO	5.08	3.94	4.36	1.77	5.09	3.95	5.06	3.94
		X_2O_3	1.61	0.38	6.39	2.53	1.28	0.30	1.89	0.45
	金属組成比率 [at%]	X_2O_3 種類	Al_2O_3	Al_2O_3	Sm_2O_3	Sm_2O_3	MgO	MgO	SiO_2	SiO_2
		In	87.73	92.50	87.70	95.00	87.73	92.50	87.73	92.50
		Zn	8.14	6.50	7.30	3.00	8.14	6.50	8.14	6.50
		X	4.13	1.00	5.00	2.00	4.13	1.00	4.13	1.00
		X元素	Al	Al	Sm	Sm	Mg	Mg	Si	Si
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比 [%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	0	10	0	10	0	10	0
		$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	2	0	2	0	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺 [μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺 [μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	パッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		パッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0151]

[表19]

			実施例214	実施例215	実施例216	実施例217	実施例218	実施例219	実施例220	実施例221
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	91.75	95.30	92.47	95.47	87.41	94.91	90.96	96.41
		ZnO	4.99	3.93	5.03	3.93	4.27	1.76	4.44	1.79
		X_yO_3	3.25	0.78	2.50	0.59	8.32	3.34	4.60	1.80
		X_yO_3 種類	GeO_2	GeO_2	TiO_2	TiO_2	WO_3	WO_3	ZrO_2	ZrO_2
	金属組成比率[at%]	In	87.73	92.50	87.73	92.50	87.70	95.00	87.70	95.00
		Zn	8.14	6.50	8.14	6.50	7.30	3.00	7.30	3.00
		X	4.13	1.00	4.13	1.00	5.00	2.00	5.00	2.00
		X元素	Ge	Ge	Ti	Ti	W	W	Zr	Zr
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比[%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	0	10	0	10	0	10	0
		$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	2	0	2	0	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600	600	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10	30	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	20	20	20	20	20	20	20	20
		短辺[μm]	10	10	10	10	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10	10	10	10	10
		最高温度[℃]	350	350	350	350	350	350	350	350
		保持時間[時間]	1	1	1	1	1	1	1	1
		雰囲気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気	大気
	TFT	バッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		バッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

			実施例222	実施例223	実施例224	実施例225
スパッタリングターゲット	仕込み組成比率[mass%]	In_2O_3	88.08	95.20	90.26	96.12
		ZnO	4.30	1.76	4.41	1.78
		X_yO_3	7.62	3.04	5.34	2.10
		X_yO_3 種類	HfO_2	HfO_2	MoO_3	MoO_3
	金属組成比率[at%]	In	87.70	95.00	87.70	95.00
		Zn	7.30	3.00	7.30	3.00
		X	5.00	2.00	5.00	2.00
		X元素	Hf	Hf	Mo	Mo
TFT作製条件	チャネル層成膜	成膜時の圧力[Pa]	0.5	0.5	0.5	0.5
		成膜時の流量比[%] $[O_2]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	10	0	10	0
		$[H_2O]/([H_2O]+[Ar]+[O_2])$	0	2	0	2
		磁束密度[G]	600	600	600	600
		膜厚[nm]	30	10	30	10
		成膜後の結晶性	非晶質	非晶質	非晶質	非晶質
	チャネル層パターニング	長辺[μm]	20	20	20	20
		短辺[μm]	10	10	10	10
	チャネル層アニール	昇温パターン[℃/分]	10	10	10	10
		最高温度[℃]	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
	TFT	バッファ層の成膜方法	スパッタ	スパッタ	スパッタ	スパッタ
		バッファ層の材料	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		TFT構造	SA-TG	SA-TG	SA-TG	SA-TG

[0152] なお、表１～１９中、「－」は、「０」であることを示す。

[0153] （Ａ）酸化物薄膜の評価

（ａ）成膜後の結晶性

実施例及び比較例において、「（３）チャネル層の形成」により得られた

酸化物薄膜付き基板と同様にして作製した酸化物薄膜付き基板を、Ｘ線回折測定することで、成膜後の結晶性を判断した。

具体的には、Ｘ線回折装置（リガク社製「ＳｍａｒｔＬａｂ型」）を用いて、酸化物薄膜へＣｕＫα線（１．５４１８Å）の平行ビームを入射させ、２θ／θ測定により２θが１０～８０°の範囲で回折パターンを測定した。酸化物薄膜を成膜する前の無アルカリガラス基板（支持体）についても同様の測定を行い、酸化物薄膜の成膜前後の回折パターンを比較し、酸化物薄膜の成膜後に回折ピークが増えていない酸化物薄膜を「非晶質」と判断した。一方で、酸化物薄膜の成膜後に回折ピークが増えた酸化物薄膜を「結晶」と判断した。結果を表１～１９に示す。

[0154] 実施例及び比較例で得たＴＦＴについて、以下の評価をした。結果を表２０～３１に示す。なお、表中、「Ｅ＋ＸＸ」は「×１０^{XX}」を意味する。

[0155] （Ｂ）ＴＦＴのチャネル層（結晶酸化物薄膜）の評価

ＴＦＴ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）結晶粒界の平均間隔Ｄ及び（ｂ）結晶状態を評価した。

[0156] 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、加速電圧４０ｋＶで１６μｍ×４μｍのサイズ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）にゲート電極とゲート絶縁膜、酸化物薄膜とがオーバーラップしている領域についてサンプルを抽出した。

抽出したサンプルに対して、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ＦＩＢ（日本電子社製「ＪＩＢ－４７００Ｆ型」）装置を用いて

加速電圧２０ｋＶで加工し、サンプルの厚さを薄くした。

断面ＴＥＭ像は、基板が平らな状態であり外力を加えない条件下で、透過型電子顕微鏡（日本電子製「ＪＥＭ－Ｆ２００型」）を用いて観察した。加速電圧２００ｋＶとし、後述する倍率で観察を実施した。

[0157] （ａ）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２０，０００倍で観測した像の中で、チャネル長方向に５μｍ、酸化物膜厚のサイズで薄膜ＴＦＴ中のチャネル長方向の中央部が中心となる視野を抽出し、断面ＴＥＭ像を観測した。得られた断面ＴＥＭ像の視野について、イメージメトロロジー社製「ＳＰＩＰ，Ｖｅｒｓｉｏｎ４．３．２．０」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のラインを引いた。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Ｄとして求めた。

なお、後述する（ｂ）結晶状態の評価において、「２層結晶」と判断したものについては、柱状結晶の粒界に対する解析が行えないため測定不可とした。

[0158] （ｂ）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－Ｆ２００型」）を用いて、断面ＴＥＭ像にて観察倍率１，０００，０００倍で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、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１０μｍの範囲で観測点が重ならないように略等間隔に１０個の視野を抽出した。チャネル長方向の長さが短く、抽出する範囲が１０μｍ未満に制限される場合は、チャネル長に応じた範囲で観測点が重ならないように略等間隔に１０個の視野を抽出した。抽出した１０個の視野において、いずれの視野においても明瞭な回折スポットが得られなかった酸化物薄膜を「非晶質」と判断した。一方で、いずれかの視野において対称性を持つ回折点が回折パターンから観察され、なお且ついずれの視野の断面ＴＥＭ像においても、酸化物薄膜の膜厚方向に２層結晶化した状態が確認されなかった場合を「柱状結晶」と判断した。

また、断面ＴＥＭ像において酸化物薄膜の膜厚方向に２層結晶化した状態が確認された場合を「２層結晶」と判断した。

[0159] （ｃ）ＦＦＴ特定面方位割合

ＦＦＴ特定面方位割合は、断面ＴＥＭ像の観察によって得たＴＥＭ像に対し、２次元フーリエ変換（ＦＦＴ：Ｆａｓｔ　Ｆｏｕｒｉｅｒ　Ｔｒａｎｓｆｏｒｍａｔｉｏｎ）して得た像を、逆格子シミュレーション結果と比較することで算出した。ＦＦＴ像はソフトウェアＩｍａｇｅＪ（フリーソフトウェア　ｖｅｒ１．４５ｉ（２０１１／０７／２０））を用いて計算を行うことで取得した。

シミュレーションにはソフトウェアＲｅｃｉＰｒｏ（フリーソフトウェア　ｖｅｒ４．７９７（２０２１／０３／２４））を用い、In_2O_3のビックスバイト構造についての逆格子シミュレーションとＴＥＭ像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を用いた。逆格子シミュレーションでは、少なくとも面間隔０．８Åの逆格子点が表示される範囲でシミ

ュレーションを行い、縦と横のサイズが同じ画像サイズで結果を取得した。

[0160] In_2O_3のビックスバイト構造のＴＥＭ像シミュレーション結果について、２次元フーリエ変換して得られたＦＦＴ像を、図４に示す。

図４に示すＡ、Ｂ、Ｃ、Ｄ、Ｅ、Ｆ、Ｇ、Ｈ、Ｉの各パターンは、結晶面（１００）、（１１０）、（１１１）、（２１１）、（４１１）、（１２５）、（２１０）、（３１０）、（３２０）にこの順で対応している。

ＴＥＭ像は、断面ＴＥＭ像にて観察した酸化物薄膜エリアから、観察倍率１，０００，０００倍として、チャネル長方向に１０μｍの範囲で観測点が重ならないよう略等間隔に１０個の視野を抽出した。チャネル長方向の長さが短く、抽出する範囲が１０μｍ未満に制限される場合は、チャネル長に応じた範囲で観測点が重ならないように略等間隔に１０個の視野を抽出した。

