



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I547573 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：104105274

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 02 月 16 日

(51)Int. Cl. : C23C14/08 (2006.01)

C23C14/34 (2006.01)

H01L21/203 (2006.01)

(30)優先權：2014/02/27 日本

JP2014-037022

2014/08/08 日本

JP2014-163148

2014/12/25 日本

JP2014-263621

(71)申請人：住友金屬礦山股份有限公司(日本) SUMITOMO METAL MINING CO., LTD. (JP)
日本(72)發明人：中山德行 NAKAYAMA, TOKUYUKI (JP)；西村英一郎 NISHIMURA, EIICHIRO
(JP)；松村文彦 MATSUMURA, FUMIHIKO (JP)；井藁正史 IWARA, MASASHI
(JP)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

(56)參考文獻：

TW 201402852A

JP 2011-252231A

審查人員：陳彥彤

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：0 共 27 頁

(54)名稱

氧化物燒結體、濺鍍用靶、及使用其而獲得之氧化物半導體薄膜

(57)摘要

本發明提供一種於藉由濺鍍法製成氧化物半導體薄膜之情形時可獲得低載體濃度、高載體遷移率之氧化物燒結體、及使用其之濺鍍用靶。

該氧化物燒結體以氧化物之形式含有銦、鎵及鋅。鎵之含量以 Ga/(In+Ga)原子數比計為 0.20 以上且 0.49 以下，鋅之含量以 Zn/(In+Ga+Zn)原子數比計為 0.0001 以上且未達 0.08。將該氧化物燒結體製成濺鍍用靶而形成之非晶質之氧化物半導體薄膜可獲得 $4.0 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以下之載體濃度、及 $10 \text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 以上之載體遷移率。

公告本

發明摘要

※ 申請案號：104105274

※ 申請日：104 2. 16

※ IPC 分類：

C23C14/08 (2006.01)
H01L 21/53

【發明名稱】(中文/英文)

氧化物燒結體、濺鍍用靶、及使用其而獲得之氧化物半導體薄膜

【中文】

本發明提供一種於藉由濺鍍法製成氧化物半導體薄膜之情形時可獲得低載體濃度、高載體遷移率之氧化物燒結體、及使用其之濺鍍用靶。

該氧化物燒結體以氧化物之形式含有銦、鎵及鋅。鎵之含量以 $\text{Ga}/(\text{In} + \text{Ga})$ 原子數比計為 0.20 以上且 0.49 以下，鋅之含量以 $\text{Zn}/(\text{In} + \text{Ga} + \text{Zn})$ 原子數比計為 0.0001 以上且未達 0.08。將該氧化物燒結體製成濺鍍用靶而形成之非晶質之氧化物半導體薄膜可獲得 $4.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下之載體濃度、及 $10 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 以上之載體遷移率。

【英文】

無

【代表圖】

【本案指定代表圖】：無

【本代表圖之符號簡單說明】：

無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

氧化物燒結體、濺鍍用靶、及使用其而獲得之氧化物半導體薄膜

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種氧化物燒結體、靶、及使用其而獲得之氧化物半導體薄膜，更詳細而言，本發明係關於一種藉由含有鋅而可降低晶質之氧化物半導體薄膜之載體濃度之濺鍍用靶、最適於獲得該靶之含有鋅之氧化物燒結體、及使用該靶而獲得之表現較低之載體濃度及較高之載體遷移率的非晶質之含有鋅之氧化物半導體薄膜。

【先前技術】

【0002】 薄膜電晶體 (Thin Film Transistor, TFT) 為場效電晶體 (Field Effect Transistor, 以下稱為 FET) 之 1 種。TFT 係具備閘極端子、源極端子、及汲極端子作為基本構成之 3 端子元件，且係使用成膜於基板上之半導體薄膜作為供電子或電洞遷移之通道層，並對閘極端子施加電壓而控制流通於通道層之電流，從而具有對源極端子與汲極端子間之電流進行切換之功能之主動元件。TFT 係目前最常被實用化之電子器件 (device)，作為其代表性用途有液晶驅動用元件。

【0003】 作為 TFT，目前得到最廣泛使用的是以多晶矽膜或非晶矽膜作為通道層材料之金屬－絕緣體－半導體－FET (Metal－Insulator－Semiconductor－FET, MIS－FET)。使用有矽之 MIS－FET 由於對於可見光

為不透明，故而無法構成透明電路。因此，於應用 MIS-FET 作為液晶顯示器之液晶驅動用切換元件來之情形時，該器件使顯示像素之開口比變小。

【0004】 又，最近，隨著要求液晶之高精細化，變得亦對液晶驅動用切換元件要求高速驅動。為了實現高速驅動，必須將作為載體之電子或電洞之遷移率至少高於非晶矽之遷移率的半導體薄膜用於通道層。

【0005】 對於此種狀況，專利文獻 1 中提出有一種透明半絕緣性非晶質氧化物薄膜、及特徵在於將該透明半絕緣性非晶質氧化物薄膜作為通道層之薄膜電晶體，該透明半絕緣性非晶質氧化物薄膜係利用氣相成膜法成膜且由 In、Ga、Zn、及 O 元素所構成之透明非晶質氧化物薄膜，其特徵在於：關於該氧化物之組成，結晶化時之組成為 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_m$ (m 為未達 6 之自然數)，於不添加雜質離子之情況下，為載體遷移率（亦稱為載體電子遷移率）超過 $1 \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{秒})$ ，且載體濃度（亦稱為載體電子濃度）為 $10^{16} / \text{cm}^3$ 以下之半絕緣性。

【0006】 然而，專利文獻 1 中提出之利用濺鍍法、脈衝雷射蒸鍍法之任一氣相成膜法成膜且由 In、Ga、Zn 及 O 元素構成之透明非晶質氧化物薄膜（a-IGZO 膜）被指出其電子載體遷移率大致限於 $1 \sim 10 \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{秒})$ 之範圍，相對於顯示器之進一步高精細化，載體遷移率不足。

【0007】 又，專利文獻 2 中揭示有一種濺鍍靶，其係用於形成專利文獻 1 中記載之非晶氧化物薄膜之濺鍍靶，即至少含有 In、Zn、Ga 之燒結體靶，其特徵在於：其組成含有 In、Zn、Ga，相對密度為 75% 以上，且電阻值 ρ 為 $50 \text{ } \Omega \text{ cm}$ 以下。然而，專利文獻 2 之靶為表現同型相之結晶結構之多晶氧化物燒結體 故而藉此而獲得之非晶氧化物薄膜與專利文獻 1 相同，

