

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101057333 B

(45) 授权公告日 2011. 11. 16

- (21) 申请号 200580038303. 1
- (22) 申请日 2005. 11. 09
- (30) 优先权数据
326684/2004 2004. 11. 10 JP
- (85) PCT申请进入国家阶段日
2007. 05. 09
- (86) PCT申请的申请数据
PCT/JP2005/020981 2005. 11. 09
- (87) PCT申请的公布数据
W02006/051994 EN 2006. 05. 18
- (73) 专利权人 佳能株式会社
地址 日本东京
专利权人 国立大学法人东京工业大学
- (72) 发明人 田透 岩崎达哉 细野秀雄
神谷利夫 野村研二
- (74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038
代理人 王以平
- (51) Int. Cl.
H01L 27/32(2006. 01)
H01L 29/786(2006. 01)
- (56) 对比文件
US 2004/0155846 A1, 2004. 08. 12, 全文.
WO 03/098699 A1, 2003. 11. 27, 说明书第 3

实施例 .
US 2003/0218222 A1, 2003. 11. 27, 说明书第 0020-0057 段、图 1.
EP 1324156 A1, 2003. 07. 02, 全文 .
Satoru Narushima, Hiroshi Mizoguchi, Ken-ichi Shimizu, Kazushige Ueda, Hiromichi Ohta, Masahiro Hirano, Toshio Kamiya, and Hideo Hosono. A p-Type Amorphous Oxide Semiconductor and Room Temperature Fabrication of Amorphous Oxide p-n Heterojunction Diodes. Advanced Materials 15 17. 2003, 15(17), 1409-1413.
M. Orita, H. Ohta, M. Hirano. Amorphous transparent conductive Oxide InGaO₃(ZnO)_m (m ≤ 4): a Zn₄s conductor. Philosophical Magazine B81 5. 2001, 81(5), 501-515.

审查员 邵焯

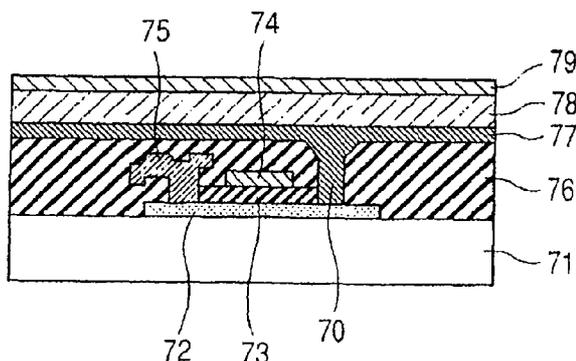
权利要求书 2 页 说明书 25 页 附图 8 页

(54) 发明名称

发光器件

(57) 摘要

本发明的目的在于提供一种使用非晶氧化物的新的发光器件。该发光器件具有位于第 1 电极 (77) 和第 2 电极 (79) 之间的发光层 (78), 和有源层 (72) 为非晶氧化物的场效应晶体管。



CN 101057333 B

1. 一种发光器件,具有包括第一电极和第二电极及位于所述第一电极和第二电极之间的发光层的发光元件、以及用于驱动所述发光元件的场效应晶体管,其特征在于:

所述场效应晶体管的有源层包括非晶氧化物,所述非晶氧化物在含氧气氛中被形成或在含氧气氛中被后处理以在从 0°C 至 40°C 的范围的至少一部分中具有小于 $10^{18}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度,并且所述非晶氧化物具有随电子载流子浓度的增加而增加的电子迁移率;

所述非晶氧化物至少包含 In、Zn 和 Sn 中的一种;以及

当不施加栅电压时,所述场效应晶体管在源电极和漏电极之间提供小于 10 微安的电流。

2. 根据权利要求 1 所述的发光器件,其特征在于:所述发光元件和所述场效应晶体管被设置于光学透明的衬底上,从所述发光层发射的光通过所述衬底输出;以及

所述非晶氧化物包含 In、Zn 和 Ga。

3. 根据权利要求 2 所述的发光器件,其特征在于:所述场效应晶体管设置在所述衬底与所述发光层之间。

4. 根据权利要求 1 所述的发光器件,其特征在于:所述发光元件和所述场效应晶体管设置在光学透明的衬底上,从所述发光层发射的光通过所述衬底和所述非晶氧化物输出;以及

所述非晶氧化物包含 In、Zn 和 Ga。

5. 根据权利要求 4 所述的发光器件,其特征在于:所述场效应晶体管设置在所述衬底和所述发光层之间。

6. 根据权利要求 1 所述的发光器件,其特征在于:所述场效应晶体管的漏电极和第二电极中的至少一个由光学透明导电氧化物形成;以及

所述非晶氧化物包含 In、Zn 和 Ga。

7. 根据权利要求 1 所述的发光器件,其特征在于:所述发光元件是电致发光元件;

所述非晶氧化物包含 In、Zn 和 Ga;以及

所述非晶氧化物在 X 射线衍射光谱中展示出光晕图案而不展示出特征衍射线。

8. 根据权利要求 1 所述的发光器件,其特征在于:多个所述发光元件至少被设置在一行上;以及

所述非晶氧化物包含 In、Zn 和 Ga。

9. 根据权利要求 8 所述的发光器件,其特征在于:设置所述发光元件,使所述发光元件与所述场效应晶体管相邻。

10. 一种电子照相装置,具有

感光器,

为该感光器供电的供电器,

曝光光源,用于曝光该感光器以在该感光器上形成潜像,以及

用于显影该潜像的显影单元;

其特征在于:

所述曝光光源具有如权利要求 8 所述的发光器件。

11. 一种发光器件,具有包括第一电极和第二电极及位于第一电极和第二电极之间的发光层的发光元件、和用于驱动该发光元件的场效应晶体管,其特征在于:

所述场效应晶体管的有源层包括使得能够实现正常截止状态的透明非晶氧化物半导体,所述透明非晶氧化物半导体在含氧气氛中被形成或在含氧气氛中被后处理以在从 0°C 至 40°C 的范围的至少一部分中具有小于 $10^{18}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度,并且所述透明非晶氧化物半导体具有随电子载流子浓度的增加而增加电子迁移率;

所述透明非晶氧化物半导体至少包含 In、Zn 和 Sn 中的一种;以及

当不施加栅电压时,所述场效应晶体管在源电极和漏电极之间提供小于 10 微安的电流。

12. 根据权利要求 11 所述的发光器件,其特征在于:所述透明非晶氧化物半导体具有对于实现正常截止状态是充分小的、小于 $10^{18}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度;以及

所述透明非晶氧化物半导体在 X 射线衍射光谱中展示出光晕图案而不展示出特征衍射线。

13. 一种有源矩阵显示装置,包括:包括第一电极和第二电极及位于第一电极和第二电极之间的发光层的发光元件、用于驱动该发光元件的场效应晶体管、以及设置为二维矩阵形式的图像元件电路,其特征在于:

所述场效应晶体管的有源层包括使得能够实现正常截止状态的透明非晶氧化物半导体,所述透明非晶氧化物半导体在含氧气氛中被形成或在含氧气氛中被后处理以在从 0°C 至 40°C 的范围的至少一部分中具有小于 $10^{18}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度,并且所述透明非晶氧化物半导体具有随电子载流子浓度的增加而增加电子迁移率;

所述透明非晶氧化物半导体至少包含 In、Zn 和 Sn 中的一种;以及

当不施加栅电压时,所述场效应晶体管在源电极和漏电极之间提供小于 10 微安的电流。

14. 根据权利要求 13 所述的有源矩阵显示装置,其特征在于:

所述透明非晶氧化物半导体具有对于实现正常截止状态是充分小的、小于 $10^{18}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度;以及

所述透明非晶氧化物半导体在 X 射线衍射光谱中展示出光晕图案而不展示出特征衍射线。

15. 一种显示产品,包含:

包括第一电极和第二电极及位于第一电极和第二电极之间的发光层的发光元件、和用于驱动该发光元件的场效应晶体管,其特征在于:

所述场效应晶体管的有源层包含非晶氧化物半导体,所述非晶氧化物半导体在含氧气氛中被形成或在含氧气氛中被后处理以在从 0°C 至 40°C 的范围的至少一部分中具有小于 $10^{18}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度,并且所述非晶氧化物半导体具有随电子载流子浓度的增加而增加电子迁移率;

所述非晶氧化物半导体至少包含 In、Zn 和 Sn 中的一种;以及

当不施加栅电压时,所述场效应晶体管在源电极和漏电极之间提供小于 10 微安的电流。

16. 根据权利要求 15 所述的显示产品,其特征在于:

所述场效应晶体管是正常截止型晶体管;以及

所述非晶氧化物半导体在 X 射线衍射光谱中展示出光晕图案而不展示出特征衍射线。

发光器件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种使用氧化物的发光器件,尤其涉及使用有机 EL 元件和无机 EL 元件的发光器件。本发明还涉及顶部发射型或底部发射型的发光器件。

背景技术

[0002] 近年来,平板显示器 (FPD) 作为液晶和电致发光 (EL) 技术发展的结果而被应用。FPD 由利用设置在玻璃衬底上的非晶硅薄膜或多晶硅薄膜作为有源层的场效应薄膜晶体管 (TFT) 所构成的有源矩阵电路驱动。

[0003] 另一方面为了追求 FPD 在薄型、轻量、以及抗破坏性方面的进一步发展,已经尝试了使用重量轻、柔软的树脂衬底来代替玻璃衬底。然而,由于为了制造使用上述硅薄膜的晶体管,需要在相当高的温度下的热处理,因此难于在低耐热性的树脂衬底上直接形成硅薄膜。

[0004] 由于这个原因,使用例如主要包含可以在低温下形成薄膜的 ZnO 氧化物的半导体薄膜的 TFT 被积极地开发了 (日本专利申请公开 No. 2003-298062 号公报)。

[0005] 然而,大致因为无法获得如使用硅的 TFT 那样的充分的特性,使用现有的氧化物半导体薄膜的 TFT 并未达到应用技术发展的技术水平。

发明内容

[0006] 本发明的一个目的在于:提供使用以氧化物作为有源层的晶体管的新的发光器件、电子照相器件 (electronograph) 和显示单元。

[0007] 根据本发明的一个方面,提供一种具有包含第 1 和第 2 电极、以及位于第 1 和第 2 电极间的发光层的发光元件、和用于驱动该发光元件的场效应晶体管的发光器件,其特征在于:

[0008] 该场效应晶体管的有源层由电子载流子浓度小于 $10^{18}/\text{cm}^3$ 的非晶氧化物构成。

[0009] 该非晶氧化物优选至少包括 In、Zn、Sn 之一。

[0010] 可选地,该非晶氧化物优选从由包含 In、Zn 和 Sn 的氧化物、包含 InZn 的氧化物、包含 In 和 Sn 的氧化物以及包含 In 的氧化物所构成的组中选出的任何一种。

[0011] 可选地,该非晶氧化物优选包括 In、Zn 和 Ga。

[0012] 优选将发光元件和场效应晶体管设置在光学透明衬底上,并且从发光层发射的光通过该衬底输出。场效应晶体管优选设置在衬底和发光层之间。

[0013] 可选地,发光元件和场效应晶体管优选设置在光学透明衬底上,而且从发光层发射的光通过该衬底和非晶氧化物输出。该场效应晶体管优选设置在该衬底和发光层之间。

[0014] 在发光器件中,场效应晶体管的漏电极和第二电极中的至少一个优选由光学透明的导电氧化物构成。

[0015] 发光元件优选地是电致发光元件。

[0016] 在发光器件中,优选地,将多个发光元件设置在至少单一行中。优选地,设置发光

元件使其与场效应晶体管相邻。

[0017] 根据本发明的另一个方面,提供一种电子照相器件,包含:

[0018] 感光器,

[0019] 为该感光器供电的供电器,

[0020] 曝光光源,用于曝光该感光器以在感光器上形成潜像,

[0021] 用于显影该潜像的显影单元;

[0022] 其中,

[0023] 所述曝光光源具有所述发光器件。

[0024] 根据本发明的又一个方面,提供一种具有包含第一和第二电极、以及位于第一和第二电极间的发光层的发光元件、和用于驱动该发光元件的场效应晶体管的发光器件,其中:

[0025] 场效应晶体管有源层的电子迁移率随电子载流子浓度的增加而增加。

[0026] 根据本发明的另一个方面,提供一种具有包含第一和第二电极以及位于第一和第二电极间的发光层的发光元件、和用于驱动该发光元件的场效应晶体管的发光器件,其中:

[0027] 场效应晶体管的有源层包含使其能够实现正常截止状态的透明非晶氧化物半导体。该透明非晶氧化物半导体优选具有对实现正常截止状态足够少的、小于 $10^{18}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度。

[0028] 根据本发明的另一个方面,提供一种有源矩阵显示器,具有包含第一和第二电极、以及位于第一和第二电极之间的发光层的发光元件;用于驱动发光元件的场效应晶体管;和配置为 2 维矩阵形式的图像元件电路,其中:

[0029] 该场效应晶体管的有源层包含其能够实现正常截止状态的透明非晶氧化物半导体。该透明非晶氧化物半导体优选具有对于实现正常截止状态为足够少的、小于 $10^{18}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度。

[0030] 根据本发明的另一个方面,提供一种显示产品,包含:

[0031] 包含第一和第二电极以及位于第一和第二电极之间的发光层的发光元件、和用于驱动该发光元件的晶体管,其特征在于:

[0032] 该场效应晶体管的有源层包含非晶氧化物半导体。

[0033] 优选的,该非晶氧化物是从由包含 In、Zn 和 Sn 的氧化物、包含 In 和 Zn 的氧化物、包含 In 和 Sn 的氧化物、以及包含 In 的氧化物所构成的组中选出的任何一种。

[0034] 可选的,该晶体管为正常截止型晶体管。

[0035] 本发明能够提供一种新的发光器件、电子照相器件和有源矩阵显示单元。

[0036] 作为研究 ZnO 氧化物半导体的结果,本发明发现通常的工艺不能形成稳定的非晶相。另外,发现大部分通常制造的 ZnO 显示多晶相,在多晶晶粒间的界面上散射载流子,因此不能提高电子迁移率。此外,ZnO 倾向于形成氧缺陷,因此,产生很多载流子电子,难于减小电导率。因此,使用 ZnO 半导体的 TFT,在源极端子和漏极端子之间流过大的电流,即使当不施加晶体管的栅电压时也如此,不能实现正常截止操作。另外也发现,使用 ZnO 半导体的 TFT 难于增加 ON/OFF 比。

[0037] 另外,本发明人对在日本专利申请 No. 2000-044236 号公报中公开的非晶氧化物

薄膜 $Zn_xM_yIn_zO_{(x+3y/2+3z/2)}$ (其中, M 为 Al 和 Ga 中的至少一种) 进行了研究。该材料具有大于等于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度, 并因此适合简单地用作透明电极。然而, 发现该材料不适合用于正常截止型 TFT, 原因在于: 当 TFT 使用电子载流子浓度大于等于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的氧化物作为其沟道层时, TFT 不能提供足够的 ON/OFF 比。

[0038] 换句话说, 现有的非晶氧化物薄膜不能获得小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度。

[0039] 本发明人积极地研究了作为材料的 $InGaO_3(ZnO)_m$ 的特性和成膜条件, 结果发现: 通过控制在成膜过程中的氧气氛条件, 能够将电子载流子浓度减小到小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 。

[0040] 因此, 本发明人发现: 通过使用包含电子载流子浓度小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的非晶氧化物作为场效应晶体管的有源层而制备的 TFT, 能够显示期望的特性, 并可以将其应用到如发光器件等的平板显示器上。

[0041] 作为设置有多个使用根据本发明的发光器件的线性排列的光源和感光器的电子照相器件, 有复印机、打印机和一体化鼓盒。

附图说明

[0042] 图 1 示出以脉冲激光汽相淀积法形成的基于 In-Ga-Zn-O 的非晶薄膜中的电子载流子浓度与成膜时的氧分压之间的关系的示意图。

[0043] 图 2 示出以溅射法利用氩气形成的基于 In-Ga-Zn-O 的非晶薄膜中的电导率与成膜时的氧分压之间的关系的示意图。

[0044] 图 3 示出以脉冲激光汽相淀积法形成的基于 In-Ga-Zn-O 的非晶薄膜中的电子载流子数量与电子迁移率之间的关系的示意图。

[0045] 图 4A、4B、4C 示出相对于以脉冲激光汽相淀积法在具有 0.8Pa 的氧分压的气氛下形成的 $InGaO_3(Zn_{1-x}Mg_xO)$ 薄膜中的 x 值, 电导率、载流子浓度和电子迁移率的改变。