抽出した各視野における、チャネル長方向に結晶粒界を含まず、且つ膜厚方向に界面や結晶粒界を含まない範囲について、規則的な原子配列を確認可能な格子像のＴＥＭ像を観察し、そのＦＦＴ像がパターンＡ～Ｉのいずれかの面方位に該当するか否かを、図４に示すシミュレーションのパターンに対応する、各結晶面についての逆格子シミュレーション（例えば図６）と対比することで評価した。

具体的には、抽出した各視野のＦＦＴ像を、画像の縦横比が変化しないように、周波数領域の大きさが逆格子シミュレーションと誤差±１０％となる範囲で拡大縮小し、次いでこのＦＦＴ像を、画像の２次元平面方向に回転させることで、寸法と傾きとを調整したＦＦＴ像を、逆格子シミュレーションと画像の中心が一致するように重ねた。そして、Ａ～Ｉのいずれかのパターンの結晶面で、ＦＦＴ像の最も輝度が高い輝点から低い輝点へ順に、８点以上の座標が一致する場合、その視野は、ＦＦＴ特定面方位であると判定した。

ここで、逆格子シミュレーションの各逆格子点の中心座標から、逆格子シミュレーションの画像サイズに対して２％のピクセル数を半径とした範囲内に、ＦＦＴ像の各輝点の中心座標が入る場合には、座標が一致すると判定し

た。図４に示す各結晶面に対する判定方法を以下に述べる。

[0161] 図４に示すＡの結晶面は（１００）であり、画像の中心座標を固定して９０°回転させることでパターンが一致する４回対称の性質を持つ。代表的な輝点の面間隔は２．５３Å、１，７９Å、１，２７Åであり、同じ面間隔の輝点が９０°回転位置に存在する。２．５３Åの輝点より４５．０°回転した座標軸上に１．７９Åの輝点があり、１．２７Åの輝点は２．５３Åの輝点と同じ座標軸上にある。面間隔が２．５３Åの輝点４点と、面間隔が１．７９Åの輝点４点と、面間隔が１．２７Åの輝点４点の、合計１２点の中から任意に選ばれる８点の輝点で座標が一致するか否かを確認した。

[0162] 図４に示すＢの結晶面は（１１０）であり、画像の中心座標を固定して１８０°回転させることでパターンが一致する２回対称の性質を持つ。代表的な輝点の面間隔は２．５３Å、２．９２Å、１．７９Å、１．２７Åであり、同じ面間隔の輝点が１８０°回転位置に存在する。２．５３Åの輝点より５４．７°回転した座標軸上に２．９２Åの輝点があり、２．９２Åの輝点より３５．３°回転した座標軸上に１．７９Åの輝点があり、１．２７Åの輝点は２．５３Åの輝点と同じ座標軸上にある。面間隔が２．５３Åの輝点２点と、面間隔が２．９２Åの輝点４点と、面間隔が１．７９Åの輝点２点と、面間隔が１．２７Åの輝点２点の、合計１０点の中から任意に選ばれる８点の輝点で座標が一致するか否かを確認した。

[0163] 図４に示すＣの結晶面は（１１１）であり、画像の中心座標を固定して６０°回転させることでパターンが一致する６回対称の性質を持つ。代表的な輝点の面間隔は１．７９Å、１．０３Åであり、同じ面間隔の輝点が６０°回転位置に存在する。１．７９Åの輝点より３０．０°回転した座標軸上に１，０３Åの輝点がある。面間隔が１．７９Åの輝点６点と、面間隔が１．０３Åの輝点６点の、合計１２点の中から任意に選ばれる８点の輝点で座標が一致するか否かを確認した。

[0164] 図４に示すＤの結晶面は（２１１）であり、画像の中心座標を固定して１８０°回転させることでパターンが一致する２回対称の性質を持つ。代表的

な輝点の面間隔は２．９２Å、１．５３Å、１．７９Å、１．４６Åであり、同じ面間隔の輝点が１８０°回転位置に存在する。２．９２Åの輝点より５８．５°回転した座標軸上に１．５３Åの輝点があり、１．５３Åの輝点より３１．５°回転した座標軸上に１．７９Åの輝点があり、１．４６Åの輝点は２．９２Åの輝点と同じ座標軸上にある。面間隔が２．９２Åの輝点２点と、面間隔が１．５３Åの輝点４点と、面間隔が１．７９Åの輝点２点と、面間隔が１．４６Åの輝点２点の、合計１０点の中から任意に選ばれる８点の輝点で座標が一致するか否かを確認した。

[0165] 図４に示すＥの結晶面は（４１１）であり、画像の中心座標を固定して１８０°回転させることでパターンが一致する２回対称の性質を持つ。代表的な輝点の面間隔は１．７９Å、１．５３Å、１．６９Å、０．８９Åであり、同じ面間隔の輝点が１８０°回転位置に存在する。１．７９Åの輝点より６４．８°回転した座標軸上に１．５３Åの輝点があり、１．５３Åの輝点より２５．２°回転した座標軸上に１．６９Åの輝点があり、０．８９Åの輝点は１．７９Åの輝点と同じ座標軸上にある。面間隔が１．７９Åの輝点２点と、面間隔が１．５３Åの輝点４点と、面間隔が１．６９Åの輝点２点と、面間隔が０．８９Åの輝点２点の、合計１０点の中から任意に選ばれる８点の輝点で座標が一致するか否かを確認した。

[0166] 図４に示すＦの結晶面は（１２５）であり、画像の中心座標を固定して１８０°回転させることでパターンが一致する２回対称の性質を持つ。代表的な輝点の面間隔は２．２６Å、１．５３Å、２．０７Å、１．３８Åであり、同じ面間隔の輝点が１８０°回転位置に存在する。２．２６Åの輝点より４７．６°回転した座標軸上に１．５３Åの輝点があり、１．５３Åの輝点より４２．４°回転した座標軸上に２．０７Åの輝点があり、１．３８Åの輝点は２．０７Åの輝点と同じ座標軸上にある。面間隔が２．２６Åの輝点２点と、面間隔が１．５３Åの輝点４点と、面間隔が２．０７Åの輝点２点と、面間隔が１．３８Åの輝点２点の、合計１０点の中から任意に選ばれる８点の輝点で座標が一致するか否かを確認した。

[0167] 図４に示すＧの結晶面は（２１０）であり、画像の中心座標を固定して１８０°回転させることでパターンが一致する２回対称の性質を持つ。代表的な輝点の面間隔は２．５３Å、２．０７Å、２．２６Å、１．２７Åであり、同じ面間隔の輝点が１８０°回転位置に存在する。２．５３Åの輝点より６５．９°回転した座標軸上に２．０７Åの輝点があり、２．０７Åの輝点より２４．１°回転した座標軸上に２．２６Åの輝点があり、１．２７Åの輝点は２．５３Åの輝点と同じ座標軸上にある。面間隔が２．５３Åの輝点２点と、面間隔が２．０７Åの輝点４点と、面間隔が２．２６Åの輝点２点と、面間隔が１．２７Åの輝点２点の、合計１０点の中から任意に選ばれる８点の輝点で座標が一致するか否かを確認した。

[0168] 図４に示すＨの結晶面は（３１０）であり、画像の中心座標を固定して１８０°回転させることでパターンが一致する２回対称の性質を持つ。代表的な輝点の面間隔は２．５３Å、２．７１Å、１．６０Å、１．２７Åであり、同じ面間隔の輝点が１８０°回転位置に存在する。２．５３Åの輝点より５７．７°回転した座標軸上に２．７１Åの輝点があり、２．７１Åの輝点より３２．３°回転した座標軸上に１．６０Åの輝点があり、１．２７Åの輝点は２．５３Åの輝点と同じ座標軸上にある。面間隔が２．５３Åの輝点２点と、面間隔が２．７１Åの輝点４点と、面間隔が１．６０Åの輝点２点と、面間隔が１．２７Åの輝点２点の、合計１０点の中から任意に選ばれる８点の輝点で座標が一致するか否かを確認した。

[0169] 図４に示すＩの結晶面は（３２０）であり、画像の中心座標を固定して１８０°回転させることでパターンが一致する２回対称の性質を持つ。代表的な輝点の面間隔は２．５３Å、２．１６Å、２．７１Åであり、同じ面間隔の輝点が１８０°回転位置に存在する。２．５３Åの輝点より５０．２°回転した座標軸上に２．１６Åの輝点があり、２．１６Åの輝点より２４．３°回転した座標軸上に２．７１Åの輝点がある。面間隔が２．５３Åの輝点２点と、面間隔が２．１６Åの輝点４点と、面間隔が２．７１Åの輝点４点の、合計１０点の中から任意に選ばれる８点の輝点で座標が一致するか否か

を確認した。

[0170] なお、断面ＴＥＭ像において、酸化物薄膜の膜厚方向に２層結晶化した状態が確認された「２層結晶」である場合については、膜厚方向に２層結晶化した状態を含まない、最も大きな領域を抽出し、その領域について、前記したのと同様にして、ＦＦＴ特定面方位であるか否かを評価した。

抽出した１０個の視野のＦＦＴ像について、それぞれシミュレーションのパターン（パターンＡ～Ｉ）との対比を行い、ＦＦＴ特定面方位であると判定した視野数を、観察を行った全視野数（１０個）で割ることにより（（ＦＦＴ特定面方位を示す視野数）／（全視野数））、ＦＦＴ特定面方位割合（％）を算出した。

[0171] （ｄ）ε（格子歪み）の平均値

ε（格子歪み）の平均値は、断面ＴＥＭ像のＦＦＴ像を解析して得られる格子定数から算出した。

ε（格子歪み）は、「（ｃ）ＦＦＴ特定面方位割合」で抽出した１０個の視野のうち、ＦＦＴ特定面方位に該当すると判定した視野それぞれについて、各ＦＦＴ像を解析して得られる格子定数から算出した。

