



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103077961 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201310008995. 1

US 2007/0090365 A1, 2007. 04. 26,

(22) 申请日 2009. 08. 25

CN 101661952 B, 2013. 02. 06,

(30) 优先权数据

审查员 孙鹏

2008-219888 2008. 08. 28 JP

(62) 分案原申请数据

200910167482. 9 2009. 08. 25

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 林享 大村秀之 云见日出也

重里有三

(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 李英

(51) Int. Cl.

H01L 29/221(2006. 01)

H01L 29/786(2006. 01)

H01L 21/34(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006/0110867 A1, 2006. 05. 25,

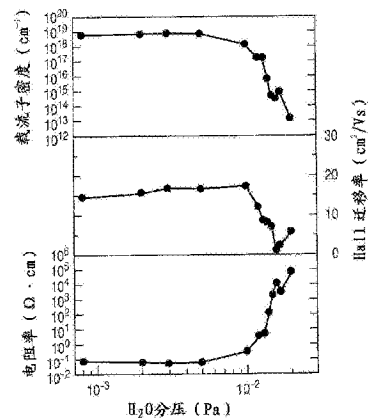
权利要求书1页 说明书12页 附图7页

(54) 发明名称

非晶氧化物半导体和使用其的薄膜晶体管

(57) 摘要

提供非晶氧化物半导体,其包括铟(In)和锌(Zn)中的至少一种元素与氢,该非晶氧化物半导体含有 $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{22} \text{cm}^{-3}$ 的氢原子和氘原子中的一种,并且在该非晶氧化物半导体中,除了过剩氧( $O_{EX}$ )和氢之间的键之外的氧和氢之间的键密度小于等于 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。



1. 非晶氧化物半导体,其含有氢、铟 (In) 和锌 (Zn),还包括镓 (Ga) 和锡 (Sn) 中的至少一种,其中:

该非晶氧化物半导体含有大于等于  $1 \times 10^{20} \text{cm}^3$  且小于等于  $1 \times 10^{22} \text{cm}^3$  的氢原子和铕原子中的一种;并且

该非晶氧化物半导体的载流子电子密度小于等于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^3$ 。

2. 根据权利要求 1 的非晶氧化物半导体,其中该非晶氧化物半导体中含有的过剩氧 ( $O_{\text{EX}}$ ) 大于等于  $5 \times 10^{19} \text{cm}^3$ ,其中过剩氧 ( $O_{\text{EX}}$ ) 意指组成非晶氧化物半导体的一部分的几个原子的大小时微区中过剩的氧。

3. 薄膜晶体管,其包括基板、沟道层、栅极绝缘层、保护层、源电极、漏电极和栅电极,其中该沟道层包括根据权利要求 1 或 2 的非晶氧化物半导体作为该层的至少一部分。

4. 显示装置,其包括显示器件和用于驱动该显示器件的根据权利要求 3 的薄膜晶体管。

5. 根据权利要求 4 的显示装置,其中该显示器件是有机电致发光器件或液晶器件。

6. 制造薄膜晶体管的方法,该薄膜晶体管包括沟道层、栅极绝缘层、源电极、漏电极和栅电极,该沟道层包括含有铟 (In) 和锌 (Zn) 的非晶氧化物半导体,该方法包括:

通过使用含水蒸汽的成膜气体的溅射形成含有大于  $1 \times 10^{20} \text{cm}^3$  且小于等于  $1 \times 10^{22} \text{cm}^3$  的氢原子和铕原子中的一种的非晶氧化物半导体作为沟道层;和

形成该沟道层后在  $150^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$  下进行热处理以使该非晶氧化物半导体的载流子电子密度小于等于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^3$ 。

7. 制造薄膜晶体管的方法,该薄膜晶体管包括沟道层、栅极绝缘层、源电极、漏电极和栅电极,该沟道层包括含有铟 (In) 和锌 (Zn) 的非晶氧化物半导体,该方法包括:

通过施涂溶液形成含有大于  $1 \times 10^{20} \text{cm}^3$  且小于等于  $1 \times 10^{22} \text{cm}^3$  的氢原子和铕原子中的一种的非晶氧化物半导体作为沟道层;和

形成该沟道层后在低于等于  $500^\circ\text{C}$  下进行热处理以使该非晶氧化物半导体的载流子电子密度小于等于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^3$ 。

8. 制造薄膜晶体管的方法,该薄膜晶体管包括沟道层、栅极绝缘层、源电极、漏电极和栅电极,该沟道层包括含有铟 (In) 和锌 (Zn) 的非晶氧化物半导体,该方法包括:

通过电沉积形成含有大于  $1 \times 10^{20} \text{cm}^3$  且小于等于  $1 \times 10^{22} \text{cm}^3$  的氢原子和铕原子中的一种的非晶氧化物半导体作为沟道层;和

形成该沟道层后在低于等于  $500^\circ\text{C}$  下进行热处理以使该非晶氧化物半导体的载流子电子密度小于等于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^3$ 。

9. 根据权利要求 6 ~ 8 的任一项的制造薄膜晶体管的方法,其中该非晶氧化物半导体还包括镓 (Ga) 和锡 (Sn) 中的至少一种。

## 非晶氧化物半导体和使用其的薄膜晶体管

[0001] 本申请是申请日为 2009 年 8 月 25 日、申请号为 200910167482.9、发明名称为“非晶氧化物半导体和使用其的薄膜晶体管”的中国申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及非晶氧化物半导体、使用该非晶氧化物半导体膜的薄膜晶体管以及制造该薄膜晶体管的方法。

### 背景技术

[0003] 近年来,使用金属氧化物半导体薄膜的半导体器件引人注目。这些薄膜的特征在于能在低温下形成,并且具有大的光学带隙以致对于可见光透明。因此,可以在塑料基板、膜基板等上形成柔性透明薄膜晶体管(TFT)等(美国专利 No. 6727522)。

[0004] 以往,为了控制膜的电特性,用作 TFT 活性层的氧化物半导体膜一般在其中引入了氧气的气氛中形成。例如,美国专利申请公开 No. 2007/0194379 公开了形成薄膜晶体管(TFT)的方法,其中使用含有铟镓锌氧化物(In-Ga-Zn-O)的 n-型氧化物半导体作为沟道层并且使用铟锡氧化物(ITO)作为源电极和漏电极。在美国专利申请公开 No. 2007/0194379 中记载的成膜方法中,通过控制其中形成 In-Ga-Zn-O 膜的气氛中的氧分压来控制载流子密度,由此得到高载流子迁移率。

[0005] 此外,日本专利申请公开 No. 2007-073697 公开了作为使用上述氧化物半导体膜作为沟道层的制造高性能薄膜晶体管方法,在溅射中的氛围气中包括水蒸汽的技术。另外,美国专利申请公开 No. 2009/0045397 和日本专利申请公开 No. 2007-194594 公开了通过将氢引入用作薄膜晶体管的沟道层的氧化物半导体中来控制载流子密度的技术。

[0006] 但是,在常规的氧化物半导体膜中,即使如美国专利申请公开 No. 2009/0045397 和日本专利申请公开 No. 2007-194594 中公开那样通过引入氢来控制载流子密度时,氧化物半导体中氢的量以数量级大于载流子密度。换句话说,存在不可能仅通过膜中氢的量来控制载流子密度的问题。另外,本发明的发明人研究了通过溅射形成包括非晶 In-Ga-Zn-O 基半导体的非晶氧化物半导体,发现非晶氧化物半导体非常易于吸收氢。例如,发现了即使将氧化物半导体溅射装置的背压设定在小于等于  $2 \times 10^{-4}$  Pa 时,也存在含有大于等于  $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  的氢的情形。这些研究已经表明不经预处理例如热处理难以在室温下低成本地形成含有大于等于  $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  的氢的非晶氧化物半导体并且难以使其电阻率适合非晶氧化物薄膜晶体管。

### 发明内容

[0007] 鉴于上述问题而完成了本发明,本发明的目的是提供具有优异的晶体管特性的非晶氧化物薄膜晶体管。

[0008] 根据本发明,提供非晶氧化物半导体,其含有铟(In)和锌(Zn)中的至少一种元素与氢,其中:该非晶氧化物半导体含有  $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{22} \text{cm}^{-3}$  的氢原子和氬原子中的一

种；并且在非晶氧化物半导体中除了过剩氧( $O_{EX}$ )（此处，过剩氧意指组成非晶氧化物半导体的一部分的几个原子的大小时微区中过剩的氧）和氢之间的键( $O_{EX}-H$  键和  $H-O_{EX}-H$  键)之外的氧和氢之间的键的密度小于等于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。

[0009] 根据本发明，还提供显示装置，其包括显示器件和薄膜晶体管，该显示器件包括在基板上与薄膜晶体管的源电极和漏电极中的一者连接的电极，其中该薄膜晶体管是上述的薄膜晶体管。

[0010] 根据本发明，还提供薄膜晶体管的制造方法，该薄膜晶体管至少包括基板、沟道层、栅极绝缘层、源电极、漏电极和栅电极，该沟道层包括含有铟(In)和锌(Zn)中至少一种元素与氢的非晶氧化物半导体，该方法包括：通过使用含水蒸汽的成膜气体的溅射而形成沟道层；以及在形成该沟道层后在  $150^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$  下进行热处理。

[0011] 根据本发明，还提供薄膜晶体管的制造方法，该薄膜晶体管至少包括基板、沟道层、栅极绝缘层、源电极、漏电极和栅电极，该沟道层包括含有铟(In)和锌(Zn)中至少一种元素与氢的非晶氧化物半导体，该方法包括：通过施涂溶液而形成沟道层；以及在形成该沟道层后在低于等于  $500^\circ\text{C}$  下进行热处理。

[0012] 根据本发明，还提供薄膜晶体管的制造方法，该薄膜晶体管至少包括基板、沟道层、栅极绝缘层、源电极、漏电极和栅电极，该沟道层包括含有铟(In)和锌(Zn)中至少一种元素与氢的非晶氧化物半导体，该方法包括：通过电沉积形成沟道层；以及在形成该沟道层后在低于等于  $500^\circ\text{C}$  下进行热处理。