[0046] 图 5 示出实施方式 1 中制备的顶部栅极型 MISFET 元件的结构框图。

[0047] 图 6 示出实施方式 1 中制备的顶部栅极型 MISFET 元件的电流 - 电压特性的示意图。

[0048] 图 7 示出本发明的发光器件的剖面的示意图。

[0049] 图 8 示出当本发明的发光器件用作显示器时的电路图。

[0050] 图 9 示出本发明的发光器件剖面示意图。

[0051] 图 10 示出本发明的线性排列的光源的电连接示意图。

[0052] 图 11 示出本发明的线性排列光源的配置例的剖面图。

[0053] 图 12 示出本发明线性排列的光源的配置例的剖面图 (右上结构)。

[0054] 图 13 示出复印机、页式打印机、在一体化鼓盒内的光导鼓和线性排列的光源的配置例的示意图。

[0055] 图 14 示出脉冲激光汽相淀积设备的示意图。

[0056] 图 15 示出溅射成膜设备的示意图。

具体实施方式

[0057] 参照示出第 1 实施方式的图 7, 对根据本发明的基本结构进行说明。

[0058] 在这些附图中, 符号 70 表示漏电极、符号 71 表示衬底、符号 72 表示有源层、符号

73 表示栅绝缘膜、符号 74 表示栅电极、符号 75 表示源电极、符号 77 表示第二电极、符号 78 表示发光层、符号 79 表示第一电极。在第 1 实施方式中,将第二电极(以后称为“底部电极”)配置在比发光层更靠近衬底的位置上,发光层是有机 EL 层。将第一电极(以后,称为“对置电极”)配置在比发光层更远离衬底的位置上。上述部件之间的间隙用层间绝缘层 76 填充。

[0059] 首先,详细叙述每个部件。

[0060] (1. 衬底)

[0061] 在发光器件中,通常使用玻璃作为衬底的材料。然而,由于在本发明中所使用的 TFT 能够在低温下形成,因此难于用于有源矩阵中的塑料衬底能够在本发明中使用。因而,能够提供重量轻、难以损坏、并在一定范围内可弯曲的发光器件。当然,也可以使用如 Si 的半导体衬底和陶瓷衬底。只要该衬底是平坦的,也可以使用具有设置在金属基板上的绝缘层的衬底。

[0062] (2. 晶体管)

[0063] 晶体管的有源层可以是任何一种材料,只要它具有期望的特性,具体地,电子载流子浓度小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以及电子迁移率大于 $1\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{秒})$ 。该材料包括:例如,基于 In-Ga-Zn-O 的非晶氧化物半导体。该非晶氧化物是透明的膜。这里,透明一词不仅表示对可见光充分地透明的情况,而且还包括在可见光范围内的至少一部分光线是光学透明的情况。关于光学透明性,基于 In-Ga-Zn-O 的非晶氧化物半导体优选具有大于等于 50% 的透射率;更优选地,具有大于等于 80% 的透射率。上述合成物可以包括替代的或添加的 Mg。当发光器件包含使用基于 In-Ga-Zn-O 的有源层的 TFT 时,由于 TFT 对有机 EL 元件提供足够的电压和电流的驱动强度,因而显示了有用的性能。

[0064] 将单独地对该非晶氧化物进行详细的描述。

[0065] 溅射技术和脉冲激光汽相淀积方法适用于形成上述有源层,但是可以使用在产量上有优势的各种溅射技术。也可以适当地在有源层与衬底之间插入缓冲层。

[0066] 作为栅绝缘膜,优选地,是 Al_2O_3 、 Y_2O_3 、 HfO_2 中的任何一种,或是至少包含它们中的 2 种或更多的混合结晶化合物;但也可以是其他的化合物。

[0067] 可使用的源电极和漏电极,包括以 ITO 为代表的导电氧化物和如 Au 等的金属。然而,优选地,电极可以与有源层欧姆地或近似欧姆地连接。漏电极也可以直接与发光层相连而不用经过第二电极。

[0068] (3. 发光层)

[0069] 只要能够由 TFT 驱动,对发光层就没有限制,但是有机 EL 是尤其有利的。用于本发明的有机 EL 层 78 极少作为单层使用,而经常用作如下所述的多层结构。以下,“电子传输层”意味着具有电子传输功能的发光层。

[0070] 空穴传输层 / 发光层 + 电子传输层;

[0071] 空穴传输层 / 发光层 / 电子传输层;

[0072] 空穴注入层 / 空穴传输层 / 发光层 / 电子传输层;

[0073] 空穴注入层 / 空穴传输层 / 发光层 / 电子传输层 / 电子注入层。

[0074] 有时在多层之间插入电子屏蔽层和粘合促进层。

[0075] 通常,在发光层的发光原理中,有荧光和磷光的两种原理,但从发光功效的观点出

发磷光是有效的。铍络合物作为磷光材料是有用的。低分子聚合体和高分子聚合体都能够作为用于发光层的基础金属的聚合体。当使用低分子聚合体时,发光层通常能够以汽相沉积法形成;当使用高分子聚合体时,发光层能够以喷墨法或印刷工艺形成。例如,低 MW(分子量)材料包括胺络合物,葱,稀土络合物和贵金属络合物;高 MW 材料包括 π 共轭聚合体和含色素的聚合体。

[0076] 电子注入层包括碱金属、碱土金属、它们的化合物、和以碱金属掺杂的有机层。此外,电子传输层包括 Al 络合物、噻二唑、三唑,和邻二氮杂菲。

[0077] 空穴注入层包括芳基胺(arylamines)、酞菁染料和以路易斯(Lewis)酸掺杂的有机层;空穴传输层包括芳基胺(arylamines)。

[0078] 图 7 示出有机 EL 元件的结构例,但是相同的结构可以用于无机 EL 元件。

[0079] (4. 第一电极)

[0080] 将描述第一电极作为对置电极的情况。对对置电极优选的材料根据是用于作顶部发射型还是用于底部发射型,以及是用作阴极还是阳极而不同。

[0081] 当对置电极用于顶部发射型时,需要透明度;当用作阳极时,可用的材料包括 ITO、导电氧化锡、导电 ZnO 和电子载流子浓度大于等于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的基于 In-Zn-O 和基于 In-Ga-Zn-O 的氧化物,它们全部是透明的导电氧化物。当用作阴极时,对置电极可以通过将碱金属或碱土金属掺杂到几十纳米或更薄的薄膜中以形成合金,并在上部形成透明导电氧化物而构成。

[0082] 当将其用于底部发射类型时,不需要透明度,因此,当将其用作阳极时,可以使用 Au 合金和 Pt 合金;当将其用作阴极时,可以使用添加了 Ag 的 Mg、添加了 Li 的 Al、硅化物、硼化物、以及氮化物。

[0083] (5. 第二电极)

[0084] 将第二电极连接到漏电极上。第二电极可以具有与漏电极相同或不同的化合物。

[0085] 第二电极可以是底部电极。底部电极可以形成为沿衬底或发光层形成的层。

[0086] 当发光层是以有机 EL 元件为代表的电流注入型时,根据结构优选地具有底部电极。

[0087] 当与底部电极相连的发光层是阴极时,优选地,该底部电极是功函数小的金属。该底部电极包括,例如,添加了 Ag 的 Mg、添加了 Li 的 Al、硅化物、硼化物和氮化物。此时,与直接与 TFT 的漏极部分相连比起来,更有利的是通过布线与 TFT 的漏极部分相连。

[0088] 当与底部电极相连的发光层是阳极时,优选地,该底部电极是功函数大的金属。该底部电极包括,例如,ITO、导电氧化锡、导电 ZnO、In-Zn-O、Pt 合金和 Au 合金。此外,可以使用具有电子载流子浓度大于等于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的基于 In-Ga-Zn-O 的氧化物。与用于 TFT 的情况不同,在此情况下,由于底部电极是氧化物,所以载流子浓度越高越优选。例如,更优选载流子浓度大于等于 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 。当底部电极是由 ITO 或基于 In-Ga-Zn-O 的氧化物(具有高载流子浓度)制成时,由于它是透明的,因此即使在底部发射类型中使用,也能够提供高的开口面积比。当底部电极直接与漏电极、尤其是 ITO 相连时,上述的基于 In-Ga-Zn-O 的氧化物(高载流子浓度)和 Au 合金是更加优选的。

[0089] 当底部电极直接与漏电极相连时,底部电极优选是空穴注入型。尤其,底部电极的材料优选是 ITO、掺杂了 Al 或 Ga 的 ZnO、以及具有载流子浓度大于等于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的基

于 In-Ga-Zn-O 的氧化物。尤其,当基于 In-Ga-Zn-O 的氧化物用作电极和有源层时,有源层 In-Ga-Zn-O 的一部分的载流子浓度可以通过在其中引入氧缺陷等技术来提高;发光器件被简单而有效地配置。此时,一看便知,空穴传输层和空穴注入层在有源层上形成。这种结构在本发明的范围内。具体地,该结构是底部电极和漏电极集成在有源层的一部分上的结构。

[0090] (6. 层间绝缘层)

[0091] 具体地说,当第二电极是底部电极时,作为底部电极 77 的下层的层间绝缘层 76 可以使用与栅绝缘膜相同的材料。当然,为了获得平坦层,也可以使用其他材料的绝缘层。例如,聚酰亚胺薄膜可以被旋转涂布,氧化硅可以以等离子体 CVD 法、PECVD 法和 LPCVD 法形成或通过涂布并焙烧硅醇盐形成。层间绝缘层适当地具有形成在其中的、用于与源电极或漏电极相连的接触孔。

[0092] (7. 电极布线及其他)

[0093] 如作为栅电极布线的扫描电极布线和信号电极布线的电极布线,可以使用如 Al、Cr 和 W 等金属,和如 WSi 等硅化物作为材料。

[0094] 下面,将详细叙述各组成部分之间的关系。

[0095] 首先,将参照图 7 说明第 1 实施方式,其中,优选底部电极通过布线部分地与漏电极相连。

[0096] 第 1 实施方式

[0097] 源电极 75 和漏电极 70 被直接连接到有源层 72 上,并且流过有源层 72 的电流由栅电极 74 隔着栅绝缘层 73 而进行控制。

[0098] 发光层的有机 EL 层 78 通过底部电极 77 和接触孔中的布线被连接到漏电极 70 上。层间绝缘层 76 位于底部电极 77 与 TFT 部分之间,以将它们电绝缘。层间绝缘层 76 不必为单层,而通常是由配置在栅绝缘膜和栅电极上部的各绝缘层构成的,并且通常层间绝缘层用作平坦化的目的。

[0099] 对置电极 79 位于有机 EL 层 78 的上部,并将电压施加到有机 EL 层 78 上,以使得当 TFT 导通时,使该有机 EL 层 78 发光。

[0100] 这里,漏电极 70 与第二电极电连接,或者其自身就是第二电极。

[0101] 图 7 示出有机 EL 层 78 也位于 TFT 的顶部的高开口面积比的例子,然而有机 EL 层 78 可以在除 TFT 部分以外的其他部分上形成,只要不引起应用上的问题即可。然而,当有机 EL 层 78 使用于图 7 所示的结构中时,优选地,有机 EL 层的下部尽可能平坦。

[0102] 虽然图 7 中漏电极 70 与底部电极 77 相连,但也可以根据用法将源电极 75 与底部电极 77 相连。即、本发明的特征在于:将包含非晶氧化物的晶体管的源电极和漏电极中的任何一个,连接到夹着发光层的电极上。当在发光层 78 下的底部电极 77 为阳极时,将 TFT 的源电极连接到阳极上的结构也是优选的。

[0103] (发光器件的制备)

[0104] 这里,参照漏电极通过布线与底部电极相连的结构,并且把有机 EL 用作发光元件的例子,对根据本发明的发光器件的制造过程进行阐述。

[0105] (晶体管的制备)

[0106] 通过以下步骤制备晶体管:

[0107] 使用具有 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 成分的多晶烧结块作为靶,在电子载流子浓度为 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的条件下,利用脉冲激光汽相淀积法在玻璃衬底上、将基于 In-Ga-Zn-O 的非晶氧化物半导体淀积为 120nm 厚的薄膜;该步骤将在后详述;

[0108] 然后,在氧分压被控制为小于 1Pa 的室内,利用脉冲激光淀积法成层 30nm 厚的具有高电导率的 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 的膜,并利用电子束汽相淀积法在其上面形成 50nm 厚的 Au 膜作为源电极和漏电极;

[0109] 然后,利用电子束汽相淀积法分别形成 90nm 厚的作为栅绝缘膜的 Y_2O_3 膜,和 50nm 厚的作为栅电极的 Au 膜。在上述一系列工序中,每层都利用光刻法和剥离技术形成期望的尺寸。另外,利用相似的方法在它们的上面形成绝缘层。然后,还在其中形成用于漏电极的接触孔。

[0110] (底部电极层的制备)

[0111] 然后,利用溅射工艺,通过形成厚度为 300nm 的 ITO 薄膜而形成底部电极;之后,利用在接触孔中的布线与漏电极和底部电极相连。

[0112] (有机 EL 发光层的制备)

[0113] 在下面的步骤中,利用热电阻汽相淀积法通过形成下述薄膜而形成有机 EL 发光层:作为空穴注入层的、60nm 厚的 4,4'-二[N,N-二胺]-4"-苯基-三苯基胺膜;作为其上的空穴传输层的、20nm 厚的 4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯胺基]联苯膜;作为发光层的、40nm 厚的 4,4'-二(2,2-联苯)乙烯基膜;和作为电子传输层的、20nm 厚的三(8-羟基喹啉)铝膜。

[0114] (对置电极的制备)

[0115] 最后,通过利用双汽相淀积法形成 50nm 厚的 Al 和 Ag 合金膜,和形成 50nm 厚的 Al 膜,而制备对置电极。

[0116] 当通过与其上的探针相接触而驱动上述元件时,从衬底的背面发出蓝光;即得到底部发射型元件。

[0117] 本实施方式的重要之处在于:通过控制氧缺陷的数量,基于 In-Ga-Zn-O 的非晶氧化物半导体得到期望的电子载流子浓度。

[0118] 如上所述,在透明氧化物膜中的氧的数量(氧缺陷的数量)由在包含预定氧浓度的气氛下成膜而被控制,但是也优选地,通过对在上述含氧的气氛下在上述步骤中形成的氧化物薄膜进行后处理来控制(减少或增加)氧缺陷的数量。

[0119] 为了有效控制氧缺陷的数量,将含氧气氛的温度控制为大于等于 0°C 、并小于等于 300°C ;优选地,大于等于 25°C 、并小于等于 250°C ;更优选地,大于等于 100°C 、并小于等于 200°C 。

[0120] 当然,也可以在含氧的气氛中成膜,然后在含氧的气氛中进行后处理。此外,如果该方法提供了预定的电子载流子浓度(小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$),也能够在不控制氧分压的气氛中成膜,并在含氧的气氛中进行后处理。

[0121] 这里,本发明的电子载流子浓度的下限与应用所得到的氧化物薄膜的元件、电路和器件的种类有关,但是例如大于等于 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^3$ 。

[0122] 其次,将参照图 9,阐述底部电极直接与漏电极相连而不在其间插入布线的第 2 实施方式。

[0123] 第 2 实施方式

[0124] 在图 9 中,符号 91 表示衬底,符号 92 表示由本发明的半导体材料制造的有源层,符号 93 表示栅绝缘膜,符号 94 表示栅电极,符号 95 表示源电极,符号 96 表示绝缘层,符号 97 表示底部电极。底部电极 97 形成于漏电极上,或与漏电极相同,换句话说即是漏电极本身。符号 98 表示有机 EL 层,符号 99 表示对置电极。

