



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107924822 B

(45) 授权公告日 2022.10.28

(21) 申请号 201680044317.2

答井重和 江端一晃

(22) 申请日 2016.07.29

(74) 专利代理机构 上海立群专利代理事务所

(普通合伙) 31291

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107924822 A

专利代理人 侯莉 毛立群

(43) 申请公布日 2018.04.17

(51) Int.CI.

H01L 21/205 (2006.01)

2015-150701 2015.07.30 JP

C01G 15/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

H01L 21/20 (2006.01)

2018.01.29

H01L 21/336 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

H01L 21/363 (2006.01)

PCT/JP2016/003528 2016.07.29

H01L 29/786 (2006.01)

(87) PCT国际申请的公布数据

(56) 对比文件

W02017/017966 JA 2017.02.02

CN 102916052 A, 2013.02.06

(73) 专利权人 出光兴产株式会社

CN 103038889 A, 2013.04.10

地址 日本国东京都

CN 104685634 A, 2015.06.03

(72) 发明人 井上一吉 宇都野太 霍间勇辉

CN 102160182 A, 2011.08.17

审查员 王宝林

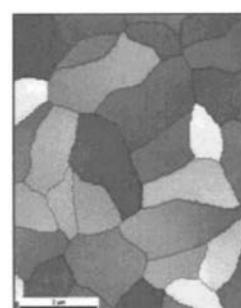
权利要求书3页 说明书15页 附图2页

(54) 发明名称

晶体氧化物半导体薄膜、晶体氧化物半导体
薄膜的制造方法以及薄膜晶体管

(57) 摘要

一种晶体氧化物半导体薄膜，其特征在于，
以氧化铟作为主要成分，含有具有单一的晶体取
向的表面晶体颗粒。



小面状

1. 一种晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,以氧化铟作为主要成分,并含有具有单一晶体取向的表面晶体颗粒,

在利用电子背散射衍射法观察时,能够观察到表面的晶体状态为小面状的晶体颗粒,所述表面的晶体状态为小面状的晶体颗粒所占面积为50%以上,

利用电子背散射衍射法确认的所述小面状的晶体颗粒的平均晶体粒径为0.5μm以上且在10μm以下。

2. 如权利要求1所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,构成薄膜的氧化物的50重量%以上为所述氧化铟。

3. 如权利要求1所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,构成薄膜的氧化物的70重量%以上为所述氧化铟。

4. 如权利要求1所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,构成薄膜的氧化物的80重量%以上为所述氧化铟。

5. 如权利要求1所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,构成薄膜的氧化物的90重量%以上为所述氧化铟。

6. 如权利要求1~5的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,所述表面的晶体状态为小面状的晶体颗粒所占面积为80%以上。

7. 如权利要求1~5的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,所述表面的晶体状态为小面状的晶体颗粒所占面积为90%以上。

8. 如权利要求1~5的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,包括从除铟元素以外的正三价的金属元素构成的组中选择的1种以上的元素。

9. 如权利要求8所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,相对于所述晶体氧化物半导体薄膜中的全部金属成分,所述除铟元素以外的正三价的金属元素的含量为大于8原子%且在17原子%以下。

10. 如权利要求8所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,所述除铟元素以外的正三价的金属元素是从铝、镓、钇以及镧系元素构成的组中选择的1种或者2种以上的金属元素。

11. 如权利要求10所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,所述镧系元素选自镧、钕、钐、铕、钆、铽、镝、钬、铒、铥、镱、镥、镨。

12. 如权利要求10所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,在包括铝作为所述除铟元素以外的正三价的金属元素的情况下,相对于所述晶体氧化物半导体薄膜中的全部金属成分,所述铝的含量为10原子%<Al<15原子%,

在包括镓作为所述除铟元素以外的正三价的金属元素的情况下,相对于所述晶体氧化物半导体薄膜中的全部金属成分,所述镓的含量为8原子%<Ga<15原子%,

在包括钇作为所述除铟元素以外的正三价的金属元素的情况下,相对于所述晶体氧化物半导体薄膜中的全部金属成分,所述钇的含量为8原子%<Y<15原子%,

在包括镧系元素作为所述除铟元素以外的正三价的金属元素的情况下,相对于所述晶体氧化物半导体薄膜中的全部金属成分,所述镧系元素的含量为8原子%<镧系元素<15原子%。

13. 如权利要求1~5的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,还包括从正

四价的金属元素构成的组中选择的1种以上的元素。

14. 如权利要求13所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,相对于所述晶体氧化物半导体薄膜中的全部金属成分,所述正四价的金属元素的含量为0.01原子%以上且在1原子%以下。

15. 如权利要求13所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,所述正四价的金属元素是从锡、锆以及铈构成的组中选择的1种以上的金属元素。

16. 如权利要求15所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,在所述正四价的金属元素为锡的情况下,相对于所述晶体氧化物半导体薄膜中的全部金属成分,所述锡的含量为大于0.01原子%~1.0原子%以下。

17. 如权利要求1~5的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,带隙为3.6eV以上。

18. 一种晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,所述晶体氧化物半导体薄膜是权利要求1~17的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,包括以下工序:

使用以氧化铟作为主要成分的溅射靶,将实质上不含有杂质气体的氩气与氧气的混合气体作为溅射气体而使用,通过溅射对氧化物薄膜进行成膜的工序;

以及对得到的氧化物薄膜进行加热的工序。

19. 如权利要求18所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,所述溅射气体中的杂质气体的比例为0.1体积%以下。

20. 如权利要求18所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,所述实质上不含有杂质气体的氩气与氧气的混合气体是纯度99%以上的高纯度氩气以及纯度99%以上的高纯度氧气的混合气体。

21. 如权利要求18所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,所述实质上不含有杂质气体的氩气与氧气的混合气体中的氧气分压为5~50体积%。

22. 如权利要求18所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,所述溅射靶含有从铝、镓、钇以及镧系元素构成的组中选择的1种以上的元素。

23. 如权利要求22所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,所述溅射靶包括所述镓。

24. 如权利要求18所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,所述加热温度为250℃以上且在500℃以下。

25. 如权利要求18所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,在所述加热工序中,从150℃升温到250℃的升温速度为20℃/分以下。

26. 如权利要求18所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,在所述加热工序中,从150℃升温到250℃的升温速度为15℃/分以下。

27. 如权利要求18所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,在所述加热工序中,从150℃升温到250℃的升温速度为10℃/分以下。

28. 如权利要求25~27的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,所述升温速度的下限为2℃/分以上。

29. 如权利要求18所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,所述加热时间为0.1小时以上且在5小时以下。

30. 一种薄膜晶体管,其特征在于,具有:源电极、漏电极、栅电极、栅极绝缘膜、保护绝缘膜以及氧化物半导体层,

所述氧化物半导体层位于栅极绝缘膜与保护绝缘膜之间,并包括权利要求1~17的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜。

31. 如权利要求30所述的薄膜晶体管,其特征在于,饱和迁移率为 $30\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 以上。

32. 如权利要求30所述的薄膜晶体管,其特征在于,在0.1V的漏极电压中,根据利用线性区域的场效应迁移率的方法求出的 V_g - μ 曲线, $V_g=V_{th}+5$ 的迁移率为 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上,从 $V_g=V_{th}$ 到 $V_g=V_{th}+20$ 的平均迁移率为该范围内的最大迁移率的50%以上。

33. 一种电器或者车辆,使用了权利要求30~32的任一项所述的薄膜晶体管。

晶体氧化物半导体薄膜、晶体氧化物半导体薄膜的制造方法 以及薄膜晶体管

技术领域

[0001] 本发明涉及晶体氧化物半导体薄膜,特别涉及用于液晶显示器或有机EL显示器等显示装置等的薄膜晶体管(TFT)的晶体氧化物半导体薄膜。本发明的晶体氧化物半导体薄膜能够优选地用于太阳能电池或液晶元件、有机电致发光元件、无机电致发光元件等显示元件或电力半导体元件、触摸面板等电子设备,这些能够优选地用于电器或车辆。