各視野は、対応する面方位と観察方向の軸との角度差が１°以下となる条件で観察した。

格子定数は、観察倍率１，０００，０００倍で観察した格子像のＴＥＭ像から得られるＦＦＴ像から算出した（図５参照）。

ＴＥＭ像は、結晶酸化物薄膜に接する層を含み、結晶酸化物薄膜の無アルカリガラス基板（支持体）側の界面に平行な方向（すなわち、結晶酸化物薄膜の主面に平行な方向。以下、平面方向と示す。）と、結晶酸化物薄膜の無アルカリガラス基板（支持体）側の界面に垂直な方向（すなわち、結晶酸化物薄膜の主面に対する法線方向。以下、法線方向と示す。）とを、明らかに特定できるものを採用した。

このＴＥＭ像において、結晶酸化物薄膜の結晶粒界や隣接する層を含まない、５１２ピクセル×５１２ピクセル以上の画素数領域かつ１０ｎｍ×１０

ｎｍ以上の領域を対象として、２次元フーリエ変換処理を行い、ＦＦＴ像を取得した。

得られたＦＦＴ像に対し、ガウシアンフィルタで平滑化することでノイズを除去し、各輝点の中で最も輝度の高い頂点座標を抽出し、これらを逆格子点の座標とした。

[0172] 具体的には、ＦＦＴ像の中心座標から、法線方向に伸びる座標軸上に位置する輝点の中で、最も高い輝度を示す頂点座標を逆格子点Ｐ１とした。また、ＦＦＴ像の中心座標から、平面方向に伸びる座標軸上に位置する輝点の中で、最も高い輝度を示す頂点座標を逆格子点Ｐ２とした。そして、これらの逆格子点Ｐ１、Ｐ２（頂点座標）に対応する周波数領域の大きさ（ＦＦＴ像の中心座標からの距離）を、それぞれ面間隔ｄ１、面間隔ｄ２とした。面間隔は、周波数領域の大きさを実空間の長さに変換することで求めた。

次いで、「（ｃ）ＦＦＴ特定面方位割合」で説明したのと同様にして、In_2O_3のビックスバイト構造の逆格子シミュレーションを実施し、得られた逆格子パターンのシミュレーションの結果（図６参照。パターンＡ～Ｉのいずれかに対応するパターン及び各輝点のミラー指数）と、解析対象のＦＦＴ像のパターンとを対比して、逆格子点Ｐ１のミラー指数（h_1、k_1、l_1）、及び逆格子点Ｐ２のミラー指数（h_2、k_2、l_2）を特定した。逆格子シミュレーションでは各輝点のミラー指数を特定できるため、解析対象のＦＦＴ像と対比することで、該ＦＦＴ像の各輝点についてもミラー指数を特定することができる。なお、ＦＦＴ像の各輝点は中心座標から見て１８０°回転した位置に、面間隔が同一でありミラー指数の符号が正負逆である輝点が存在するが、格子定数の計算結果に影響しないため、正負いずれのミラー指数を採用してもよい。

逆格子点Ｐ１の面間隔ｄ１及びミラー指数（h_1、k_1、l_1）から、下記式（１）により、法線方向の格子定数ａを算出した。

また、逆格子点Ｐ２の面間隔ｄ２及びミラー指数（h_2、k_2、l_2）から、下記式（２）により、平面方向の格子定数ｂを算出した。

[0173] 法線方向の格子定数ａ＝√（ｈ$_1$^{2}＋ｋ$_1$^{2}＋ｈ$_1$^{2}）×ｄ１　…（式（１））

[0174] 平面方向の格子定数ｂ＝√（ｈ$_2$^{2}＋ｋ$_2$^{2}＋ｈ$_2$^{2}）×ｄ２　…（式（２））

[0175] 逆格子点Ｐ１は、具体的には、ＦＦＴ像の中心座標から延びる座標軸であって、法線方向とのなす角が±３０°の範囲にある座標軸上に存在し、且つ面間隔ｄ１が０．８～２．０Åの範囲にある輝点のうち、基板法線により近い角度で最も高い輝度を示す輝点を選択した。

また、逆格子点Ｐ２は、具体的には、ＦＦＴ像の中心座標から延びる座標軸であって、平面方向とのなす角が±３０°の範囲にある座標軸上に存在し、且つ面間隔ｄ２が０．８～２．０Åの範囲にある輝点のうち、基板平面により近い角度で最も高い輝度を示す輝点を選択した。

また、逆格子点Ｐ１及び逆格子点Ｐ２は、逆格子点Ｐ１が存在する座標軸と、逆格子点Ｐ２が存在する座標軸とのなす角αが、７０°＜α＜１１０°の範囲となるように、Ｐ１、Ｐ２の輝点を選択した。

法線方向の格子定数ａ及び平面方向の格子定数ｂから、下記式（３）により、格子歪みεを算出した。

[0176] [数3]

$$\varepsilon = \frac{b}{a} \quad \cdots \quad (3)$$

各視野について算出したε（格子歪み）の平均値ε$_{aver}$を、算術平均により算出した。

[0177] （Ｃ）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。尚、ドレイン電圧（Ｖｄ）は、２０Ｖで印加した。Ｖｄ印加に対して、ゲート電圧（Ｖｇ）を－５Ｖから２０Ｖまで０．１Ｖステップ

で電流値Ｉｄを測定することでＩｄ－Ｖｇ特性を得た。

Ｉｄ－Ｖｇ特性から算出した各種パラメータを表２０～３１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。

[0178] （ａ）飽和移動度の最大値

Ｖｄ＝２０Ｖ印加時のＩｄ－Ｖｇ特性から飽和移動度（μｓａｔ）を求めた。

Ｖｄ＝２０Ｖ印加時の飽和移動度の最大値は、Ｉｄ－Ｖｇ特性のグラフを作成し、各Ｖｇのトランスコンダクタンス（Ｇｍ）を算出し、飽和領域の式を用いて飽和移動度（μｓａｔ）を導いた。具体的には、Ｇｍは、下記数式（ｃ１）によって算出した。

[0179] [数4]

$$Gm = \partial\left(\sqrt{Id}\right) / \partial(Vg) \qquad (c1)$$

さらに飽和領域の下記式（ｃ）によってμｓａｔを算出した。

$$\mu sat = (2 \cdot Gm \cdot L) / (W \cdot Ci) \cdots (c)$$

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Ｖｇ－μｓａｔのグラフから、Ｖｇ＝０～２０Ｖにおけるμｓａｔの最大値を算出した。

[0180] （ｂ）Ｓ値及びＶｔｈ

各々のＩｄ－Ｖｇ特性のグラフから、Ｓ値及び閾値電圧（Ｖｔｈ）を評価した。具体的には、電流値Ｉｄ＝１０$^{-11}$～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Ｉｄ＝１０$^{-8}$［Ａ］におけるＶｇの値を閾値電圧（Ｖｔｈ）として算出した。

[0181] [数5]

$$S = \frac{\Delta Vg}{\Delta(\log Id)} \qquad (d)$$

[0182] （ｃ）リーク電流

各々のＩｄ－Ｖｇ特性のグラフから、リーク電流を評価した。リーク電流は、Ｖｇ＝－５Ｖとして測定したＩｄの値とした。

[0183] （ｄ）自己整合型小型ＴＦＴ信頼性

ＴＦＴの信頼性をストレス試験により評価した。正バイアス加熱ストレス試験（ＰＢＴＳ）と、負バイアス加熱ストレス試験（ＮＢＴＳ）、定電流ストレス試験（ＣＣＳ）の３種類を実施した。

ＰＢＴＳは５０℃でＶｇ＝＋２０Ｖ印加し、１万秒経過後の閾値電圧（Ｖｔｈ）を試験前と比較してその差分をΔＶｔｈとした。

ＮＢＴＳは５０℃でＶｇ＝－２０Ｖ印加し、１万秒経過後の閾値電圧（Ｖｔｈ）を試験前と比較してその差分をΔＶｔｈとした。

ＣＣＳは室温でＶｇ＝１０Ｖ、Ｖｄ＝２０Ｖ印可し、ストレス印加前に流れていた電流値Ｉｄを一定に保つようＶｇを制御して電流を流し続け、１万秒経過後の閾値電圧（Ｖｔｈ）を試験前と比較してその差分をΔＶｔｈとした。

[0184]

[表20]

			実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.70	0.87	0.96	0.92	0.86	0.91
		FFT特定面方位割合[%]	80	100	100	70	100	100
		εの平均値	1.03	1.03	1.03	1.02	1.04	1.01
		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
TFT性能	TFT特性	飽和移動度[cm^2/Vs]	31	33	34	31	35	25
		S値[V/decade]	0.22	0.27	0.24	0.30	0.25	0.27
		Vth [V]	0.8	0.4	0.2	0.6	0.1	-0.2
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth[V]	0.6	0.8	0.3	0.4	0.9	0.7
		NBTS ΔVth [V]	-0.7	-0.6	-0.8	-0.9	-1.1	-1.1
		定電流ストレス ΔVth[V]	0.2	0.4	0.3	0.9	0.3	0.5

			実施例7	実施例8	実施例9	実施例10	実施例11
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.60	0.39	1.3	1.4	1.2
		FFT特定面方位割合[%]	90	60	100	50	80
		εの平均値	1.01	1.00	1.04	1.03	1.02
		結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度[cm^2/Vs]	30	20	31	29	22
		S値[V/decade]	0.32	1.1	0.36	0.38	0.39
		Vth [V]	-0.6	1.0	-0.4	-0.2	-1.2
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-12	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth[V]	0.7	0.6	0.9	1.0	1.1
		NBTS ΔVth [V]	-1.1	0.6	-0.8	-1.2	-2.8
		定電流ストレス ΔVth[V]	0.8	0.8	0.6	0.9	0.8