[0125] 本实施方式具有基本上与第 1 实施方式相同的结构类型,即、底部电极的一部分通过布线与漏电极相连;但不同的结构是,当从衬底 91 上方位置观察时,漏电极和发光层布层于相同的重叠区域上,并且底部电极位于它们之间。

[0126] 漏电极可以是与底部电极相同的部件。此时,漏电极需要具有将电子或空穴有效地注入有机 EL 层的能力。

[0127] 优选地,通过增加氧缺陷,将与漏电极的底部相对应的有源层的一部分的电子载流子浓度控制为大于等于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 。于是,它能够同时作为漏电极和底部电极使用。此时,优选地,该有源层由 In-Ga-Zn-O 膜构成,其功能为空穴注入层,并与发光层的阳极部分相连。

[0128] 图 9 表示发光层设置在 TFT 层上部的例子,可选的结构是:如果不引起功能上的问题,可以将第一电极的对置电极和第二电极的底部电极颠倒,而将第一电极直接层叠在漏电极上。此时,作为底部电极的第二电极表面上位于上部,但是只要与漏电极相连、其功能就相同。尤其,当使用无机 EL 层时,由于比有机 EL 层更难加工,因此可以采用相反的情况。

[0129] 在本发明的发光器件的优选结构中,第一和第二电极为对置电极和底部电极,场效应晶体管为 TFT, TFT 的有源层包含 In、Ga 和 Zn,至少一部分有源层为非晶氧化物,并且发光层的一部分与 TFT 的漏电极电连接。

[0130] 在根据本发明的发光器件中,发光层的一部分直接与漏电极相连,或发光层的一部分可以通过布线与漏电极相连。优选地,如此连接的发光层的一部分是发光层的阳极侧或阴极侧。

[0131] 优选地,漏电极和上述的底部电极中至少一个为透明导电氧化物。

[0132] 其次,参照图 8,对第 3 实施方式的应用于显示器的结构例子进行说明。

[0133] 虽然在图 9 中,将漏电极 97 用作底部电极,但根据发光层的层结构的构造,源电极 95 也可以用作底部电极。即、本发明的特征在于:将包含非晶氧化物的晶体管的源电极和漏电极中任意一个连接到夹着发光层的电极上。

[0134] 第 3 实施方式

[0135] 在图 8 中,符号 81 表示用于驱动有机 EL 层 84 的晶体管,该晶体管将电流传输给具有有机 EL 层 84 和夹着该有机 EL 层 84 的一对电极的发光元件。符号 82 是用于选择图像元件的晶体管 2,用于将用来决定传送给发光元件的电流的图像信号提供给晶体管 81 的栅极。

[0136] 此外,为了保持所选择的条件而设置电容器 83,存储公共电极布线 87 与晶体管 2 的源电极部分之间的电荷,并保持晶体管 1 的栅极信号。图像元件通过扫描电极线 85 和信号电极线 86 而被选择并决定。

[0137] 该结构将被更详细的描述。

[0138] 当行选择信号以脉冲信号的形式通过扫描电极 85 从驱动器电路(未图示)施加

到栅电极上的同时,图像信号通过信号电极 86 从另一个驱动器电路(未图示)施加到晶体管 82 上,以选择图像元件。

[0139] 此时,晶体管 82 导通,电荷存储于设置在信号电极布线 86 和晶体管 82 的源电极之间的电容器 83 中。因此,晶体管 81 的栅电压被保持在对应于图像信号的期望的电压,晶体管 81 在源电极和漏电极之间流过对应于图像信号的电流。该状态被保持直到该晶体管接收到下一个信号。当晶体管 81 流过电流时,电流也被连续地施加到有机 EL 层 84 上,发光被保持。

[0140] 图 8 示出对一个图像元件使用两个晶体管和一个电容器的结构例子,但是为了增强性能,该结构可以包含更多的晶体管。

[0141] 关键是根据本发明,通过使用具有以透明的并可以在低温下形成的基于 In-Ga-Zn-O 的氧化物为代表的非晶氧化物的有源层的 TFT,发光器件可以在晶体管部分实现正常截止型的 TFT,因此抑制不需要的发光。上述 TFT 也可以提供具有高对比度的电子照相器和显示器单元。

[0142] 第 4 实施方式

[0143] 如图 11 和图 12 所示,本发明的第 4 实施方式是底部发射型的发光器件。

[0144] 具体地,发光器件具有设置在光学透明衬底上的上述的发光层和上述的场效应晶体管,并经由上述衬底从上述发光层发光。在图 11 中,由非晶氧化物构成的有源层(沟道层 2101)也设置在发光元件 2106 的正下方,但并不需要设置在其正下方。当然,在图 11 的结构中,从发光层 2108 发射的光线穿过由上述非晶氧化物构成的有源层和衬底 2100。

[0145] 顺便说明,光源可以通过在一维上设置本发明的发光器件来制造,并且可以通过将其自身与如图 13 所示的感光器的光导鼓 2350 组合而制造设备。具体地,电子照相装置可以包括感光器 2350,为感光器供电的供电单元(未图示),用光 2301 照射感光器以在感光器上形成潜像的曝光光源 2300,和用于显影上述潜像的显影单元(未图示)。

[0146] 在上述第 1 和第 2 实施方式中阐述的非晶氧化物,将在下面进行详细说明。

[0147] (非晶氧化物)

[0148] 在上述本发明的第 1~第 3 实施方式中使用的有源层在下面进行说明。

[0149] 在本发明中的非晶氧化物的电子载流子浓度是在室温下的测量值。室温为 0°C~约 40°C 范围内的温度,例如,25°C。本发明的非晶氧化物的电子载流子浓度不必在整个 0°C~40°C 的范围内都小于 $10^{18}/\text{cm}^3$ 。例如,在 25°C 的温度下,小于 $10^{18}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度是可接受的。在较低电子载流子浓度下,不高于 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$,或不高于 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$,能够高产出率地制造正常截止型 TFT。

[0150] 在本说明书中,小于“ $10^{18}/\text{cm}^3$ ”是指“优选地小于 $10^{18}/\text{cm}^3$,和更优选地少于 $1.0 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ”。电子载流子浓度可以利用霍耳效应法来测量。

[0151] 本发明的非晶氧化物是在 X-射线衍射光谱测定法中呈现光晕图案并且无特征衍射线的氧化物。

[0152] 在本发明的非晶氧化物中,电子载流子浓度的下限是例如 $1 \times 10^{12}/\text{cm}^3$;但由于可将其作为 TFT 的沟道层使用,故并不限于这一范围。

[0153] 因此,本发明中,通过控制如后述的例子中所述的非晶氧化物的材料、组分比、制造条件等来将电子载流子浓度调整在范围内,例如从 $1 \times 10^{12}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的范围内,

优选地,从 $1 \times 10^{13}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 的范围内,更优选地,从 $1 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 的范围内。

[0154] 除了 InZnGa 氧化物外,非晶氧化物也可以适当地从 In 氧化物, $\text{In}_x\text{Zn}_{1-x}$ 氧化物 ($0.2 \leq x \leq 1$), $\text{In}_x\text{Sn}_{1-x}$ 氧化物 ($0.8 \leq x \leq 1$), $\text{In}_x(\text{Zn}, \text{Sn})_{1-x}$ 氧化物 ($0.15 \leq x \leq 1$) 中选择。该 $\text{In}_x(\text{Zn}, \text{Sn})_{1-x}$ 氧化物也可以用 $\text{In}_x(\text{Zn}_y\text{Sn}_{1-y})_{1-x}$ ($0 \leq y \leq 1$) 表示。

[0155] 当 In 氧化物既不包含 Zn 也不包含 Sn 时, In 可以部分地替换为 Ga: $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}$ 氧化物 ($0 \leq x \leq 1$)。

[0156] 以下将详细叙述由本发明的发明者制备的电子载流子浓度为 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的非晶氧化物。

[0157] 上述的一组氧化物典型地包括 In-Ga-Zn-O, 以结晶状态的 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_m$ (m : 小于 6 的自然数) 为代表, 并包含小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 浓度的电子载流子。

[0158] 上述的另一组氧化物典型地包括 In-Ga-Zn-Mg-O, 以结晶状态的 $\text{InGaO}_3(\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O})_m$ (m : 小于 6 的自然数, 而且 $0 \leq x \leq 1$) 为代表, 并包含小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 浓度的电子载流子。

[0159] 包括这种氧化物的膜, 优选地被设计为呈现出电子迁移率大于 $1\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ 。

[0160] 通过使用上述的膜作为沟道层, 能够制造在晶体管截止状态下栅电流小于 0.1 微安、具有大于 1×10^3 的 on-off 率、对可见光透明且柔软的正常截止型 TFT。

[0161] 在上述膜中, 电子迁移率随导电电子的增加而增加。形成透明膜的衬底包括玻璃板、塑料板和塑料膜。

[0162] 在使用上述非晶氧化物薄膜作为沟道层时, 由包括 Al_2O_3 、 Y_2O_3 或 HfO_2 , 或它们的混合结晶化合物的层中的至少一个作为栅绝缘体。

[0163] 在上述实施方式中, 所述膜在含氧气的气氛中形成, 不需为了增大电阻而对非晶氧化物有意识地添加杂质。

[0164] 本发明的发明人发现, 半绝缘氧化物的非晶薄膜的特征在于: 其电子迁移率随导电电子数量的增加而增加; 进一步发现通过使用该薄膜而制备的 TFT, 在例如 on-off 率、夹断状态下的饱和电流、开关速率等晶体管特性上得到提升。因此, 正常截止型 TFT 能够通过使用非晶氧化物而制造。

[0165] 通过使用非晶氧化物薄膜作为薄膜晶体管的沟道层, 电子迁移率能够变为大于 $1\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$, 优选地, 大于 $5\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ 。截止状态 (不施加栅电压) 下, 在载流子浓度小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 、优选地小于 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 时, 能够将漏极端子与源极端子之间的电流控制到小于 10 微安; 优选地小于 0.1 微安。另外, 通过使用该薄膜, 夹断后的饱和电流能够升高到大于等于 10 微安, 对于电子迁移率大于等于 $1\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ 、优选地大于等于 $5\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$, 能够将 on-off 率提高到大于 1×10^3 。

[0166] 在 TFT 的夹断状态下, 高电压被施加到栅极端子上, 而在沟道内存在高密度的电子。因此, 根据本发明, 饱和电流能够随电子迁移率的增加而增加。由此, 晶体管特性能够提升, 如 on-off 率的增加、饱和电流的增大、开关速率的增加。相反地, 在通常的化合物中, 由于电子间碰撞, 电子的增加减小了电子迁移率。

[0167] 上述的 TFT 的结构可以是交错 (顶部栅极) 结构, 其中栅绝缘体和栅极端子在半导体沟道层上连续形成; 或反交错 (底部栅极) 结构, 其中栅绝缘体和半导体沟道层在栅极端子上连续形成。

[0168] (形成薄膜的第 1 工艺:PLD 工艺)

[0169] 具有结晶状态的化合物 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_m$ (m 为小于 6 的自然数) 的非晶氧化物薄膜, 当 m 小于 6 时, 直到大于等于 800°C 的高温都是稳定的; 然而随着 m 的增加, 即 ZnO 对 InGaO_3 的比例的增加近似于 ZnO 化合物, 该氧化物趋向于结晶化。因此, 对于用作非晶 TFT 的沟道层, 该氧化物的 m 值优选小于 6。

[0170] 优选利用气相成膜工艺, 通过使用具有 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_m$ 成分的多晶烧结块的靶来进行成膜。对于气相成膜工艺, 溅射和脉冲激光汽相淀积法是适合的。溅射尤其适合于批量生产。

[0171] 然而, 在通常条件下的非晶膜的成膜过程中, 会发生氧缺陷, 因此无法获得小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度和小于 $10\text{S}/\text{cm}$ 的电导率。使用这种膜, 不能构成正常截止型晶体管。

[0172] 本发明的发明人以脉冲激光汽相淀积法、利用图 14 中的设备, 制造 In-Ga-Zn-O 薄膜。

[0173] 通过使用如图 14 所示的这种 PLD 成膜设备来成膜。

[0174] 在图 14 中, 符号表示如下: 701 为 RP(旋转式泵), 702 为 TMP(涡轮分子泵), 703 为预备室, 704 为 RHEED 用电子枪、705 为用于旋转和垂直移动衬底的衬底支架, 706 为激光射入窗, 707 为衬底, 708 为靶, 709 为基源, 710 为进气口, 711 为用于旋转和垂直移动靶的靶支架, 712 为旁路线, 713 为干线, 714 为 TMP(涡轮分子泵), 715 为 RP(旋转式泵), 716 为钛吸气泵, 717 为遮光器, 718 为 IG(离子压力计), 719 为 PG(皮拉尼计量器), 720 为 BG(Baratron 计量器), 721 为生长室。

[0175] 使用 KrF 受激准分子激光器脉冲激光汽相淀积法, 在 SiO_2 玻璃衬底 (Corning Co.: 1737) 上淀积 In-Ga-Zn-O 型非晶氧化物半导体薄膜。作为淀积前的预处理, 使用丙酮、乙醇、超纯水, 分别将衬底进行超声波清洗 5 分钟来脱脂, 并在 100°C 的空气下进行干燥。

[0176] 多晶靶是 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 烧结块 (尺寸: 直径 20mm, 厚度 5mm), 该烧结块是通过湿混合作为原材料的 In_2O_3 、 Ga_2O_3 、ZnO (每个为 4N 试剂) (溶剂: 乙醇), 焙烧该混合物 (1000°C , 2 小时), 干粉碎该混合物并烧结 (1550°C , 2 小时) 而制。该靶具有 $90\text{S}/\text{cm}$ 的电导率。

[0177] 将生长室中的最终真空度控制为 $2 \times 10^{-6}\text{Pa}$, 并且将在生长过程中的氧分压控制为 6.5Pa 来进行成膜。在生长室 721 中的氧分压为 6.5Pa , 而衬底温度为 25°C 。靶 708 与膜支撑衬底 707 之间的距离为 30nm, 通过导入窗口 716 导入的功率在 $1.5 \sim 3\text{mJ}/\text{cm}^2/\text{脉冲}$ 的范围内。脉冲宽度为 20nsec, 重复频率为 10Hz, 照射斑尺寸为 $1 \times 1\text{mm}^2$ 。在上述条件下, 在 $7\text{nm}/\text{min}$ 的速率下成膜。

[0178] 所得到的薄膜利用小角度 X-射线散射法 (SAXS) (薄膜法, 入射角: 0.5°) 测试: 没有观测到明显的衍射峰值。这样, 所得到的 In-Ga-Zn-O 型薄膜被判定为非晶型。根据 X-射线反射率及其图样分析, 均方粗糙度 (Rrms) 约为 0.5nm, 膜厚约为 120nm。根据荧光 X-射线光谱测定分析 (XRF), 该薄膜的金属成分为 $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 0.98 : 1.02 : 4$ 。电导率约小于 $1 \times 10^{-2}\text{S}/\text{cm}$ 。电子载流子浓度估计不超过 $1 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 。电子迁移率估计约为 $5\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ 。根据吸收光谱分析, 所得到的非晶薄膜的光学带隙能量宽度估计约为 3eV。

[0179] 上述结果显示所得到的 In-Ga-Zn-O 型薄膜是具有成分接近结晶 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 的、氧缺陷少、并具有低电导率的非晶相的透明平坦薄膜。

[0180] 将参照图 1 对上述薄膜形成进行更详细的说明。图 1 示出了对于在与上述例子相同成膜条件下形成的、假设为结晶态下的 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_m$ (m : 小于 6 的自然数) 成分的膜, 所形成的透明非晶氧化物薄膜中的电子载流子浓度关于氧分压的相关性。

[0181] 通过在与上述例子相同的条件下、在具有高于 4.5Pa 的氧分压的气氛中成膜, 如图 1 所示, 电子载流子浓度能够降低到小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 。在成膜过程中, 将衬底保持在接近室温, 而不需特意进行加热。对于使用柔软的塑料膜作为衬底, 衬底温度优选地保持在低于 100°C 的温度下。

[0182] 更高的氧分压能够减小电子载流子浓度。例如, 如图 1 所示, 在衬底温度为 25°C 、氧分压为 5Pa 时形成的 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 薄膜有 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 的较低电子载流子浓度。