背景技术

[0002] TFT所使用的无定形(非晶质)氧化物半导体与通用的无定形硅(a-Si)相比具有高载流子迁移率,光学带隙大,能够在低温下成膜,因而期待将其用于要求大型、高成像清晰度、高速驱动的下一代显示器或耐热性低的树脂基板等。在形成上述氧化物半导体(膜)时,优选使用对与该膜材料相同的溅射靶进行溅射的溅射法。这是因为,利用溅射法形成的薄膜与利用离子电镀法或真空蒸镀法、电子束蒸镀法形成的薄膜相比,膜面方向(膜面内)的成分组成或膜厚等的面内均匀性优良,能够形成与溅射靶成分组成相同的薄膜。溅射靶通常是将氧化物粉末混合、烧结,经由机械加工而形成。

[0003] 作为显示装置所使用的氧化物半导体的组成开发最为先进的是含有In的In-Ga-Zn-O非晶质氧化物半导体(例如,参照专利文献1~4)。进而,最近以提高TFT的高迁移率或可靠性为目的,尝试了以In作为主要成分并改变添加元素的种类或浓度(例如参照专利文献5)。

[0004] 此外,专利文献6以及专利文献7中报道了In-Al类的溅射靶。

[0005] 在专利文献8的比较例6中,记载有组成为Al/(In+Al)=0.125的氧化物薄膜。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本特开2008-214697号公报

[0009] 专利文献2:日本特开2008-163441号公报

[0010] 专利文献3:日本特开2008-163442号公报

[0011] 专利文献4:日本特开2012-144410号公报

[0012] 专利文献5:日本特开2011-222557号公报

[0013] 专利文献6:日本特开2011-249570号公报

[0014] 专利文献7:国际公开2010/070944号

[0015] 专利文献8:国际公开2012/090490号

发明内容

[0016] 氧化物半导体被分类为非晶质氧化物半导体与晶体氧化物半导体。

[0017] 非晶质氧化物半导体的载流子由因氧缺陷而产生的电子构成。

[0018] 另一方面,有报道指出通过使晶体氧化物半导体为晶体薄膜,从而能够得到迁移

率高的TFT。但是,晶体薄膜的载流子密度会因TFT制造的各工序中各种各样的热负荷、氧化负荷、还原负荷等而变动。例如,若以急剧的升温速度使氧化物薄膜加热晶体化则会引起晶体放射状地生长,由此晶体取向成为放射状,在晶粒内部会形成多个晶格缺陷,这些晶格缺陷是载流子密度变动的原因。因此,在晶体氧化物半导体薄膜中,还存在载流子密度变动的技术问题,未能抑制TFT特性的变动。

[0019] 此外,在提高显示装置用氧化物半导体膜的迁移率或可靠性的基础上,重要的是降低存在于氧化物半导体的能带隙内的陷阱(trap)。作为其中的一种方法,存在在溅射中将水导入至腔内更有效地进行氧化的方法(例如,专利文献8)。水在等离子体中被分解成为显示出非常强的氧化力的OH自由基,具有减少氧化物半导体的陷阱的效果。但是存在如下问题:除了需要在导入水的过程中预先对水中溶入的氧或氮进行充分脱气以外,还需要管道的腐蚀对策等新对策。

[0020] 在所述专利文献8的比较例6中记载的、组成为 $A1/(In+A1) = 0.125$ 的氧化物薄膜中,铝的含量多达12.5原子%。由于铝的非晶质化效果而变得难以晶体化,进而通过在水的存在下进行成膜,与进一步的非晶质化的效果相结合,即便在成膜后以300℃加热也仅生成微晶体。因此,一般认为没有解决载流子密度变动的技术问题,也未能抑制TFT特性的变动。

[0021] 本发明的目的在于,提供一种具有稳定的载流子密度的晶体氧化物半导体薄膜以及在将其作为薄膜晶体管的通道层而使用时,提供一种饱和迁移率高的薄膜晶体管。

[0022] 因此,本发明人将以氧化铟作为主要成分的氧化物薄膜,以不导入水等杂质的方式成膜并加热,得到含有具有单一的晶体取向的表面晶体颗粒的晶体氧化物半导体薄膜。发现通过使氧化物薄膜的晶体状态如上所述能够使晶体稳定化,并抑制氧化物薄膜的载流子密度的变动以及TFT特性的变动。

[0023] 进而发现,在晶体氧化物半导体薄膜包括与氧的键合力较高的氧化铝的情况下,会抑制因TFT制造工序中各种各样的热负荷、氧化负荷、还原负荷等引起的载流子密度的变动,得到更稳定的氧化物半导体薄膜,从而完成了本发明。

[0024] 用于解决上述技术问题的方案

[0025] 根据本发明,能够提供以下的晶体氧化物半导体薄膜以及晶体氧化物半导体薄膜的制造方法等。

[0026] 1. 一种晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,以氧化铟作为主要成分,并含有具有单一的晶体取向的表面晶体颗粒。

[0027] 2. 如1所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,在利用电子背散射衍射法观察时,能够观察到表面的晶体状态为小面的晶体颗粒。

[0028] 3. 如1或者2所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,所述表面的结晶状态为小面的晶体颗粒所占面积为50%以上。

[0029] 4. 如1~3的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,包括从除铟元素以外的正三价的金属元素构成的组中选择的1种以上的元素。

[0030] 5. 如4所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,相对于所述晶体氧化物半导体薄膜中的全部金属成分,所述除铟元素以外的正三价的金属元素的含量为大于8原子%且在17原子%以下。

[0031] 6. 如4或5所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,所述除铟元素以外的正三

价的金属元素是从铝、镓、钇以及镧系元素构成的组中选择的1种或者2种以上的金属元素。

[0032] 7. 如1~6的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,还包括从正四价的金属元素构成的组中选择的1种以上的元素。

[0033] 8. 如7所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,相对于所述晶体氧化物半导体薄膜中的全部金属成分,所述正四价的金属元素的含量为0.01原子%以上且在1原子%以下。

[0034] 9. 如7或8所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,所述正四价的金属元素是从锡、锆以及铈构成的组中选择的1种以上的金属元素。

[0035] 10. 如1~9的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,带隙为3.6eV以上。

[0036] 11. 一种晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,所述晶体氧化物半导体薄膜是1~10的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜,其特征在于,包括以下工序:使用以氧化铟作为主要成分的溅射靶,将实质上不含有杂质气体的氩气与氧气的混合气体作为溅射气体而使用,通过溅射对氧化物薄膜进行成膜的工序;

[0037] 以及对得到的氧化物薄膜进行加热的工序。

[0038] 12. 如11所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,所述溅射气体中的杂质气体的比例为0.1体积%以下。

[0039] 13. 如11或12所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,所述溅射靶含有从铝、镓、钇以及镧系元素构成的组中选择的1种以上的元素。

[0040] 14. 如11~13的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,所述加热温度为250℃以上且在500℃以下。

[0041] 15. 如11~14的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,在所述加热工序中,从150℃升温到250℃的升温速度为20℃/分以下。

[0042] 16. 如11~14的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法,其特征在于,所述加热时间为0.1小时以上且在5小时以下。

[0043] 17. 一种薄膜晶体管,其特征在于,具有:源电极、漏电极、栅电极、栅极绝缘膜、保护绝缘膜以及氧化物半导体层,

[0044] 所述氧化物半导体层位于栅极绝缘膜与保护绝缘膜之间,并包括1~10的任一项所述的晶体氧化物半导体薄膜。

[0045] 18. 如17所述的薄膜晶体管,其特征在于,饱和迁移率为 $30\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 以上。

[0046] 19. 如17或18所述的薄膜晶体管,其特征在于,在0.1V的漏极电压中,根据利用线性区域的场效应迁移率的方法求出的 $V_g-\mu$ 曲线, $V_g=V_{th}+5$ 的迁移率为 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上,从 $V_g=V_{th}$ 到 $V_g=V_{th}+20$ 的平均迁移率为该范围的最大迁移率的50%以上。