載體遷移率大致限於 $10 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 左右。

【0008】 作為實現高載體遷移率之材料，專利文獻 3 中提出有一種薄膜電晶體，其特徵在於使用如下氧化物薄膜：鎵固溶於氧化銦，原子數比 $\text{Ga}/(\text{Ga}+\text{In})$ 為 $0.001\sim 0.12$ ，銦與鎵相對於總金屬原子之含有率為 80 原子%以上，具有 In_2O_3 之方鐵錳礦結構；且作為其原料，提出有一種氧化物燒結體，其特徵在於：鎵固溶於氧化銦，原子比 $\text{Ga}/(\text{Ga}+\text{In})$ 為 $0.001\sim 0.12$ ，銦與鎵相對於總金屬原子之含有率為 80 原子%以上，具有 In_2O_3 之方鐵錳礦結構。

【0009】 然而，於將如專利文獻 3 中提出之晶質之氧化物半導體薄膜應用於 TFT 之情形時，起因於晶界之 TFT 特性之不均成為課題。特別是極難於第 8 代以上之大型玻璃基板上均一地形成 TFT。

【0010】 專利文獻 4 中記載有一種燒結體，其係具有方鐵錳礦結構且含有氧化銦、氧化鎵、氧化鋅之氧化物燒結體，且銦 (In)、鎵 (Ga) 及鋅 (Zn) 之組成量以原子%計為滿足 $\text{In}/(\text{In}+\text{Ga}+\text{Zn}) < 0.75$ 之式之組成範圍；且揭示有 TFT 評價中表現 $20 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 左右之高遷移率之實施例。

【0011】 然而，關於藉由專利文獻 4 之燒結體而獲得之氧化物半導體薄膜，容易生成微晶等之方面成為課題，特別是變得難以於大型玻璃基板上良率較好地形成 TFT。一般而言，於氧化物半導體之薄膜電晶體之製造步驟中，暫時先形成非晶質膜，藉由其後之退火處理獲得非晶質或晶質之氧化物半導體薄膜。於非晶質膜形成步驟之後，為了圖案化加工為所需之通道層之形狀，實施藉由包含草酸或鹽酸等之水溶液等弱酸之濕式蝕刻。然而，於使用專利文獻 4 之實質上僅由方鐵錳礦結構所構成之氧化物燒結

體之情形時，會產生如下問題：所形成之非晶質膜之結晶化溫度會變低，於成膜後之階段已經生成微晶而於蝕刻步驟產生殘渣，或部分地結晶化而無法進行蝕刻等。即，產生如下問題：變得難以利用光微影技術等並藉由濕式蝕刻法來形成所需之 TFT 通道層之圖案，或即便已實現 TFT 之形成亦不會穩定地作用等。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0012】 [專利文獻 1]日本特開 2010-219538 號公報

[專利文獻 2]日本特開 2007-073312 號公報

[專利文獻 3]WO2010/032422 號公報

[專利文獻 4]WO2009/148154 號公報

[非專利文獻]

【0013】 [非專利文獻 1]A. Takagi, K. Nomura, H. Ohta, H. Yanagi, T. Kamiya, M. Hirano, and H. Hosono, Thin Solid Films 486, 38 (2005)

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

【0014】 本發明之目的在於提供一種可形成表現良好之濕式蝕刻性及高載體遷移率之非晶質之氧化物半導體薄膜之濺鍍用靶、最適於獲得該靶之氧化物燒結體、及使用該靶而獲得之表現低載體濃度及高載體遷移率的氧化物半導體薄膜。

[解決課題之技術手段]

【0015】 本發明人者等新發現：使用以氧化物之形式含有銦、鎵及鋅且鎵之含量以 $\text{Ga}/(\text{In}+\text{Ga})$ 原子數比計為 0.20 以上且 0.49 以下且鋅之含量以 $\text{Zn}/(\text{In}+\text{Ga}+\text{Zn})$ 之原子數比計為 0.0001 以上且未達 0.08 之氧化物燒結體而製作之非晶質之氧化物半導體薄膜變成與氧化物燒結體相同之原子量比，且表現良好之濕式蝕刻性、低載體濃度、及高載體遷移率。

【0016】 即，本發明之第 1 係一種氧化物燒結體，其特徵在於：以氧化物之形式含有銦、鎵及鋅，上述鎵之含量以 $\text{Ga}/(\text{In}+\text{Ga})$ 原子數比計為 0.20 以上且 0.49 以下，上述鋅之含量以 $\text{Zn}/(\text{In}+\text{Ga}+\text{Zn})$ 原子數比計為 0.0001 以上且未達 0.08。

【0017】 本發明之第 2 係如第 1 發明記載之氧化物燒結體，其中，上述鋅之含量以 $\text{Zn}/(\text{In}+\text{Ga}+\text{Zn})$ 原子數比計為 0.01 以上且 0.05 以下。

【0018】 本發明之第 3 係如第 1 或第 2 發明記載之氧化物燒結體，其中，上述鎵之含量以 $\text{Ga}/(\text{In}+\text{Ga})$ 原子數比計為 0.20 以上且 0.40 以下。

【0019】 本發明之第 4 係如第 1 或第 2 發明記載之氧化物燒結體，其實質上不含鋅以外之正二價元素、及銦與鎵以外之正三價至正六價之元素。

【0020】 本發明之第 5 係如第 1 或第 2 發明記載之氧化物燒結體，其係由方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相與 In_2O_3 相以外之生成相構成，上述 In_2O_3 相以外之生成相係選自由 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相與 $(\text{Ga},\text{In})_2\text{O}_3$ 相、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相與 $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{O}_7$ 型結構之 $\text{In}_2\text{Ga}_2\text{ZnO}_7$ 相、 $(\text{Ga},\text{In})_2\text{O}_3$ 相與 $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{O}_7$ 型結構之 $\text{In}_2\text{Ga}_2\text{ZnO}_7$ 相、以及 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相與 $(\text{Ga},\text{In})_2\text{O}_3$ 相及 $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{O}_7$ 型結構之 $\text{In}_2\text{Ga}_2\text{ZnO}_7$ 相所組成之群中之生成相。