[0183] 如图 2 所示, 在所得到的薄膜中, 电子迁移率高于 $1/\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ 。然而, 在本例中的高于 6.5Pa 的氧分压下、利用脉冲激光汽相淀积法淀积的膜具有粗糙的表面, 不适合作为 TFT 的沟道层。

[0184] 因此, 能够通过使用在高于 4.5Pa 的氧分压、优选地在高于 5Pa 而低于 6.5Pa 下, 以在上述例子中的脉冲激光汽相淀积法形成的以结晶态 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_m$ (m : 小于 6 的数) 为代表的透明薄非晶氧化物来制备正常截止型的晶体管。

[0185] 上述所得到的薄膜呈现出电子迁移率高于 $1\text{cm}^2/\text{V}$, 能够使 on-off 率高于 1×10^3 。

[0186] 如上所述, 在以本例中的条件下、以 PLD 方法形成 InGaZn 氧化物薄膜的过程中, 优选地将氧分压控制在 4.5Pa ~ 6.5Pa 范围内。

[0187] 为了得到 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度, 应该控制氧分压条件、成膜设备的结构、成膜材料的种类和成分。

[0188] 接下来, 通过在氧分压为 6.5Pa 时使用上述的设备形成非晶氧化物来形成图 5 中示出的顶部栅极型 MISFET 元件。具体地, 在玻璃衬底 1 上, 通过上述形成非晶薄 Ga-Ga-Zn-O 膜的方法, 形成用于沟道层 2 的 120nm 厚的半绝缘非晶 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 膜。在氧分压低于 1Pa 的室内, 利用脉冲激光淀积, 将厚度分别为 30nm 的更高电导率的 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 薄膜和金膜层叠在非晶 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 膜上。然后, 利用光刻法和剥离法, 形成漏极端子 5 和源极端子 6。最后, 通过电子束汽相淀积法, 形成用于栅绝缘层 3 的 Y_2O_3 膜 (厚度: 90nm, 相对介电常数: 约 15, 漏电流密度: 在 $0.5\text{MV}/\text{cm}$ 下为 $1 \times 10^{-3}\text{A}/\text{cm}^2$)。在其上形成金膜, 并利用光刻法和剥离法形成栅极端子 4。

[0189] (MISFET 元件的特性的评价)

[0190] 图 6 示出在室温下测试的 MISFET 元件的电流 - 电压特性。根据漏极电流 I_{DS} 随漏极电压 V_{DS} 的增加而增加, 可知该沟道为 n 型半导体。这与非晶 In-Ga-Zn-O 型半导体是 n 型半导体的事实相符。 I_{DS} 在 $V_{\text{DS}} = 6\text{V}$ 时变为饱和 (夹断), 这是半导体晶体管的典型特性。根据增益特性的测试可知, 在 $V_{\text{DS}} = 4\text{V}$ 时, 栅电压 V_{GS} 的阈值约为 -0.5V 。当 $V_{\text{G}} = 10\text{V}$ 时, 产生 $I_{\text{DS}} = 1.0 \times 10^{-5}\text{A}$ 的电流。这与在 In-Ga-Zn-O 型非晶半导体薄膜中, 利用栅极偏置而感应的载流子相对应。

[0191] 晶体管的 on-off 率高于 1×10^3 。根据输出特性, 场效应迁移率计算出大约为 $7\text{cm}^2(\text{Vs})^{-1}$ 。根据相同测试, 可见光的照射不改变所制造元件的晶体管特性。

[0192] 根据本发明, 能够制造具有含较低浓度的电子载流子的沟道层, 以获得更高的电阻和更高的电子迁移率的薄膜晶体管。

[0193] 上述非晶氧化物具有电子迁移率随电子载流子浓度的增大而增大,并具有简并传导性的优秀特性。在本例中,该薄膜形成于玻璃衬底上。然而,由于薄膜可以在室温下形成,因此塑料板或薄膜可以用作衬底。另外,在本例中所获得的非晶氧化物只吸收可见光的一小部分,故可以提供透明柔软的 TFT。

[0194] (成薄的第二工艺:溅射工艺(SP工艺))

[0195] 下面,将对利用高频 SP 工艺、使用氩气作为气氛形成薄膜的过程进行叙述。

[0196] SP 工艺通过使用图 15 中的设备而进行。在图 15 中,符号表示如下:807 表示用于形成薄膜的衬底,808 表示靶,805 表示装备了冷却设备的衬底支架,814 表示涡轮分子泵,815 表示旋转式泵,817 表示遮光器,818 表示离子压力计,819 表示皮拉尼计量器,821 表示生长室,830 表示闸门阀。

[0197] 用于形成薄膜的衬底 807 为 SiO_2 玻璃衬底 (Corning Co. :1737),使用丙酮、乙醇、超纯水,对该衬底进行超声波清洗各 5 分钟以脱脂,并在 100°C 的空气下进行干燥。

[0198] 该靶为具有 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ (尺寸:直径 20mm,厚度 5mm) 成分的多晶烧结块,其通过湿混合作为原材料的 In_2O_3 、 Ga_2O_3 、 ZnO (每个为 4N 试剂) (溶剂:乙醇)、焙烧该混合物 (1000°C , 2 小时)、干粉碎该混合物、并烧结 (1550°C , 2 小时) 而制成。靶 808 具有 $90\text{S}/\text{cm}$ 的电导率,是半绝缘的。

[0199] 生长室 821 的最终真空度为 $1 \times 10^{-4}\text{Torr}$ 。在生长过程中,氧和氩气的总压力是保持为 $4 \sim 0.1 \times 10^{-1}\text{Pa}$ 范围内的常数。在氧分压 $1 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-1}\text{Pa}$ 的范围内,氩气与氧气分压比改变。

[0200] 该衬底温度为室温。靶 808 与用于成膜的衬底 807 之间的距离为 30mm。

[0201] 输入电功率为 RF 180W,成膜速率为 $10\text{nm}/\text{min}$ 。

[0202] 所得到的薄膜,利用小角度 X-射线散射法 (SAXS) (薄膜法,入射角: 0.5°) 测试:没有观测到明显的衍射峰值。这样,所得到的 In-Ga-Zn-O 型薄膜被判定为非晶型。根据 X-射线反射率及其图样分析,均方粗糙度 (Rrms) 约为 0.5nm,膜厚约为 120nm。根据荧光 X-射线光谱测定分析 (XRF),该薄膜的金属成分为 $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 0.98 : 1.02 : 4$ 。

[0203] 在气氛的各种氧分压下形成膜,并且对所得到的非晶氧化物薄膜进行电导率测试。图 3 示出其结果。

[0204] 如图 3 所示,通过在具有高于 $3 \times 10^{-2}\text{Pa}$ 的氧分压的气氛中进行成膜,电导率可以降低到小于 $10\text{S}/\text{cm}$ 。电子载流子数量能够随着氧分压的增加而减小。

[0205] 如图 3 所示,例如,在 25°C 的衬底温度、 $1 \times 10^{-1}\text{Pa}$ 的氧分压下所形成的 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 薄膜,具有约为 $1 \times 10^{-10}\text{S}/\text{cm}$ 的较低的电导率。另外,在 $1 \times 10^{-1}\text{Pa}$ 的氧分压下形成的 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 薄膜具有特别高的电阻,具有不可测量的电导率。对于这样的薄膜,虽然电子迁移率是不可测量的,但通过高电子载流子浓度的薄膜的数值外推,电子迁移率估计大约为 $1 \times \text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ 。

[0206] 因此,具有高于 1×10^3 的 on-off 率的正常截止型晶体管,可以通过使用在氧分压高于 $3 \times 10^{-2}\text{Pa}$ 、优选地高于 $5 \times 10^{-1}\text{Pa}$ 的含氧氩气气氛中,以溅射汽相淀积法所制备的、由以结晶态 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_m$ (m : 小于 6 的自然数) 为代表的 In-Ga-Zn-O 构成的透明非晶氧化物薄膜而获得。

[0207] 在用于本例的设备和材料的使用中,利用溅射法成膜的过程是氧分压为

$3 \times 10^{-2} \text{Pa} \sim 5 \times 10^{-1} \text{Pa}$ 的范围内进行的。另外,如图 2 所示,在利用脉冲激光汽相淀积法或溅射法制造的薄膜中,电子迁移率随导电电子数量的增加而增加。

[0208] 如上所述,通过控制氧分压,可以减小氧缺陷,从而减小电子载流子浓度。在非晶薄膜中,由于与多晶状态不同,在非晶状态下没有实质的晶粒界面存在,因此电子迁移率高。

[0209] 另外,作为玻璃衬底的替代,200 μm 厚的聚乙烯对苯二酸脂 (PET) 膜不会改变在它上面所形成的 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 非晶氧化物膜的特性。

[0210] 高电阻的非晶膜 $\text{InGaO}_3(\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O})_m$ (m : 为小于 6 的自然数, $0 \leq x \leq 1$) 可以通过使用多晶 $\text{InGaO}_3(\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O})_m$ 作为靶而得到;即使在氧分压小于 1Pa 时。例如,使用由 Mg 代替 80 原子%的 Zn 的靶,利用脉冲激光淀积法,在氧分压 0.8Pa 的含氧的气氛中,能够得到低于 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ (电阻:约为 $1 \times 10^2 \text{S}/\text{cm}$) 的电子载流子浓度。在如此的薄膜中,电子迁移率低于无 Mg 的膜,但是这种减少是微量的:电子迁移率在室温下约为 $5 \text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$,比非晶硅化物的电子迁移率高一个数量级。当薄膜在相同的条件下形成时,Mg 含量的增加会使电导率和电子迁移率都减小。因此,优选地,Mg 的含量在 20%~85% 的范围内 ($0.2 < x < 0.85$)。

[0211] 在使用了上述非晶氧化物膜的薄膜晶体管中,栅绝缘体优选包含 Al_2O_3 、 Y_2O_3 、 HfO_2 、以及它们的混合物中的两种或更多的混合结晶化合物。

[0212] 在栅绝缘薄膜与沟道层薄膜之间的界面上出现的缺陷降低了电子迁移率,并导致晶体管特性的滞后现象。另外,电流泄漏与栅绝缘层的种类有很大的关系。因此,栅绝缘体要选择适合于沟道层。电流泄漏可以通过使用 Al_2O_3 膜而减小,滞后现象可以通过使用 Y_2O_3 膜而减小,而电子迁移率可以通过使用具有高介电常数的 HfO_2 膜而增加。通过使用上述化合物的混合结晶,能够形成电流泄漏小、滞后现象小且电子迁移率高的 TFT。由于栅绝缘体形成工艺和沟道层形成工艺能够在室温下进行,因此 TFT 能够形成为交错结构或反交错结构。

[0213] 因此这样形成的 TFT 是具有栅极端子、源极端子、漏极端子的三端器件。该 TFT 通过在陶瓷、玻璃或塑料绝缘衬底上形成作为为了传输电子或空穴的沟道层的半导体薄膜而构成;并作为具有通过在栅极端子上施加电压而控制流过沟道层的电流、并开关源极端子与漏极端子之间的电流的功能的有源元件。

[0214] 本发明的重要之处在于:能够通过控制氧缺陷的数量而获得期望的电子载流子浓度。

[0215] 如上所述,在非晶氧化物薄膜中的氧含量,通过控制在形成薄膜的气氛中的氧浓度而得到控制。另外,作为优选实施方式,氧缺陷量能够通过含氧气氛中对氧化物膜的后处理而得到控制(减少或增加)。

[0216] 为了有效控制氧缺陷量,将含氧气氛的温度控制在 $0^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ 的范围内,优选地控制在 $25^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$ 范围内,更优选地控制在 $100^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ 范围内。

[0217] 当然,薄膜能够在含氧气氛中形成并进一步在含氧气氛中被后处理。另外,可以不控制氧分压,并在含氧气氛中进行后处理而形成薄膜,只要能够获得期望的电子载流子浓度(小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$) 即可。

[0218] 本发明中电子载流子浓度的下限,例如为 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^3$,与使用所制造的氧化物薄膜的元件、电路或器件的种类有关。

[0219] (材料的广泛范围)

[0220] 在研究了用于该系统的其它的材料之后,发现:包括 Zn、In、和 Sn 元素中的至少一个的氧化物的非晶氧化物,对低载流子浓度和高电子迁移率的非晶氧化物薄膜是有用的。发现该非晶氧化物薄膜具有电子迁移率随其中的导电电子数量增加而增加的特殊特性。使用该薄膜,能够制造在如 on-off 率、在夹断状态下的饱和电流、切换速率等的晶体管特性上卓越的正常截止型 TFT。

[0221] 在本发明中,具有下述 (a) ~ (h) 中的任何一个特征的氧化物是可用的:

[0222] (a) 具有小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度的非晶氧化物;

[0223] (b) 电子迁移率随电子载流子浓度的增加而增加的非晶氧化物;(室温是指 $0^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ 范围内的温度。术语“非晶化合物”是指在 X-射线衍射光谱中仅显示光晕图案而不显示特征衍射图案的化合物。电子迁移率是指通过霍尔效应测量的测量值。)

[0224] (c) 在上述 (a) 或 (b) 项目中提及的非晶氧化物、其电子迁移率在室温下高于 $0.1\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$;

[0225] (d) 在上述 (b) ~ (c) 任何一个项目中提及的非晶氧化物,其显示了简并传导性;(术语“简并传导性”是指在关于电阻的温度相关性下的热激活能量小于等于 30meV 的状态。)

[0226] (e) 在上述 (a) ~ (d) 任何一个项目中提及的非晶氧化物,包含了 Zn、In、Sn 元素中的至少一个来作为构成元素;

[0227] (f) 包括上述 (e) 项目中提及的非晶氧化物,和附加地下述元素中的至少一种的非晶氧化物薄膜:

[0228] 具有原子数小于 Zn (Mg 和 Ca) 的 2 族元素 M2,

[0229] 具有原子数小于 In (B、Al、Ga 和 Y) 的 3 族元素 M3,

[0230] 具有原子数小于 Sn (Si、Ge 和 Zr) 的 4 族元素 M4,

[0231] 5 族元素 M5 (V、Nb 和 Ta) 以及 Lu 和 W 以减小电子载流子浓度;

[0232] (g) 在上述 (a) ~ (f) 任何一个项目中提及的非晶氧化物薄膜,包括具有结晶态 $\text{In}_{1-x}\text{M}_3\text{O}_3(\text{Zn}_{1-y}\text{M}_2\text{O})_m$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, m: 0$ 或小于 6 的自然数) 成分的单一化合物,或不同 m 数的化合物的混合物,例如 M3 为 Ga, M2 为 Mg;

[0233] (h) 形成于塑料衬底或塑料薄膜上的在上述 (a) ~ (g) 任何一个项目中提及的非晶氧化物薄膜。

[0234] 本发明还提供了一种使用上述非晶氧化物或非晶氧化物膜作为沟道层的场效应晶体管。

[0235] 制备场效应晶体管,该场效应晶体管使用具有电子载流子浓度小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 但大于 $1 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 的非晶氧化物薄膜作为沟道层,并具有源极端子和漏极端子,和插入了栅绝缘体的栅极端子。当在源极端子和漏极端子间施加大约 5V 的电压、而不施加栅电压时,源极端子和漏极端子之间的电流约为 1×10^{-7} 安培。

[0236] 在氧化物晶体中的电子迁移率,随金属离子的 s 轨道的重叠的增大而变大。在具有高原子数的 Zn、In 或 Sn 的氧化物晶体中,电子迁移率在 $0.1 \sim 200\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ 范围内。

[0237] 在氧化物中,氧和金属离子通过离子键成键而没有化学键取向,并具有随机的结构。因此,在非晶状态下的氧化物中,电子迁移率与结晶状态下的电子迁移率相当。

[0238] 另一方面,代替 Zn、In、或 Sn 的较低的原子数的元素会使电子迁移率减小。由此,在本发明的非晶氧化物中的电子迁移率在 $0.01 \sim 20 \text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ 范围内。

[0239] 在具有包括上述氧化物的沟道层的晶体管中,栅绝缘体优选地由 Al_2O_3 、 Y_2O_3 、 HfO_2 、或包含它们中的两个或更多的混合结晶化合物构成。