[0047] 20. 一种电器或者车辆,其特征在于,使用了17~19的任一项所述的薄膜晶体管。

[0048] 根据本发明,能够提供一种具有稳定的载流子密度的晶体氧化物半导体薄膜以及使用了该晶体氧化物半导体薄膜的饱和迁移率高的薄膜晶体管。

附图说明

[0049] 图1a是示出将电子背散射衍射法(EBSD; Electron Back Scattering

Diffraction Patterns) 作为氧化铟 (In₂O₃) 薄膜表面的晶体解析法而得到的取向基准的图。

[0050] 图1b是由实施例1得到的晶体氧化物半导体薄膜的EBSD图像,是示出氧化铟 (In₂O₃) 薄膜表面为小面状的晶体状态时的典型的EBSD图像。

[0051] 图1c是由比较例1得到的晶体氧化物半导体薄膜的EBSD图像,是示出氧化铟 (In₂O₃) 薄膜表面为放射状的晶体状态时的典型的EBSD图像。

[0052] 图2是显示出由实施例以及比较例制造的、本发明的一实施方式的底栅型薄膜晶体管的结构的概略剖视图。

具体实施方式

[0053] 1. 晶体氧化物半导体薄膜

[0054] 本发明的晶体氧化物半导体薄膜的特征在于,以氧化铟作为主要成分,并含有具有单一的晶体取向的表面晶体颗粒。

[0055] 含有具有单一的晶体取向的表面晶体颗粒的晶体薄膜的晶体较为稳定,能够抑制因TFT制造工序中各种各样的热负荷、氧化负荷、还原负荷等引起的载流子密度的变动。以该晶体薄膜为通道层的薄膜晶体管能够实现高饱和迁移率。

[0056] 此处,“以氧化铟作为主要成分”是指构成薄膜的氧化物的50重量%以上为氧化铟,优选是70重量%以上,更优选是80重量%以上,进一步优选是90重量%以上。在氧化物不足50重量%的情况下,氧化铟在构成薄膜晶体管(TFT)的情况下饱和迁移率可能会降低。

[0057] “含有具有单一的晶体取向的表面晶体颗粒”是指晶体取向被控制的状态。通常在利用电子背散射衍射法(EBSD)观察时,若观察到该氧化物半导体薄膜的表面的晶体状态为小面的晶体颗粒,则可以称为“含有具有单一的晶体取向的表面晶体颗粒”。

[0058] 通过EBSD测量能够容易地判定是小面状还是放射状。图1b示出表面晶体为小面状的晶体状态时的典型的EBSD图像。图1c示出表面晶体为放射状的晶体状态时的典型的EBSD图像。

[0059] 小面状的晶体形态的平均晶体粒径通常为0.5μm以上,优选是1μm以上,更优选是2μm以上,此外,作为平均粒径的上限值通常是10μm以下。晶体颗粒分别具有单一的晶体取向。若平均晶体粒径小于0.5μm,则可能会成为微晶体,若平均晶体粒径为10μm以上,可能会在其内部引起晶体转变而成为放射状。

[0060] 另外,粒径是通过EBSD对表面形态进行确认并测量费雷特直径(作为与晶体外切的长方形的较短一边)而求出的。

[0061] 平均晶体粒径是测量在以膜的中央部(对角线的交点)为中心的框内观察的小面晶体的粒径,以算数平均算出其平均值而得到的。虽然框的尺寸通常为5μm×5μm,但是能够通过膜的尺寸或粒径的尺寸进行适当调整。框内的小面状晶体的数量为5个以上。在不足5个的情况下,对框的尺寸进行放大而观察。在即便观察膜整体而小面晶体的数量也不足5个的情况下,通过计量可计量的晶体计算平均晶体粒径。在放射状的晶体形态的情况下,虽然通常具有1μm~20μm左右的粒径作为粒径,但是特别是在粒径超过了10μm的晶体中,在其粒径内没有显示出单一的晶体取向,而具有晶体取向从中心部或晶体端部放射状地变化的晶体。

[0062] 表面的晶体状态为小面的晶体颗粒所占面积优选是50%以上,更优选是80%以上,进一步优选是90%以上。如果晶体状态为小面的晶体颗粒占晶体氧化物半导体薄膜表面面积的50%以上,则能够实现稳定的载流子密度。若放射状的晶体增加,则可能会变得难以抑制因TFT制造工序中各种各样的热负荷、氧化负荷、还原负荷等造成的载流子密度的变动,或者可能会使饱和迁移率变小。

[0063] 作为非小面状的晶体形态,除了放射状的晶体形态以外,还能够列举无定形状或微细的晶体粒等。上述小面状的晶体状态的粒子所占面积以外的部分被这些形态的颗粒占据。

[0064] 本发明的晶体氧化物半导体薄膜优选是包括从除铟元素以外的正三价的金属元素构成的组中选择的1种以上的元素。作为除铟元素以外的正三价金属元素,能够列举铝、镓、钇、镧系元素等,优选是从铝、镓、钇以及镧系元素的任一种或者2种以上,特别优选是铝以及镧系元素的任一种或者两种。此外,也优选是镓以及镧系元素的任一种或者两种。作为镧系元素优选是镧、钕、钐、铕、钆、铽、镝、钬、铥、镱、镥,更优选是钕、钐、铕。

[0065] 相对于所述晶体氧化物半导体薄膜中的全部金属成分,除铟元素以外的正三价金属元素的含量优选是大于8原子%且在17原子%以下,更优选是大于10原子%且在15原子%以下。此处,除铟元素以外的正三价的金属元素的含量是指晶体氧化物半导体薄膜所含的铟元素以外的正三价的金属元素的合计量。

[0066] 铝、钇以及镧系元素与氧的键合力较大,具有抑制因氧缺陷而产生载流子的效果,优选是能够得到抑制因TFT制造工序中各种各样的热负荷、因CVD成膜中还原负荷等产生氧缺陷而引起载流子密度的增加的效果。

[0067] 此外,镓被认为是具有使晶体化的氧化铟的晶格常数变小的效果,并具有提高TFT的迁移率的效果,因此优选。

[0068] 相对于晶体氧化物半导体薄膜中的全部金属成分,铝以及/或者镧系元素的含量优选是大于8原子%且在17原子%以下,更优选是大于10原子%且在15原子%以下。在铝以及/或者钇的含量不足8原子%的情况下,因氧缺陷而抑制载流子密度的增加效果可能会较小,或者可能会在成膜时产生微晶体。此外,因工序中的绝缘膜的成膜所使用的CVD成膜中的损伤而形成氧缺陷,载流子密度可能会变动。另一方面,在大于17原子%的情况下,在热处理的晶体化工序中可能会存在不晶体化的情况或只能得到微晶体的情况,也可能会得不到小面状的晶体形态。

[0069] 相对于晶体氧化物半导体薄膜中的全部金属成分,在单独使用铝、钇、镓或者镧系元素的情况下,它们各自优选的含量分别优选是如下的范围。

[0070] $10\text{原子\%} < \text{Al} < 15\text{原子\%}$

[0071] $8\text{原子\%} < \text{Ga} < 15\text{原子\%}$

[0072] $8\text{原子\%} < \text{Y} < 15\text{原子\%}$

[0073] $8\text{原子\%} < \text{镧系元素} < 15\text{原子\%}$

[0074] 如上所述,在使用铝、钇、镓以及镧系元素之中的2种以上元素的情况下,合计量只要在大于8原子%且在17原子%以下的范围即可。

[0075] 此外,含有从铝、钇、镓以及镧系元素中选择的1种以上的元素的晶体氧化物半导体薄膜,使用椭圆计测量的光学带隙变得大到3.6eV以上,接收来自外部光源或有机EL等的

发光体的光而错误操作的情况变少。

[0076] 也可以是,本发明的晶体氧化物半导体薄膜还包括从正四价的金属元素构成的组中选择的1种以上的元素。作为正四价的金属元素,能够列举锡、锆、铈等,特别优选是锡。

[0077] 相对于所述晶体氧化物半导体薄膜中的全部金属成分,正四价的金属元素的含量优选是0.01原子%以上~1.0原子%以下,更优选是0.03原子%以上~0.7原子%以下,进一步优选0.05~0.5原子%。此处,正四价的金属元素的含量是指晶体氧化物半导体薄膜所含的正四价金属元素的合计量。

[0078] 例如,通过含有锡元素,溅射靶的电阻值降低,能够减少异常放电而进行稳定的溅射,因而优选。此外,由于薄膜的晶体化而产生载流子,因TFT制造工序中各种各样的热负荷、氧化负荷等导致氧缺陷的破坏,由此能够抑制载流子密度的降低。

[0079] 相对于晶体氧化物半导体薄膜中的全部金属成分,锡元素的含量优选是大于0.01原子%且在1.0原子%以下。若锡元素的含量为0.01原子%以下,则载流子产生性能可能会随着晶体化而变低,载流子可能会因工序中的热负荷、氧化负荷而降低,迁移率可能会将降低。此外,锡元素也有助于成膜中的靶的稳定性。若大于1.0原子%,则载流子产生性能过强,载流子可能会过多地增加,或者成为载流子的散射中心而迁移率变小。锡含量优选是0.03原子%~0.7原子%,更优选是0.05原子%~0.5原子%。