【0021】 本發明之第 6 係如第 5 發明記載之氧化物燒結體，其中，下述式 1 所定義之 β -Ga₂O₃ 型結構之 GaInO₃ 相之 X 射線繞射波峰強度比為 3% 以上且 58% 以下之範圍。

$$100 \times I[\text{GaInO}_3 \text{ 相} (-111)] / \{I[\text{In}_2\text{O}_3 \text{ 相} (400)] + I[\text{GaInO}_3 \text{ 相} (-111)]\} \\ [\%] \cdots \text{式 1}$$

(式中， $I[\text{In}_2\text{O}_3 \text{ 相} (400)]$ 為方鐵錳礦型結構之 In₂O₃ 相之 (400) 波峰強度， $I[\text{GaInO}_3 \text{ 相} (-111)]$ 表示 β -Ga₂O₃ 型結構之複合氧化物 β -GaInO₃ 相 (-111) 波峰強度)

【0022】 本發明之第 7 係一種濺鍍用靶，其係對第 1 發明記載之氧化物燒結體進行加工而獲得。

【0023】 本發明之第 8 係一種非晶質之氧化物半導體薄膜，其係使用第 7 發明記載之濺鍍用靶並藉由濺鍍法形成於基板上之後進行熱處理而成。

【0024】 本發明之第 9 係如第 8 發明記載之非晶質之氧化物半導體薄膜，其載體濃度未達 $4.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ，且載體遷移率為 $10 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 以上。

【0025】 本發明之第 10 係如第 9 發明記載之非晶質之氧化物半導體薄膜，其載體濃度為 $3.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下。

【0026】 本發明之第 11 係如第 9 發明記載之非晶質之氧化物半導體薄膜，其載體遷移率為 $15 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 以上。

[發明之效果]

【0027】 以氧化物之形式含有銦、鎵及鋅且鎵之含量以 $\text{Ga} / (\text{In} + \text{Ga})$ 原子數比計為 0.20 以上且 0.49 以下、且鋅之含量以 $\text{Zn} / (\text{In} + \text{Ga} + \text{Zn})$ 之原子數比計為 0.0001 以上且未達 0.08 之氧化物燒結體於製成濺鍍用靶而

使用之情形時，可藉由如下方式獲得本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜：藉由濺鍍成膜而形成，其後進行熱處理。上述藉由濺鍍成膜而形成之薄膜因含有特定量之銻及鋅之效果，而不生成微晶等，具有充分之非晶質性，故而可藉由濕式蝕刻圖案化加工為所需之形狀。又，藉由相同效果，本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜表現低載體濃度及高載體遷移率。因此，本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜可作為 TFT 之通道層而應用。因此，氧化物燒結體、及使用靶而獲得之本發明之氧化物半導體薄膜於工業上極為有用。

【圖式簡單說明】

無

【實施方式】

【0028】 以下，針對本發明所使用之氧化物燒結體、濺鍍用靶、以及本發明之氧化物半導體薄膜、及氧化物半導體薄膜之製造方法詳細地進行說明。

【0029】 1.氧化物燒結體

(a) 組成

本發明所使用之氧化物燒結體係以氧化物之形式含有銦、銻及鋅者，且銻之含量以 $\text{Ga}/(\text{In}+\text{Ga})$ 原子數比計為 0.20 以上且 0.49 以下，且鋅之含量以 $\text{Zn}/(\text{In}+\text{Ga}+\text{Zn})$ 原子數比計為 0.0001 以上且未達 0.08。藉由將氧化物燒結體設為該範圍，可將本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜亦設

為相同之原子量比。

【0030】 鎵之含量以 $\text{Ga}/(\text{In}+\text{Ga})$ 原子數比計為 0.20 以上且 0.49 以下，更佳為 0.20 以上且 0.40 以下。鎵具有提高本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜之結晶化溫度之效果。又，鎵與氧之鍵結力較強，具有使本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜之氧空位量降低之效果。於鎵之含量以 $\text{Ga}/(\text{In}+\text{Ga})$ 原子數比計未達 0.20 之情形時，無法充分地獲得該等效果。另一方面，於超過 0.49 之情形時，作為氧化物半導體薄膜，無法充分地獲得高載體遷移率。

【0031】 本發明所使用之氧化物燒結體除如上述規定之組成範圍之銦及鎵以外還含有鋅。鋅濃度以 $\text{Zn}/(\text{In}+\text{Ga}+\text{Zn})$ 之原子數比計為 0.0001 以上且未達 0.08，較佳為 0.01 以上且 0.05 以下。藉由添加上述範圍內之鋅，得以抑制本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜之載體濃度。因該效果，於將本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜應用於 TFT 之情形時，變得可提高 TFT 之 on/off。

【0032】 再者，本發明所使用之氧化物燒結體較佳為實質上不含鋅以外之正二價元素、及銦與鎵以外之正三價至正六價之元素即元素 M。此處，所謂實質上不含元素 M，係指各個單獨之 M 以 $\text{M}/(\text{In}+\text{Ga}+\text{M})$ 之原子數比計為 500 ppm 以下，較佳為 200 ppm 以下，更佳為 100 ppm 以下。作為具體之 M 之例示，正二價元素可例示 Mg、Ni、Co、Cu、Ca、Sr、Pb，正三價元素可例示 Al、Y、Sc、B、鑷系元素，正四價元素可例示 Sn、Ge、Ti、Si、Zr、Hf、C、Ce，正五價元素可例示 Nb、Ta，正六價元素可例示 W、Mo。

【0033】 (b) 燒結體組織

本發明所使用之氧化物燒結體主要由方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相及 $\beta - \text{Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相而構成，亦可除該等以外稍微含有 $(\text{Ga}, \text{In})_2\text{O}_3$ 相。此處，銻較佳為固溶於 In_2O_3 相、或構成 GaInO_3 相及 $(\text{Ga}, \text{In})_2\text{O}_3$ 相。基本上，作為正三價離子之銻於固溶於 In_2O_3 相之情形時取代同樣作為正三價離子之銾之晶格位置。於構成 GaInO_3 相及 $(\text{Ga}, \text{In})_2\text{O}_3$ 相之情形時，基本上 Ga 佔有原本之晶格位置，亦可於 In 之晶格位置作為缺陷進行若干取代而發生固溶。又，因燒結不會進行等原因，銻難以固溶於 In_2O_3 相、或變得難以生成 $\beta - \text{Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相及 $(\text{Ga}, \text{In})_2\text{O}_3$ 相，作為其結果，形成 $\beta - \text{Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 Ga_2O_3 相，故而欠佳。 Ga_2O_3 相由於缺乏導電性，故而成為異常放電之原因。