[0240] 在栅绝缘薄膜和沟道层薄膜间的界面上存在的缺陷降低了电子迁移率、并引起了晶体管特性的滞后现象。另外,电流泄漏与栅绝缘体的种类有很大的关系。因此,栅绝缘体应该选择与沟道层相适应。电流泄漏可以通过使用 Al_2O_3 膜而减小,滞后现象通过使用 Y_2O_3 膜而减小,电子迁移率通过使用具有高介电常数的 HfO_2 膜而增加。通过使用上述化合物的混合结晶,能够形成电流泄漏小、滞后现象小、且电子迁移率高的 TFT。由于栅绝缘体形成工艺和沟道层形成工艺能够在室温下进行,因此 TFT 能够形成为交错结构或反交错结构。

[0241] In_2O_3 氧化物薄膜可以通过气相工艺形成,并且在形成薄膜的气氛加入大约 0.1Pa 分压下的湿度使得所形成的薄膜非晶化。

[0242] ZnO 和 SnO_2 分别不易形成为非晶薄膜状态。为了在非晶状态下形成 ZnO 薄膜,加入 20 原子%量的 In_2O_3 。为了在非晶状态下形成 SnO_2 薄膜,加入 90 原子%量的 In_2O_3 。在 Sn-In-O 型非晶薄膜的形成中,将大约 0.1Pa 分压的气态氮加入到形成薄膜的气氛中。

[0243] 对上述非晶薄膜而言,可以加入能够形成复合氧化物的元素,该元素从具有低于 Zn(Mg 和 Ca) 的原子量的 2 族元素 M2,具有低于 In(B、Al、Ga 和 Y) 的原子量的 3 族元素 M3,具有低于 Sn(Si、Ge 和 Zr) 的原子量的 4 族元素 M4,5 族元素 M5(V、Nb 和 Ta) 以及 Lu、W 中选择。上述元件的加入,使室温下非晶薄膜变得稳定,并扩展了形成非晶薄膜的组成范围。

[0244] 尤其,倾向于形成共价键的 B、Si 或 Ge 的加入,对非晶相稳定性是有效的。包括离子半径差异较大的离子的复合氧化物的加入,对非晶相稳定性是有效的。例如,在 In-Zn-O 系统中,为了在室温下稳定地形成薄膜,需要包含大于约 20 原子%的 In。然而,与 In 等量的 Mg 的加入,在 In 大于等于约 15 原子%的组分范围内,能够形成稳定的非晶薄膜。

[0245] 在气相成膜过程中,通过控制形成薄膜的气氛,能够得到电子载流子浓度在 $1 \times 10^{15}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 范围内的非晶氧化物膜。

[0246] 非晶氧化物膜可以通过气相工艺,如脉冲激光气相淀积工艺(PLD 工艺)、溅射工艺(SP 工艺)、电子束气相淀积工艺适当地形成。关于气相工艺,PLD 工艺由于易于控制材料组成而适合使用,而 SP 工艺由于易于批量生产而适用。然而,薄膜形成工艺并不限于此。

[0247] (通过 PLD 工艺的 In-Zn-Ga-O 型非晶氧化物薄膜的形成)

[0248] 通过 PLD 工艺、利用 KrF 受激准分子激光器,使用具有 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})$ 或 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 成分的多晶烧结块作为靶,将 In-Zn-Ga-O 型非晶氧化物淀积在玻璃衬底(Corning Co. :1737)上。

[0249] 使用图 14 所示的前述设备,而且对该设备的薄膜形成条件与上述的相同。

[0250] 衬底温度为 25°C 。

[0251] 得到的两个薄膜利用小角度 X-射线散射法(SAXS)(薄膜法,入射角: 0.5°)测试:没有观测到明显的衍射峰值,这显示了用两种不同的靶所得到的 In-Ga-Zn-O 型薄膜均是非晶的。

[0252] 根据玻璃衬底的 In-Zn-Ga-O 型非晶氧化物薄膜的 X-射线反射率及其图像分析,该薄膜的均方粗糙度(Rrms)约为 0.5nm,该薄膜的厚度约为 120nm。根据荧光 X-射

线光谱测定分析 (XRF), 使用 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})$ 多晶烧结块的靶所得到的薄膜, 包含组成比为 $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1.1 : 1.1 : 0.9$ 的金属; 而由 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 多晶烧结块的靶所得到的薄膜, 包含组成比为 $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 0.98 : 1.02 : 4$ 的金属。

[0253] 使用 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 成分的靶, 在形成薄膜气氛的各种氧分压下形成非晶氧化物薄膜。对所形成的非晶氧化物薄膜的电子载流子浓度进行测量。图 1 示出其结果。如图 1 所示, 通过在具有高于 4.2Pa 的氧分压的气氛中形成薄膜, 电子载流子浓度能够小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 。在该薄膜的形成中, 将衬底保持在接近室温, 而不需有意进行加热。在低于 6.5Pa 的氧分压下, 所获得的非晶氧化物薄膜的表面是平坦的。

[0254] 在 5Pa 的氧分压下, 在使用 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 的靶形成的非晶膜中, 电子载流子浓度为 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$, 电导率为 $1 \times 10^{-2}\text{S}/\text{cm}$, 电子迁移率估计约为 $5\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ 。根据吸收光谱的分析, 所形成的非晶氧化物薄膜的光学带隙能量宽度估计约为 3eV。

[0255] 更高的氧分压进一步减小了电子载流子浓度。如图 1 所示, 在 25°C 的衬底温度、6Pa 的氧分压下, 形成的 In-Zn-Ga-O 型非晶氧化物薄膜的电子载流子浓度被减小为 $8 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ (电导率约为 $8 \times 10^{-3}\text{S}/\text{cm}$)。薄膜中的电子迁移率估计约为大于等于 $1\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ 。然而, 在大于等于 6.5Pa 的氧分压下, 利用 PLD 工艺所淀积的薄膜具有粗糙的表面, 不适合作为 TFT 的沟道层使用。

[0256] 在形成薄膜的气氛的各种氧分压下、使用由具有 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 成分的多晶烧结块构成的靶而形成该 In-Zn-Ga-O 型非晶氧化物薄膜。对所得到的薄膜的电子载流子浓度与电子迁移率之间的关系进行测试。图 2 示出其结果。对应于电子载流子浓度从 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 增加到 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$, 电子迁移率从大约 $3\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ 增加到大约 $11\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ 。对使用多晶烧结的 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})$ 作为靶而得到的非晶氧化物薄膜, 能观察到同样的趋势。

[0257] 在代替玻璃衬底的 200 μm 厚的聚乙烯对苯二酸酯 (PET) 膜上形成的 In-Zn-Ga-O 型非晶氧化物薄膜, 具有相似的特性。

[0258] (利用 PLD 工艺的 In-Zn-Ga-Mg-O 型非晶氧化物薄膜的形成)

[0259] 利用 PLD 工艺、使用 $\text{InGaO}_3(\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O})_4$ ($0 \leq x \leq 1$) 靶、在玻璃衬底上形成 $\text{InGaO}_3(\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O})_4$ ($0 \leq x \leq 1$) 薄膜。所使用的设备如图 14 所示。

[0260] SiO_2 玻璃衬底 (Coring Co. :1737) 被用作衬底。作为预处理, 对衬底分别使用丙酮、乙醇和超纯水进行各 5 分钟的超声波清洗以脱脂, 并在 100°C 的空气中干燥。靶是 $\text{InGaO}_3(\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O})_4$ ($x = 1 \sim 0$) 的烧结块 (尺寸: 直径 20mm、厚度 5mm)。

[0261] 靶通过湿混合原材料 In_2O_3 、 Ga_2O_3 和 ZnO (每个为 4N 试剂) (溶剂: 乙醇)、焙烧该混合物 (1000°C, 2 小时)、然后干粉碎、最后烧结 (1550°C, 2 小时) 而制备。在生长室内的最终压力为 $2 \times 10^{-6}\text{Pa}$ 。在生长中将氧分压控制为 0.8Pa。衬底温度为室温 (25°C)。靶与为了形成薄膜的衬底之间的距离为 30nm。KrF 受激准分子激光器照射功率为 $1.5\text{mJ}/\text{cm}^2/\text{脉冲}$, 以 20nsec 的脉冲宽度、10Hz 的重复频率、 $1 \times 1\text{mm}^2$ 的照射斑尺寸进行照射。薄膜形成速率为 7nm/min。在薄膜形成的气氛中的氧分压为 0.8Pa。衬底温度为 25°C。

[0262] 所得到的薄膜用小角度 X-射线散射法 (SAXS) (薄膜法, 入射角: 0.5°) 进行测试: 没有发现明显的衍射峰值。因此, 所得到的 In-Ga-Zn-Mg-O 型薄膜是非晶的。所得到的薄膜具有平坦的表面。

[0263] 通过使用不同 x 值的靶 (Mg 含量不同), 在薄膜形成气氛中的 0.8Pa 的氧分压下形

成 In-Zn-Ga-Mg-O 型非晶氧化物薄膜,用来研究电导率、电子载流子浓度和电子迁移率与 x 值的相关性。

[0264] 图 4A、4B、4C 示出其结果。在 x 值高于 0.4 时,在利用 PLD 工艺在 0.8Pa 氧分压的气氛中形成的非晶氧化物薄膜中,电子载流子浓度减小为小于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 。在 x 值高于 0.4 的非晶氧化物薄膜中,电子迁移率高于 $1\text{cm}^2/\text{V}$ 。

[0265] 如图 4A、4B 和 4C 所示,在利用脉冲激光淀积工艺使用以 Mg 代替 80 原子%的 Zn 的靶、并且氧分压为 0.8Pa(电阻:约为 $1 \times 10^{-2}\text{S} \cdot \text{cm}$) 下所制备的薄膜中,能够获得小于 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 的电子载流子浓度。在该薄膜中,与无 Mg 薄膜相比,电子迁移率减小,但是这种减小是微量的。在该薄膜中的电子迁移率约为 $5\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$,这比非晶硅的电子迁移率高一个数量级。在相同的薄膜形成条件下,薄膜的电导率和电子迁移率随 Mg 含量的增加而减小。因此,薄膜中的 Mg 含量优选地大于 20 原子%并小于 85 原子% ($0.2 < x < 0.85$),更优选地,为 $0.5 < x < 0.85$ 。

[0266] 在代替玻璃衬底的 $200 \mu\text{m}$ 厚的聚乙烯对苯二酸酯 (PET) 膜上形成的 $\text{InGaO}_3(\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O})_4$ ($0 \leq x \leq 1$) 非晶薄膜具有相似的特性。

[0267] (利用 PLD 工艺的 In_2O_3 非晶氧化物薄膜的形成)

[0268] 在 $200 \mu\text{m}$ 厚的 PET 薄膜上、通过使用由 In_2O_3 多晶烧结块构成的靶;以使用 KrF 受激准分子激光器的 PLD 工艺形成 In_2O_3 膜。

[0269] 所使用的设备在图 14 中所示。用于薄膜形成的衬底为 SiO_2 玻璃衬底 (Corning Co. :1737)。

[0270] 作为淀积前的预处理,将衬底分别用丙醇、乙醇、超纯水、进行各 5 分钟的超声波清洗以脱脂,并在 100°C 空气下进行干燥。

[0271] 靶是通过焙烧原材料 In_2O_3 (4N 试剂) (1000°C , 2 小时)、然后干粉碎、并烧结 (1550°C , 2 小时) 而制备的 In_2O_3 烧结块 (尺寸:直径 20mm, 厚度 5mm)。

[0272] 生长室的最终的真空度为 $2 \times 10^{-6}\text{Pa}$,生长中的氧分压为 5Pa,并且衬底温度为 25°C 。

[0273] 水蒸气分压为 0.1Pa,氧基通过在 200W 下使用氧基发生组件而产生。

[0274] 靶与薄膜支持衬底之间的距离为 40mm, KrF 受激准分子激光器的功率为 $0.5\text{mJ}/\text{cm}^2$ /脉冲,脉冲宽度为 20nsec,重复频率为 10Hz,照射斑尺寸为 $1 \times 1\text{mm}^2$ 。

[0275] 薄膜形成速率为 $3\text{nm}/\text{min}$ 。

[0276] 得到的薄膜使用小角度 X-射线散射法 (SAXS) (薄膜法,入射角: 0.5°) 测试:没有发现明显的衍射峰值,这表示所得到的 In-O 型氧化物薄膜为非晶的。该薄膜的厚度为 80nm。

[0277] 在所得到的 In-O 型非晶氧化物薄膜中,电子载流子浓度为 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$,电子迁移率约为 $7\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ 。

[0278] (利用 PLD 工艺的 In-Sn-O 型非晶氧化物薄膜的形成)

[0279] 在 $200 \mu\text{m}$ 厚的 PEF 薄膜上、通过使用由 $(\text{In}_{0.9}\text{Sn}_{0.1})\text{O}_{3.1}$ 的多晶烧结块构成的靶,以使用 KrF 受激准分子激光器的 PLD 工艺而形成 In-Sn-O 型氧化物膜。所使用的设备如图 14 所示。

[0280] 用于薄膜形成的衬底为 SiO_2 玻璃衬底 (Corning Co. :1737)。

[0281] 作为淀积前的预处理,将衬底分别用丙醇、乙醇、超纯水进行各 5 分钟的超声波清洗以脱脂,并在 100°C 的空气中进行干燥。

[0282] 靶是由湿混合原材料 $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ (4N 试剂) (溶剂:乙醇)、焙烧该混合物 (1000°C, 2 小时)、然后干粉碎、烧结 (1550°C, 2 小时) 而制备的 $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ 烧结块 (尺寸:直径 20mm, 厚度 5mm)。

[0283] 衬底保持在室温。氧分压为 5Pa。氮分压为 0.1Pa。氧基通过在 200W 下、利用氧基发生组件而产生。

[0284] 靶与薄膜支持衬底之间的距离为 30mm, KrF 受激准分子激光器的功率为 $1.5\text{mJ}/\text{cm}^2/\text{脉冲}$, 脉冲宽度为 20nsec, 重复频率为 10Hz, 照射斑尺寸为 $1\times 1\text{mm}^2$ 。

[0285] 薄膜形成速率为 6nm/min。

[0286] 得到的薄膜用小角度 X-射线散射法 (SAXS) (薄膜法, 入射角: 0.5°) 测试: 没有发现明显的衍射峰值, 这表示所得到的 In-Sn-O 型氧化物薄膜为非晶型。

[0287] 在所得到的 In-Sn-O 型非晶薄膜中, 电子载流子浓度为 $8\times 10^{17}/\text{cm}^3$, 电子迁移率约为 $5\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 。膜厚为 100nm。

[0288] (利用 PLD 工艺的 In-Ga-O 型非晶氧化物薄膜的形成)

[0289] 该薄膜的衬底为 SiO_2 玻璃衬底 (Corning Co.: 1737)。

[0290] 作为淀积前的预处理,将衬底分别用丙醇、乙醇、超纯水进行各 5 分钟的超声波清洗以脱脂,并在 100°C 的空气中进行干燥。

[0291] 靶是 $(\text{In}_2\text{O}_3)_{1-x}\text{-(Ga}_2\text{O}_3)_x$ ($x = 0 \sim 1$) (尺寸:直径 20mm, 厚度 5mm) 的烧结块。例如, $x = 0.1$ 时, 靶是 $(\text{In}_{0.9}\text{Ga}_{0.1})_2\text{O}_3$ 的多晶烧结块。

[0292] 靶是由湿混合原材料 $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (4N 试剂) (溶剂:乙醇)、焙烧该混合物 (1000°C, 2 小时)、然后干粉碎、并烧结 (1550°C, 2 小时) 而制备的。

[0293] 生长室的最终的真空度为 $2\times 10^{-6}\text{Pa}$ 。培养中的氧分压为 1Pa。

[0294] 衬底为室温。靶与薄膜支持衬底之间的距离为 30mm。KrF 受激准分子激光器的功率为 $1.5\text{mJ}/\text{cm}^2/\text{脉冲}$, 脉冲宽度为 20nsec, 重复频率为 10Hz, 照射斑尺寸为 $1\times 1\text{mm}^2$ 。薄膜形成速率为 6nm/min。