[0013] 本发明能以低成本提供 TFT 器件，该 TFT 器件中使用非晶氧化物半导体作为其沟道层并且其可以精确控制载流子密度和具有令人满意的晶体管特性。

[0014] 由以下参照附图对示例性实施方案的说明本发明进一步的特征变得明了。

## 附图说明

[0015] 图 1A、1B、1C、1D、1E 和 1F 示出通过计算根据本发明的非晶  $\text{InGaZnO}_4$  (a-IGZO) 结构模型的结构弛豫 (structural relaxation) 而得到的原子构造。

[0016] 图 2A、2B、2C、2D、2E、2F 和 2G 示出对于图 1A ~ 1F 中示出的模型使用  $400\text{eV}$  截止能量和  $4 \times 5 \times 6$  Monkhost-Pack 特殊 k 点网格 (mesh) 计算而得到的态密度 (DOS)。

[0017] 图 3 是示出由测定 a-IGZO 的 Hall 效应而得到的载流子密度、Hall 迁移率和电阻率与通过溅射形成膜时水蒸汽分压之间的关系。

[0018] 图 4 是根据本发明实施方案的薄膜晶体管的剖面示意图。

[0019] 图 5 是示出根据本发明实施方案的薄膜晶体管的传输特性的图。

[0020] 图 6 是根据本发明另一实施方案的显示装置实例的剖面图。

[0021] 图 7 是根据本发明另一实施方案的显示装置另一实例的剖面图。

[0022] 图 8 示出根据本发明另一实施方案的显示装置的结构，在该显示装置中二维地设置包括有机电致发光 (EL) 器件和薄膜晶体管的像素。

[0023] 图 9 是示出根据本发明另一实施方案的薄膜晶体管的剖面示意图。

[0024] 图 10 是示出实施例 1 中制备的非晶氧化物半导体膜中氢的量和溅射气体中水蒸汽分压之间关系的图。

[0025] 图 11 是示出实施例 2 中制备的薄膜晶体管的传输特性的图。

[0026] 图 12 是实施例 4 中制备的薄膜晶体管的剖面示意图。

### 具体实施方式

[0027] 以下参照附图说明本发明的实施方案。

[0028] 首先,说明本发明发明人对其进行了积极研究和开发的关于非晶 In-Ga-Zn-O 的氢和载流子密度之间的关系。

[0029] 现在已知通过将氢离子注入用于非晶氧化物半导体 TFT 的非晶 In-Ga-Zn-O 薄膜中,使该薄膜的电导率提高并且氢在该膜中用作给体(参见美国专利申请公开 No. 2009/0045397)。另一方面,在通过溅射等形成的非晶 In-Ga-Zn-O 薄膜中,即使不进行离子注入等时,也含有至多约  $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  的氢原子。这源自含有氢例如  $\text{H}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  的分子种类的残余气体,它们存在于形成膜的腔室中。取决于成膜条件,以此方式形成的非晶 In-Ga-Zn-O 薄膜具有约  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  或更小的载流子电子密度。该膜中氢原子的浓度和载流子电子密度之间的差为约  $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  或更大,因此,认为该膜中存在的大部分氢原子并未起到给体的作用。

[0030] 通过计算电子结构,本发明的发明人的反复研究表明,取决于膜中存在的氧和氢之间的键合状态,存在着并未起到给体作用的氢,以下对其详细说明。要注意的是,在本发明中,不仅氢原子而且氘原子均视作包括在载流子密度中的氢。

[0031] (计算模型)

[0032] 如下得到非晶  $\text{InGaZnO}_4$  (a-IGZO) 结构模型。通过经典分子动力学(MD)在 8000K 下以 2f 秒的时间步长熔融含 2016 个原子的结晶  $\text{InGaZnO}_4$  晶胞模型 20p 秒。以 125K/p 秒的速率从 8000K 快速冷却到 12K 后,在 1K 下进行经典 MD 模拟 100p 秒。以此方式,得到经典 MD 模拟中非晶 a-IGZO 的稳定结构。从该模型切割出能根据第一原理计算进行的含有 84 个原子的晶胞并在上述条件下再次通过经典 MD 模拟将其熔融和快速冷却以得到 84 原子 a-IGZO 模型。在这些经典 MD 模拟中使用了 Buckingham 电势(potential)。确定该电势的参数以使分别以小于等于 2% 和小于等于 10% 的误差再现 a-IGZO 膜的第一最近相邻距离和质量密度的实验值。

[0033] 以得到的 84 原子 a-IGZO 模型作为单位晶胞,使用基于平面波基底和投影幅角波(argument wave)法的第一原理能带计算来计算结构弛豫以得到其中不含杂质的 a-IGZO 模型的稳定结构(下文称为“纯 a-IGZO”)。使用以下说明的第一原理能带计算计算的结构弛豫,在单位晶胞中电荷是中性的条件下使用具有 400eV 截止能量的平面波基底和  $4 \times 4 \times 1$  Monkhost-Pack 特殊 k 点网格。

[0034] 对于作为含杂质的 a-IGZO 结构模型的具有向其添加的 1 个氢原子的 a-IGZO (下文称为“a-IGZO + H”)和具有向其添加的作为过剩氧的 1 个氧原子  $\text{O}_{\text{EX}}$  的 a-IGZO (下文称为“a-IGZO + O”)计算结构弛豫。这些原子分别位于距离图 1A 和 1B 的结构模型 a-IGZO + H 和 a-IGZO + O 中示出的氧 O(A) 约 0.15nm 的位置。

[0035] 然后,对于结构弛豫后的 a-IGZO + O 模型计算结构弛豫,其在远离添加的氧原子  $\text{O}_{\text{EX}}$  的位置具有另外向其添加的 1 个氢原子或两个氢原子(a-IGZO + OH 或 a-IGZO +  $\text{OH}_2$ )。另外,对于该结构弛豫后的 a-IGZO + O 模型计算结构弛豫,其在添加的氧原子  $\text{O}_{\text{EX}}$  附近位置具有另外向其添加的 1 个氢原子或两个氢原子(a-IGZO +  $\text{O}_{\text{EX}}\text{H}$  或 a-IGZO +  $\text{O}_{\text{EX}}\text{H}_2$ )。

[0036] 对于通过计算上述结构弛豫得到的结构模型,计算态密度(DOS)。结构模型意指 a-IGZO、a-IGZO + H、a-IGZO + O、a-IGZO + OH、a-IGZO + OH<sub>2</sub>、a-IGZO + O<sub>EX</sub>H 和 a-IGZO + O<sub>EX</sub>H<sub>2</sub>。要注意的是,态密度(DOS)的计算中,使用 400eV 的截止能量和 4×5×6 Monkhost-Pack 特殊 k 点网格。

[0037] (计算的结果)

[0038] 图 1A ~ 1F 示出通过结构弛豫得到的上述模型的弛豫原子构造。在 a-IGZO + H (图 1A) 中,作为杂质添加的氢与纯 a-IGZO 模型中存在的氧(该图中的 O(A)) 形成键。在 a-IGZO + O (图 1B) 中,作为过剩氧添加的氧 O<sub>EX</sub> 与纯 a-IGZO 模型中附近存在的氧(该图中的 O(A)) 形成 O-O<sub>EX</sub> 键。在 a-IGZO + OH (图 1C) 和 a-IGZO + OH<sub>2</sub> (图 1D) 中,过剩氧维持 O-O<sub>EX</sub> 键,并且添加的氢与纯 a-IGZO 模型中附近存在的氧形成键。另一方面,在 a-IGZO + O<sub>EX</sub>H (图 1E) 和 a-IGZO + O<sub>EX</sub>H<sub>2</sub> (图 1F) 中,位于过剩氧附近的氢使 O-O<sub>EX</sub> 键断裂,并在过剩氧和氢之间形成 O<sub>EX</sub>-H-O 键或 H-O<sub>EX</sub>-H 键。特别地,从示出 a-IGZO + O<sub>EX</sub>H<sub>2</sub> 的图 1F,可以看出 H-O<sub>EX</sub>-H 的结构与水相似。

[0039] 图 2A ~ 2G 示出对于上述模型得到的 DOS。另外,为了比较,示出纯 a-IGZO 的 DOS (图 2A)。在这些图中,纯 a-IGZO 的价带最高能量是 0eV。这些图中的实线表示 Fermi 能级。在 a-IGZO + H (图 2B) 的 DOS 中, Fermi 能级位于导带中。这意味着电子作为载流子掺杂在导带中,这与氢表现出给体行为的事实相一致。在 a-IGZO + O (图 2C) 的 DOS 中, Fermi 能级并不存在于导带中。另外,在价带之上观察到来自 O-O 键的能级峰。因为该能级完全由电子占据,过剩氧并不影响 n 型 TFT 的电特性。a-IGZO + O 结构模型在远离过剩氧的位置具有向其添加的氢的 a-IGZO + OH (图 2D) 和 a-IGZO + OH<sub>2</sub> (图 2E) 的 DOS 中,在价带之上观察到来自 O-O<sub>EX</sub> 键的峰并且 Fermi 能级位于导带中。过剩氧和氢彼此独立地显示出它们各自的特性,这表明存在即使过剩氧存在时过剩氧也没有起到载流子消除剂的作用的情形。另一方面, a-IGZO + O 结构模型在过剩氧附近的位置具有向其添加的氢的 a-IGZO + O<sub>EX</sub>H (图 2F) 的 DOS 中,在带隙中观察到来自过剩氧和氢的 O-H-O<sub>EX</sub> 键的陡峰。因此,从 Fermi 能级的位置判断,可以看出能级是未完全占据的能级。因此,能级起到捕集载流子电子的阱的作用。在 a-IGZO + O<sub>EX</sub>H<sub>2</sub> (图 2G) 的 DOS 中,在 a-IGZO + O<sub>EX</sub>H (图 2F) 中观察到的带隙中的能级消失, Fermi 能级并不存在于导带中, DOS 与纯 a-IGZO 相似。因此,在此情形中,氢不能作为大大影响 TFT 电性能的杂质。