【0034】 又，本發明之氧化物燒結體亦可含有 $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{O}_7$ 型結構之 $\text{In}_2\text{Ga}_2\text{ZnO}_7$ 相，但於以 In_2O_3 相與 $\text{In}_2\text{Ga}_2\text{ZnO}_7$ 相此 2 相構成燒結體之情形時，載體遷移率降低，故而欠佳。於含有 $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{O}_7$ 型結構之 $\text{In}_2\text{Ga}_2\text{ZnO}_7$ 相之情形時，藉由另外含有 $\beta - \text{Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相、 $(\text{Ga}, \text{In})_2\text{O}_3$ 相、或 $\beta - \text{Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相及 $(\text{Ga}, \text{In})_2\text{O}_3$ 相，載體遷移率上升，故而可製成較佳之氧化物燒結體。

【0035】 本發明所使用之氧化物燒結體主要由 $\beta - \text{Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相構成，存在進而稍微含有 $(\text{Ga}, \text{In})_2\text{O}_3$ 相之情況，該等相之晶粒較佳為平均粒徑為 $5 \mu\text{m}$ 以下。該等相之晶粒由於與方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相之晶粒相比難以進行濺鍍，故而存在因挖掘殘留而產生結核，從而成為電弧之原因之情況。

【0036】 本發明所使用之氧化物燒結體主要由方鐵錳礦型結構之

In_2O_3 相及 $\beta - \text{Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相構成，存在進而稍微有含 $(\text{Ga}, \text{In})_2\text{O}_3$ 相之情況，特別是就 $\beta - \text{Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相而言，較佳為於下述式 1 所定義之 X 射線繞射波峰強度比為 3% 以上且 58% 以下之範圍內來含有。藉由將 X 射線繞射波峰強度比設為 3% 以上且 58% 以下之範圍，可將製成氧化物半導體膜時之載體遷移率設為較佳之範圍。

【0037】 $100 \times I[\text{GaInO}_3 \text{ 相} (-111)] / \{I[\text{In}_2\text{O}_3 \text{ 相} (400)] + I[\text{GaInO}_3 \text{ 相} (-111)]\} \quad [\%] \cdots \text{式 1}$

(式中， $I[\text{In}_2\text{O}_3 \text{ 相} (400)]$ 為方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相之 (400) 波峰強度， $I[\text{GaInO}_3 \text{ 相} (-111)]$ 表示 $\beta - \text{Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之複合氧化物 $\beta - \text{GaInO}_3$ 相 (-111) 波峰強度)

【0038】 又，本發明所使用之氧化物燒結體較佳為實質上不合同型結構化合物。此處，所謂同型結構，於含有 In、Ga 及 Zn 之氧化物之情形時，係指以 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_m$ (m 為 2~20 之自然數) 之組成式所表示之六方晶體基底之層狀結構。例如， $m=1$ 之 InGaZnO_4 採用 InO_2 層與 $(\text{Ga}, \text{Zn})\text{O}$ 層於 c 軸方向上重複之結構。其存在可藉由 X 射線繞射測定進行確認。於本發明中，藉由氧化物燒結體實質上不合同型結構化合物，而獲得所獲得之非晶質之氧化物半導體薄膜表現高載體遷移率之效果。再者，所謂實質上不合同型結構化合物，係指由同型化合物所構成之相（以下，有時稱為同型相）相對於構成本發明所使用之氧化物燒結體之所有相的例如利用里特沃爾德分析 (Rietveld analysis) 所求出之重量比為 8% 以下，較佳為 5% 以下，更佳為 3% 以下，進而較佳為 1% 以下，再進一步較佳為 0%。

【0039】 2. 氧化物燒結體之製造方法

本發明所使用之氧化物燒結體之製造中，使用氧化銦粉末、氧化鎵粉末、以及氧化鋅粉末作為原料粉末。

【0040】 本發明所使用之氧化物燒結體之製造步驟係混合該等原料粉末之後進行成形，並藉由常壓燒結法對成形物進行燒結。本發明所使用之氧化物燒結體組織之生成相較強烈地依存於氧化物燒結體之各步驟中之製造條件，例如原料粉末之粒徑、混合條件及燒結條件。

【0041】 本發明所使用之氧化物燒結體之組織係將 β -Ga₂O₃ 型結構之 GaInO₃ 相、進而(Ga,In)₂O₃ 相之各晶粒控制為 5 μ m 以下，故而較佳為將上述原料粉末之平均粒徑設為 1.5 μ m 以下，更佳為設為 1.0 μ m 以下。如上述般，於鎵之含量以 Ga/(In+Ga) 原子數比計為 0.08 以上之情形時，除 In₂O₃ 相以外還含有 β -Ga₂O₃ 型結構之 GaInO₃ 相、或 β -Ga₂O₃ 型結構之 GaInO₃ 相及(Ga,In)₂O₃ 相，為了極力抑制該等相之生成，較佳為將各原料粉末之平均粒徑設為 1.0 μ m 以下。

【0042】 氧化銦粉末為 ITO（添加錫之銦氧化物）之原料，燒結性優異之微細之氧化銦粉末之開發與 ITO 之改良一併持續發展。氧化銦粉末作為 ITO 用原料被大量地持續使用，故而最近可取得平均粒徑 1.0 μ m 以下之原料粉末。

【0043】 氧化鋅粉末為 AZO（添加鋁之鋅氧化物）之主原料，故而根據與氧化銦粉末相同之原因，亦可取得平均粒徑 1.0 μ m 以下之原料粉末。

【0044】 然而，於氧化鎵粉末之情形時，存在如下情況：由於與氧化銦粉末相比使用量仍然較少，故而較難取得平均粒徑 1.0 μ m 以下之原料粉

末。於只可取得粗大之氧化鎵粉末之情形時，必須粉碎至平均粒徑 $1.0\ \mu\text{m}$ 以下。

【0045】 本發明所使用之氧化物燒結體之燒結步驟中，較佳為應用常壓燒結法。常壓燒結法係簡便且於工業上有利之方法，就低成本之觀點而言亦為較佳之手段。

【0046】 於使用常壓燒結法之情形時，如上述般，首先製作成形體。將原料粉末加入樹脂製罐，利用濕式球磨機等與黏合劑（例如 PVA）等一併進行混合。本發明所使用之氧化物燒結體係由方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相及 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相構成，且存在進而含有 $(\text{Ga},\text{In})_2\text{O}_3$ 相之情況，較佳為該等相之晶粒被控制為平均粒徑 $5\ \mu\text{m}$ 以下而微細地分散。又，較佳為儘可能抑制 $(\text{Ga},\text{In})_2\text{O}_3$ 相之生成。此外，除該等相以外，必須使之不生成成為電弧之原因之 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 Ga_2O_3 相。為了滿足該等必要條件，較佳為將上述球磨機混合進行 18 小時以上。此時，作為混合用球，使用硬質 ZrO_2 球即可。混合後，取出漿料，進行過濾、乾燥、造粒。其後，利用冷均壓加壓對所獲得之造粒物施加 $9.8\ \text{MPa}\ (0.1\ \text{ton}/\text{cm}^2) \sim 294\ \text{MPa}\ (3\ \text{ton}/\text{cm}^2)$ 左右之壓力進行成形，而製作成形體。