[0295] 衬底温度为 25°C。氧分压为 1Pa。得到的薄膜用小角度 X-射线散射法 (SAXS) (薄膜法, 入射角: 0.5°) 测试: 没有发现明显的衍射峰值, 这表示得到的 In-Ga-O 型氧化物薄膜为非晶型。该膜厚为 120nm。

[0296] 在所得到的 In-Ga-O 型的非晶氧化物薄膜中, 电子载流子浓度为 $8\times 10^{16}/\text{cm}^3$, 电子迁移率约为 $1\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 。

[0297] (具有 In-Zn-Ga-O 型非晶氧化物薄膜 (玻璃衬底) 的 TFT 元件的制备)

[0298] 制备如图 5 所示的顶部栅极型 TFT 元件。

[0299] 首先, 在玻璃衬底 1 上, 利用上述的 PLS 设备, 使用由具有 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 成分的多晶烧结块靶, 在 5Pa 的氧分压下制备 In-Ga-Zn-O 型非晶氧化物膜。所形成的 In-Ga-Zn-O 型薄膜具有 120nm 的膜厚, 并作为沟道层 2。

[0300] 然后在它的上面, 通过利用 PLD 法, 在室内低于 1Pa 的氧分压下, 分别层叠厚度为 30nm 的另一个具有更高的电导率 In-Ga-Zn-O 型非晶薄膜和金层。然后利用光刻法和剥离法形成漏极端子 5 和源极端子 6。

[0301] 最后,利用电子束气相淀积法形成 Y_2O_3 薄膜作为栅绝缘体3(厚度:90nm,相对介电常数:约为15,漏电流密度:在0.5MV/cm下为 $1 \times 10^{-3}A/cm^2$)。另外,在其上形成金膜并利用光刻法和剥离法从中形成栅极端子4。沟道长度为50 μm ,沟道宽度为200 μm 。

[0302] (TFT元件特性的评价)

[0303] 图6示出室温下的TFT元件的电流-电压特性。漏极电流 I_{DS} 随漏极电压 V_{DS} 的增加而增加,这表示该沟道为n型导电。

[0304] 这与非晶In-Ga-Zn-O型半导体是n型的事实相符。 I_{DS} 在 $V_{DS} = 6V$ 时变为饱和(夹断),这是半导体晶体管的典型特性。根据增益特性的测试,栅电压 V_{GS} 的阈值在 $V_{DS} = 4V$ 时约为-0.5V。电流 I_{DS} 在 $V_G = 10V$ 时为 $1.0 \times 10^{-5}A$ 。这与由栅极偏置在作为绝缘体的In-Ga-Zn-O型非晶半导体薄膜中感应的载流子相对应。

[0305] 晶体管的on-off率高于 1×10^3 。根据输出特性,场效应迁移率在饱和区计算出约为 $7cm^2(Vs)^{-1}$ 。根据相同测试,可见光的照射不改变所制造的元件的晶体管特性。

[0306] 电子载流子浓度小于 $1 \times 10^{18}/cm^3$ 的非晶氧化物可用作TFT的沟道层。优选地,电子载流子浓度小于 $1 \times 10^{17}/cm^3$,更优选地,小于 $1 \times 10^{16}/cm^3$ 。

[0307] (具有In-Zn-Ga-O型非晶氧化物薄膜(非晶衬底)的TFT元件的制备)

[0308] 制备图5所示的顶部栅极型TFT元件。

[0309] 首先,在聚乙烯对苯二酸酯(PET)薄膜1上、利用上述的PLS设备、使用由具有InGaO₃(ZnO)成分的多晶烧结块构成的靶、在5Pa的氧分压气氛下制备In-Ga-Zn-O型非晶氧化物膜。所形成的薄膜具有120nm的膜厚,并作为沟道层2。

[0310] 然后在它的上面,通过利用PLD法,在室内低于1Pa的氧分压下,分别层叠膜厚为30nm的另一个具有更高的电导率的In-Ga-Zn-O型非晶膜和金层。利用光刻法和剥离法形成漏极端子5和源极端子6。

[0311] 最后,利用电子束气相淀积法形成栅绝缘膜3。然后在其上,形成金膜并利用光刻法和剥离法从中形成栅极端子4。沟道长度为50 μm ,沟道宽度为200 μm 。三个上述结构的TFT,通过分别使用三种类型的栅绝缘层: Y_2O_3 (140nm厚)、 Al_2O_3 (130 μm 厚)、 HfO_2 (140 μm 厚)中的一种而制备。

[0312] (TFT元件特性的评价)

[0313] 在PET薄膜上形成的TFT元件,在室温下,具有与图6所示的相似的电流-电压特性。漏极电流 I_{DS} 随漏电压 V_{DS} 的增加而增加,这表示该沟道为n型导电。这与非晶In-Ga-Zn-O型半导体为n型的事实相符。 I_{DS} 在 $V_{DS} = 6V$ 时变为饱和(夹断),这是半导体晶体管的典型特性。电流 I_{DS} 在 $V_G = 0V$ 时为 $1.0 \times 10^{-8}A$,电流 I_{DS} 在 $V_G = 10V$ 时为 $2.0 \times 10^{-5}A$ 。这与由栅极偏置而在作为绝缘体的In-Ga-Zn-O型非晶氧化物薄膜中感应出的载流子相对应。

[0314] 晶体管的on-off率高于 1×10^3 。根据输出特性,场效应迁移率在饱和区计算出约为 $7cm^2(Vs)^{-1}$ 。

[0315] 将在PET薄膜上形成的元件在30mm的曲率半径下弯曲,并在该状态下,测试晶体管特性。然而,在晶体管特性上没有观察到变化。可见光的照射不改变晶体管的特性。

[0316] 使用 Al_2O_3 薄膜作为栅绝缘体的TFT具有与图6相似的晶体管特性。电流 I_{DS} 在 $V_G = 0V$ 时为 $1.0 \times 10^{-8}A$,电流 I_{DS} 在 $V_G = 10V$ 时为 $5.0 \times 10^{-6}A$ 。晶体管的on-off率高于

1×10^2 。根据输出特性,场效应迁移率在饱和区计算出约为 $2\text{cm}^2(\text{Vs})^{-1}$ 。

[0317] 使用 HfO_2 薄膜作为栅绝缘体的 TFT,也具有与图 6 所示的相似的晶体管特性。电流 I_{DS} 在 $V_{\text{G}} = 0\text{V}$ 时为 $1.0 \times 10^{-8}\text{A}$, 电流 I_{DS} 在 $V_{\text{G}} = 10\text{V}$ 时为 $1.0 \times 10^{-6}\text{A}$ 。晶体管的 on-off 率高于 1×10^2 。根据输出特性,场效应迁移率在饱和区计算出约为 $10\text{cm}^2(\text{Vs})^{-1}$ 。

[0318] (利用 PLD 工艺的使用 In_2O_3 非晶氧化物薄膜的 TFT 元件的制备)

[0319] 制备如图 5 所示的顶部栅极型 TFT。

[0320] 首先,在聚乙烯对苯二酸酯 (PET) 薄膜 1 上,利用 PLD 法制备 In_2O_3 型非晶氧化物膜作为沟道层 2,其厚度为 80nm。

[0321] 然后,在它的上面,通过利用 PLD 法、在氧分压低于 1Pa 的室内、并在氧基产生组件上施加 0V 电压的状态下,分别层叠膜厚为 30nm 的另一个具有更高的电导率的 In_2O_3 非晶膜和金层。利用光刻法和剥离法从中形成漏极端子 5 和源极端子 6。

[0322] 最后,利用电子束气相淀积法,形成作为栅绝缘体 3 的 Y_2O_3 膜。然后在其上形成金膜并利用光刻法和剥离法从中形成栅极端子 4。

[0323] (TFT 元件特性的评价)

[0324] 在室温下对在 PET 薄膜上形成的 TFT 元件的电流 - 电压特性进行测试。漏极电流 I_{DS} 随漏极电压 V_{DS} 的增加而增加,这表示沟道为 n 型导体。这与 In-O 型非晶氧化物薄膜为 n 型导体的事实相符。 I_{DS} 在 $V_{\text{DS}} = 6\text{V}$ 时饱和 (夹断),这是晶体管的典型特性。电流 I_{DS} 在 $V_{\text{G}} = 0\text{V}$ 时为 $2.0 \times 10^{-8}\text{A}$, 电流 I_{DS} 在 $V_{\text{G}} = 10\text{V}$ 时为 $2.0 \times 10^{-6}\text{A}$ 。这与由栅极偏置而在作为绝缘体的 In-O 型非晶氧化物膜中感应的电子载流子相对应。

[0325] 晶体管的 on-off 率大约为 1×10^2 。根据输出特性,场效应迁移率在饱和区计算出约为 $1.0 \times 10\text{cm}^2(\text{Vs})^{-1}$ 。在玻璃衬底上形成的 TFT 元件具有相似的特性。

[0326] 在 PET 薄膜上形成的元件在 30mm 的曲率半径下被弯曲,并在此状态下,对晶体管特性进行测试。没有观察到晶体管特性的改变。

[0327] (利用 PLD 工艺的使用 In-Sn-O 型非晶氧化物薄膜的 TFT 元件的制备)

[0328] 制备如图 5 所示的顶部栅极型 TFT。

[0329] 首先,利用 PLD 法、在聚乙烯对苯二酸酯 (PET) 膜 1 上形成厚度为 100nm、作为沟道层 2 的 In-Sn-O 型的非晶氧化物膜。

[0330] 然后,在它的上面,通过利用 PLD 法、在氧分压小于 1Pa 的室内、并在氧基产生组件上施加 0V 电压的状态下,分别层叠膜厚为 30nm 的另一个具有更高的电导率的 In-Sn-O 非晶薄膜和金层。利用光刻法和剥离法,从中形成漏极端子 5 和源极端子 6。

[0331] 最后,利用电子束汽相淀积法,形成作为栅绝缘体 3 的 Y_2O_3 膜。并在其上形成金膜并利用光刻法和剥离法从中形成栅极端子 4。

[0332] (TFT 元件特性的评价)

[0333] 在室温下测试在 PET 薄膜上形成的 TFT 元件的电流 - 电压特性。漏极电流 I_{DS} 随漏极电压 V_{DS} 的增加而增加,这表示该沟道为 n 型导体。这与非晶 In-Sn-O 型氧化物薄膜为 n 型的事实相符。 I_{DS} 在 $V_{\text{DS}} = 6\text{V}$ 时变为饱和 (夹断),这是半导体晶体管的典型特性。电流 I_{DS} 在 $V_{\text{G}} = 0\text{V}$ 时为 $5.0 \times 10^{-5}\text{A}$, 电流 I_{DS} 在 $V_{\text{G}} = 10\text{V}$ 时为 $5.0 \times 10^{-5}\text{A}$ 。这与通过栅极偏置而在作为绝缘体的 In-Sn-O 型非晶氧化物薄膜中感应的电子载流子相对应。

[0334] 晶体管的 on-off 率约为 1×10^3 。根据输出特性,场效应迁移率在饱和区计算出约

为 $5\text{cm}^2(\text{Vs})^{-1}$ 。在玻璃衬底上形成的 TFT 元件具有相似的特性。

[0335] 在 PET 薄膜上形成的元件在 30mm 的曲率半径下弯曲,并在该状态下测试晶体管特性。在该晶体管特性中没有引起改变。

[0336] (利用 PLD 工艺的使用 In-Ga-O 型非晶氧化物膜的 TFT 元件的制备)

[0337] 制备图 5 所示的顶部栅极型 TFT 元件。

[0338] 首先,在聚乙烯对苯二酸酯 (PET) 薄膜 1 上、利用例 6 所示的 PLD 法制备 In-Ga-O 型非晶氧化物薄膜作为沟道层 2,其厚度为 120nm。

[0339] 然后,在它的上面,通过利用 PLD 法、在氧分压低于 1Pa 的室内、并在氧基产生组件上施加 0V 电压的状态下,分别层叠膜厚为 30nm 的另一个具有更高的电导率的 In-Ga-O 非晶薄膜和金层。利用光刻法和剥离法,从中形成漏极端子 5 和源极端子 6。

[0340] 最后,利用电子束汽相淀积法,形成作为栅绝缘体 3 的 Y_2O_3 薄膜。并在其上形成金膜,并利用光刻法和剥离法从中形成栅极端子 4。

[0341] (TFT 元件特性的评价)

[0342] 在室温下测试在 PET 薄膜上形成的 TFT 元件的电流 - 电压特性。漏极电流 I_{DS} 随漏电压 V_{DS} 的增加而增加,这表示该沟道为 n 型导体。这与非晶 In-Ga-O 型非晶氧化物薄膜为 n 型的事实相符。 I_{DS} 在 $V_{\text{DS}} = 6\text{V}$ 时变为饱和 (夹断),这是晶体管的典型特性。电流 I_{DS} 在 $V_{\text{G}} = 0\text{V}$ 时为 $1.0 \times 10^{-8}\text{A}$,电流 I_{DS} 在 $V_{\text{G}} = 10\text{V}$ 时为 $1.0 \times 10^{-6}\text{A}$ 。这与通过栅极偏置而在作为绝缘体的 In-Ga-O 型非晶氧化物膜中感应的电子载流子相对应。

[0343] 晶体管的 on-off 率约为 1×10^2 。根据输出特性,场效应迁移率在饱和区计算出约为 $0.8\text{cm}^2(\text{Vs})^{-1}$ 。在玻璃衬底上形成的 TFT 元件具有相似的特性。

[0344] 在 PET 薄膜上形成的元件在 30mm 的曲率半径下弯曲,并在该状态下测试晶体管特性。在晶体管特性中没有引起改变。

[0345] 电子载流子浓度低于 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的非晶氧化物用于 TFT 的沟道层。电子载流子浓度优选小于等于 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$,更优选小于等于 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 。

[0346] 根据本发明的发光器件的实施方式将如下所示。

[0347] (例 1)

[0348] 将参照一个实施方式对发光器件的一个例子进行说明。

[0349] 利用已叙述的 PLD 法、在衬底上形成非晶 In-Ga-Zn-O 薄膜,以得到 In : Ga : Zn = 0.98 : 1.02 : 4 的成分。

[0350] 通过以下步骤,制备图 5 所示的顶部栅极型 MISFET 元件:

[0351] 首先,利用制备上述非晶 In-Ga-Zn-O 型薄膜的方法,在玻璃衬底 (1) 上,形成厚度为 120nm 的半绝缘非晶 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 薄膜,作为沟道层 (2);然后,在它的上面,用脉冲激光淀积法、在一个具有小于 1Pa 的氧分压的室内,分别将高电导率的 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 薄膜和金膜形成成为 30nm 的层,并用光刻法和剥离法形成漏极端子 (5) 和源极端子 (6);最后,利用电子束真空淀积法,形成作为栅绝缘膜 (3) 的 Y_2O_3 膜 (厚度:90nm,相对介电常数:约为 15,漏电流密度:当施加 $0.5\text{MV}/\text{cm}$ 时为 $1 \times 10^{-3}\text{A}/\text{cm}^2$),在上面形成金膜,并利用光刻法和剥离技术形成栅极端子 (4)。

[0352] (MISFET 元件的特性的评价)

[0353] 图 6 示出了在室温下测试的 MISFET 元件的电流 / 电压特性。当漏极电压 V_{DS} 增加

时,漏极电流 I_{DS} 也增加,这表明该沟道是 n 型半导体。这个结果与非晶的基于 In-Ga-Zn-O 的半导体为 n 型的事实并不矛盾。MISFET 元件显示了在大约 6V 的 V_{DS} 时 I_{DS} 饱和(夹断)的典型的半导体晶体管特性。作为增益特性的测试的结果,栅电压 V_{GS} 的阈值在 V_{DS} 施加 4V 时约为 -0.5V。此外,当 V_G 施加 10V 时,电流 I_{DS} 为 1.0×10^{-5} 安培。该结果意味着在绝缘材料的基于 In-Ga-Zn-O 的非晶氧化物薄膜中通过栅极偏置感应出了载流子。

[0354] 晶体管的 on/off 率超过 1×10^3 。此外,根据输出特性计算的电子场效应迁移率的结果,在饱和范围下约为 $7 \text{cm}^2 (\text{Vs})^{-1}$ 。当以可见光照射所制备的元件并在该元件上进行相似的测量时,该元件并未显示任何的晶体管的特性的改变。由此可知:所制备的元件在底部发射型中也可用作开口,而不需要将晶体管区域与光中断。