[0185]

[表21]

			実施例12	実施例13	実施例14	実施例15	実施例16	実施例17
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1.9	1.9	1.8	1.7	1.9	1.9
		FFT特定面方位割合[%]	100	100	100	80	100	70
		εの平均値	1.05	1.05	1.04	1.06	1.06	1.01
		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
TFT性能	TFT特性	飽和移動度[cm^2/Vs]	52	54	50	58	55	48
		S値[V/decade]	0.32	0.25	0.87	0.20	0.48	0.42
		Vth [V]	−1.8	0.4	−4.8	−0.2	−4.5	−3.8
		リーク電流 [A]	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth[V]	0.9	0.5	1.2	0.7	3.2	1.2
		NBTS ΔVth [V]	−0.9	−0.7	−2.6	−0.8	−4.1	−2.1
		定電流ストレス ΔVth[V]	0.8	0.4	1.0	0.6	0.9	1.2

			比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例5	比較例6	比較例7	比較例8
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	測定不可	2.5	測定不可	測定不可	0.08	1.10	0.93	測定不可
		FFT特定面方位割合[%]	30	40	20	30	20	30	40	0
		εの平均値	0.99	1.00	1.11	1.12	0.98	0.98	1.02	測定不可
		結晶状態	2層結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	非晶質
TFT性能	TFT特性	飽和移動度[cm^2/Vs]	15	25	クラック、剥離	クラック、剥離	4	10	9	5
		S値[V/decade]	測定不可	0.39			1.9	0.8	3.2	2.4
		Vth [V]	−5以下	0.5			−3.8	−0.5	−3.0	1.2
		リーク電流 [A]	< 1E−8	< 1E−13			< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth[V]	5以上	1.1			0.6	0.7	0.7	0.5
		NBTS ΔVth [V]	−5以下	−2.8			−5以下	−5以下	−5以下	−5以下
		定電流ストレス ΔVth[V]	5以上	5以上			5以上	5以上	5以上	5以上

[0186] [表22]

			実施例18	実施例19	実施例20	比較例9
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	2.0	1.6	1.4	測定不可
		FFT特定面方位割合 [%]	80	70	100	40
		εの平均	1.03	1.05	1.05	1.00
		結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	2層結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	33	33	37	ON/OFF無し リーク電流有り
		S値 [V/decade]	0.4	0.4	0.4	
		Vth [V]	-0.2	-0.5	-0.2	
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	0.4	1.2	1.1	ON/OFF無し
		NBTS ΔVth [V]	-1.2	-2.9	-2.4	
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.9	0.6	1.0	

			実施例21	実施例22	実施例23	実施例24	実施例25	実施例26	実施例27	実施例28
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.7	1.4	0.2	1.7	2	1.3	1.1	1.9
		FFT特定面方位割合 [%]	70	70	60	70	60	80	70	100
		εの平均	1.02	1.04	1.02	1.01	1.04	1.05	1.01	1.02
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	37	36	31	30	30	37	36	31
		S値 [V/decade]	0.4	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4	0.5	0.5
		Vth [V]	1.1	1.2	0.8	0.2	0.7	-0.4	-0.4	0.5
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	1.5	1.0	1.1	1.2	0.8	0.8	0.6	1.0
		NBTS ΔVth [V]	-1.4	-1.5	-1.6	-2.4	-1.4	-1.6	-1.0	-1.3
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.4	0.5	0.8	0.5	0.6	0.2	0.9	0.8

			実施例29	実施例30	実施例31	実施例32	実施例33	実施例34	実施例35	実施例36
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1.1	0.1	1.7	2	0.8	1.6	1.5	1
		FFT特定面方位割合 [%]	90	100	70	90	90	70	100	80
		εの平均	1.04	1.06	1.06	1.03	1.03	1.01	1.04	1.02
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	37	34	31	37	30	32	34	34
		S値 [V/decade]	0.6	0.4	0.5	0.4	0.6	0.4	0.5	0.5
		Vth [V]	-0.8	-0.1	-0.9	1.1	0.2	1.0	-0.6	-0.3
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	0.6	1.5	0.6	1.3	0.6	0.4	1.2	1.2
		NBTS ΔVth [V]	-1.9	-2.6	-1.7	-1.6	-1.8	-2.4	-2.3	-1.9
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.6	1.0	0.3	0.6	0.7	0.8	0.9	0.2

[0187]

[表23]

			実施例37	実施例38	実施例39	実施例40	実施例41	実施例42	実施例43	実施例44
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.7	1.3	0.5	1.3	1	0.4	0.1	0.6
		FFT特定面方位割合 [%]	90	90	60	80	100	60	80	80
		εの平均	1.04	1.04	1.06	1.02	1.05	1.03	1.02	1.05
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	34	32	36	32	32	32	37	35
		S値 [V/decade]	0.4	0.6	0.4	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6
		Vth [V]	0.7	−0.4	−0.2	0.7	0.3	0.1	−0.7	−0.6
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	1.2	1.1	1.3	1.5	0.9	0.8	1.2	1.3
		NBTS ΔVth [V]	−2.5	−2.8	−1.4	−1.4	−2.5	−1.8	−2.6	−2.8
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.5	0.4	1.0	0.7	0.7	0.8	0.8	0.2

			実施例45	実施例46	実施例47	実施例48	実施例49	実施例50	実施例51	実施例52
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.4	0.7	0.1	1.2	0.1	0.8	1.3	1.8
		FFT特定面方位割合 [%]	70	90	90	80	80	70	100	90
		εの平均	1.06	1.06	1.02	1.04	1.06	1.05	1.03	1.06
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	36	35	33	36	32	32	34	35
		S値 [V/decade]	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.4	0.5
		Vth [V]	1.3	0.3	0.8	0.9	0.9	0.4	−1.0	−0.9
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	1.2	0.4	0.8	0.9	0.4	1.0	0.5	1.2
		NBTS ΔVth [V]	−2.9	−2.6	−2.8	−2.7	−2.6	−1.9	−2.7	−1.3
		定電流ストレス ΔVth [V]	1.0	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	0.2

			実施例53	実施例54	実施例55	実施例56	実施例57	実施例58	実施例59	実施例60
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.8	0.5	2	1.3	0.6	1	2	0.4
		FFT特定面方位割合 [%]	90	90	90	60	80	70	70	60
		εの平均	1.01	1.03	1.04	1.01	1.05	1.02	1.04	1.05
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	32	33	35	30	30	30	35	34
		S値 [V/decade]	0.5	0.4	0.5	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5
		Vth [V]	0.2	−0.2	0.7	1.1	1.1	1.2	1.1	0.9
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	0.5	0.9	1.4	0.5	1.1	1.0	1.5	0.9
		NBTS ΔVth [V]	−1.5	−2.1	−1.6	−1.3	−1.1	−1.1	−1.2	−1.6
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.7	0.7	0.2	0.3	0.5	0.3	0.9	0.7

[0188] [表24]

			実施例61	実施例62	実施例63	実施例64	実施例65	実施例66	実施例67	実施例68
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1.7	0.1	1.5	1.7	0.8	0.9	0.6	1.4
		FFT特定面方位割合 [%]	60	100	90	60	100	60	80	90
		εの平均	1.05	1.04	1.06	1.03	1.05	1.03	1.06	1.06
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	36	32	33	35	31	31	36	34
		S値 [V/decade]	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4
		Vth [V]	0.3	0.2	0.8	0.4	0.6	0.9	−0.5	0.3
		リーク電流 [A]	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	0.5	0.6	0.5	0.4	1.0	0.4	1.0	0.7
		NBTS ΔVth [V]	−2.9	−2.3	−1.8	−1.4	−2.1	−1.7	−1.5	−2.6
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.8	0.4	0.2	1.0	0.4	0.6	0.8	0.6

			実施例69	実施例70	実施例71	実施例72	実施例73	実施例74	実施例75	実施例76
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1.10	0.60	1.90	0.60	1.10	0.20	0.90	0.70
		FFT特定面方位割合 [%]	80	90	80	80	70	100	100	90
		εの平均	1.01	1.02	1.05	1.01	1.01	1.03	1.02	1.05
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	34	34	32	30	29	33	35	34
		S値 [V/decade]	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.6
		Vth [V]	−0.9	0.6	1	−0.4	0.2	−0.7	0	0
		リーク電流 [A]	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	0.9	0.6	1.5	1.2	1.2	0.9	0.5	1.4
		NBTS ΔVth [V]	−1.0	−1.5	−1.0	−1.8	−2.5	−2.6	−2.5	−1.0
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.2	0.6	0.4	0.6	0.6	0.9	0.9	0.9

			実施例77	実施例78	実施例79	実施例80	実施例81	実施例82	実施例83	実施例84
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	2.00	1.1	0.3	1.0	0.8	1.6	0.7	0.7
		FFT特定面方位割合 [%]	90	90	100	80	90	80	80	80
		εの平均	1.06	1.03	1.06	1.04	1.04	1.06	1.03	1.05
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	35	36	35	36	31	35	35	31
		S値 [V/decade]	0.4	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5
		Vth [V]	−0.4	−0.25	−0.9	−0.85	1.45	0.3	0.5	−0.6
		リーク電流 [A]	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	1.0	1.0	1.3	1.5	1.5	0.6	1.2	1.4
		NBTS ΔVth [V]	−1.0	−2.8	−2.2	−2.0	−2.2	−2.4	−1.9	−2.4
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.8	0.6	0.9	0.7	0.2	0.5	0.8	0.8