[0040] 由上可知,虽然实验事实表明非晶氧化物半导体中的氢起到给体的作用,但存在于膜中的氢原子的浓度并不与载流子电子密度良好吻合,据认为该事实的原因如下。通过向非晶氧化物半导体薄膜注入离子而引入氢的情形对应于上述的 a-IGZO + H 的情形,并且将氢离子化以起到给体的作用。另一方面,表明在利用受控的氧分压或水分压而形成的薄膜中,存在于膜中的大部分氢并未起到给体的作用。由上述计算可知,当具有组成比不同于 a-IGZO 中其化学计量组成比的过剩氧与氢形成化学键 O-H-O<sub>EX</sub> 或 O<sub>EX</sub>-H<sub>2</sub> 时,氢并未起到给体的作用。在此情形中, O-H-O<sub>EX</sub> 起到载流子阱的作用,而 O<sub>EX</sub>-H<sub>2</sub> 不影响 TFT 的电性能。因此认为在形成的膜中,因为大比例存在的氢以 O-H-O<sub>EX</sub> 或 O<sub>EX</sub>-H<sub>2</sub> 的键合状态存在,保持了实现常闭 TFT 器件的载流子电子密度。

[0041] 本文中使用的过剩氧并不意味着氧与整个非晶氧化物半导体中的其化学计量组成比相比过剩,而是意指氧在非晶氧化物半导体一部分中作为单位尺寸的具有特定数目原

子的微区中过剩。因此,即使当氧根据其化学计量组成比存在于整个非晶氧化物半导体中时,如果氧缺乏的量和过剩氧的量程度相同,则具有本文中所述的过剩氧。

[0042] 具体地,过剩氧的存在意指尽管氧与金属元素 M (M 为 In、Zn 或 Ga)键合并且键合状态为 M-O-M,但该键合状态实际上为包括 O-O 的 M-O-O-M。氧的该键合状态表示为 O-O<sub>EX</sub>键。当氢与该 O-O<sub>EX</sub>键键合时,键合状态表示为 O<sub>EX</sub>-H 或 H-O<sub>EX</sub>-H。

[0043] 本文中使用的 O-H 键意指上述的 a-IGZO+OH 键。另外,由与其相对于金属元素的化学计量组成比相比过剩氧和氢形成的 O<sub>EX</sub>-H 键意指具有将氢插入过剩氧的 O-O<sub>EX</sub>键中的结构的上述 a-IGZO + O<sub>EX</sub>H 键。另外,由过剩氧和氢形成的 H-O<sub>EX</sub>-H 键意指上述的 a-IGZO + O<sub>EX</sub>H<sub>2</sub>键。

[0044] 如上所述,已经发现当氢附近的氧局部过剩时非晶氧化物半导体中的氢没有起到给体的作用。具体地,在含有相对于载流子密度过剩氢的非晶氧化物半导体中,作为载流子源的 a-IGZO + OH 键的数目决定非晶氧化物半导体的最终载流子密度。换句话说, O-H 键的密度为载流子密度。

[0045] 当大量(大于等于  $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ )的氢原子包含在非晶氧化物半导体中时,重要的是当非晶氧化物半导体中吸收过剩氧原子和氢原子时,过剩氧原子数与氢原子数的比例大于等于 1:2。按此方式,可以含有大于等于  $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 过剩氧原子并且载流子密度可以为  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ,这足以起到 TFT 的沟道层半导体的作用。当氢原子数小于  $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 时,由于氢以外的载流子源例如氧缺乏产生的载流子密度与由于 O-H 键产生的载流子密度竞争(密度差变小),因此存在并未保持根据本发明的关系的情形(O-H 键的密度落在根据本发明的范围之外),这是不优选的。

[0046] 另外,当大量(大于等于  $1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ )的氢原子包含在非晶氧化物半导体中时,起到载流子阱作用的 O-H-O<sub>EX</sub>的浓度增加。为了抑制该阱的增加,更重要的是向作为溅射气体的 Ar 气不添加氧而是只添加水蒸汽。作为例子,可以通过向 Ar 气只添加水蒸汽来形成溅射气体。图 3 示出由测定根据该实施方案制备的 a-IGZO 的 Hall 效应得到的载流子密度、Hall 迁移率和电阻率对于通过溅射形成膜时水蒸汽分压的依赖性。取决于溅射成膜的条件例如气体压力和施加电力的密度,通过引入高于或等于  $1 \times 10^{-2} \text{Pa}$  的水蒸汽分压,a-IGZO 的电阻率可以增加。另外,可以使载流子密度小于等于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。氢量的上限为  $1 \times 10^{22} \text{cm}^{-3}$ 。设定此上限是因为难以通过水蒸汽向非晶氧化物半导体薄膜稳定地提供更多的氢。另外,因为起到载流子阱作用的 O-H-O<sub>EX</sub>的密度变得更高,不可能得到对于 TFT 操作必需的电特性。例如,TFT 的阈值变得极高。

[0047] 图 4 是根据该实施方案制备的 TFT 器件的结构示意图。通过在基板 10 上依次设置栅电极 15、栅绝缘膜 14、源电极 12 和漏电极 11、沟道层 13 和保护层 16 而形成 TFT 器件。

[0048] 可应用于本发明的半导体器件的结构并不限于如上所述的底栅结构的 TFT。例如,TFT 可以具有其中在栅电极上依次设置栅绝缘膜和半导体沟道层,然后在其上形成源电极和漏电极的逆交错(reverse stagger)结构,或者可以具有作为上下颠倒的逆交错结构的交错结构(顶栅结构)。

[0049] 根据本发明的发明人的发现,优选使用含有 In 与 Zn 中至少一种元素和氢的非晶氧化物半导体层作为沟道层的薄膜晶体管取决于组成而具有如下特性:当使用具有大于约  $10 \Omega \text{cm}$  且小于约  $1 \times 10^6 \Omega \text{cm}$  的电阻率的半绝缘氧化物膜时,可以得到令人满意的 TFT 特

性。例如,当电阻率小于等于  $10 \Omega \text{ cm}$  时,不可能得到常闭晶体管或大的开/关比。在极端的情况中,即使施加栅电压时,源电极和漏电极之间的电流没有打开/关闭,晶体管未工作。另一方面,当电阻率大于等于  $1 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$  时,不可能得到大的开电流。在极端的情况中,即使施加栅电压时,源电极和漏电极之间的电流没有打开/关闭,晶体管未工作。

[0050] 通常,通过形成膜时引入的氧分压来控制氧化物的电阻率和载流子密度。更具体地,通过控制氧分压,主要控制薄膜中氧缺乏的量,由此来控制电子载流子密度。但是,根据本发明,通过仅控制图 3 中所示的水蒸汽分压来控制电子载流子密度。

[0051] 以下详细说明根据本发明的形成沟道层的方法。

[0052] 首先,制备由玻璃等制成的基板 10。利用气相法例如 DC 溅射、RF 溅射、脉冲激光沉积、原子层沉积或电子束沉积、其组合等,形成非晶氧化物半导体膜。此处,在非晶氧化物半导体膜的电阻率高于得到 TFT 沟道层的满意特性的电阻率的条件下形成膜。这基本上通过取决于非晶氧化物半导体膜的组成和成膜装置,将引入的水蒸汽分压设定在高于或等于  $8 \times 10^4 \text{ Pa}$  的范围内来实现。特别地,当引入的水蒸汽的分压高于或等于  $1 \times 10^2 \text{ Pa}$  时,这可以容易地实现。当使用真空装置成膜时,引入的水蒸汽的分压的上限为成膜气体的压力。为了防止由于气相中聚合导致的膜的密度下降和成膜速度下降,希望引入的水蒸汽的分压为约  $10 \text{ Pa}$  或更低。为了严格控制电阻率,可同时引入并控制水蒸汽和其量比水蒸汽小的氧。

[0053] 本文中使用的引入的水蒸汽的分压意指通过流速控制器有意引入成膜装置的水蒸汽的分压。从成膜装置等的内壁不可避免地释放的水蒸汽、因为成膜装置泄漏而从外部进入的水蒸汽和从靶释放的水蒸汽取决于成膜历史而大幅变化,因此非常难于控制。使真空成膜装置的背压为低于或等于  $1 \times 10^8 \text{ Pa}$  的超高真空并控制非晶氧化物中的氢浓度小于载流子密度在技术上是可能的。但是,如果这样做,会产生使制造成本增加的问题,包括增加的成膜装置的成本和延长的制造间歇时间。但是,当剩余水蒸汽的压力超过引入的水蒸汽的分压的上限时,难以得到本发明的效果,因此优选本发明中使用的成膜装置的背压低于或等于  $5 \times 10^4 \text{ Pa}$ 。要指出的是,流速控制器是例如质流控制器。

[0054] 另外,此处从 TFT 器件性能的观点考虑,优选在非晶氧化物半导体膜的电阻率大于或等于  $1 \times 10^2 \Omega \text{ cm}$  的条件下成膜。要指出的是,根据本发明,金属膜形成后,取决于氧化物膜的组成和成膜条件,电阻率的下限例如为大于或等于  $1 \times 10 \Omega \text{ cm}$ 。

[0055] 之后,可以对制备的非晶氧化物半导体膜进行热处理。此处,设定热处理条件以使非晶氧化物半导体膜具有使 TFT 沟道层获得满意特性的电阻率。为了在短时间内均匀控制电阻率,可以在气氛温度为  $150^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ 、优选  $200^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$  下进行热处理。另外,从均匀性的观点考虑,使用氧化气氛有效,因此这也是优选的。

[0056] 当进行热处理时,据认为有如下现象发生:在非晶氧化物中使氢原子热扩散;扩散的氢与起到载流子阱作用的  $\text{O}-\text{H}-\text{O}_{\text{EX}}$  键合以产生不影响 TFT 电特性的  $\text{O}_{\text{EX}}-\text{H}_2$ ;并使载流子阱密度降低。