[0355] MISFET 元件利用与上述方法相似的方法形成。但在 MISFET 元件制备之后,在它的上面利用脉冲激光淀积法、形成厚度为 300nm 的绝缘膜。同时,形成用于将漏极或源极端子与底部电极相连的接触孔。

[0356] 接下来,利用电阻加热真空淀积法、形成厚度为 300nm 的 Al 膜;然后在它的上面,为底部电极形成厚度为 50nm 的 Al 和 Ag 的合金膜。底部电极通过接触孔与漏极端子或源极端子相连。

[0357] 接下来,通过利用电阻汽相淀积法、形成下述薄膜来制备有机 EL 发光层:厚度为 20nm 的三(8-羟基喹啉)铝膜作为电子传输层;在其上的厚度为 40nm 的 4,4'-二(2,2-联苯)乙烯基膜作为发光层;厚度为 20nm 的 4,4'-二[1-萘基)-N-苯基苯胺]联苯膜作为空穴传输层;和厚度为 60nm 的 4,4'-二[N,N-二胺]4"-苯基-三苯基胺]膜作为空穴注入层。

[0358] 最后,利用对置靶溅射技术,形成厚度为 200nm 的 ITO 薄膜用于对置电极。

[0359] 当上述元件通过接触其上的探针而被驱动时,从衬底的顶部表面发射蓝光,换句话说,得到顶部发射型的元件。

[0360] (例 2:底部发射型)

[0361] 接下来,参照图 9,对漏电极和底部电极直接连接的底部发射型的发光器件制备过程的例子进行说明。

[0362] 以与上述实施方式 1 基本相同的方法形成 MISFET 元件。但是没有形成漏电极,而且有源层 92 具有与发光层相同的面积。接下来,在它的上面,利用脉冲激光淀积法、在具有小于 1Pa 氧分压的室内,形成厚度为 200nm 的、具有高电导率的 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ 薄膜,以作为充当漏电极(或源电极)和底部电极的电极 97。

[0363] 接下来,通过以实施方式 1 相反的顺序,利用电阻蒸汽法、形成有机层来形成有机 EL 发光层;将整个集成的层称为有机 EL 发光层。

[0364] 最后,形成厚度为 50nm 的、掺杂 Li 的 Al 膜,并利用电阻加热法形成作为对置电极 99 的、厚度为 200nm 的 Al 膜。

[0365] 当通过接触其上的探针来驱动上述元件时,从衬底的背面发射蓝光,即、得到底部发射型元件。

[0366] (例 3:线性排列的光源)

[0367] 参照图 10,对根据本发明的线性排列的光源进行说明。

[0368] 将多个发光元件 101 和薄膜晶体管(TFT)102,以线性方式排列于衬底上,并进行

如图 10 所示的电连接。通过将用于控制发光的控制电路 103 与发光元件和 TFT 相连接而制备线性排列的光源。TFT 的一个输出（源电极或漏电极）通过发光元件与电源 V_d 相连，另一个输出与公共电位 COM 相连。此外，控制电路与 TFT 的栅电极相连。

[0369] 当 TFT 利用从控制电路的输出信号而导通时，发光元件发射光。具体地，当适当地控制从控制电路发出的信号时，线性排列的光源能够发射期望的线性发光图案。

[0370] 这里，发光元件可以使用任意的发光元件，如有机电致发光元件（有机 EL）、无机电致发光元件（无机 EL）和 LED。此外，电路结构不仅限于此，但是为一个发光元件可以配置多个 TFT。

[0371] 因此，能够非常容易地制造利用非晶氧化物 TFT 驱动发光元件的结构，并廉价地提供线性排列的光源。

[0372] 图 11 示出了具有根据本发明的线性排列的光源的结构例子的剖面图。

[0373] 如图 11 所示，通过在衬底上配置 TFT 部分和发光元件部分而制备线性排列的光源，并且每一元件在每一部分上。图 11 示出使用有机 EL 元件作为发光元件，并且在 TFT 部分中使用上述非晶氧化物 TFT 的情况。

[0374] 在图中，符号 2100 表示衬底，符号 2101 表示沟道层，符号 2102 表示源电极，符号 2103 表示栅绝缘膜，符号 2104 表示栅电极，符号 2105 表示漏电极，符号 2106 表示上部电极（第一电极），符号 2107 表示电子传输层，符号 2108 表示发光层，符号 2109 表示空穴传输层，符号 2110 表示透明电极层，符号 2111 表示绝缘层，符号 2150 表示 TFT 部分，符号 2160 表示发光元件部分。

[0375] 图 11 示出漏电极 2105 与发光元件部分的透明电极层 2110 相连的例子。然而，根据发光层的层结构，也有将源电极 2102 与透明电极层 2110 相连的情况。

[0376] 对于制备方法，线性排列的光源通过以下步骤制备：利用上述技术、在衬底的预定位置上形成非晶氧化物 TFT，然后在其他位置上形成有机 EL 元件，并将它们布线连接起来。

[0377] 此时，当已经形成非晶氧化物 TFT 的栅氧化物膜时，在将要配置有机 EL 元件的部分上形成相同绝缘层。通过在衬底上放置掩模，然后形成透明电极层，再形成空穴传输层、发光层、电子传输层和上部电极层而制备有机 EL 元件。在上述步骤中，透明电极层与漏电极层相连。最后，利用 Al 膜等形成各种布线。

[0378] 这里，能够将如 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ 等的任意的透明导电薄膜用作透明电极层。通常的有机 EL 元件所用的材料能够用于空穴传输层、发光层、电子传输层和上部电极层。例如， α -NPD 能够用作空穴传输层，以 6% $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 掺杂的 CBP 能够用作发光层， Alq_3 能够作为电子传输层， AgMg 能够作为上部电极。

[0379] 上述中， Alq_3 指 Al-羟基喹啉络合物；

[0380] α -NPD；和

[0381] $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 指铱-苯基嘧啶络合物。

[0382] 在上面的结构中，从发光元件发射的光，如图中箭头 2170 所示，穿过透明电极，并从衬底侧发射。

[0383] 因此，所得到的线性排列的光源是小的、轻量的和便宜的。

[0384] 作为线性排列光源的另一个构型，如图 12 所示，可以是有机 EL 元件配置在设置于衬底的 TFT 的上部的结构。通过使用以如 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ 的透明电极来制备电极将非晶氧化物

TFT 制成透明器件,上述线性排列的光源可以让从发光元件发射的光穿过 TFT 部分并从衬底侧发出。

[0385] 在图 12 中,符号 2200 表示衬底,符号 2201 表示沟道层,符号 2202 表示源电极,符号 2203 表示栅绝缘膜,符号 2204 表示栅电极,符号 2205 表示漏电极,符号 2206 表示上部电极(第一电极),符号 2207 表示电子传输层,符号 2208 表示发光层,符号 2209 表示空穴传输层,符号 2210 表示透明电极层,符号 2211 表示绝缘层,符号 2250 表示 TFT 部分,符号 2260 表示发光元件部分。

[0386] 图 12 示出将漏电极 2205 连接到发光元件部件的透明电极层 2210 的例子。然而,根据发光层的层结构,还可以有将源电极 2202 与透明电极层 2210 相连的情况。

[0387] 如此所形成的结构使发光如箭头 2270 所示,使得衬底表面有效地利用,并且能够使线性排列的光源在它的上面高密度地配置有机 EL 元件,和/或获得大的发光区域(开口面积比)。所获得的线性排列光源是小的,轻量的、且便宜的。

[0388] (例 4:对于复印机和页式打印机的应用)

[0389] 下面,对将线性排列的光源应用于复印机或页式打印机的例子进行说明。

[0390] 大多数通常的复印机或页式打印机,具有用于在制图媒介上印刷数据、通过使用透镜和多棱镜在光导鼓(photoconductor drum)上扫描激光束以印刷在其上面的数据、在光导鼓上记录数据的系统。

[0391] 另一方面,如果使用根据本发明的线性排列的光源,由于如图 13 所示,从发光元件发射的光能够直接照射到光导鼓上,而不需要通过透镜系统传送光;因此上述设备能够是小的和便宜的。作为其结果,上述设备不需要大型的光学系统,因此能够小型化并降低制造成本。如果需要,上述设备可以在发光元件与鼓之间配置一个简单的光学系统,如 SELFOC 透镜。

[0392] 在图 13 中,符号 2300 表示线性排列的光源,符号 2350 表示光导鼓。

[0393] 当制备上述复印机或页式打印机时,优选利用光导鼓盒(photoconductor drum cartridge)使上述线性排列的光源一体化,。

[0394] 该线性排列的光源是便宜的、一次性的,其结果是:在利用上述特性的同时,通过制备与光导电体鼓组合而成的单件结构,能够制造免维护的复印机或页式打印机。如本发明实施方式所示,上述光源能够配置于光导体(光导鼓)的外部;或也可以配置于其内部。

[0395] 当电子照相装置使用本发明的线性排列的光源时,该电子照相装置,通过使用为感光器(光导鼓)供电的供电器,用于照射感光器以在感光器上形成潜像的曝光光源,和用于显影上述潜像的显影器而形成图像;并对曝光光源使用根据本发明的线性排列的光源。

[0396] (工业可用性)