[0189] [表25]

			実施例85	実施例86	実施例87	実施例88	実施例89	実施例90	実施例91	実施例92
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.4	0.4	0.6	0.3	0.3	0.2	1.1	0.2
		FFT特定面方位割合 [%]	90	100	70	70	60	70	100	60
		εの平均	1.05	1.02	1.03	1.04	1.05	1.05	1.01	1.05
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	35	31	37	29	37	28	31	33
		S値 [V/decade]	0.4	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6
		Vth [V]	0.2	0.3	-0.9	-0.5	0.2	0.5	1.4	-0.4
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	0.4	0.7	0.9	0.9	0.6	0.4	1.3	0.4
		NBTS ΔVth [V]	-2.7	-2.0	-1.3	-2.8	-1.9	-2.0	-2.4	-1.2
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.2	0.9	0.7	0.2	0.8	0.2	1.0	0.5

			実施例93	実施例94	実施例95	実施例96	実施例97	実施例98	実施例99	実施例100
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1	1.2	0.4	0.2	0.5	0.9	0.7	1.1
		FFT特定面方位割合 [%]	60	90	90	80	70	70	80	100
		εの平均	1.06	1.02	1.04	1.03	1.06	1.01	1.04	1.01
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	33	31	37	34	37	30	34	31
		S値 [V/decade]	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5
		Vth [V]	-0.6	1.5	1.3	1.1	0.5	1.1	0.2	1.0
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	1.3	1.0	0.5	0.6	0.7	1.4	1.3	1.3
		NBTS ΔVth [V]	-1.6	-1.8	-1.0	-3.0	-2.2	-1.5	-2.5	-1.3
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.2	1.0	0.8	0.3	0.2	0.3	0.7	0.4

			実施例101	実施例102	実施例103	実施例104	実施例105	実施例106	実施例107	実施例108
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1.2	1.9	2	0.8	0.1	1.3	0.4	0.5
		FFT特定面方位割合 [%]	70	70	80	60	80	90	90	80
		εの平均	1.04	1.03	1.04	1.04	1.04	1.02	1.03	1.05
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	33	31	31	35	35	31	33	36
		S値 [V/decade]	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.4
		Vth [V]	-0.3	-0.4	0.1	0.6	0.2	0.8	0.8	0.2
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	1.3	1.1	0.4	0.9	0.6	1.2	0.5	0.4
		NBTS ΔVth [V]	-2.7	-1.8	-1.3	-2.9	-2.5	-1.5	-2.4	-2.9
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.3	0.2	0.6	0.2	0.4	0.3	0.2	0.3

[0190] [表26]

			実施例109	実施例110	実施例111	実施例112	実施例113	実施例114	実施例115	実施例116
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1.9	1.7	1.6	1.9	2	0.7	1.7	1.6
		FFT特定面方位割合 [%]	100	80	90	100	90	70	80	70
		εの平均	1.01	1.02	1.01	1.03	1.05	1.05	1.03	1.06
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	32	34	36	32	33	32	30	29
		S値 [V/decade]	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.6	0.4
		Vth [V]	0.7	0.9	0.6	0.7	0.8	1.5	1.2	-0.1
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	1.0	1.5	1.0	1.5	1.2	1.2	0.7	1.4
		NBTS ΔVth [V]	-2.8	-3.0	-1.3	-3.0	-2.4	-1.5	-2.2	-2.7
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.8	0.6	1.0	0.6	0.2	0.7	0.5	0.7

			実施例117	実施例118	実施例119	実施例120	実施例121	実施例122	実施例123	実施例124
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.8	0.6	0.2	0.3	0.7	2	0.8	1.4
		FFT特定面方位割合 [%]	60	60	90	80	70	90	100	80
		εの平均	1.02	1.03	1.02	1.06	1.02	1.01	1.05	1.05
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	35	37	30	32	31	35	32	34
		S値 [V/decade]	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.6	0.4	0.5
		Vth [V]	1.0	0.9	-0.1	0.1	1.0	0.8	0.9	-0.8
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	0.5	0.4	0.5	1.3	1.3	0.9	0.8	0.7
		NBTS ΔVth [V]	-2.0	-2.1	-2.3	-1.5	-2.9	-2.5	-2.2	-1.1
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.5	0.4	0.9	0.4	0.6	1.0	0.8	0.4

			実施例125	実施例126	実施例127	実施例128	実施例129	実施例130	実施例131	実施例132
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.9	1.8	0.7	1.6	0.1	1.5	1.5	1.7
		FFT特定面方位割合 [%]	100	100	80	90	100	70	100	70
		εの平均	1.02	1.06	1.04	1.05	1.03	1.04	1.05	1.04
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	33	33	31	37	35	34	33	34
		S値 [V/decade]	0.4	0.6	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4
		Vth [V]	0.8	1.1	-0.2	1.2	-0.1	1.5	1.6	-0.9
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	1.3	0.9	0.4	1.4	0.9	1.5	0.4	0.5
		NBTS ΔVth [V]	-1.9	-2.6	-1.8	-1.1	-1.7	-2.2	-2.9	-2.9
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.5	0.9	1.0	0.5	0.2	0.2	0.7	0.3

[0191] [表27]

			実施例133	実施例134	実施例135
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	2	0.7	0.9
		FFT特定面方位割合 [%]	90	80	100
		εの平均	1.01	1.01	1.04
		結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 [cm^2/Vs]	37	35	33
		S値 [V/decade]	0.4	0.4	0.6
		Vth [V]	-0.3	0.5	0.7
		リーク電流 [A]	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth [V]	0.9	1.0	1.1
		NBTS ΔVth [V]	-2.3	-1.1	-2.7
		定電流ストレス ΔVth [V]	0.2	0.4	0.3

[0192]

[表28]

			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	実施例143
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1.9	1.3	0.3	0.6	1.2	1.7	2	0.3
		FFT特定面方位割合 (%)	80	80	80	70	90	80	80	100
		ε の平均	1.01	1.03	1.04	1.06	1.02	1.05	1.04	1.05
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 (cm^2/Vs)	30	30	30	36	33	36	37	32
		S値 (V/decade)	0.6	0.4	0.5	0.6	0.6	0.4	0.5	0.6
		Vth (V)	1.1	−1.0	0.6	1.2	−0.4	0.2	0.5	0.5
		リーク電流 (A)	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth (V)	1.2	1.5	1.2	1.5	1.5	1.4	0.7	1.4
		NBTS ΔVth (V)	−1.4	−2.5	−2.9	−2.7	−1.8	−1.8	−2.3	−2.0
		定電流ストレス ΔVth (V)	0.7	0.2	0.6	0.2	0.6	0.9	0.4	0.3

			実施例144	実施例145	実施例146	実施例147	実施例148	実施例149	実施例150	実施例151
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1.2	1.2	1.7	1.7	0.6	1.3	0.4	0.9
		FFT特定面方位割合 (%)	100	70	90	80	90	90	80	70
		ε の平均	1.02	1.05	1.04	1.01	1.04	1.02	1.03	1.06
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 (cm^2/Vs)	30	30	34	38	38	31	35	30
		S値 (V/decade)	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
		Vth (V)	1.4	1.1	0.5	−0.3	0.2	0.1	−0.4	1.0
		リーク電流 (A)	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth (V)	0.9	1.1	0.6	0.5	1.5	1.0	1.0	0.8
		NBTS ΔVth (V)	−3.0	−2.3	−2.2	−1.8	−1.1	−1.6	−1.3	−1.4
		定電流ストレス ΔVth (V)	0.4	0.9	0.9	0.9	1.0	0.3	0.2	0.9

			実施例152	実施例153	実施例154	実施例155	実施例156	実施例157	実施例158	実施例159
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.5	0.6	1.2	0.7	1.4	1.3	1.2	2
		FFT特定面方位割合 (%)	80	80	90	90	90	90	90	70
		ε の平均	1.01	1.04	1.01	1.03	1.06	1.02	1.04	1.04
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 (cm^2/Vs)	35	30	35	35	33	37	31	34
		S値 (V/decade)	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6
		Vth (V)	−0.1	−0.9	1.4	−0.2	0.1	−0.7	−0.8	0.6
		リーク電流 (A)	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth (V)	1.4	0.6	0.8	1.0	1.1	1.0	0.4	0.7
		NBTS ΔVth (V)	−1.8	−3.0	−2.7	−2.2	−2.4	−3.0	−2.5	−2.5
		定電流ストレス ΔVth (V)	0.8	0.8	0.9	0.6	0.2	0.6	0.2	0.7

[0193] [表29]

			実施例160	実施例161	実施例162	実施例163	実施例164	実施例165	実施例166	実施例167
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1.6	1.8	0.9	1.1	0.5	1.3	0.2	0.1
		FFT特定面方位割合 (%)	80	80	70	70	80	90	100	80
		ε の平均	1.01	1.01	1.02	1.05	1.05	1.03	1.01	1.04
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 (cm^2/Vs)	32	34	31	37	31	30	36	35
		S値 (V/decade)	0.6	0.5	0.5	0.6	0.4	0.4	0.5	0.5
		Vth (V)	−0.5	−0.2	0.9	−0.9	−0.6	1.1	−0.9	1.1
		リーク電流 (A)	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth (V)	0.8	0.4	0.8	1.2	1.5	1.0	0.6	0.5
		NBTS ΔVth (V)	−1.3	−2.7	−1.9	−2.6	−1.9	−2.0	−1.9	−1.0
		定電流ストレス ΔVth (V)	0.5	0.5	0.5	0.8	1.0	0.7	0.6	0.5