[0057] 以低成本形成 TFT 的优选方法是通过施涂溶液来形成非晶氧化物半导体膜。例如,首先,通过喷墨印刷施涂溶解在作为溶剂的 2-甲氧基乙醇中的  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (可由 Aldrich 得到) 和  $\text{In}(\text{CH}_3\text{COO})_3$  (可由 Aldrich 得到) 的溶液作为材料。然后,在低于或等于  $500^\circ\text{C}$  温度的气氛中进行热处理以得到非晶  $\text{InZnO}$  膜。为了充分地挥发溶剂,可以在  $150^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$  下、优选在  $200^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$  下进行热处理。热处理的温度的上限受氧化物半

导体膜的结晶化限制。此处,大于或等于  $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  的氢原子残留在非晶氧化物半导体膜中,并且可以实现获得本发明载流子密度的小于或等于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  的 M-OH 键数。电沉积可以用作使用其它溶剂的成膜方法。例如,利用含有硝酸铟、硝酸镓、硝酸锌和二甲胺-硼烷(DMAB)的水溶液作为原料,可以在绝缘基板(例如,Corning1737)上形成 In-Ga-Zn-O 基非晶氧化物薄膜。在对其未施加电场的情况下沉积起始沉积层后,可以使用不含二甲胺-硼烷(DMAB)的水溶液并且使用外部电力施加电场以通过电沉积形成非晶氧化物膜。此处,水溶液的温度是  $60^\circ\text{C}$ 。此处以此方式形成的非晶氧化物膜具有大量(大于或等于  $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ )的残留氢原子。通过在低于或等于  $500^\circ\text{C}$  下热处理该膜,可以实现本发明中的小于或等于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  的 M-OH 键数以及小于或等于  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  的载流子密度。以此方式,可以形成可作为 TFT 工作的非晶氧化物半导体膜。为了使包含在膜中的大量的水分挥发,可以在  $150^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$  下、优选在  $200^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$  下进行热处理。热处理的温度上限受氧化物半导体膜的结晶化限制。

[0058] 然后,通过在含氧的气氛中溅射形成氧化物绝缘体保护膜,由其可以抵消由于保护膜的形对沟道层的损伤和还原效果。

[0059] 以下对 TFT 结构的部件进行详细说明。

[0060] (栅极绝缘层)

[0061] 在本发明中,希望将  $\text{SiO}_2$  用于栅极绝缘层。或者,也优选将含有  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{HfO}_2$  和  $\text{TiO}_2$  中至少一种的材料用于栅极绝缘层。也可使用其中将这些层层叠的任何膜。

[0062] 作为栅极绝缘层的成膜方法,可使用气相法例如溅射、脉冲激光沉积和电子束沉积。但成膜方法并不限于这些方法。

[0063] (电极)

[0064] 对用于源电极、漏电极和栅电极的材料无特别限制,只要这些材料能使满意的导电性和与沟道层的满意的电连接实现。例如,可使用由  $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$  或  $\text{ZnO}$  形成的透明导电膜和由 Mo、Au、Pt、Al、Ni 和 Cu 形成的金属膜。此外,为了提高粘合性,可以在沟道层或绝缘层和电极之间设置由 Ti、Ni、Cr 等形成的层。

[0065] (基板)

[0066] 作为基板,取决于沟道层的热处理条件等可以使用玻璃基板、金属基板、塑料基板、塑料膜等。

[0067] (沟道层)

[0068] 沟道层是含有 In 和 Zn 中至少一种元素和氢的非晶氧化物。

[0069] 作为沟道层的成膜方法,可以使用气相法例如溅射、脉冲激光沉积和电子束沉积。但是成膜方法并不限于这些方法。

[0070] 为了确保在非晶氧化物半导体中吸收固定量的氢,并因此为了防止在成膜开始前水蒸汽被吸附到沟道层的底层或真空装置的腔室壁,希望在高于或等于  $80^\circ\text{C}$  下形成沟道层。

[0071] 希望热处理的温度等于或低于玻璃化转变温度,并且在本发明中,希望热处理的温度为  $150^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ 。热处理温度的下限是  $150^\circ\text{C}$ ,因为作为将金属铟从中精制时使用的公知材料,  $\text{In}(\text{OH})_3$  的分解在  $150^\circ\text{C}$  开始。从缩短热处理时间的观点考虑,优选热处理温度在  $200^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$ 。

[0072] 因为可以通过使用形成沟道层的温度进行热处理,可以在形成沟道层的同时进行热处理。另外,可以在形成保护膜后或在完成 TFT 后进行热处理。

[0073] (保护膜)

[0074] 作为保护膜,使用含有至少一种金属元素的金属氧化物膜。在金属氧化物中,作为保护膜,优选使用含有以下中至少一种的物质:SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、CaO、SrO、BaO、ZnO、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、TiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、CeO<sub>2</sub>、Li<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、Rb<sub>2</sub>O、Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Dy<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和 Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。

[0075] 或者,除这些金属氧化物外,还可以使用硅氧氮化物(SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>)。

[0076] 作为在 TFT 上形成上述金属氧化物或 SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>作为保护膜的方法,可以使用化学气相沉积(CVD)、溅射等。当通过溅射形成保护膜时,在含氧的气氛中溅射期间进行成膜。这是因为其中例如在 Ar 气气氛中形成保护膜的器件与保护膜形成之前相比,在 TFT 特性上劣化。可以想象,TFT 特性劣化的原因是由于保护膜形成期间从沟道层界面的氧释放导致载流子产生而造成沟道层电阻的下降。因此,在溅射保护膜期间要求在含氧的气氛中进行成膜。全部溅射气体中氧含量希望为 10%~80%。

[0077] (TFT 特性)

[0078] 图 5 示出本发明的 TFT 的典型传输特性(V<sub>g</sub>-I<sub>d</sub> 特性)。在源电极和漏电极之间施加 12V 的电压 V<sub>d</sub>时,通过在 -20V 和 20V 之间扫过栅电压 V<sub>g</sub>,可以控制源电极和漏电极之间的电流 I<sub>d</sub> (开闭)。

[0079] 特别地,当将本发明应用于使用由于无粒界散射和优异的界面特性而最初具有高载流子迁移率的非晶氧化物作为沟道层的 TFT 时,可以实现具有高场效应迁移率和优异特性的 TFT。在此情形中,通过在氧化物膜中引入 Ga 和 Sn 中至少一种元素将非晶相稳定化。此外,从将非晶相稳定化的观点出发,可以想到将热处理时的氧化气氛的温度优选设定在低于或等于 500°C。

[0080] 此处,通过以下观测可以识别非晶状态:当以约 0.5 度的低入射角将 X 射线衍射到作为测试目标的薄膜时,没有检测到明显的衍射峰(换句话说,观测到光晕图案)。应当指出的是,当将上述材料用于薄膜晶体管的沟道层时,本发明并未排除沟道层含有微晶态组分材料的情形。

[0081] 通过将显示器件例如有机或无机电致发光(EL) 器件或者液晶器件的电极连接到作为上述薄膜晶体管输出终端的漏电极,可以形成显示装置。以下参照显示装置的剖面图说明显示装置结构的具体例子。

[0082] 图 6 为作为本发明的另一实施方案的示例性显示装置的剖面图。在基板 611 上形成 TFT。TFT 包括栅电极 612、栅绝缘膜 613、非晶氧化物半导体膜 614、保护层 615、源(漏)电极 616 和漏(源)电极 617。

[0083] 将电极 618 经中间层绝缘膜 619 连接到漏(源)电极 617。电极 618 与发射层 620 接触。发射层 620 与电极 621 接触。

[0084] 以这样的结构,可以利用经过在非晶氧化物半导体膜 614 中形成的沟道由源(漏)电极 616 通入漏(源)电极 617 的电流值来控制注入发射层 620 中的电流。

[0085] 因此,可以通过 TFT 的栅电极 612 处的电压控制电流。此处,电极 618、发射层 620 和电极 621 形成无机或有机电致发光器件。

[0086] 图 7 是作为本发明另一实施方案的另一示例性显示装置的剖面图。将漏(源)电极 717 延长以致也作为电极 718。可以将电极 723 和对电极 718 做成将电压施加到夹设在高电阻膜 720 和 722 之间的液晶单元或者电泳颗粒单元 721 的结构。图 7 也示出基板 711、栅绝缘膜 713、保护层 715 和中间层绝缘膜 719。

[0087] 液晶单元或电泳颗粒单元 721、高电阻膜 720 和 722、电极 718 和电极 723 形成显示器件。

[0088] 可以通过经过在非晶氧化物半导体膜 714 中形成的沟道由源电极 716 通入漏电极 717 的电流值控制施加到显示器件的电压。

[0089] 因此,可以利用 TFT 的栅电极 712 处的电压控制电压。此处,当显示器件的显示介质是具有封装在其绝缘膜中的流体和颗粒的封装体时,可以省去高电阻膜 720 和 722。

[0090] 以上对作为具有底栅逆交错结构的 TFT 的两个实例 TFT 进行了说明,但本发明并不限于这样的结构。

[0091] 例如,只要在作为 TFT 的输出终端的漏电极和显示器件之间的连接拓扑上相同,其它结构例如共平面结构也可以。

[0092] 另外,在上述的两个实例 TFT 中,用于驱动显示器件的成对的电极设置成与基板平行,但是本发明并不限于这样的结构。

[0093] 例如,只要作为 TFT 的输出终端的漏电极和显示器件之间的连接拓扑上相同,可以将电极的一个或两个设置成与基板垂直。

[0094] 另外,关于上述两个实例 TFT,只有一个 TFT 示出与显示器件相连,但本发明并不限于这样的结构。例如,在图中示出的 TFT 还可以与根据本发明的另一 TFT 连接,只要图中示出的 TFT 在包括这些 TFT 的电路的最后阶段。

[0095] 此处,当用于驱动显示器件的成对电极设置成与基板平行时,如果显示器件是反射显示器件例如 EL 器件或反射液晶器件,要求电极的任意一个对发射光或反射光的波长透明。