[0080] 本发明的晶体氧化物半导体薄膜对于液晶显示器或有机EL显示器等的显示装置等所使用的薄膜晶体管(TFT)而言是有用的。

[0081] 2.晶体氧化物半导体薄膜的制造方法

[0082] 本发明的晶体氧化物半导体薄膜的制造方法的特征在于,包括以下工序:使用以氧化铟作为主要成分的溅射靶,将实质上不含杂质气体的氩气与氧气的混合气体作为溅射气体而使用,通过溅射对氧化物薄膜进行成膜的工序;以及对得到的氧化物薄膜进行加热的工序。

[0083] 使用以氧化铟作为主要成分的溅射靶,将实质上不含杂质的高纯度氩气以及高纯度氧气的混合气体作为溅射气体而使用,通过溅射进行成膜而得到的薄膜为无定形(非晶质)氧化物薄膜。通过加热使其晶体化,得到表面晶体具有单一的晶体取向、并且优选是小面状的晶体状态的晶体氧化物半导体薄膜。

[0084] 溅射气体“实质上不含杂质”是指,除去随着玻璃的插入而带来的吸附水、或腔室的泄漏或吸附气体等无法排除的气体(不可避免的杂质气体),不主动地投入氩气以及氧气以外的杂质气体。例如,能够使用市售的高纯度氩气以及高纯度氧气的混合气体。如果可以的话应当排除杂质。

[0085] 溅射气体中的杂质气体的比例优选是0.1体积%以下,更优选是0.05体积%以下。若杂质气体较多,则薄膜的晶体化受阻而不产生晶体化,可能会仅生成微晶体,而得不到期望的小面状的晶体。高纯度氩气或高纯度氧气的纯度优选是99%以上,更优选是99.9%以上,进一步优选是99.99%以上。

[0086] 溅射气体即氩气以及氧气的混合气体中的氧气分压优选是5~50体积%的范围,更优选是10~30体积%的范围。氧气分压如果在上述范围则在加热时容易晶体化并且半导体化。能够通过改变氧气分压调节得到的薄膜的氧化程度,即晶体化的程度。也可以根据需要适当选择氧气分压。

[0087] 此外,使用的以氧化铟为主要成分的溅射靶优选是含有从铝、钇、镓以及镧系元素选择的1种以上的元素。因为铝原子的离子半径为0.53Å,镓原子的离子半径为0.62Å,钇原子的离子半径为0.89Å,镧系元素例如钐的原子半径为0.96Å,与In原子的离子半径为0.80Å不同,所以可知其在薄膜形成时会阻碍晶体化。通过使溅射靶含有铝元素、钇元素、镧系元素的例如钐元素,能够不导入水等的杂质而在成膜时可靠地得到无定形的氧化物薄膜,通过下一个工序的加热,能够使小面状的氧化物薄膜生长。在薄膜形成时,若产生微晶体,则在加热后可能成为不了小面状的晶体。此时,因微晶体而引起的载流子的散乱或在粒界的载流子散乱等,由此迁移率可能会降低。因此,优选是在成膜时保持无定形状态。

[0088] 此外,使用的以氧化铟作为主要成分的溅射靶优选是含有镓元素。一般认为镓能够固溶在氧化铟中,能够使氧化铟的晶格常数变小,由此提高最终产品即TFT的迁移率。另一方面,若含有大量的镓元素则存在不晶体化而无定形化的倾向。一般认为这是因为离子半径较小的镓元素变得无法固溶在氧化铟中。在这种情况下,若使其与元素的离子半径较大的元素(例如,钇元素、镧系元素的例如钐元素)共存,则能够消除因含有镓而产生晶体的变形,能够得到稳定的氧化铟晶体,能够发挥稳定的TFT特性。

[0089] 用于使上述无定形薄膜晶体化的加热温度优选是250℃~500℃的范围,更优选是280℃~470℃,更优选是300℃~450℃。若低于250℃,则氧化物薄膜可能不会晶体化,或者即便晶体化其晶体形态也不会是小面状而变为微细的晶体粒。若大于500℃,则存在基板的耐热性不足,或者加热装置的费用过高的情况。

[0090] 用于使上述无定形薄膜晶体化的加热时间优选是0.1小时以上5小时以下,更优选是0.3小时以上3小时以下,进一步优选是0.5小时以上2小时以下。若小于0.1小时,加热时间较短,则存在不晶体化,或者成为非小面状而是放射状的晶体形态的情况。若加热时间比5小时长,则花费的加热费用过高从而并不实际。另外,“加热时间”是指从达到上述规定的加热温度到进行降温的时间。

[0091] 因为容易生成小面状的晶体,所以优选是晶体化速度比氧气扩散速度小。在成膜后的氧化物薄膜中的氧气浓度较高的情况下,在晶体化时氧气充足,即便提高晶体化速度而使其晶体化也能够得到小面状的晶体。但是,若在氧气不足的状态下提高晶体化速度,则在晶体化时会产生氧缺陷,以此为起点会产生晶体转变,变得容易产生非小面状的放射状的晶体。

[0092] 成膜后的氧化物薄膜即便在氧气不足的状态下也很稳定,为了得到小面状的晶体也可以使晶体化速度比氧气扩散速度慢。即,优选是使开始进行晶体化的150℃~250℃之间的升温速度为20℃/分以下,更优选是15℃/分以下的升温速度,进一步优选是10℃/分以下的升温速度。由此能够更可靠地使晶体化速度比氧气扩散速度慢,因此能够容易地得到小面状的晶体。在超过20℃/分的升温速度下加热的话,就可能会成为非小面状而是放射状的晶体形态,可能会变得难以抑制因TFT制造工序中各种各样的热负荷、氧化负荷、还原负荷等引起的载流子密度的变动,或者可能会使其作为TFT时的饱和迁移率变小。

[0093] 关于升温速度的下限值,如果升温速度小于1℃/分,则升温速度过小,而加热时间会过长,费用可能会增大,因此优选是2℃/分以上,更优选是3℃/分以上。

[0094] 不直接将基板投入至温度为250℃以上的炉中,而将基板投入至150℃以下的炉中,优选是以上述优选的升温速度升温到250℃。通过使150℃~250℃之间的升温速度为上述范围,能够得到更优选的小面状的晶体形态。

[0095] 3. 薄膜晶体管以及电子设备

[0096] 本发明的薄膜晶体管(TFT)的特征在于,具有:源电极、漏电极、栅电极、栅极绝缘膜、保护绝缘膜以及氧化物半导体层,所述氧化物半导体层位于栅极绝缘膜与保护绝缘膜之间,并由所述本发明的晶体氧化物半导体薄膜构成。

[0097] 通过所述本发明的晶体氧化物半导体薄膜以及晶体氧化物半导体薄膜的制造方法制造的晶体氧化物半导体薄膜含有具有单一的晶体取向的表面晶体颗粒,优选是在利用EBSD进行观察时,能够观察到表面的晶体状态为小面状的晶体颗粒。得到的晶体氧化物半导体薄膜能够抑制在TFT制造工序中的各种各样的热负荷、氧化负荷、还原负荷等引起的载流子浓度的变动,是稳定的氧化物半导体薄膜。通过将其用于通道层,能够得到饱和迁移率为 $30\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 以上,更优选是 $50\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 以上,进一步优选是 $70\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 以上的TFT。

[0098] 此外,通过所述本发明的晶体氧化物半导体薄膜以及晶体氧化物半导体薄膜的制造方法制造的晶体氧化物半导体薄膜,在其一侧的面上配置铟金属或ITO、IZO等欧姆电极,在另一侧的面上配置钼、钛等金属或碳化物、硅化物等的肖特基电极,由此也能够构成肖特基屏障二极管。

[0099] 上述本发明的TFT优选是快速响应型。关于用于评价是否是快速响应型TFT的特性,将在后述的实施例中进行说明。

[0100] 上述本发明的TFT优选地用于太阳能电池或液晶、有机电致发光元件、无机电致发光元件等的显示元件或电力半导体元件、触摸面板等的电子设备,它们能够优选地用于电器或车辆。