			実施例168	実施例169	実施例170	実施例171	実施例172	実施例173	実施例174	実施例175
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	2	2	0.1	1	1.8	1.2	1.2	1.6
		FFT特定面方位割合 (%)	60	90	90	90	80	70	70	70
		ε の平均	1.04	1.03	1.02	1.04	1.02	1.02	1.03	1.02
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 (cm^2/Vs)	32	37	31	32	36	36	35	30
		S値 (V/decade)	0.6	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.6	0.5
		Vth (V)	−0.7	1.4	0.9	1.3	0.6	1.1	1.3	0.9
		リーク電流 (A)	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth (V)	0.8	1.1	0.8	1.2	0.6	1.5	0.7	1.4
		NBTS ΔVth (V)	−1.3	−1.2	−2.5	−2.5	−2.5	−1.8	−2.8	−1.3
		定電流ストレス ΔVth (V)	0.2	0.9	0.7	0.9	0.9	0.4	0.9	0.5

			実施例176	実施例177	実施例178	実施例179	実施例180	実施例181
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1.9	1.6	1.5	1	1.8	1.3
		FFT特定面方位割合 (%)	90	90	60	80	100	80
		ε の平均	1.06	1.06	1.02	1.02	1.03	1.06
		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
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 (cm^2/Vs)	36	34	33	30	35	37
		S値 (V/decade)	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5
		Vth (V)	−0.1	0.2	1.0	0.7	−0.8	0.3
		リーク電流 (A)	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13	< 1E−13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth (V)	1.4	1.4	0.9	0.7	0.7	0.7
		NBTS ΔVth (V)	−2.9	−2.1	−2.9	−2.0	−3.0	−2.4
		定電流ストレス ΔVth (V)	0.6	0.2	0.8	0.9	0.8	1.0

[0194] [表30]

			実施例182	実施例183	実施例184	実施例185	実施例186	実施例187	実施例188	実施例189
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1.8	1	0.1	0.4	1.9	1.8	1.8	0.3
		FFT特定面方位割合 (%)	100	90	60	70	60	60	80	90
		εの平均	1.03	1.06	1.06	1.06	1.02	1.04	1.06	1.05
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 (cm^2/Vs)	34	30	31	33	31	33	32	36
		S値 (V/decade)	0.6	0.6	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5
		Vth (V)	-0.3	1.4	1.0	0.9	-0.1	-0.4	-0.9	-1.0
		リーク電流 (A)	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth (V)	1.1	0.4	0.4	1.0	0.9	1.1	1.1	1.0
		NBTS ΔVth (V)	-2.5	-3.0	-1.5	-2.1	-1.6	-2.2	-2.7	-2.5
		定電流ストレス ΔVth (V)	1.0	0.8	0.5	0.4	0.6	0.3	0.4	0.9

			実施例190	実施例191	実施例192	実施例193	実施例194	実施例195	実施例196	実施例197
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.5	0.7	1.5	1.5	1	0.9	0.9	0.3
		FFT特定面方位割合 (%)	70	90	70	70	90	100	100	80
		εの平均	1.01	1.04	1.02	1.04	1.06	1.03	1.03	1.06
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 (cm^2/Vs)	33	37	33	38	29	33	35	36
		S値 (V/decade)	0.6	0.4	0.5	0.4	0.4	0.6	0.4	0.5
		Vth (V)	-0.4	-0.8	-0.7	-0.9	0.2	1.2	0.6	1.1
		リーク電流 (A)	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth (V)	1.4	0.4	1.3	1.3	0.4	0.5	1.5	1.5
		NBTS ΔVth (V)	-2.1	-1.1	-2.7	-1.1	-1.7	-2.4	-2.5	-1.3
		定電流ストレス ΔVth (V)	0.6	0.6	0.3	0.2	0.9	0.6	0.7	0.4

			実施例198	実施例199	実施例200	実施例201	実施例202	実施例203	実施例204	実施例205
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.5	0.3	0.1	0.4	1.5	0.4	1	1.9
		FFT特定面方位割合 (%)	70	100	80	70	60	70	70	80
		εの平均	1.04	1.04	1.01	1.02	1.05	1.03	1.06	1.01
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 (cm^2/Vs)	37	32	38	34	37	30	30	34
		S値 (V/decade)	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5
		Vth (V)	0.7	1.5	-0.9	0.5	1.1	0.3	0.9	-0.3
		リーク電流 (A)	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth (V)	0.5	1.0	0.9	1.5	1.2	0.5	1.1	1.2
		NBTS ΔVth (V)	-2.8	-2.1	-2.5	-3.0	-1.6	-2.7	-2.2	-2.7
		定電流ストレス ΔVth (V)	0.6	0.7	0.9	0.4	0.9	0.4	1.0	0.3

[0195] [表31]

			実施例206	実施例207	実施例208	実施例209	実施例210	実施例211	実施例212	実施例213
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.3	1.7	1.7	1	1.1	0.9	1.5	0.8
		FFT特定面方位割合 (%)	70	90	60	80	70	90	70	90
		ε の平均	1.01	1.04	1.03	1.03	1.01	1.03	1.02	1.02
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 (cm^2/Vs)	35	35	37	30	29	37	31	37
		S値 (V/decade)	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.6
		Vth (V)	-0.9	-0.7	1.3	1.6	-0.6	1.6	0.9	1.0
		リーク電流 (A)	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth (V)	0.8	1.1	1.3	0.9	0.4	0.6	0.5	0.9
		NBTS ΔVth (V)	-2.5	-1.0	-3.0	-1.5	-1.3	-2.3	-2.0	-2.5
		定電流ストレス ΔVth (V)	0.7	0.9	0.7	0.7	0.8	0.5	0.6	0.9

			実施例214	実施例215	実施例216	実施例217	実施例218	実施例219	実施例220	実施例221
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	0.2	0.1	0.5	0.6	1.1	0.4	0.4	0.1
		FFT特定面方位割合 (%)	90	70	70	70	70	80	70	90
		ε の平均	1.05	1.01	1.01	1.04	1.05	1.05	1.05	1.06
		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	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 (cm^2/Vs)	31	31	33	35	32	30	36	32
		S値 (V/decade)	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.5	0.6
		Vth (V)	1.5	1.6	1.2	-0.7	-0.8	-0.7	1.5	0.3
		リーク電流 (A)	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth (V)	0.4	0.4	1.4	1.5	1.5	1.0	0.5	1.3
		NBTS ΔVth (V)	-2.3	-1.7	-2.6	-1.9	-1.1	-2.0	-1.6	-2.2
		定電流ストレス ΔVth (V)	0.6	0.4	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5

			実施例222	実施例223	実施例224	実施例225
TFT作製後のチャネル層の評価	断面TEM像	結晶粒界の平均間隔 D[μm]	1.8	0.9	1.4	0.1
		FFT特定面方位割合 (%)	70	100	70	70
		ε の平均	1.02	1.06	1.04	1.05
		結晶状態	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶	柱状結晶
TFT性能	TFT特性	飽和移動度 (cm^2/Vs)	31	31	30	32
		S値 (V/decade)	0.4	0.4	0.6	0.6
		Vth (V)	0.5	0.4	-0.1	1.5
		リーク電流 (A)	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13	< 1E-13
	TFT信頼性	PBTS ΔVth (V)	0.8	0.9	0.8	1.0
		NBTS ΔVth (V)	-1.1	-1.3	-2.4	-2.9
		定電流ストレス ΔVth (V)	0.8	1.0	0.6	0.7

産業上の利用可能性

[0196] 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。

[0197] 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] 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断面の透過電子顕微鏡（ＴＥＭ）画像から抽出した、複数の画像領域の格子像を、それぞれ２次元フーリエ変換（ＦＦＴ）処理して得られるフーリエ変換像の５０％以上が、（１００）、（１１０）、（１１１）、（２１１）、（４１１）、（１２５）、（２１０）、（３１０）、及び（３２０）から選択されるいずれかの面方位を示す、結晶酸化物薄膜。

[請求項2] 前記複数の画像領域について取得した、（１００）、（１１０）、（１１１）、（２１１）、（４１１）、（１２５）、（２１０）、（３１０）、及び（３２０）から選択されるいずれかの面方位を示す前記フーリエ変換像の各々において、

前記フーリエ変換像の中心座標から前記結晶酸化物薄膜の主面に対して法線方向に伸びる座標軸上に位置する輝点から選択される逆格子点Ｐ１の、前記中心座標からの周波数領域の大きさを法線方向の面間隔ｄ１とし、

前記フーリエ変換像の中心座標から前記結晶酸化物薄膜の主面に平行な方向に伸びる座標軸上に位置する輝点から選択される逆格子点Ｐ２の、前記中心座標からの周波数領域の大きさを平面方向の面間隔ｄ２とし、

前記逆格子点Ｐ１のミラー指数を（h_1、k_1、l_1）とし、前記逆格子点Ｐ２のミラー指数を（h_2、k_2、l_2）としたとき、

下記式（１）で算出される法線方向の格子定数ａ及び下記式（２）で算出される平面方向の格子定数ｂから下記式（３）により算出される、前記複数の画像領域の各々の格子歪みεの平均値ε_{aver}が、１．０＜ε_{aver}＜１．１である、請求項１に記載の結晶酸化物薄膜。