【0047】 常壓燒結法之燒結步驟中，較佳為設為存在氧之環境，更佳為環境中之氧體積分率超過 20%。特別是藉由氧體積分率超過 20%，氧化物燒結體更進一步高密度化。藉由環境中之過量之氧，於燒結初期，成形體表面之燒結先進行。繼而，成形體內部之還原狀態下之燒結進行，最後獲得高密度之氧化物燒結體。

【0048】 於不存在氧之環境下，由於成形體表面之燒結不先進行，故

而其結果，燒結體之高密度化進展不順利。若不存在氧，則特別是於 900～1000℃左右，氧化銦會分解而生成金屬銦，故而較難獲得目標氧化物燒結體。

【0049】 常壓燒結之溫度範圍較佳為 1200～1550℃，更佳為於將氧氣導入燒結爐內之大氣之環境中為 1350～1450℃。燒結時間較佳為 10～30 小時，更佳為 15～25 小時。

【0050】 藉由將燒結溫度設為上述範圍且使用上述平均粒徑調整為 1.0 μm 以下之氧化銦粉末、氧化鎵粉末、以及氧化鋅粉末作為原料粉末，於主要由方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相構成且特別是鎵之含量以 $\text{Ga}/(\text{In} + \text{Ga})$ 原子數比計為 0.08 以上之情形時，有變得容易生成 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相之傾向，於鋅之含量以 $\text{Zn}/(\text{In} + \text{Ga} + \text{Zn})$ 原子數比計未達 0.08 之情形時，有變得容易獲得實質上不含同型結構化合物之氧化物燒結體之傾向。

【0051】 於燒結溫度未達 1200℃之情形時，燒結反應不會充分地進行。另一方面，若燒結溫度超過 1550℃，則高密度化變得難以進展，另一方面，燒結爐之構件與氧化物燒結體會進行反應，變得無法獲得目標氧化物燒結體。由於本發明所使用之氧化物燒結體之鎵之含量以 $\text{Ga}/(\text{In} + \text{Ga})$ 原子數比計為 0.20 以上，故而較佳為將燒結溫度設為 1450℃以下。其原因在於存在如下情況：於 1500℃前後之溫度區域， $(\text{Ga},\text{In})_2\text{O}_3$ 相之生成變得顯著。 $(\text{Ga},\text{In})_2\text{O}_3$ 相若為少量則無影響，但於大量之情形時，有引起成膜速度之降低或電弧等之虞，故而欠佳。

【0052】 關於直至燒結溫度之升溫速度，為了防止燒結體之破裂，使

脫黏合劑進行，較佳為將升溫速度設為 $0.2\sim 5^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 之範圍。只要為該範圍，則亦可視需要組合不同之升溫速度而升溫至燒結溫度。於升溫過程中，為了使脫黏合劑或燒結進行，亦可於特定溫度下保持固定時間。於燒結後進行冷卻時，較佳為停止導入氧，以 $0.2\sim 5^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 、特別是 $0.2^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以上且 $1^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以下之範圍之降溫速度降溫至 1000°C 。

【0053】 3.靶

本發明所使用之靶係藉由將本發明所使用之氧化物燒結體加工為特定之大小而獲得。於用作靶之情形時，可進而對表面進行研磨加工並接著於襯板而獲得。靶形狀較佳為平板形，亦可為圓筒形。於使用圓筒形靶之情形時，較佳為抑制因靶旋轉而引起之微粒產生。又，可將上述氧化物燒結體例如加工為圓柱形狀製成平板，而使用於藉由蒸鍍法或離子鍍敷法之成膜。

【0054】 於用作濺鍍用靶之情形時，本發明所使用之氧化物燒結體之密度較佳為 $6.3\text{ g}/\text{cm}^3$ 以上，更佳為 $6.7\text{ g}/\text{cm}^3$ 以上。於密度未達 $6.3\text{ g}/\text{cm}^3$ 之情形時，成為量產使用時之結核產生之原因。又，於用作離子鍍敷用平板之情形時，較佳為未達 $6.3\text{ g}/\text{cm}^3$ ，若為 $3.4\sim 5.5\text{ g}/\text{cm}^3$ 則更佳。於該情形時，存在最好將燒結溫度設為未達 1200°C 之情況。

【0055】 4.氧化物半導體薄膜及其成膜方法

本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜主要藉由使用上述濺鍍用靶並利用濺鍍法於基板上暫時先形成非晶質之氧化物薄膜，繼而實施退火處理而獲得。

【0056】 上述濺鍍用靶係由氧化物燒結體獲得，該氧化物燒結體組

織、即藉由方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相及 $\beta - \text{Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相而基本構成之組織很重要。為了獲得本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜，非晶質之氧化物半導體薄膜之結晶化溫度較高很重要，其關係到氧化物燒結體組織。即，於如本發明所使用之氧化物燒結體般不僅含有方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相，亦含有 $\beta - \text{Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相之情形時，由此而獲得之氧化物薄膜表現較高之結晶化溫度即 300°C 以上、更佳為 350°C 以上之結晶化溫度，成為穩定之非晶質。相對於此，於氧化物燒結體僅由方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相構成之情形時，由此而獲得之氧化物薄膜之結晶化溫度較低為 $200\sim 250^\circ\text{C}$ 左右，非晶質性變得不穩定。因此，如下文所述，若於 250°C 以上、進而 300°C 以上進行退火處理，則會結晶化。再者，於此情形時，成膜後已經生成微晶，無法維持非晶質性，藉由濕式蝕刻之圖案化加工變得困難。關於此種情況，於一般之 ITO（添加錫之氧化銦）透明導電膜中被廣泛知曉。