[0096] 如果显示器件是透射显示器件例如透射液晶器件,要求两个电极对透射光透明。

[0097] 另外,在根据此实施方案的 TFT 中,所有部件可以是透明的以致可以形成透明显示器件。

[0098] 另外,可以在具有低热阻的基板例如轻质、柔性并且透明的塑料树脂基板上设置这样的显示器件。

[0099] 其次,参照图 8 说明二维地布置多个包括 EL 器件(此处,为有机 EL 器件)和薄膜晶体管的像素的显示装置。

[0100] 在图 8 中,晶体管 801 驱动有机 EL 层 804。晶体管 802 选择像素。电容器 803 保持选择的状态,在共通电极线 807 和晶体管 802 的源之间保持电荷,并保持晶体管 801 的栅信号。通过扫描电极线 805 和信号电极线 806 选择像素。

[0101] 更具体地,将图像信号作为脉冲信号从驱动电路(未示出)经扫描电极线 805 施加到栅电极。同时,还施加信号作为从另一驱动电路(未示出)经信号电极线 806 到晶体管 802 的脉冲信号以选择像素。此处,打开晶体管 802 并且在信号电极线 806 和晶体管 802 的电源之间的电容器 803 中储存电荷。

[0102] 这使晶体管 801 的栅保持在希望的电压并且将晶体管 801 打开。将此状态维持到

接收下一信号。

[0103] 在晶体管 801 打开的期间,持续向有机 EL 层 804 供给电压和电流并且维持发光。

[0104] 尽管图 8 中示出的结构每个像素具有两个晶体管和一个电容器,为了提高性能可以引入更多的晶体管等。

[0105] 必要的是:通过使用透明并且可以在低温下形成的 In-Ga-Zn-O 基 TFT 用于晶体管部分,可以得到有效的 EL 器件。

[0106] 尽管以下参照实施例进一步说明本发明,但本发明并不限于此。

[0107] (实施例 1)

[0108] 在该实施例中,对本发明的 TFT 器件的实施方案进行说明。

[0109] 首先,在玻璃基板上形成 In-Ga-Zn-O 膜作为非晶氧化物半导体。通过 DC 溅射成膜在氩气氛中形成 In-Ga-Zn-O 膜。

[0110] 作为靶(材料来源),使用具有 InGaZnO<sub>4</sub>组成的 3 英寸大小的烧结体,并且施加的 RF 功率为 50W。靶和基板之间的距离为 60mm。在  $5.0 \times 10^{-1}$  Pa 的氩和水蒸汽的混合气氛中形成 In-Ga-Zn-O 膜。引入的水蒸汽的分压为  $8.0 \times 10^{-4}$  Pa ~  $6.0 \times 10^{-2}$  Pa。注意没有引入氧。成膜时基板温度为 25°C。

[0111] 对于得到的膜,测定了 Hall 效应。结果示出在图 3 中,其中示出了 In-Ga-Zn-O 膜的载流子密度、Hall 迁移率和电阻率对利用溅射成膜时水蒸汽分压的依赖性。通过引入等于或高于  $1 \times 10^{-2}$  Pa 的水蒸汽分压,能使 In-Ga-Zn-O 膜的电阻率增加。另外,能使载流子密度为小于等于  $1 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>。对于 In-Ga-Zn-O 膜,以小到约 0.5 度的膜表面上的入射角进行 X 射线衍射。对于所有情形,没有观察到清晰的衍射峰,确认了制备的 In-Ga-Zn-O 膜为非晶膜。另外,进行 AFM 测定并分析图案,发现薄膜的表面粗糙度(Ra)约为 0.4nm。膜厚度约为 200nm。作为 X 射线光电子分光(XPS)分析的结果,发现薄膜中金属的组成比为 In:Ga:Zn = 1:1:0.9。

[0112] 另外,使用 InZnO (ZnO :10.7wt%)的 3 英寸大小的烧结体作为靶(材料来源),进行相似的实验。通过引入等于或高于  $1 \times 10^{-2}$  Pa 的水蒸汽分压,能使 InZnO 膜的电阻率增加,并能得到非晶 IZO 膜。

[0113] 对于得到的非晶 In-Ga-Zn-O 膜和 IZO 膜,进行二次离子质谱(SIMS)测定以对膜中氢的量定量。结果示出在图 10 中。发现在膜中,根据引入的水蒸汽的分压,得到了大于根据本发明的  $1 \times 10^{20}$  cm<sup>-3</sup> 的  $1 \times 10^{21}$  ~  $1 \times 10^{22}$  cm<sup>-3</sup> 的氢。另外,因为膜中氢的量和引入的水蒸汽分压的两条对数曲线显示非常好的线性,发现膜中氢的量可通过引入的水蒸汽的分压进行精确控制。

[0114] (实施例 2)

[0115] 在该实施例中,参照图 9 说明本发明的 TFT 器件的另一实施方案。

[0116] 首先,作为沟道层,在 n 型低电阻硅基板 900 上形成 In-Ga-Zn-O 膜 903,在硅基板 900 上具有以 100nm 厚度形成的热生长氧化硅膜 904。在氩气氛中利用 DC 溅射,形成 In-Ga-Zn-O 膜。

[0117] 作为靶(材料来源),使用具有 InGaZnO<sub>4</sub>组成的 3 英寸大小的烧结体,并且施加的 RF 功率为 50W。靶和基板之间的距离为 60mm。在引入的水蒸汽的分压为  $6.0 \times 10^{-2}$  Pa 的情况下在  $5.0 \times 10^{-1}$  Pa 的氩-水蒸汽的混合气体气氛中形成 In-Ga-Zn-O 膜。要注意的是没有

引入氧。成膜时基板的温度为 25℃。非晶  $\text{InGaZnO}_4$  沟道层的厚度是 30nm。此后,利用光刻法对沟道层布图。然后从更接近沟道层的一侧使用电子束加热气相沉积依次以约 5nm 的厚度层叠 Ti 层并以约 100nm 的厚度层叠 Au 层,并利用光刻法和剥离法形成源电极 902 和漏电极 901。以此方式,完成具有 30  $\mu\text{m}$  沟道长度和 180  $\mu\text{m}$  沟道宽度的底栅交错 TFT。在该 TFT 器件中,100nm 厚度的热生长氧化硅膜 904 起到栅极绝缘层的作用,而 n 型低电阻硅膜 900 起到栅电极 905 的作用。

[0118] 其次,对以此方式得到的 TFT 器件的特性进行评价。图 11 示出在该实施例中制备的 TFT 器件的  $I_d$ - $V_g$  特性(传输特性),对于形成 TFT 后没有热处理的情形、在气氛中在 200℃ 进行 30 分钟热处理的情形和在 250℃ 进行 30 分钟热处理的情形,在室温下当  $V_d = 20\text{V}$  时测定  $I_d$ - $V_g$  特性。发现能仅通过水蒸汽分压控制非晶  $\text{InGaZnO}_4$  沟道层的电阻率并且 TFT 器件具有与晶体管相当的开 / 关比和等于或大于  $10^4$  的 TFT 特性。

[0119] (实施例 3)

[0120] 在该实施例中,参照图 4 说明本发明的 TFT 器件的另一实施方案。

[0121] 首先,通过溅射在玻璃基板 10 上形成 Mo 电极作为栅电极。然后利用光刻法进行布图。利用溅射形成  $\text{SiO}_2$  膜作为栅绝缘膜 14 后,形成源电极 12 和漏电极 11。然后,和实施例 2 的情形相似,在其上形成 In-Ga-Zn-O 膜作为沟道层 13。非晶  $\text{InGaZnO}_4$  沟道层的厚度是 30nm。引入的水蒸汽的分压为  $1.6 \times 10^2 \text{Pa}$ 、 $6.2 \times 10^2 \text{Pa}$  和  $8.6 \times 10^2 \text{Pa}$ 。注意的是没有引入氧。成膜时基板的温度为 25℃。

[0122] 另外,利用溅射在其上以 100nm 厚度沉积  $\text{SiO}_2$  膜作为保护膜 16。

[0123] 在该实施例中,施加的 RF 功率是 300W。成膜时气氛的总压力为 0.1Pa,气体流速比为  $\text{Ar}:\text{O}_2=90:10$ 。基板温度为 25℃。

[0124] 最后,通过利用光刻法和蚀刻除去在栅电极 15、漏电极 11 和源电极 12 中每一个上的一部分形成接触孔,然后,在大气中在 250℃ 下进行 60 分钟热处理。以此方式,完成具有 30  $\mu\text{m}$  沟道长度和 180  $\mu\text{m}$  沟道宽度的底栅 TFT。

[0125] 其次,对这样得到的 TFT 器件的特性进行评价。图 5 为示出该实施例中制备的 TFT 器件在室温下进行测定时在  $V_d = 20\text{V}$  的  $I_d$ - $V_g$  特性(传输特性)的图。在  $V_d = 20\text{V}$  时约  $I_d = 1 \times 10^{-5} \text{A}$  的电流流动。此外,在引入的水蒸汽分压为  $8.6 \times 10^2 \text{Pa}$  下由输出特性计算场效应迁移率,在饱和区得到约  $3 \text{cm}^2/\text{Vs}$  的场效应迁移率。

[0126] (实施例 4)

[0127] 在该实施例中,对使用示出在图 12 中的薄膜晶体管的显示装置进行说明。在使用的薄膜晶体管中形成沟道层的过程和实施例 3 中引入的水蒸汽分压为  $8.6 \times 10^2 \text{Pa}$  时的情形相似。