[0101] 实施例

[0102] 利用以下的工序制造具有图2所示结构的薄膜晶体管。

[0103] (1) 成膜工序

[0104] 使用以氧化铟96重量% (89.8at%) : 氧化铝4重量% (10.2at%) 的比例混合的溅射靶,通过溅射在带有热氧化膜(栅极绝缘膜30)的硅晶圆(栅电极20)上经由金属掩模形成50nm的薄膜(氧化物半导体层40)。使用高纯度氩气以及高纯度氧气的混合气体(杂质浓度: 0.01体积%) 作为溅射气体,以表1-1所示的成膜条件进行溅射。

[0105] (2) 加热工序

[0106] 在空气中以表1-1所示的温度、时间以及条件对得到的层叠体进行加热处理。表1-1中的“半导体膜成膜后的加热条件”中的“成膜后的热处理:时间(分)”是指从达到热处理温度到开始降温的时间。

[0107] (3) 保护绝缘膜的形成

[0108] 在加热处理后的半导体薄膜上,以基板温度为350℃通过化学蒸镀法(CVD),形成SiO₂膜(保护绝缘膜;层间绝缘膜70、通道部层间绝缘膜70a,但是在该时间点为没有接触孔的连续的膜),以表1-1所示条件进行加热处理。

[0109] (4) 源电极、漏电极的形成

[0110] 在加热处理后的SiO₂膜上形成接触孔,使用金属掩模利用溅射成膜附上钼金属作

为源电极50、漏电极60后,进行各种热处理,完成薄膜晶体管(TFT),对TFT的特性进行评价。

[0111] 此外,也与仅使氧化物薄膜载置在玻璃基板的样品同时进行成膜,在表1-1所示的各阶段进行霍尔测量,测量载流子密度的增减。

[0112] <半导体膜的薄膜特性评价>

[0113] • 霍尔效应测量

[0114] 与TFT制造工序同样地,在玻璃基板上对50nm厚度的氧化物半导体膜成膜,并进行加热处理后,切出边为1cm的正方形,在四条边上以金(Au)成为2mm×2mm以下的大小的方式使用金属掩膜,由离子涂布机进行成膜,使铟焊料盖在Au金属上并良好地接触,从而作为霍尔效应测量用样品。

[0115] 玻璃基板使用了日本电气硝子株式会社制造的ABC-G。

[0116] 将霍尔效应测量用样品设置在霍尔效应、电阻率测量装置(型号ResiTTest8300、株式会社东阳特克尼卡公司制)上,在室温下对霍尔效应进行评价,并求出载流子密度以及迁移率。结果在表1-1中示出。

[0117] 在上述霍尔效应测量用样品的半导体膜上,通过CVD装置对SiO₂膜进行成膜后,实施霍尔测量,进而在加热处理后也进行霍尔测量。结果在表1-1中示出。

[0118] • 半导体膜的晶体特性

[0119] 通过X射线衍射(XRD)测量对溅射后(膜堆积后)未加热的膜以及加热后的膜的晶体进行了评价,结果是加热前为无定形,加热后为晶体(方铁锰矿结构)。方铁锰矿结构的晶格常数可能会因添加的金属原子的固溶取代而变化。方铁锰矿结构以外的晶体结构为主要成分而析出,可能会导致迁移率降低。

[0120] 此外,通过EBSD对加热后的膜的表面状态进行确认并测量费雷特直径,确认了平均粒径为2μm以上的晶体状态为小面状的晶体颗粒。平均晶体粒径(晶粒尺寸)为2μm以上。以膜中央部(对角线的交点)为中心,测量在5μm×5μm的框内的小面状晶体的粒径,计算它们的算数平均值而求出平均晶体粒径。氧化物薄膜表面的小面状晶体所占的比例超过95%,小面状晶体以外的颗粒是晶体状态为放射状的颗粒以及存在于粒界的微晶体的颗粒。结果在表1-1中示出。氧化物薄膜表面的小面状晶体所占的比例这样求出:在利用EBSD得到的膜表面图像中,将单一颜色表示的晶体颗粒判断为小面状晶体,求出在利用EBSD得到的膜表面图像中,小面状晶体所占的面积。

[0121] 将由实施例1得到的晶体氧化物半导体薄膜的EBSD图像在图1b中示出。

[0122] • 半导体的带隙

[0123] 在石英基板上成膜,测量与半导体膜同样地进行热处理后的薄膜试样的透射光谱,将横轴的波长转换为能量(eV),将纵轴的透射率转换为(ahv)²(此处,a:吸收系数、h:普朗克常数、v:振动数)后,拟合至吸收上升部分,算出其与基线相交处的eV值。

[0124] <TFT的特性评价>

[0125] 对得到的TFT的下述特性进行评价。结果在表1-1中示出。

[0126] • 饱和迁移率是根据在施加了5V的漏极电压时的传输特性而求出的。具体而言,制作传递特性Id-Vg的图表,计算各Vg的跨导(Gm),通过线性区域的公式导出饱和迁移率。另外,Gm通过 $\partial(I_d)/\partial(V_g)$ 表示,施加电压至Vg为-15~25V,将该范围的最大迁移率定义为饱和迁移率。在本发明中,特别是如果没有事前说明,则饱和迁移率是以该方法进

行评价的。上述 I_d 为源电极、漏电极间的电流, V_g 为在将电压 V_d 施加至源电极、漏电极间时的栅极电压。

[0127] • 阈值电压 (V_{th}) 是根据传输特性的图表定义的 $I_d = 10^{-9} A$ 处的 V_g 。

[0128] • 开关比 (on-off比) 是将 $V_g = -10V$ 的 I_d 的值设为 Off 电流值, $V_g = 20V$ 的 I_d 的值设为 On 电流值, 而确定的比 [On/Off]。

[0129] <快速响应型TFT的特性评价>

[0130] • 在线性区域的场效应迁移率优选是在施加了 0.1V 的漏极电压时, 根据传输特性而求出的。具体而言, 制作传输特性 I_d - V_g 的图表, 计算各 V_g 的跨导 (G_m), 通过线性区域的公式导出场效应迁移率。另外, G_m 通过 $\partial (I_d) / \partial (V_g)$ 表示, 施加电压至 V_g 为 $-15 \sim 25V$, 在没有特别指定的情况下, 将该范围的最大迁移率定义为场效应迁移率。虽然饱和区域的迁移率特性可能会存在讨论, 但是饱和区域的公式成立通常是在 $V_g < V_d$ 的情况下, 需要施加足够大的 V_d 并测量 V_g 从属性, 会造成元件破坏等。因此, 为了讨论低栅极电压下的迁移率, 而优选是讨论 V_d 较小情况下的线性区域 ($V_g > V_d$) 的迁移率。线性区域的场效应迁移率是以该方法进行评价的。上述 I_d 为源电极、漏电极间的电流, V_g 为在将电压 V_d 施加至源电极、漏电极间时的栅极电压。

[0131] 如上所述, 根据利用在线性区域的场效应迁移率的方法求出的 V_g - μ 曲线, $V_g = V_{th} + 5$ 的迁移率为 $10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上, 从 $V_g = V_{th}$ 到 $V_g = V_{th} + 20$ 的平均迁移率为该范围内最大迁移率的 50% 以上, 将这样的 TFT 作为快速响应型场效应晶体管。

[0132] 此处平均迁移率是通过 V_g - μ 图表根据下述公式求出的。

$$\text{平均迁移率} = \int_{V_{th}}^{V_{th}+20} \mu dV_g / 20$$

[0134] 像这样, 因为 $V_g = V_{th} + 5$ 的迁移率为 $10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上, 所以即便在施加的栅极电压较低的情况下, 也能够得到充分的迁移率。特别是在组合使用硅半导体, 硅半导体的源极电压、漏极电压较低的情况下, 因为该电压作为氧化物半导体的栅极电压起作用, 所以低栅极电压下的高迁移率变得重要。此外, 因为从 $V_g = V_{th}$ 到 $V_g = V_{th} + 20$ 的平均迁移率为该范围的最大迁移率的 50% 以上, 所以能够高速地进行向保持电压的电容器等注入电荷。

[0135] 实施例 2~9 以及比较例 1~2

[0136] 使用表 1-1~表 1-3 所示组成的溅射靶对半导体薄膜成膜, 并进行了加热处理等, 除此以外以与实施例 1 相同的方式制造薄膜晶体管, 对 TFT 的特性进行了评价。