法線方向の格子定数ａ＝$\sqrt{}$（$h_1^2+k_1^2+h_1^2$）×ｄ１ …（式（１））

平面方向の格子定数ｂ＝√（ｈ$_2$^{2}＋ｋ$_2$^{2}＋ｈ$_2$^{2}）×ｄ２　…（式（２））

[数6]

$$\varepsilon = \frac{b}{a}$$

…（式（３））

[請求項3] 膜厚が３ｎｍ以上５０ｎｍ未満である、請求項１又は２に記載の結晶酸化物薄膜。

[請求項4] 前記結晶酸化物薄膜の短辺の長さが５０μｍ未満である、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] 結晶粒界同士の平均間隔Ｄが０．０１μｍ以上２μｍ以下である、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] Ｉｎを６２ａｔ％以上含む、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] さらに、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一種以上の元素を含む、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] 支持体上に形成した酸化物薄膜を、大気雰囲気下、３００℃超の温度下でアニール処理する、請求項１～７のいずれかに記載の結晶酸化物薄膜の製造方法。

[請求項9] 前記アニール処理に供する前記酸化物薄膜の膜厚が、３ｎｍ以上５０ｎｍ未満である、請求項８に記載の結晶酸化物薄膜の製造方法。

[請求項10] 前記アニール処理に供する前記酸化物薄膜の短辺が５０μｍ未満である、請求項８又は９に記載の結晶酸化物薄膜の製造方法。

[請求項11] 請求項１～７のいずれか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12] バッファ層と、

チャネル層とを有しており、

前記チャネル層は前記結晶酸化物薄膜であり、

前記チャネル層からみて、前記バッファ層と反対側に、ゲート絶縁膜及びゲート電極を、前記チャネル層側からこの順に有する、請求項１１に記載の薄膜トランジスタ。

[請求項13] 基板上に酸化物薄膜を成膜する工程と、

前記酸化物薄膜を、大気雰囲気下、３００℃超の温度下でアニール処理して結晶酸化物薄膜を形成する工程と、

前記結晶酸化物薄膜上に、ゲート絶縁膜及びゲート電極をこの順で形成する工程と、を有する、請求項１１又は１２に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

[請求項14] 前記基板上にバッファ層を形成した後、前記バッファ層上に前記酸化物薄膜を成膜する、請求項１３に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

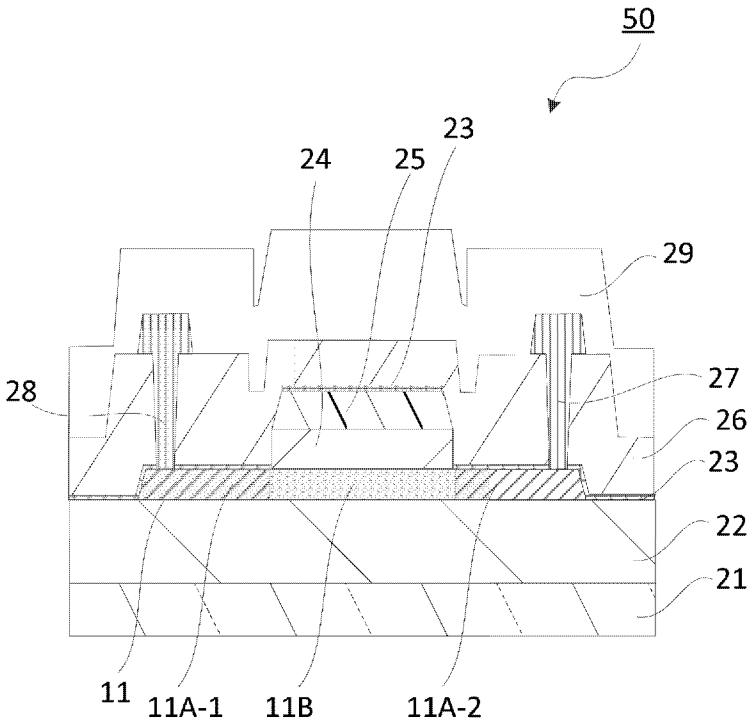
[請求項15] 基板上に酸化物薄膜を成膜する工程と、

前記酸化物薄膜を、大気雰囲気下、３００℃超の温度下でアニール処理して結晶酸化物薄膜を形成する工程と、

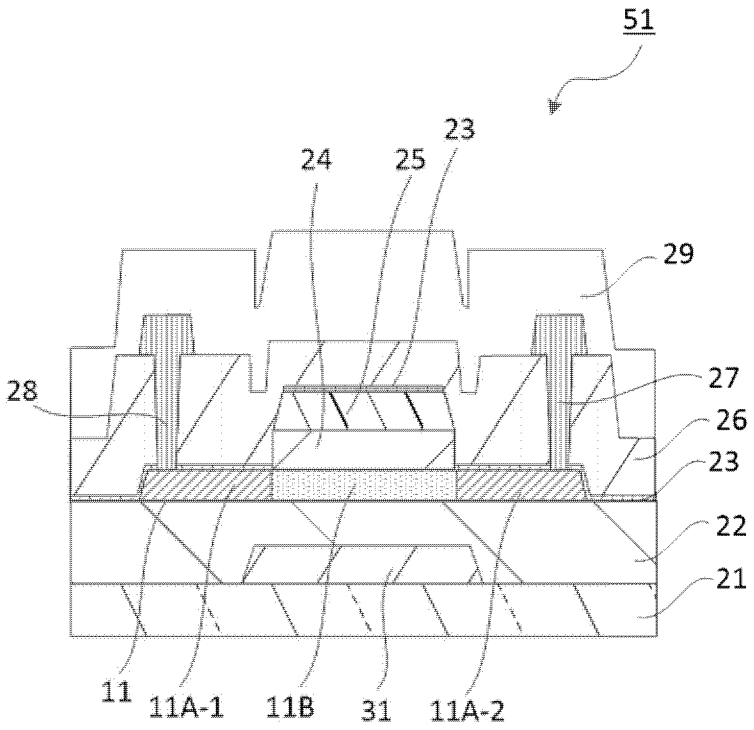
前記結晶酸化物薄膜上に、層間絶縁膜をこの順で形成する工程と、を有する、請求項１１又は１２に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

[請求項16] 前記基板上にゲート電極、ゲート絶縁膜をこの順で形成した後、前記ゲート絶縁膜上に前記酸化物薄膜を成膜する、請求項１５に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

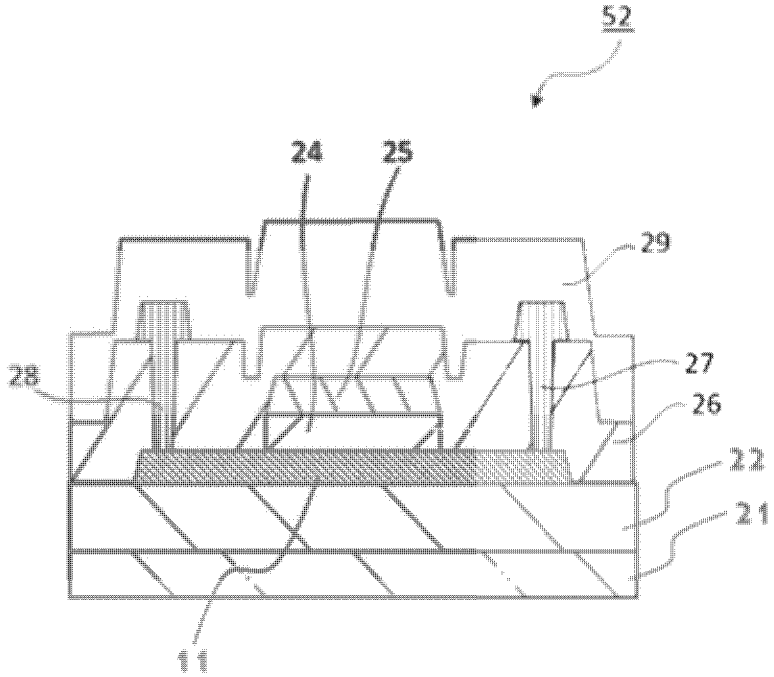
[図1]