[0128] 在上述薄膜晶体管中,在绝缘层(保护层) 16 覆盖并对其布图后,将形成漏电极 12 的 ITO 膜的岛的短边延伸至 100  $\mu\text{m}$ ,并将具有 90  $\mu\text{m}$  长度的延伸部分留出以确保对源电极 11 和对栅电极 15 的布线。将聚酰亚胺膜施加在其上并进行摩擦过程。同时,相似地,制备具有在其上形成的 ITO 膜和聚酰亚胺膜并且然后经历摩擦过程的塑料基板,并与在其上形成有薄膜晶体管的上述基板以它们之间具有 5  $\mu\text{m}$  的间隙相对,并将向列液晶注入该间隙。另外,设置一对偏振板使该偏振板之一位于该结构的一侧,而另一偏振板位于该结构的另一侧。此处,当对薄膜晶体管的源电极施加电压并且改变施加到栅电极的电压时,光透射率

仅在作为由漏电极延伸的 ITO 膜的岛的部分的  $30\ \mu\text{m}\times 90\ \mu\text{m}$  的区域中变化。另外,当施加栅电压使薄膜晶体管打开时还可以通过源-漏电压连续地改变透射率。以此方式,制备与图 7 中所示相对应并且具有液晶显示单元作为显示器件的显示装置。要注意的是图 12 也示出了基板 10、沟道层 13 和栅绝缘膜 14。

[0129] 在该实施例中,使用白色塑料基板作为基板,在其上形成薄膜晶体管。薄膜晶体管的电极由金来代替,省去聚酰亚胺膜和偏振板。制作具有封装在其绝缘膜中的颗粒和流体的封装体以填充白色透明塑料基板之间的间隙。在具有上述结构的显示装置的情形中,控制在薄膜晶体管中延伸的漏电极和上 ITO 膜之间的电压,由此使封装体中的粒子上下运动。因此,通过控制由透明基板侧看到的延伸的漏电极区中的反射率,可以进行显示。

[0130] 另外,在该实施例中,可以形成多个薄膜晶体管以使互相邻近以形成具有例如包括四个晶体管和一个电容器的常用结构的电流控制电路,其最终阶段的一个晶体管是示出在图 12 中的薄膜晶体管,从而驱动 EL 器件。例如,使用具有上述 ITO 膜用作其漏电极的薄膜晶体管。在作为从漏电极延伸的 ITO 膜的岛的一部分的  $30\ \mu\text{m}\times 90\ \mu\text{m}$  区域中形成包括电子注入层和发射层的有机电致发光器件。以此方式,可以形成图 6 中所示的使用 EL 器件的显示装置。

[0131] (实施例 5)

[0132] 在该实施例中,将实施例 4 的显示器件和薄膜晶体管二维地设置。例如,包括显示器件例如液晶单元或 EL 器件的每个占据约  $30\ \mu\text{m}\times 115\ \mu\text{m}$  面积的像素和实施例 4 的薄膜晶体管以  $40\ \mu\text{m}$  的间距沿着短边方向设置并以  $120\ \mu\text{m}$  的间距沿着长边方向设置以形成  $7425\times 1790$  像素的长方形。另外,设置穿过长边方向上 7425 个薄膜晶体管的栅电极的 1790 根栅布线和在短边方向上穿过具有由非晶氧化物半导体膜的岛延伸  $5\ \mu\text{m}$  的 1790 个薄膜晶体管的源电极部分的 7425 根信号布线,将它们分别和栅驱动电路和源驱动电路连接。在液晶显示器件的情形中,通过在其表面上设置具有和液晶显示器件相同尺寸并且与液晶显示器件对齐的滤色器,并且通过在循环中在长边方向上重复设置这样的 RGB 滤色器,可以形成具有约 211ppi 分辨率的 A4 大小的有源矩阵(active matrix)彩色图像显示装置。

[0133] 在 EL 器件的情形中,一个 EL 器件中包括的两个薄膜晶体管的第一薄膜晶体管的栅电极与栅线连接,而第二薄膜晶体管的源电极和信号线连接。另外,在长边方向上在 RGB 中的循环中改变 EL 器件的发光波长。以此方式,可以形成具有相同分辨率的发光彩色图像显示装置。

[0134] 此处,驱动有源矩阵的驱动电路可以使用和像素的薄膜晶体管相同的根据本发明的薄膜晶体管来形成,或者可以使用已存在的 IC 芯片形成。

[0135] 尽管已参考示例性实施方案说明了本发明,应当理解,该发明并不限于公开的示例性实施方案。对以下权利要求的范围应予以最宽泛的解释以包括所有这样的变形和等同的结构及功能。