【0057】 本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜之成膜步驟中，使用一般之濺鍍法，特別是若為直流（DC）濺鍍法，則成膜時之熱影響較少，可高速成膜，故而於工業上有利。於利用直流濺鍍法形成本發明之氧化物半導體薄膜時，較佳為使用由非活性氣體與氧氣、特別是氬氣與氧氣所構成之混合氣體作為濺鍍氣體。又，較佳為將濺鍍裝置之腔室內設為 $0.1\sim 1\text{ Pa}$ 、特別是 $0.2\sim 0.8\text{ Pa}$ 之壓力進行濺鍍。

【0058】 關於基板，玻璃基板為代表性者，較佳為無鹼玻璃，只要為樹脂板或樹脂膜之中能夠承受上述製程條件者便可使用。關於基板溫度，於濺鍍成膜時較佳為設為 600°C 以下，特佳為設為室溫附近之溫度以上且

300℃以下。

【0059】 上述非晶質之氧化物薄膜形成步驟例如可真空排氣至 2×10^{-4} Pa 以下後，導入由氬氣與氧氣所構成之混合氣體，將氣壓設為 0.2~0.8 Pa，以相對於靶之面積之直流電力即直流電力密度成為 $1 \sim 7 \text{ W/cm}^2$ 左右之範圍之方式施加直流電力使之產生直流電漿而實施預濺鍍。較佳為進行該預濺鍍 5~30 分鐘之後，根據需要對基板位置進行修正，然後實施濺鍍。再者，上述成膜步驟之濺鍍成膜中，為了使成膜速度提昇，於不對膜質產生不良影響之範圍內提高所輸入之直流電力。

【0060】 本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜係藉由成膜上述非晶質之氧化物薄膜後，對其進行退火處理而獲得。作為直至退火處理之方法之一，例如於室溫附近等低溫下暫時先形成非晶質之氧化物薄膜，其後，於未達結晶化溫度下進行退火處理，而獲得維持非晶質之氧化物半導體薄膜。作為另一方法，將基板加熱至未達結晶化溫度之溫度、較佳為 100~300℃，成膜非晶質之氧化物半導體薄膜。亦可繼而進一步進行退火處理。該等 2 個方法中之加熱溫度為大約 600℃ 以下即可，可設為無鹼之玻璃基板之應變點以下。

【0061】 本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜係藉由暫時先形成非晶質之氧化物薄膜後進行退火處理而獲得。退火處理條件為於氧化性環境中、未達結晶化溫度之溫度。作為氧化性環境，較佳為氧氣、臭氧、水蒸氣、或包含氮氧化物等之環境。退火溫度為 250~600℃，較佳為 300~550℃，更佳為 350~500℃。關於退火時間，較佳為保持於退火溫度之時間為 1~120 分鐘，更佳為 5~60 分鐘。

【0062】 上述非晶質之氧化物薄膜及非晶質之氧化物半導體薄膜之銦、鎵、及鋅之組成與本發明所使用之氧化物燒結體之組成大致相同。即，係一種以氧化物之形式含有銦及鎵，且含有鋅之非晶質之氧化物半導體薄膜。鎵之含量以 $\text{Ga}/(\text{In} + \text{Ga})$ 原子數比計為 0.20 以上且 0.49 以下，上述鋅之含量以 $\text{Zn}/(\text{In} + \text{Ga} + \text{Zn})$ 原子數比計為 0.0001 以上且未達 0.08，較佳為 0.05 以下。

【0063】 本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜藉由將如上所述之組成及組織得到控制之氧化物燒結體使用於濺鍍靶等而成膜，並於上述適當之條件下進行退火處理，而獲得降低至未達 $4.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 之載體濃度，更佳為 $3.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下之載體濃度，尤佳為 $2.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下之載體濃度。如非專利文獻 1 記載般，由銦、鎵、及鋅所構成之非晶質之氧化物半導體薄膜由於載體濃度為 $4.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上，成為縮退狀態，故而將其應用於通道層之 TFT 變得不表現常斷開（normally off）。因此，本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜由於載體濃度得以控制為上述 TFT 表現常斷開之範圍，故而較好。又，載體遷移率表現為 $10 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 以上，更佳為載體遷移率表現為 $15 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 以上。

【0064】 本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜藉由濕式蝕刻或乾式蝕刻得以實施 TFT 等用途中所需之微細加工。通常，可自未達結晶化溫度之溫度、例如室溫至 300°C 之範圍選擇適當之基板溫度暫時先形成非晶質之氧化物薄膜，其後實施藉由濕式蝕刻之微細加工。作為蝕刻劑，只要為弱酸則大都可使用，較佳為以草酸或鹽酸作為主成分之弱酸。例如可使用關東化學製造之 ITO-06N 等市售品。根據 TFT 之構成，亦可選擇乾式蝕刻。

【0065】 本發明之非晶質之氧化物半導體薄膜之膜厚並無限定，為 10～500 nm，較佳為 20～300 nm，進而較佳為 30～100 nm。若未達 10 nm，則無法獲得充分之半導體特性，作為結果，無法實現高載體遷移率。另一方面，若超過 500 nm，則會產生生產性之問題，故而欠佳。

[實施例]

【0066】 以下，使用本發明之實施例，進而詳細地進行說明，但本發明並不限定於該等實施例。

【0067】 <氧化物燒結體之評價>

藉由 ICP 發光分光法對所獲得之氧化物燒結體之金屬元素之組成進行調查。使用所獲得之氧化物燒結體之邊角材料，利用 X 射線繞射裝置（PHILIPS 製造）進行藉由粉末法之生成相之鑑定。

【0068】 <氧化物薄膜之基本特性評價>

藉由 ICP 發光分光法對所獲得之氧化物薄膜之組成進行調查。氧化物薄膜之膜厚係利用表面粗糙度計（Tencor 公司製造）進行測定。成膜速度係根據膜厚及成膜時間算出。氧化物薄膜之載體濃度及遷移率係藉由霍耳效應測定裝置（TOYO Corporation 製造）求出。膜之生成相係藉由 X 射線繞射測定進行鑑定。

【0069】（製備例）

以平均粒徑成為 1.0 μm 以下之方式製備氧化銦粉末、氧化鎵粉末、及氧化鋅粉末作為原料粉末。將該等原料粉末以成為如表 1 及表 2 之實施例及比較例之 Ga／（In+Ga）原子數比、Zn／（In+Ga+Zn）原子數比之方式進行調和，並與水一併加入樹脂製罐，利用濕式球磨機進行混合。此時，