50
23
24
25
29
28
27
26
23
22
21
11
11A-1
11B
11A-2

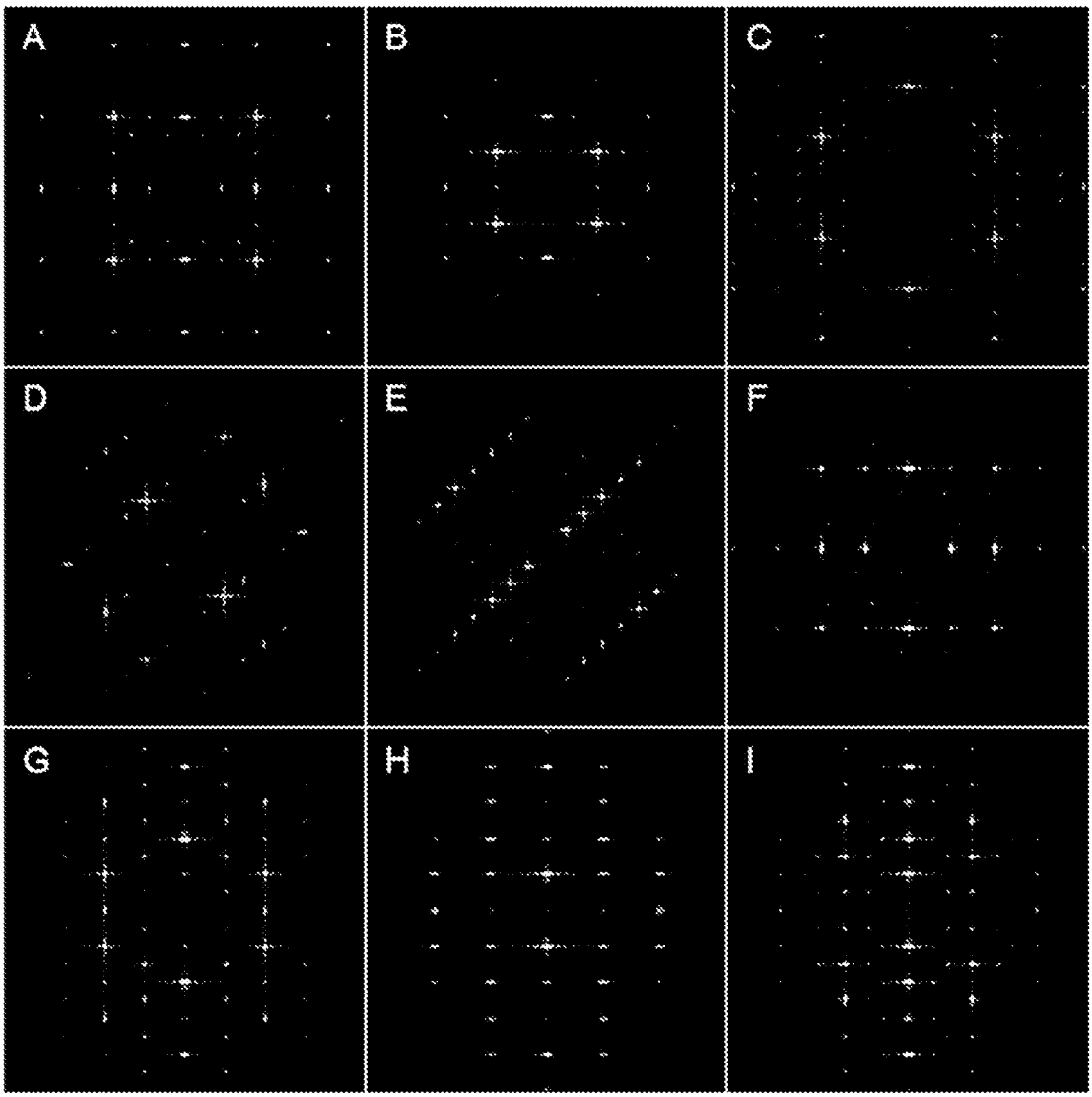
[図2]


51
23
24
25
29
28
27
26
23
22
21
11
11A-1
11B
31
11A-2

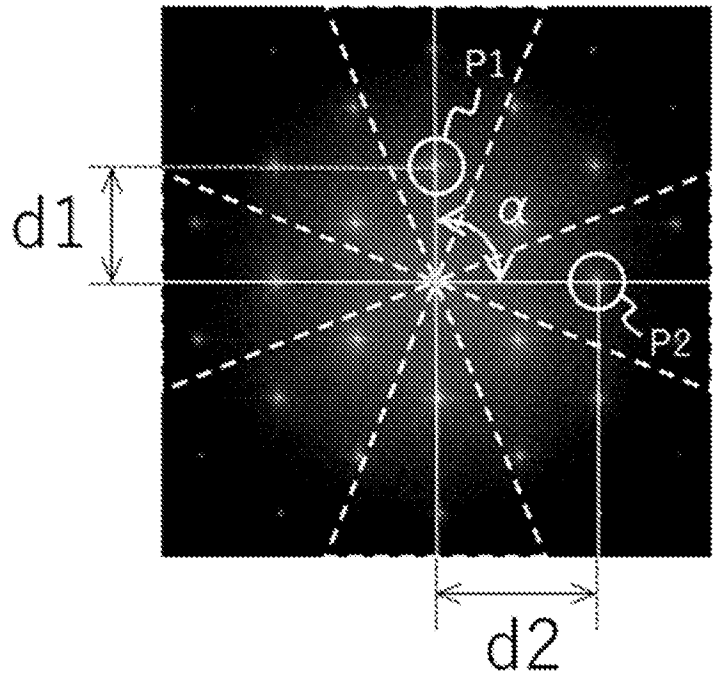
[図3]



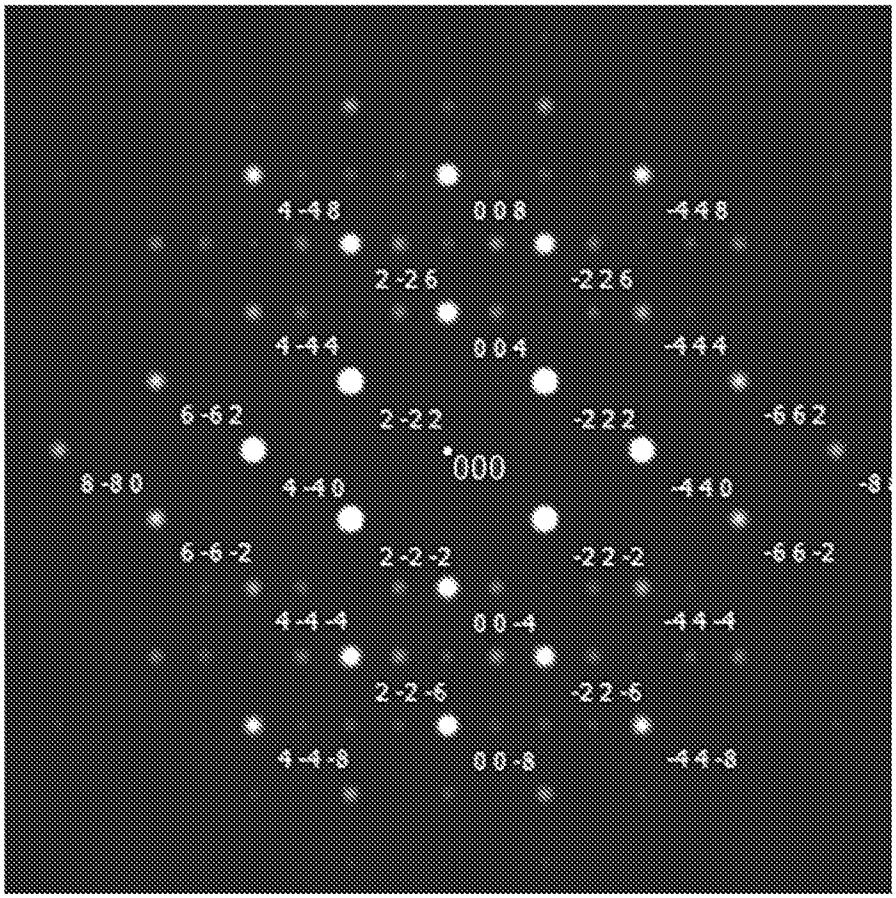
[図4]



[図5]


P1
α
d1
P2
d2

[図6]


4-48
008
-448
2-26
-226
4-44
004
-444
6-62
2-22
-222
-662
000
8-80
4-40
-440
6-6-2
2-2-2
-22-2
-66-2
4-4-4
00-4
-44-4
2-2-6
-22-6
4-4-8
00-8
-44-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/038044

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/363(2006.01)i; ***C23C 14/08***(2006.01)i; ***H01L 21/20***(2006.01)i; ***H01L 21/336***(2006.01)i; ***H01L 21/66***(2006.01)i; ***H01L 29/786***(2006.01)i
FI: H01L21/363; H01L29/78 627F; H01L21/20; C23C14/08 D; H01L29/78 620; H01L21/66 N; H01L29/78 618B

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)

H01L21/363; C23C14/08; H01L21/20; H01L21/336; H01L21/66; H01L29/786

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.
X	KR 10-2021-0027580 A (IUCF HYU) 11 March 2021 (2021-03-11) paragraphs [0016]-[0032], fig. 1-3	1, 3-16
A		2
A	JP 2013-201211 A (SONY CORPORATION) 03 October 2013 (2013-10-03)	1-16
A	JP 09-282945 A (IDEMITSU KOSAN CO LTD) 31 October 1997 (1997-10-31)	1-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ 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	Date of mailing of the international search report
09 November 2022	**22 November 2022**
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/JP2022/038044

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
KR 10-2021-0027580 A	11 March 2021	US 2021/0408290 A1 paragraphs [0029]-[0045], fig. 1-3 WO 2021/040183 A1	
JP 2013-201211 A	03 October 2013	US 2013/0248852 A1 KR 10-2013-0108133 A CN 103325817 A TW 201340334 A	
JP 09-282945 A	31 October 1997	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/038044

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L 21/363(2006.01)i; C23C 14/08(2006.01)i; H01L 21/20(2006.01)i; H01L 21/336(2006.01)i; H01L 21/66(2006.01)i; H01L 29/786(2006.01)i
FI: H01L21/363; H01L29/78 627F; H01L21/20; C23C14/08 D; H01L29/78 620; H01L21/66 N; H01L29/78 618B

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L21/363; C23C14/08; H01L21/20; H01L21/336; H01L21/66; H01L29/786

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

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

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）

C. 関連すると認められる文献

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
X	KR 10-2021-0027580 A (IUCF HYU) 11.03.2021 (2021-03-11) 段落００１６－００３２、図１－３	1, 3-16
A		2
A	JP 2013-201211 A (ソニー株式会社) 03.10.2013 (2013-10-03)	1-16
A	JP 09-282945 A (出光興産株式会社) 31.10.1997 (1997-10-31)	1-16

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“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
“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）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“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
“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
“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
“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
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
09.11.2022	22.11.2022

名称及びあて先
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

権限のある職員（特許庁審査官）
高柳　匡克 50 1592
電話番号 03-3581-1101 内線 3559

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/JP2022/038044

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
KR 10-2021-0027580 A	11.03.2021	US 2021/0408290 A1 段落0029-0045, 図1-3 WO 2021/040183 A1	
JP 2013-201211 A	03.10.2013	US 2013/0248852 A1 KR 10-2013-0108133 A CN 103325817 A TW 201340334 A	
JP 09-282945 A	31.10.1997	（ファミリーなし）	