[0137] 在图 1c 中示出由比较例 1 得到的晶体氧化物半导体薄膜的 EBSD 图像。

[0138] 此外, 与实施例 1 同样地, 对于在玻璃基板上仅载置了氧化物薄膜的样品, 在表 1-1~表 1-3 所示各阶段进行霍尔测量, 并测量了载流子密度的增减、带隙。将结果在表 1-1~表 1-3 中示出。

[0139] 另外, 在表中的溅射靶的原子比中, 以 “wt %” 示出的数值表示氧化铟、氧化铝、氧化钇以及氧化锡的重量比 (添加量), 以 “at %” 示出的数值表示铟元素、铝元素、钇元素以及锡元素的原子比。

[0140] 表中的 “E+XX” 是指 “ $1 \times 10^{+XX}$ ”。

[0141] 表中的 “平均迁移率相对于最大迁移率的比率 (%)” 示出在 $V_g = V_{th}$ 到 $V_{th} + 20$ 的范围内, 平均迁移率与最大迁移率的比例 (%)。

[0142] [表 1-1]

[0143]

溅射靶的原子比	实施例1		实施例2		实施例3		实施例4
	In/(In+Al+Y+Sn):wt%	96.0wt%(89.8at%)	95.0wt%(87.5at%)	94.0wt%(85.2at%)	94.0wt%(83.0at%)	93.0wt%(83.0at%)	
Al/(In+Al+Y+Sn):wt%	4.0wt%(10.2at%)	5.0wt%(12.5at%)	6.0wt%(14.8at%)	7.0wt%(17.0at%)	7.0wt%(17.0at%)	7.0wt%(17.0at%)	
Y/(In+Al+Y+Sn):wt%	0.0wt%(0.0at%)	0.0wt%(0.0at%)	0.0wt%(0.0at%)	0.0wt%(0.0at%)	0.0wt%(0.0at%)	0.0wt%(0.0at%)	
Sn/(In+Al+Y+Sn):wt%	0.0wt%(0.0at%)	0.0wt%(0.0at%)	0.0wt%(0.0at%)	0.0wt%(0.0at%)	0.0wt%(0.0at%)	0.0wt%(0.0at%)	0.0wt%(0.0at%)
气 气体	Ar+O ₂	Ar+O ₂	Ar+O ₂	Ar+O ₂	Ar+O ₂	Ar+O ₂	
制膜前的背压 (Pa)	5.E-04	5.E-04	5.E-04	5.E-04	5.E-04	5.E-04	
成膜时的溅射压 (Pa)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
成膜时的基板温度 (℃)	室温	室温	室温	室温	室温	室温	
成膜时的氧分压 (%)	10	10	10	10	10	10	
成膜时的水分压 (%)	-	-	-	-	-	-	
成膜时的氩分压 (%)	-	-	-	-	-	-	
成膜后的热处理: 温度 (℃)	300	300	300	300	300	300	350
: 升温速度 (℃/分)	15	15	15	15	15	15	
: 时间 (分)	60	60	60	60	60	60	
: 气氛	空气	空气	空气	空气	空气	空气	
膜厚 (nm)	50	50	50	50	50	50	50
霍尔测量载流子密度 (cm ³)	6.7E+16	3.4E+15	3.4E+15	3.4E+15	3.4E+15	3.4E+15	5.7E+17
霍尔测量迁移率 (cm ² /V·sec)	14.3	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	10.0
膜刚堆积后的结晶性 (XRD)	无定形	无定形	无定形	无定形	无定形	无定形	
膜加热后的结晶性 (XRD)	晶体: 方铁锰矿结构	晶体: 方铁锰矿结构	晶体: 方铁锰矿结构	晶体: 方铁锰矿结构	晶体: 方铁锰矿结构	晶体: 方铁锰矿结构	
通过加热后的结晶性 (EBSD) 测量的平均晶体粒径 (晶粒尺寸: μm)	2 μm以上	2 μm以上	2 μm以上	2 μm以上	2 μm以上	2 μm以上	
小面状晶体所占面积的比例 (%)	>95%	>90%	>90%	>85%	>85%	>75%	
薄膜的带隙 (eV)	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6	
以基板温度为350℃的CVD对SiO ₂ 膜进行成膜后的半导体层的特性	霍尔测量载流子密度 (cm ³)	5.9E+18	8.0E+18	5.4E+18	5.4E+18	6.2E+19	
以CVD对SiO ₂ 膜进行成膜并加热处理后的特性	霍尔测量迁移率 (cm ² /V·sec)	9.7	4.4	5.9	5.9	13.9	
: 温度 (℃)	300	300	300	300	300	300	
: 时间 (分)	60	60	60	60	60	60	
: 气氛	空气	空气	空气	空气	空气	空气	
霍尔测量载流子密度 (cm ³)	4.0E+16	5.8E+17	7.7E+17	7.7E+17	7.7E+17	1.8E+17	
霍尔测量迁移率 (cm ² /V·sec)	7.3	1.4	2.1	2.1	2.1	13.9	
饱和迁移率 (cm ² /V·sec)	87.4	91.5	76.5	76.5	76.5	51.6	
V _{th} (V)	-0.5	-0.7	-0.04	-0.04	-0.04	-0.7	
on/off比	>E+8	>E+8	>E+7	>E+7	>E+7	>E+7	
Off电流 (A)	<E-12	<E-12	<E-12	<E-12	<E-12	<E-12	
在线性区域的V _{th} +5V的迁移率 (cm ² /V·sec)	23.5	30.5	22.5	22.5	22.5	15.2	
快-慢响应 TFT特性	平均迁移率相对于最大迁移率的比率 (%)	57	68	71	71	58	

[0144]

[表1-2]

说 明 书

[0145]

		实施例5	实施例6	实施例7	实施例8	实施例9
溅射靶的原子比	In/(In+Al+Y+Sn):wt% (at%)	95.9wt% (89.72at%)	94.7wt% (87.21at%)	94.5wt% (87.04at%)	89.5wt% (87.53at%)	91.5wt% (84.90at%)
Al/(In+Al+Y+Sn):wt% (at%)	4.0wt% (10.19at%)	5.0wt% (12.54at%)	5.0wt% (12.54at%)	0.0wt% (0.0at%)	0.0wt% (0.0at%)	4.0wt% (10.11at%)
Y/(In+Al+Y+Sn):wt% (at%)	0.0wt% (0.0at%)	0.0wt% (0.0at%)	0.0wt% (0.0at%)	10.0wt% (12.02at%)	10.0wt% (12.02at%)	4.0wt% (4.56at%)
Sn/(In+Al+Y+Sn):wt% (at%)	0.1wt% (0.09at%)	0.3wt% (0.25at%)	0.5wt% (0.42at%)	0.5wt% (0.45at%)	0.5wt% (0.43at%)	0.5wt% (0.43at%)
气氛气体	Ar+O ₂	Ar+O ₂	Ar+O ₂	Ar+O ₂	Ar+O ₂	Ar+O ₂
制膜前的背压 (Pa)	5.E-04	5.E-04	5.E-04	5.E-04	5.E-04	5.E-04
成膜时的溅射压 (Pa)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
成膜时的基板温度 (℃)	室温	室温	室温	室温	室温	室温
成膜时的氧分压 (%)	10	10	10	10	10	10
成膜时的水分压 (%)	—	—	—	—	—	—
成膜时的氢分压 (%)	—	—	—	—	—	—
成膜后的热处理: 温度 (℃)	300	300	300	300	350	400
：升温速度 (℃/分)	15	5	15	15	15	15
：时间 (分)	60	60	60	60	60	60
：气氛	空气	空气	空气	空气	空气	空气
膜厚 (nm)	50	50	50	50	50	50
霍尔测量载流子密度 (cm ⁻³)	8.1E+16	5.9E+17	4.4E+17	4.4E+17	2.8E+15	2.7E+15
霍尔测量迁移率 (cm ² /V · sec)	7.4	12.0	2.2	2.2	4.2	7.8
隧穿电极后的结晶性 (XRD)	无定形	无定形	无定形	无定形	无定形	无定形
通过刚加热后的结晶性 (EBSD) 测量的	晶体：方铁锰矿结构	晶体：方铁锰矿结构	晶体：方铁锰矿结构	晶体：方铁锰矿结构	晶体：方铁锰矿结构	晶体：方铁锰矿结构
平均晶体全 (晶粒尺寸: μm)	2 μm以上	2 μm以上	2 μm以上	2 μm以上	2 μm以上	2 μm以上
小面状晶体所占面积的比例 (%)	>80%	>80%	>80%	>80%	>90%	>90%
薄膜的带隙 (eV)	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.65
以基板温度为350℃的						
CVD对SiO ₂ 膜进行成膜	5.9E+18	1.7E+19	5.0E+19	5.0E+19	9.6E+17	3.8E+18
后的半导体层的特性						
霍尔测量迁移率 (cm ² /V · sec)	8.5	5.9	5.9	4.8	4.8	6.7
热处理: 温度 (℃)	300	300	300	350	350	350
：时间 (分)	60	60	60	60	60	60
以CVD对SiO ₂ 膜进行成膜并加热处理后的特性						
霍尔测量载流子密度 (cm ⁻³)	3.6E+16	1.8E+17	7.7E+17	1.0E+17	7.3E+16	7.3E+16
霍尔测量迁移率 (cm ² /V · sec)	6.6	9.5	2.14	5.7	7.8	7.8
饱和迁移率 (cm ² /V · sec)	65.8	93.1	91.5	75.8	74.2	74.2
V _{th} (V)	-0.13	-0.55	-0.7	3.3	5.9	5.9
on/off比	>E+7	>E+7	>E+7	>E+8	>E+7	>E+7
Off电流 (A)	<E-12	<E-12	<E-12	<E-12	<E-13	<E-13
在线性区域的V _{th} +5V的迁移率	18.8	25.2	23.5	16.5	14.8	14.8
平均迁移率相对于最大迁移率的比率 (%)	55	59	54	56	51	51