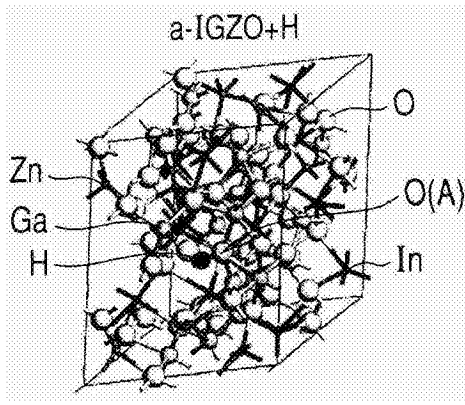


图 1A

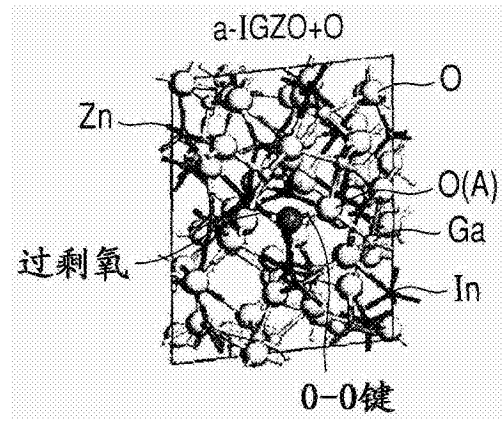


图 1B

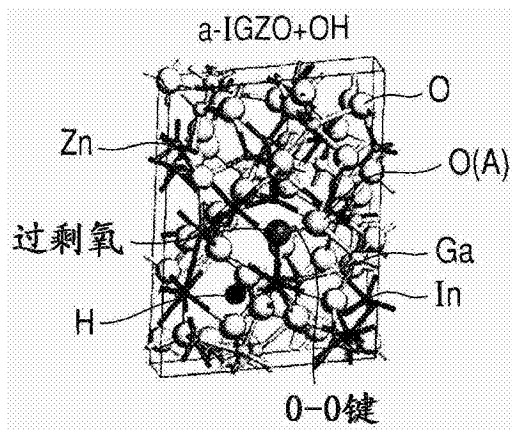


图 1C

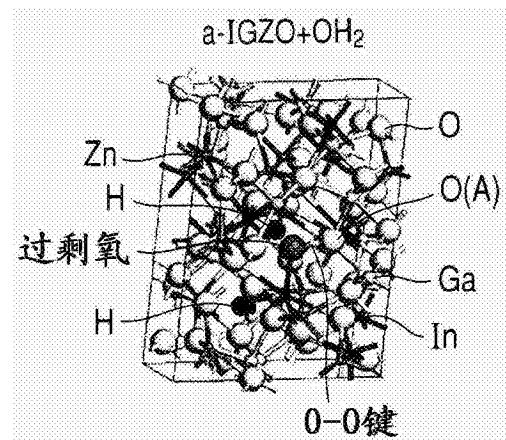


图 1D

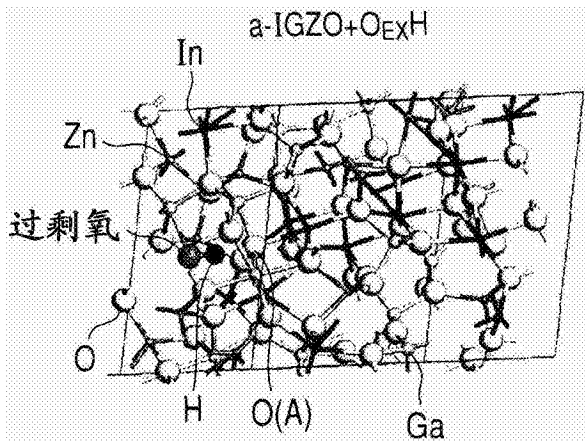


图 1E

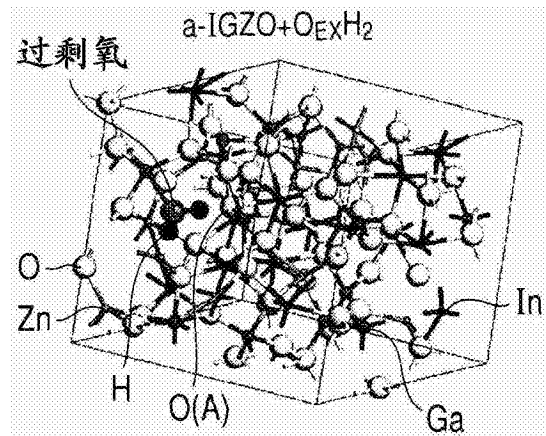


图 1F

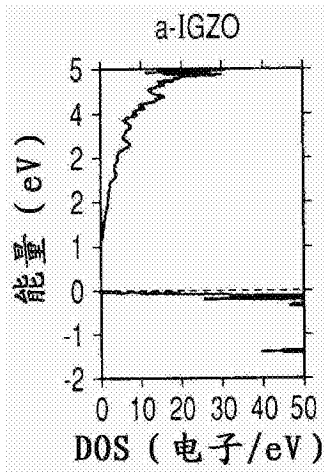


图 2A

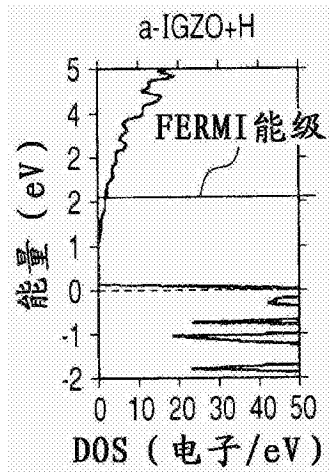


图 2B

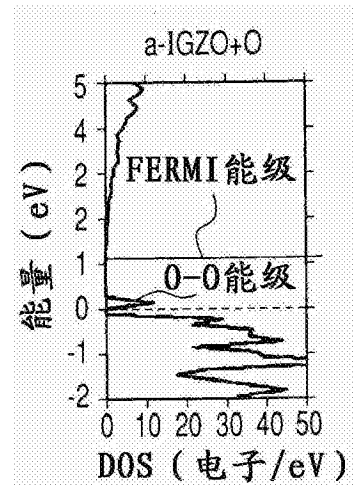


图 2C

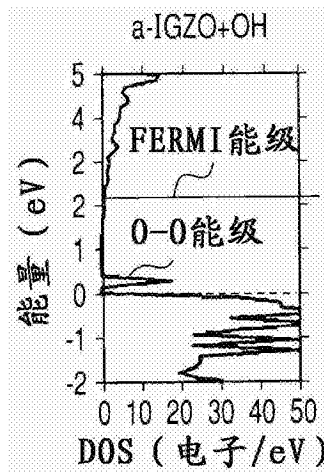


图 2D

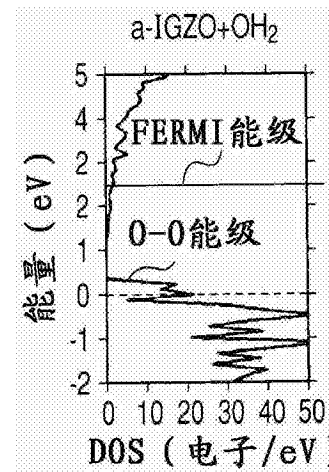


图 2E