使用硬質 ZrO_2 球，將混合時間設為 18 小時。混合後，取出漿料，進行過濾、乾燥、造粒。利用冷均壓加壓對造粒物施加 3 ton/cm^2 之壓力進行成形。

【0070】 繼而，對成形體如下般地進行燒結。於以爐內容積每 0.1 m^3 為 5 公升／分鐘之比例將氧導入至燒結爐內之大氣之環境下，以 $1350 \sim 1450^\circ\text{C}$ 之燒結溫度燒結 20 小時。此時，以 $1^\circ\text{C} / \text{分鐘}$ 進行升溫，燒結後之冷卻時停止導入氧，以 $1^\circ\text{C} / \text{分鐘}$ 降溫至 1000°C 。

【0071】 藉由 ICP 發光分光法進行了所獲得之氧化物燒結體之組成分析，結果於任一實施例均得到確認：就金屬元素而言，與原料粉末之摻合時之添加組成大致相同。

【0072】 繼而，進行了藉由 X 射線繞射測定之氧化物燒結體之相鑑定。再者，於含有 $\beta - \text{Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相之情形時，將下述式 1 所定義之 $\beta - \text{Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相之 X 射線繞射波峰強度比示於表 1。

【0073】 $100 \times I[\text{GaInO}_3 \text{ 相} (-111)] / \{I[\text{In}_2\text{O}_3 \text{ 相} (400)] + I[\text{GaInO}_3 \text{ 相} (-111)]\} \quad [\%] \cdots \text{式 1}$

(式中， $I[\text{In}_2\text{O}_3 \text{ 相} (400)]$ 為方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相之 (400) 波峰強度， $I[\text{GaInO}_3 \text{ 相} (-111)]$ 表示 $\beta - \text{Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之複合氧化物 $\beta - \text{GaInO}_3$ 相 (-111) 波峰強度)

【0074】 [表 1]

	Ga/(In+Ga) 原子數比	Zn/(In+Ga+Zn) 原子數比	燒結溫度 (°C)	燒結體密度 (g/cm ³)	GaInO ₃ (-111) 波峰強度比	燒結體之結晶結構
比較例 1	0.15	0.01	1400	6.92	9	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃
比較例 2	0.20	0.00005	1450	6.84	14	In ₂ O ₃ /GaInO ₃
實施例 1	0.20	0.0001	1400	6.83	14	In ₂ O ₃ /GaInO ₃
實施例 2	0.20	0.01	1400	6.84	12	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃
實施例 3	0.20	0.05	1400	6.85	14	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃
實施例 4	0.20	0.07	1400	6.87	3	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /In ₂ Ga ₂ ZnO ₇
比較例 3	0.20	0.08	1350	6.85	0	In ₂ O ₃ /In ₂ Ga ₂ ZnO ₇
實施例 5	0.25	0.01	1400	6.74	12	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃
實施例 6	0.25	0.05	1400	6.80	13	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃
實施例 7	0.3	0.01	1400	6.68	24	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃
實施例 8	0.4	0.01	1400	6.50	43	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃
實施例 9	0.4	0.05	1400	6.47	45	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃
實施例 10	0.4	0.07	1400	6.45	46	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃
實施例 11	0.45	0.01	1400	6.39	47	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃
比較例 4	0.45	0.08	1350	6.42	48	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃
實施例 12	0.49	0.0001	1400	6.38	54	In ₂ O ₃ /GaInO ₃
實施例 13	0.49	0.01	1400	6.39	55	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃
實施例 14	0.49	0.05	1400	6.34	58	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃
實施例 15	0.49	0.07	1400	6.31	57	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃
比較例 5	0.5	0.08	1400	6.28	62	In ₂ O ₃ /GaInO ₃ /(Ga,In) ₂ O ₃

【0075】 將氧化物燒結體加工為直徑 152 mm、厚度 5 mm 之大小，利用杯形磨石以最大高度 Rz 成為 3.0 μ m 以下之方式對濺鍍面進行研磨。使用金屬鈮將經加工之氧化物燒結體接合於無氧銅製襯板，而製成濺鍍用靶。

【0076】 使用實施例及比較例之濺鍍用靶以及無鹼之玻璃基板 (Corning Eagle XG)，於表 2 記載之基板溫度下進行藉由直流濺鍍之成膜。將上述濺鍍靶安裝於安裝有無電弧抑制功能之直流電源之直流磁控濺鍍裝置 (Tokki 製造) 之陰極。此時，將靶－基板 (固持器) 間距離固定為 60 mm。真空排氣至 2×10^{-4} Pa 以下後，根據各靶之鎂量及鋅量，以成為適當之氧氣

比率之方式導入氫氣與氧氣之混合氣體，而將氣壓調整至 0.6 Pa。施加直流電力 300 W (1.64 W/cm^2) 使之產生直流電漿。10 分鐘之預濺鍍後，將基板配置於濺鍍靶之正上方即靜止對向位置，形成膜厚 50 nm 之氧化物薄膜。確認到所獲得之氧化物薄膜之組成與靶大致相同。

【0077】 對所成膜之氧化物薄膜如表 2 記載般，於氧氣中、於 300～500°C 實施 30～60 分鐘之熱處理，藉由 X 射線繞射測定對熱處理後之氧化物薄膜之結晶性進行調查。其結果，實施例及比較例均維持非晶質。又，針對已結晶化之氧化物半導體薄膜，對構成氧化物半導體薄膜之結晶相進行鑑定。進行實施例及比較例之氧化物半導體薄膜之霍耳效應測定，求出載體濃度及載體遷移率。將所獲得之評價結果匯總記載於表 2。

【0078】 [表 2]

	基板溫度 (°C)	熱處理溫度 (°C)	膜厚 (nm)	薄膜之結晶 結構	載體濃度 ($\times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)	載體遷移率 ($\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$)
比較例 1	室溫	325	50	非晶質	120	15.4
比較例 2	室溫	350	50	非晶質	42	22.5
實施例 1	室溫	350	50	非晶質	32	21.3
實施例 2	室溫	350	50	非晶質	13	22.2
實施例 3	室溫	350	50	非晶質	9.0	20.2
實施例 4	室溫	350	50	非晶質	5.3	15.6
比較例 3	室溫	350	50	非晶質	0.64	9.8
實施例 5	室溫	500	50	非晶質	20	23.8
實施例 6	室溫	500	50	非晶質	15	22.6
實施例 7	室溫	500	50	非晶質	12	20.3
實施例 8	室溫	500	50	非晶質	2.5	15.6
實施例 9	室溫	500	50	非晶質	1.9	15.0
實施例 10	室溫	500	50	非晶質	0.92	12.2
實施例 11	200	450	50	非晶質	1.0	12.5
比較例 4	200	450	50	非晶質	0.33	7.8
實施例 12	200	450	50	非晶質	1.3	13.4
實施例 13	200	450	50	非晶質	0.86	12
實施例 14	200	450	50	非晶質	0.65	11
實施例 15	200	450	50	非晶質	0.5	10.2
比較例 5	200	450	50	非晶質	0.29	7.5