[0146] [表1-3]

		比较例1	比较例2
溅射靶的原子比	In/(In+Al+Y+Sn): wt% (at%)	98.0wt% (94.7at%)	92.0wt% (80.9at%)
	Al/(In+Al+Y+Sn): wt% (at%)	2.0wt% (5.3at%)	8.0wt% (19.1at%)
	Y/(In+Al+Y+Sn): wt% (at%)	0.0wt% (0.0at%)	0.0wt% (0.0at%)
	Sn/(In+Al+Y+Sn): wt% (at%)	0.0wt% (0.0at%)	0.0wt% (0.0at%)
半导体膜的成膜条件	气氛气体	Ar+O ₂ +H ₂ O	Ar+O ₂ +H ₂
	制膜前的背压 (Pa)	5.E-04	5.E-04
	成膜时的溅射压 (Pa)	0.5	0.5
	成膜时的基板温度 (°C)	200°C	室温
	成膜时的氮分压 (%)	10	10
	成膜时的水分压 (%)	5	-
半导体膜成膜后的加热处理条件	成膜时的氢分压 (%)	-	5
	成膜后的热处理: 温度 (°C)	300	350
	: 升温速度 (°C/分)	向300°C的炉投入	向350°C的炉投入
	: 时间 (分)	60	60
[0147] 半导体膜的薄膜特性	: 气氛	空气	空气
	膜厚 (nm)	50	50
	霍尔测量载流子密度 (cm ⁻³)	4.4E+14	1.9E+13
	霍尔测量迁移率 (cm ² /V · sec)	11.0	5.8
	膜刚堆积后的结晶性 (XRD)	微晶体	无定形
	刚加热后的结晶性 (XRD)	晶体	微晶体
	通过刚加热后的结晶性 (EBSD) 测量的平均晶体粒径 (晶粒尺寸: μm)	放射状 3 μm以上	微晶体 1 μm以下
	小面状晶体所占面积的比例 (%)	<30%	-
以基板温度为350°C的CVD对SiO ₂ 膜进行成膜后的半导体层的特性	薄膜的带隙 (eV)	3.6	3.5
	霍尔测量载流子密度 (cm ⁻³)	5.9E+19	8.3E+19
	霍尔测量迁移率 (cm ² /V · sec)	8.2	16.5
以CVD对SiO ₂ 膜进行成膜并加热处理后的特性	热处理: 温度 (°C)	300	350
	: 时间 (分)	60	60
	: 气氛	空气	空气
	霍尔测量载流子密度 (cm ⁻³)	3.6E+16	5.4E+15
TFT特性	霍尔测量迁移率 (cm ² /V · sec)	6.6	9.5
	饱和迁移率 (cm ² /V · sec)	16.2	12.5
	V _{th} (V)	-2.4	-1
	on/off比	>E+6	>E+6
快速响应TFT特性	Off电流 (A)	<E-10	<E-10
	在线性区域的V _{th} +5V的迁移率 (cm ² /V · sec)	3.2	2.8
	平均迁移率相对于最大迁移率的比率 (%)	43	46

[0148] 实施例10~11

[0149] 使用表2所示组成的溅射靶形成半导体薄膜，并进行了加热处理等，除此以外以与实施例1相同的方式制造薄膜晶体管，对TFT的特性进行了评价。

[0150] 此外，与实施例1同样地，对于在玻璃基板上仅载置了氧化物薄膜的样品，在表2所示各阶段进行霍尔测量，并测量了载流子密度的增减、带隙。将结果在表2中示出。

[0151] 另外，在表中的溅射靶的原子比中，以“wt%”示出的数值表示氧化铟、氧化镓、氧化钇以及氧化锡的重量比(添加量)，以“at%”示出的数值表示铟元素、镓元素、钇元素以及锡元素的原子比。

[0152] 表中的“E+XX”是指“ $1 \times 10^{+XX}$ ”。

[0153] 表中的“平均迁移率相对于最大迁移率的比率 (%)”示出在V_g=V_{th}到V_{th}+20的范围内，平均迁移率与最大迁移率的比例 (%)。

[0154] [表2]

		实施例10	实施例11
溅射靶的原子比	In/(In+Ga+Y+Sn): wt% (at%)	92.4wt%(89.7at%)	93.0wt%(90.0at%)
	Ga/(In+Ga+Y+Sn): wt% (at%)	5.0wt%(7.2at%)	7.0wt%(10.0at%)
	Y/(In+Ga+Y+Sn): wt% (at%)	2.6wt%(3.1at%)	0.0wt%(0.0at%)
	Sn/(In+Ga+Y+Sn): wt% (at%)	0.0wt%(0.0at%)	0.0wt%(0.0at%)
半导体膜的成膜条件	气氛气体	Ar+O ₂	Ar+O ₂
	制膜前的背压 (Pa)	5.E-04	5.E-04
	成膜时的溅射压 (Pa)	0.5	0.5
	成膜时的基板温度 (°C)	室温	室温
	成膜时的氧分压 (%)	20	20
	成膜时的水分压 (%)	-	-
半导体膜成膜后的加热处理条件	成膜后的热处理: 温度 (°C)	300	350
	: 升温速度 (°C/分)	10	10
	: 时间 (分)	120	120
	: 气氛	空气	空气
[0155] 半导体膜的薄膜特性	膜厚 (nm)	50	50
	霍尔测量载流子密度 (cm ⁻³)	2.8E+16	1.2E+17
	霍尔测量迁移率 (cm ² /V · sec)	7.1	19.5
	膜刚堆积后的结晶性 (XRD)	无定形	无定形
	刚加热后的结晶性 (XRD)	晶体: 方铁锰矿结构 小面	晶体: 方铁锰矿结构 小面
	通过刚加热后的结晶性 (EBSD) 测量的平均晶体粒径(晶粒尺寸: μm)	1 μm以上	2 μm以上
	小面状晶体所占面积的比例 (%)	>95%	>95%
	薄膜的带隙 (eV)	3.7	3.7
	以基板温度为350°C的CVD对SiO ₂ 膜进行成膜后的半导体层的特性	霍尔测量载流子密度 (cm ⁻³) 霍尔测量迁移率 (cm ² /V · sec)	2.8E+19 46.7
以CVD对SiO ₂ 膜进行成膜并加热处理后的特性	热处理: 温度 (°C)	350	350
	: 时间 (分)	60	60
	: 气氛	空气	空气
	霍尔测量载流子密度 (cm ⁻³) 霍尔测量迁移率 (cm ² /V · sec)	1.9E+17 17.7	1.5E+18 31.6
TFT特性	饱和迁移率 (cm ² /V · sec)	43.1	38.1
	V _{th} (V)	-0.8	-1.7
	on/off比	>E+8	>E+8
快速响应TFT特性	Off电流 (A)	<E-12	<E-12
	在线性区域的V _{th} +5V的迁移率 (cm ² /V · sec)	13.4	18.6
	平均迁移率相对于最大迁移率的比率 (%)	59	58