[0397] 根据本发明的发光器件,在包括塑料膜等的柔软材料上形成半导体薄膜;并且能够应用于包括柔性显示单元、IC 卡和 ID 标签等的广泛的应用领域。

[0398] 该发光器件也能够应用于线性排列的光源、复印机、页式打印机和一体化鼓盒(integrated drum cartridge)。

[0399] 本申请要求申请日为 2004 年 11 月 10 日的日本专利中请第 2004-326684 号的优先权并在此引用其内容。

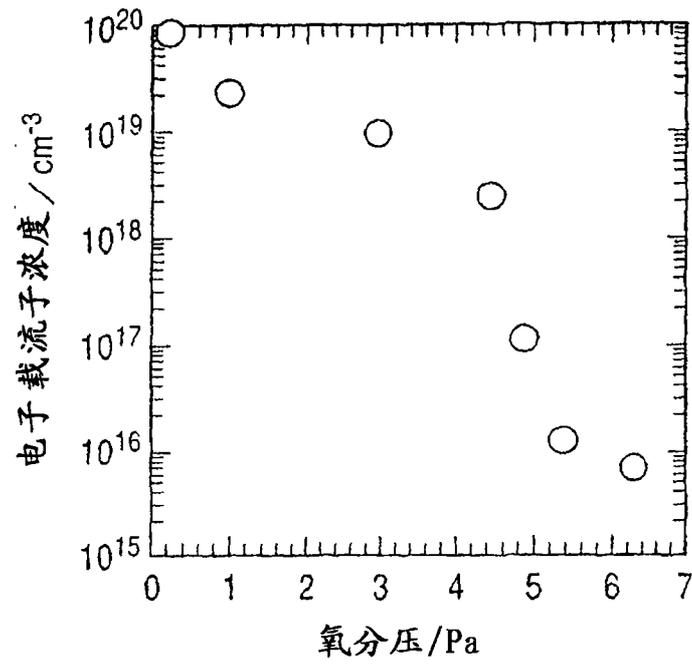


图 1

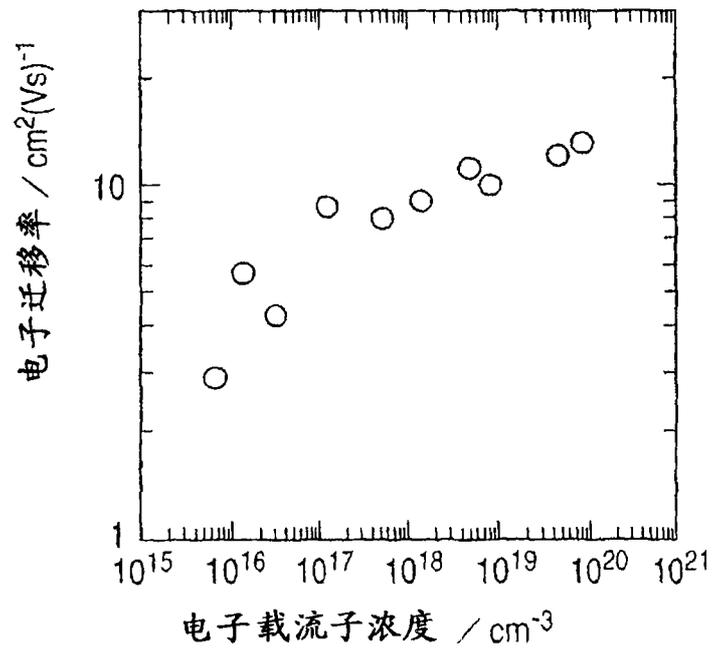


图 2

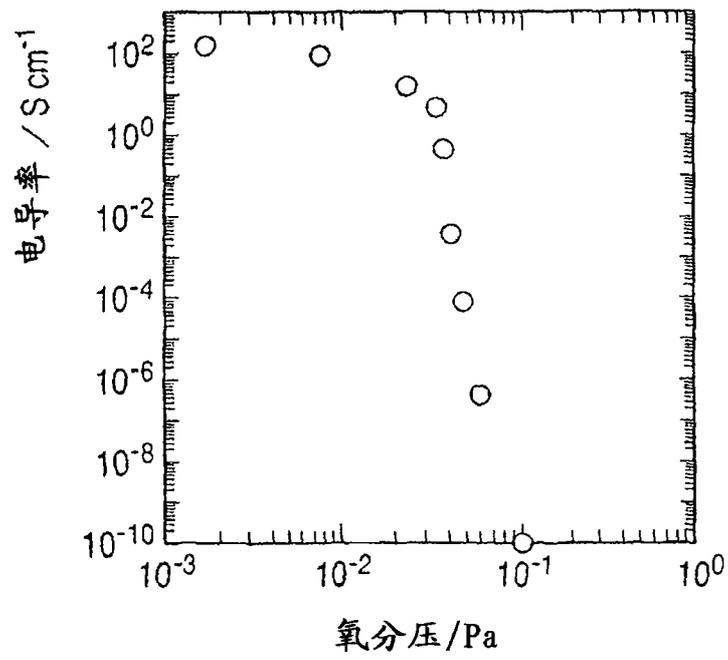


图 3

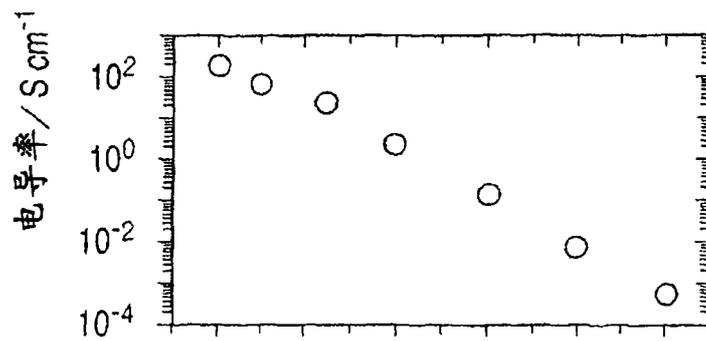


图 4A

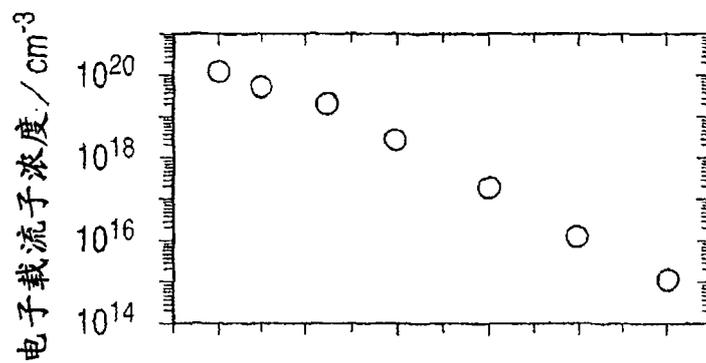


图 4B

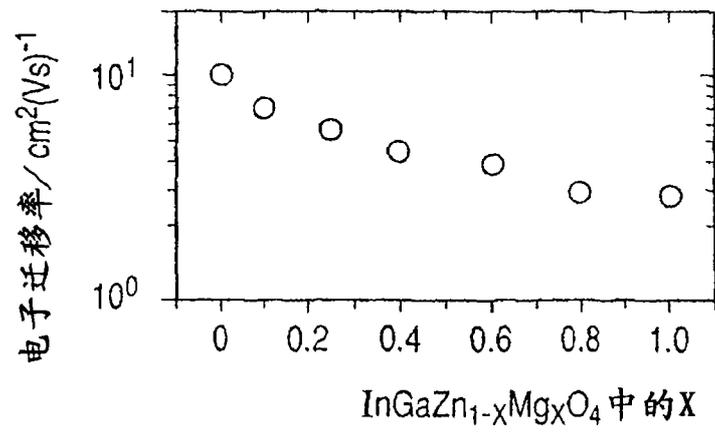


图 4C

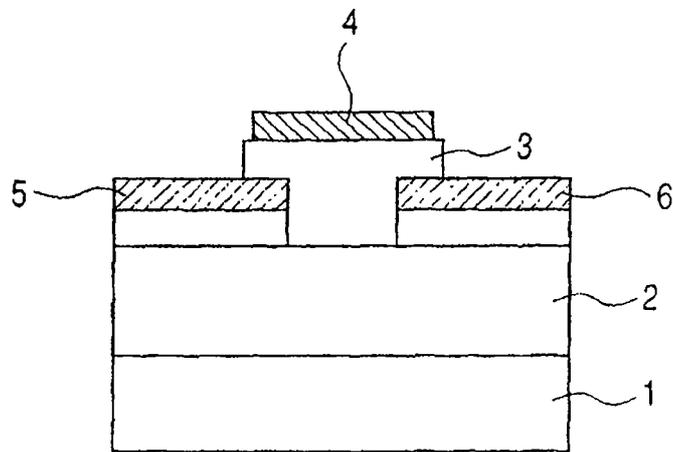


图 5

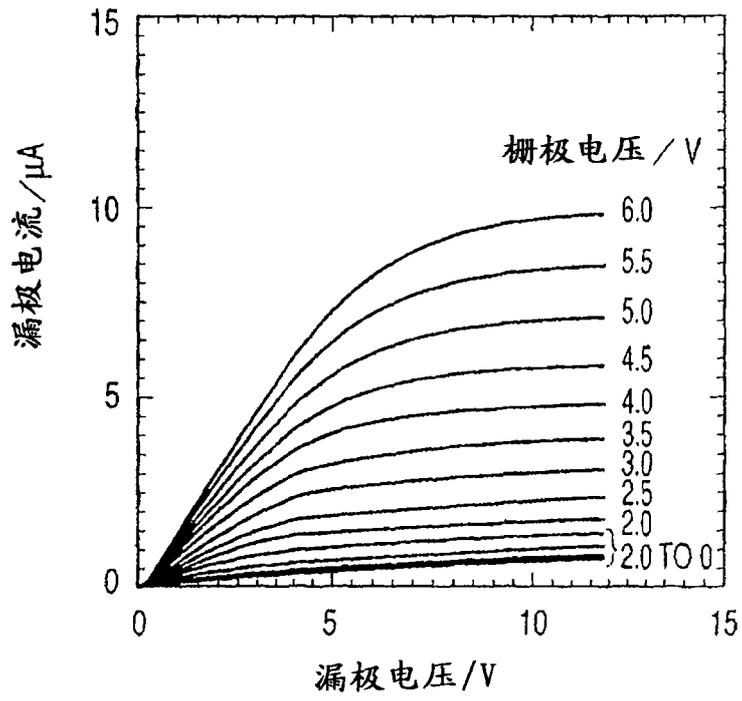


图 6

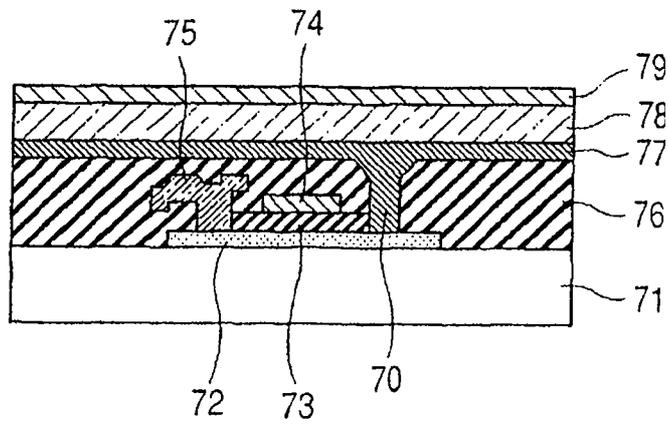


图 7

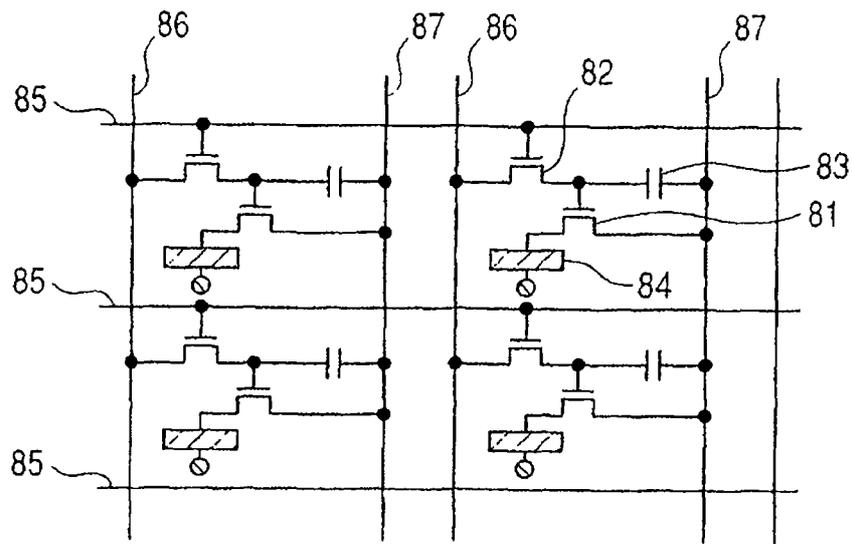


图 8

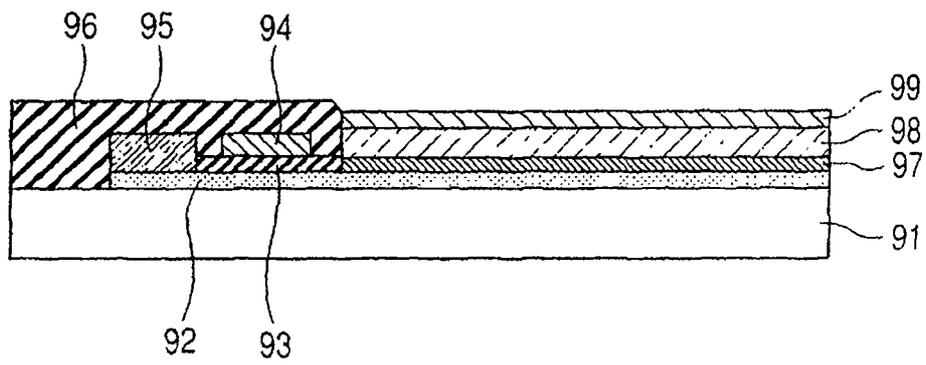


图 9

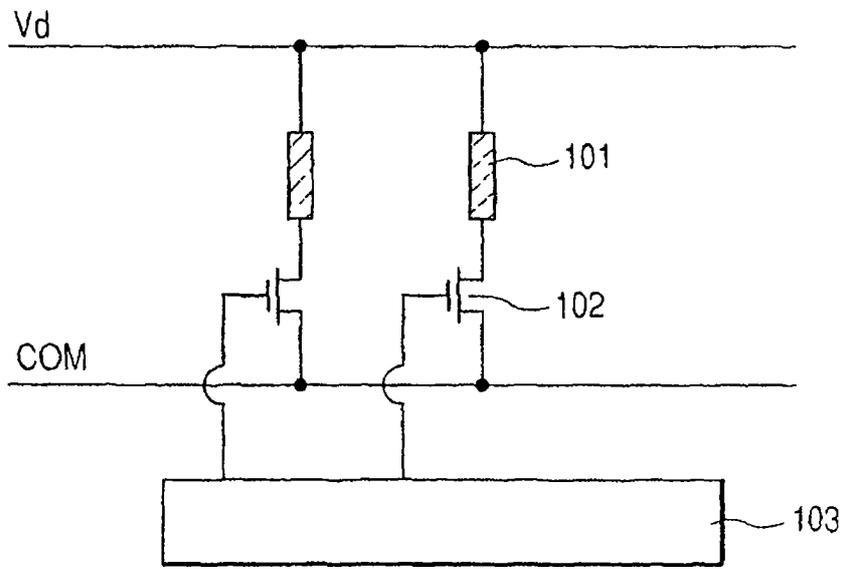


图 10

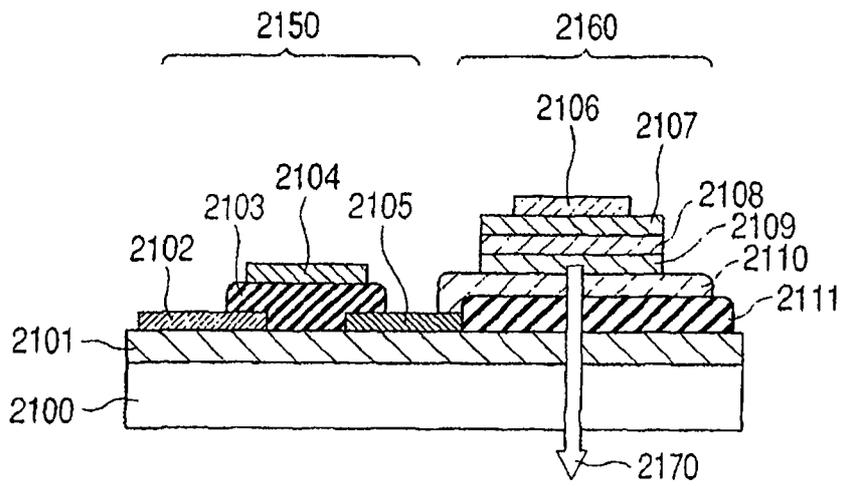


图 11

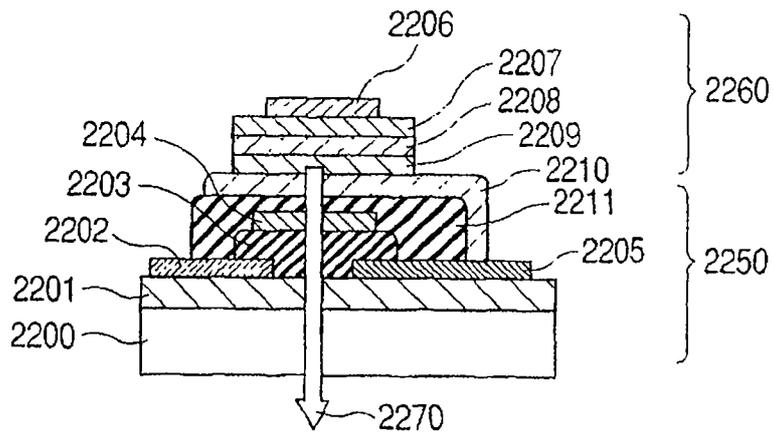


图 12

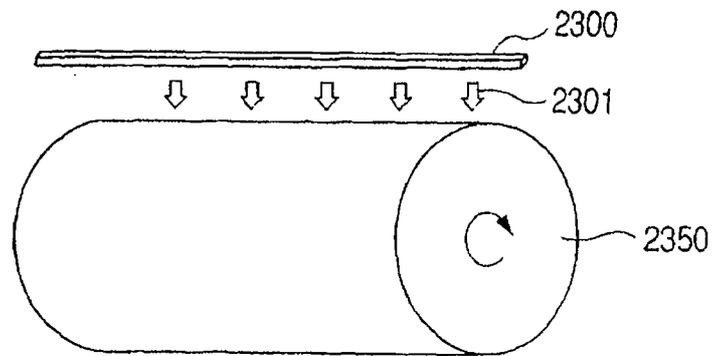


图 13

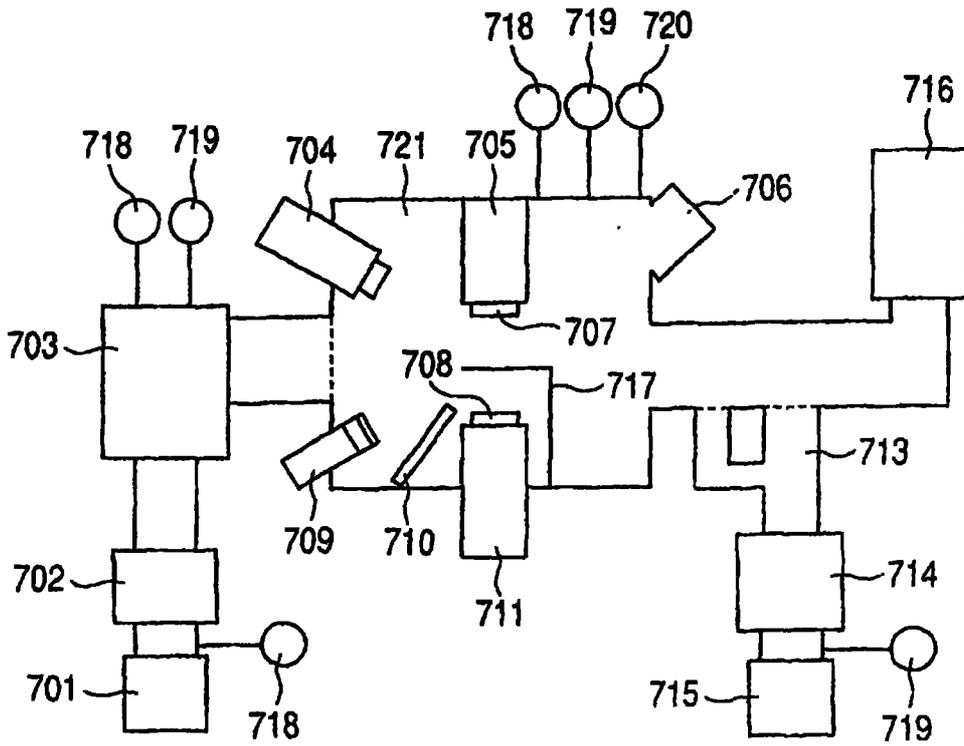


图 14

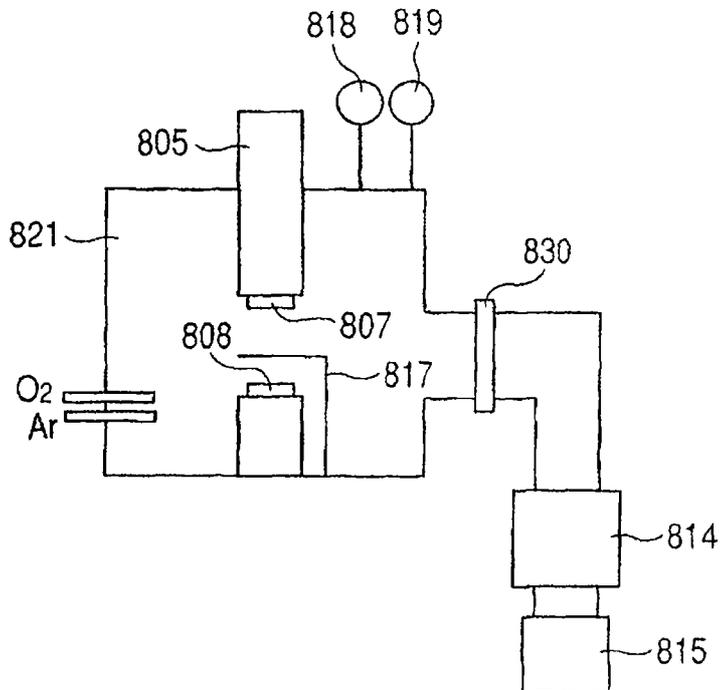


图 15