【0079】 「評價」

根據表 1 之結果，實施例 1~15 中，於鎵含量以 $\text{Ga}/(\text{In}+\text{Ga})$ 原子數比計為 0.20 以上且 0.49 以下，且鋅之含量以 $\text{Zn}/(\text{In}+\text{Ga}+\text{Zn})$ 原子數比計為 0.0001 以上且未達 0.08 之情形時，由方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相與 β - Ga_2O_3 型結構之 GaInO_3 相、或方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相與 β - Ga_2O_3 型結構之 GaInO_3 相及 $(\text{Ga},\text{In})_2\text{O}_3$ 相、或方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相與 β - Ga_2O_3 型結構之 GaInO_3 相及 $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{O}_7$ 型結構之 $\text{In}_2\text{Ga}_2\text{ZnO}_7$ 相構成。

【0080】 又，根據表 2 之結果，表現如下氧化物半導體薄膜之特性，該氧化物半導體薄膜係由銦、鎵及鋅所構成之非晶質之氧化物半導體薄膜，且鎵含量以 $\text{Ga}/(\text{In}+\text{Ga})$ 原子數比計為 0.20 以上且 0.49 以下，鋅含量以 $\text{Zn}/(\text{In}+\text{Ga}+\text{Zn})$ 原子數比計被控制為 0.0001 以上且未達 0.08。

【0081】 可知，實施例之氧化物半導體薄膜均為非晶質。又，關於實施例之氧化物半導體薄膜，可知：載體濃度未達 $4.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 及載體遷移率為 $10 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 以上，特別是鎵含量以 $\text{Ga}/(\text{In}+\text{Ga})$ 原子數比計為 0.20 以上且 0.40 以下、且鋅含量以 $\text{Zn}/(\text{In}+\text{Ga}+\text{Zn})$ 原子數比計為 0.01 以上且 0.05 以下之實施例 2、3、5~9 之氧化物半導體薄膜表現出載體濃度為 $3.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下且載體遷移率為 $15 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 以上之優異特性。

【0082】 又，可知，比較例 1 中，以 $\text{Zn}/(\text{In}+\text{Ga}+\text{Zn})$ 原子數比所表示之鋅之含量滿足本發明之範圍，但以 $\text{Ga}/(\text{In}+\text{Ga})$ 原子數比所表示之鎵含量低於本發明之下限之 0.20，比較例 2 中，上述鎵含量滿足本發明之範圍，但上述鋅之含量低於本發明之下限 0.0001，結果其載體濃度為

$4.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上。又，可知，比較例 3~5 之氧化物半導體薄膜由於上述鋅含量過量，為 0.08，故而其載體遷移率未達 $10 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 。

【符號說明】

無

申請專利範圍

1. 一種氧化物燒結體，其以氧化物之形式含有銦、鎵及鋅，
上述鎵之含量以 $\text{Ga}/(\text{In}+\text{Ga})$ 原子數比計為 0.20 以上且 0.49 以下，
上述鋅之含量以 $\text{Zn}/(\text{In}+\text{Ga}+\text{Zn})$ 原子數比計為 0.0001 以上且未達 0.08。
2. 如申請專利範圍第 1 項之氧化物燒結體，其中，上述鋅之含量以 $\text{Zn}/(\text{In}+\text{Ga}+\text{Zn})$ 原子數比計為 0.01 以上且 0.05 以下。
3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之氧化物燒結體，其中，上述鎵之含量以 $\text{Ga}/(\text{In}+\text{Ga})$ 原子數比計為 0.20 以上且 0.40 以下。
4. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之氧化物燒結體，其實質上不含鋅以外之正二價元素、及銦與鎵以外之正三價至正六價之元素。
5. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之氧化物燒結體，其係由方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相與 In_2O_3 相以外之生成相構成，上述 In_2O_3 相以外之生成相係選自由 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相與 $(\text{Ga},\text{In})_2\text{O}_3$ 相、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相與 $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{O}_7$ 型結構之 $\text{In}_2\text{Ga}_2\text{ZnO}_7$ 相、 $(\text{Ga},\text{In})_2\text{O}_3$ 相與 $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{O}_7$ 型結構之 $\text{In}_2\text{Ga}_2\text{ZnO}_7$ 相、以及 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相與 $(\text{Ga},\text{In})_2\text{O}_3$ 相及 $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{O}_7$ 型結構之 $\text{In}_2\text{Ga}_2\text{ZnO}_7$ 相所組成之群中之生成相。
6. 如申請專利範圍第 5 項之氧化物燒結體，其中，下述式 1 所定義之 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之 GaInO_3 相之 X 射線繞射波峰強度比為 3% 以上且 58% 以下之範圍；

$$100 \times I[\text{GaInO}_3 \text{ 相}(-111)] / \{I[\text{In}_2\text{O}_3 \text{ 相}(400)] + I[\text{GaInO}_3 \text{ 相}(-111)]\} \\ [\%] \cdots \text{式 1}$$

(式中， $I[\text{In}_2\text{O}_3 \text{ 相}(400)]$ 為方鐵錳礦型結構之 In_2O_3 相之 (400) 波峰強度， $I[\text{GaInO}_3 \text{ 相}(-111)]$ 表示 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 型結構之複合氧化物 $\beta\text{-GaInO}_3$ 相 (-111) 波峰強度)。

7. 一種濺鍍用靶，其係對申請專利範圍第 1 項之氧化物燒結體進行加工而獲得。
8. 一種氧化物半導體薄膜，其係使用申請專利範圍第 7 項之濺鍍用靶並藉由濺鍍法而形成於基板上後，進行熱處理而成的非晶質之氧化物半導體薄膜。
9. 如申請專利範圍第 8 項之氧化物半導體薄膜，其載體濃度未達 $4.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ，且載體遷移率為 $10 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 以上。
10. 如申請專利範圍第 9 項之氧化物半導體薄膜，其載體濃度為 $3.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下。
11. 如申請專利範圍第 9 項之氧化物半導體薄膜，其載體遷移率為 $15 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 以上。