[0156] 实施例12~13

[0157] 使用表3所示组成的溅射靶形成半导体薄膜，并进行了加热处理等，除此以外以与实施例1相同的方式制造薄膜晶体管，对TFT的特性进行了评价。

[0158] 此外，与实施例1同样地，对于在玻璃基板上仅载置了氧化物薄膜的样品，在表3所示各阶段进行霍尔测量，测量了载流子密度的增减、带隙。将结果在表3中示出。

[0159] 另外，在表中的溅射靶的原子比中，以“wt%”示出的数值表示氧化铟、氧化镓、氧化钐以及氧化锡的重量比(添加量)，以“at%”示出的数值表示铟元素、镓元素、钐元素以及锡元素的原子比。

[0160] 表中的“E+XX”是指“ $1 \times 10^{+XX}$ ”。

[0161] 表中的“平均迁移率相对于最大迁移率的比率(%)”示出在V_g=V_{th}到V_{th}+20的范围内，平均迁移率与最大迁移率的比例(%)。

[0162] [表3]

		实施例10	实施例11
溅射靶的原子比	In/(In+Ga+Y+Sn): wt% (at%)	92.4wt%(89.7at%)	93.0wt%(90.0at%)
	Ga/(In+Ga+Y+Sn): wt% (at%)	5.0wt%(7.2at%)	7.0wt%(10.0at%)
	Y/(In+Ga+Y+Sn): wt% (at%)	2.6wt%(3.1at%)	0.0wt%(0.0at%)
	Sn/(In+Ga+Y+Sn): wt% (at%)	0.0wt%(0.0at%)	0.0wt%(0.0at%)
半导体膜的成膜条件	气氛气体	Ar+O ₂	Ar+O ₂
	制膜前的背压 (Pa)	5.E-04	5.E-04
	成膜时的溅射压 (Pa)	0.5	0.5
	成膜时的基板温度 (°C)	室温	室温
	成膜时的氧分压 (%)	20	20
	成膜时的水分压 (%)	-	-
半导体膜成膜后的 加热处理条件	成膜后的热处理: 温度 (°C)	300	350
	: 升温速度 (°C/分)	10	10
	: 时间 (分)	120	120
	: 气氛	空气	空气
[0163] 半导体膜的薄膜特性	膜厚 (nm)	50	50
	霍尔测量载流子密度 (cm ⁻³)	2.8E+16	1.2E+17
	霍尔测量迁移率 (cm ² /V · sec)	7.1	19.5
	膜刚堆积后的结晶性 (XRD)	无定形	无定形
	刚加热后的结晶性 (XRD)	晶体: 方铁锰矿结构	晶体: 方铁锰矿结构
	通过刚加热后的结晶性 (EBSD) 测量的 平均晶体粒径(晶粒尺寸: μm)	小面 1 μm以上	小面 2 μm以上
	小面状晶体所占面积的比例 (%)	>95%	>95%
	薄膜的带隙 (eV)	3.7	3.7
	以基板温度为350°C的 CVD对SiO ₂ 膜进行成膜 后的半导体层的特性	霍尔测量载流子密度 (cm ⁻³)	2.8E+19
	霍尔测量迁移率 (cm ² /V · sec)	46.7	49.2
以CVD对SiO ₂ 膜进行成 膜并加热处理后的特性	热处理: 温度 (°C)	350	350
	: 时间 (分)	60	60
	: 气氛	空气	空气
	霍尔测量载流子密度 (cm ⁻³)	1.9E+17	1.5E+18
TFT特性	霍尔测量迁移率 (cm ² /V · sec)	17.7	31.6
	饱和迁移率 (cm ² /V · sec)	43.1	38.1
	V _{th} (V)	-0.8	-1.7
	on/off比	>E+8	>E+8
快速响应TFT特性	Off电流 (A)	<E-12	<E-12
	在线性区域的V _{th} +5V的迁移率 (cm ² /V · sec)	13.4	18.6
	平均迁移率相对于最大迁移率的比率 (%)	59	58

[0164] 虽然如上所述对本发明的几个实施方式以及/或者实施例进行了详细地说明,但是对于本领域的技术人员而言,实质上不脱离本发明的新的教导以及效果,容易将较多的变更加入至这些例示的实施方式以及/或者实施例中。因此,这些较多的变更均包含在本发明的范围内。

[0165] 在此引用成为本申请的巴黎优先权的基础的日本申请说明书的全部内容。

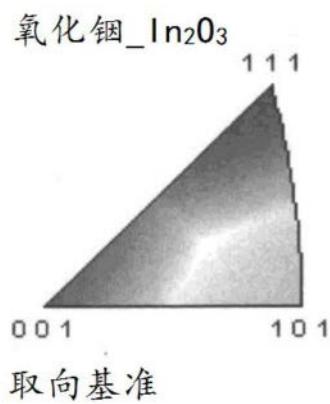
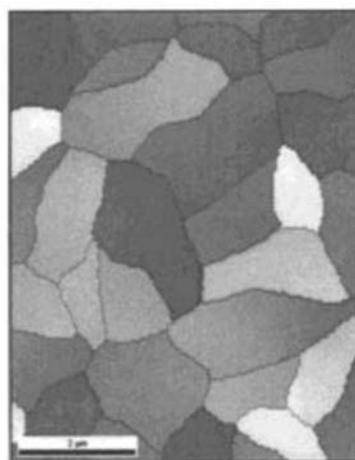
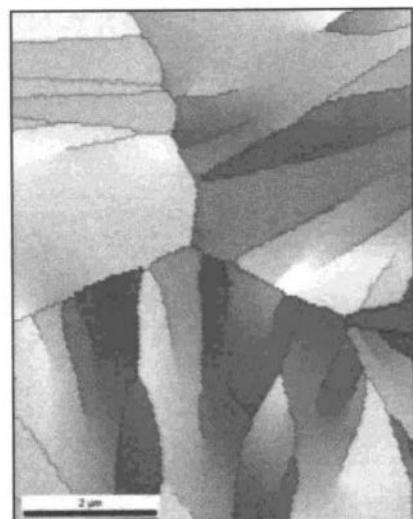


图1a



小面状

图1b



放射状

图1c

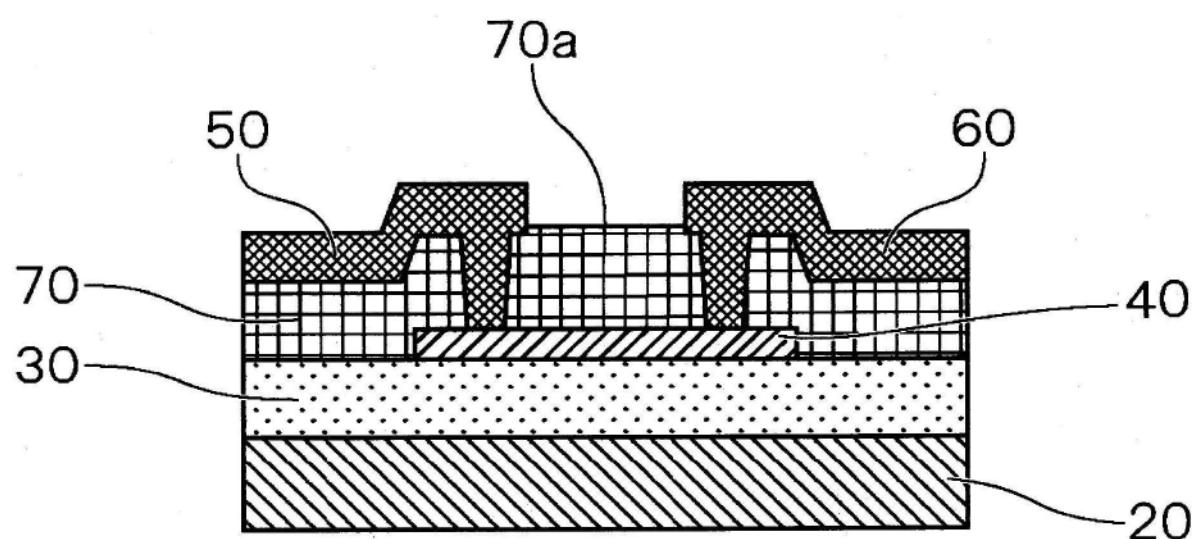


图2