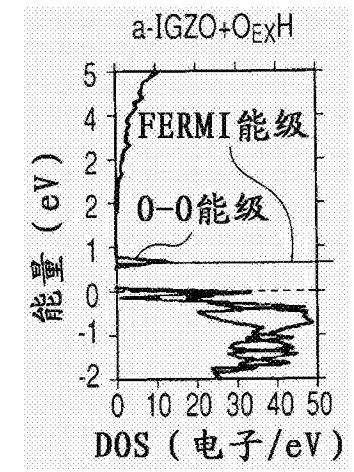


图 2F

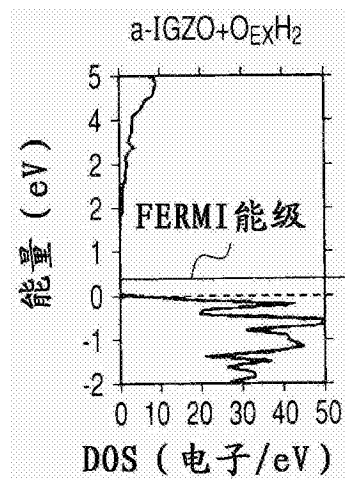


图 2G

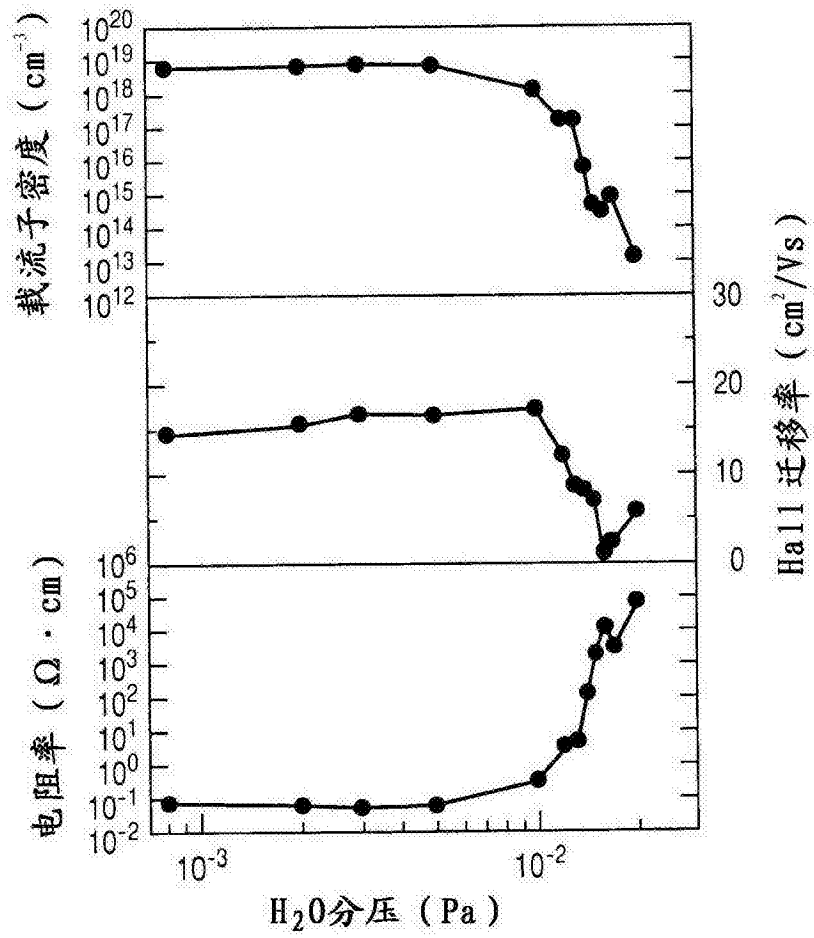


图 3

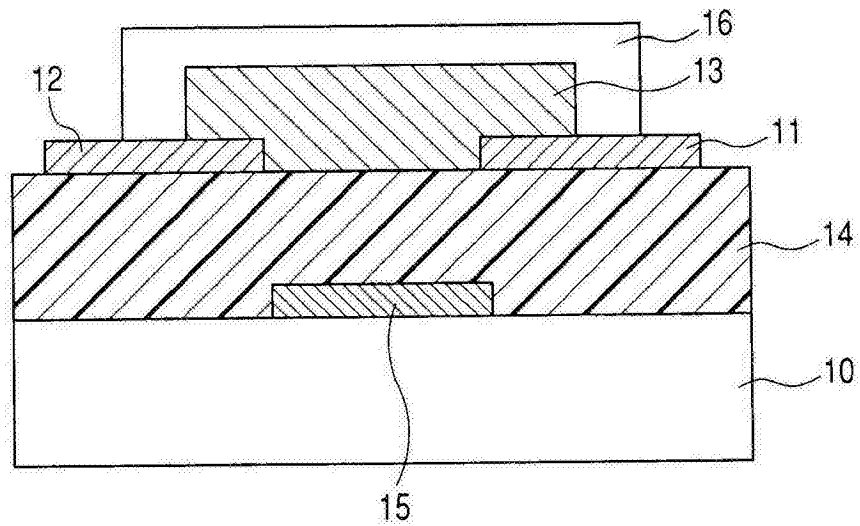


图 4

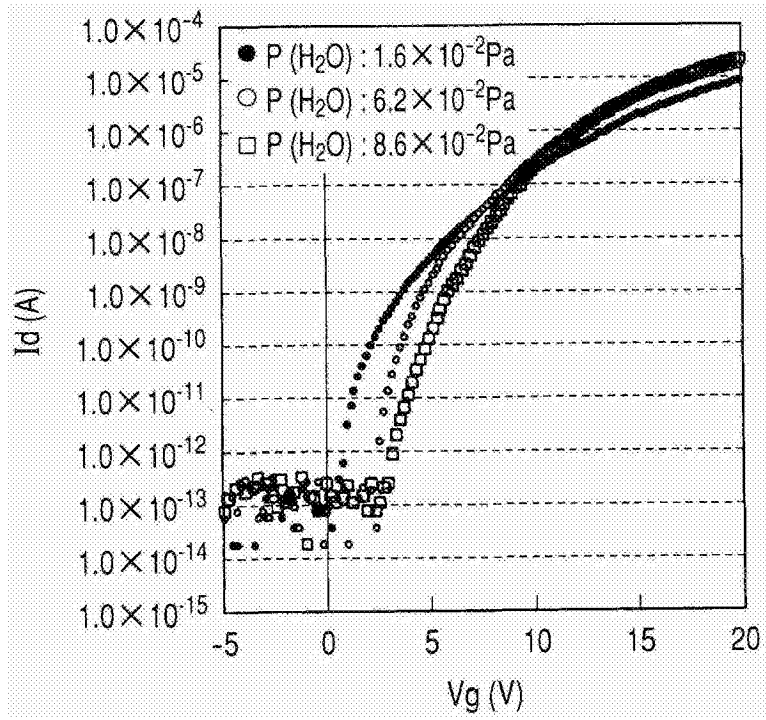


图 5

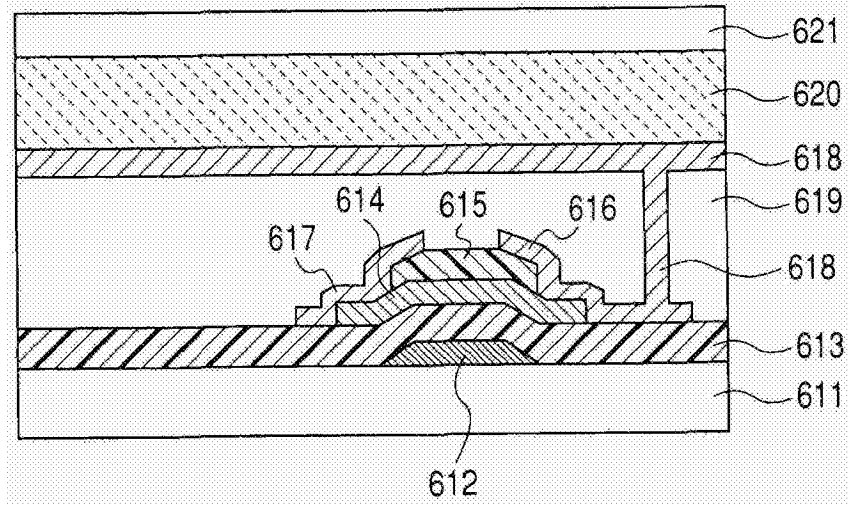


图 6

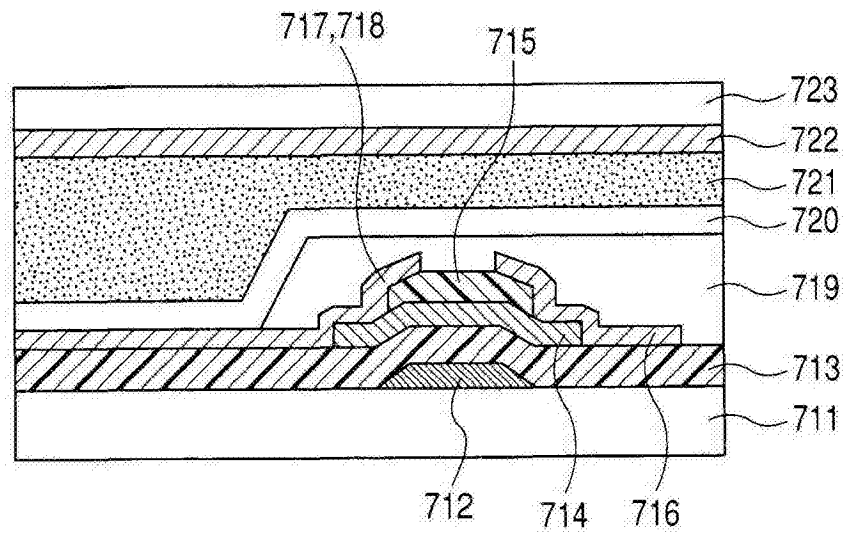


图 7

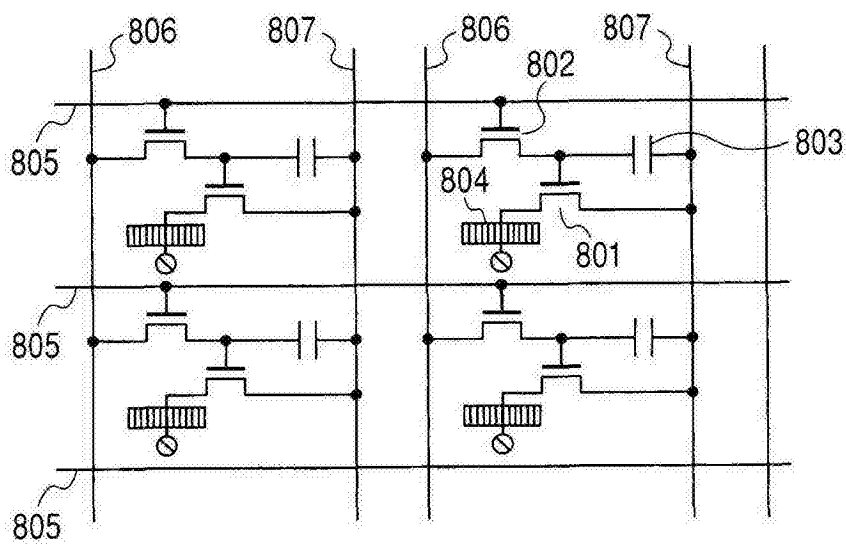


图 8

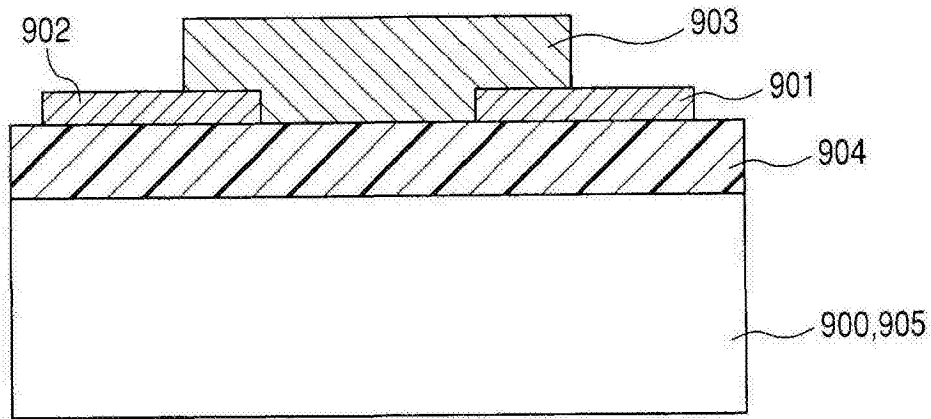


图 9

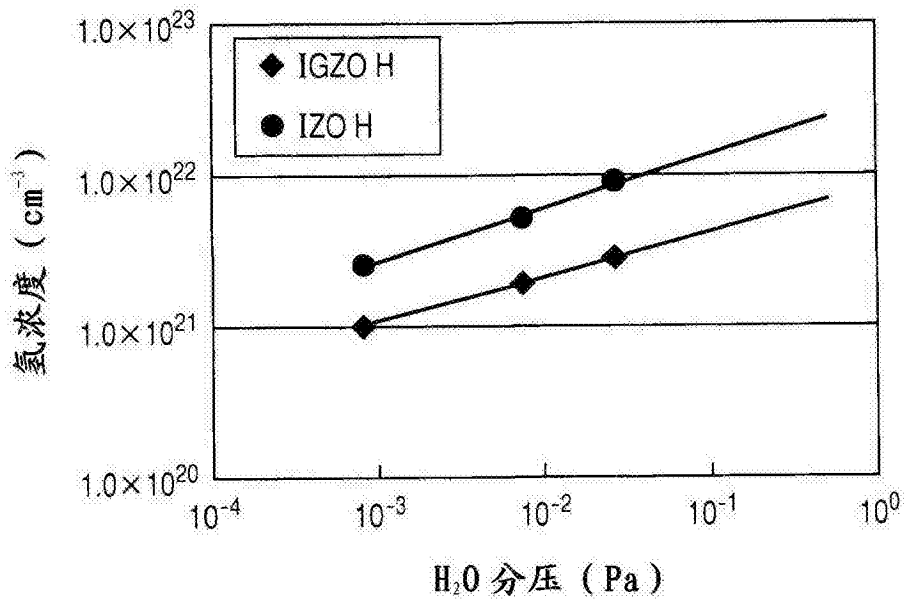


图 10

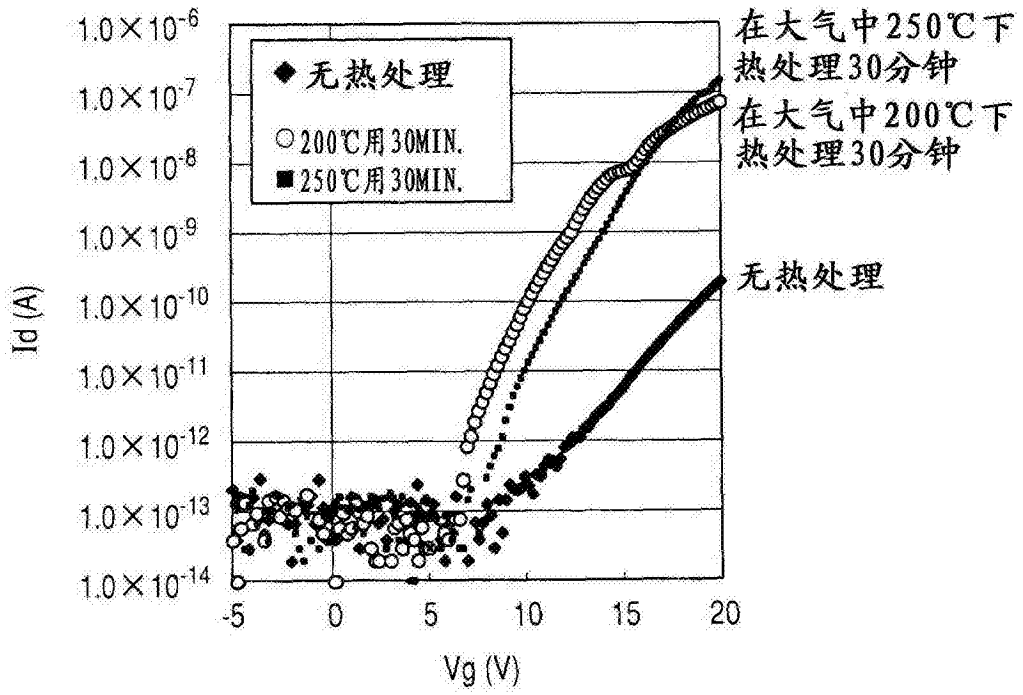


图 11

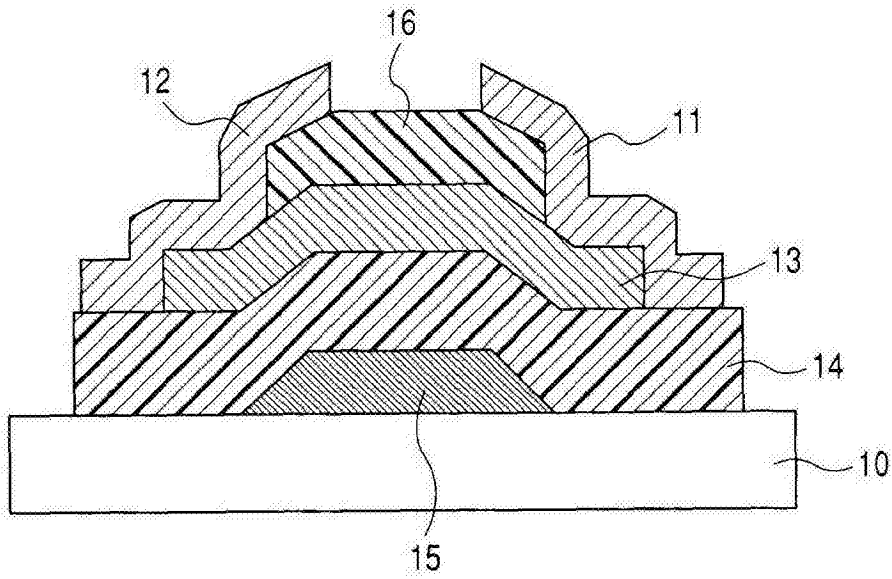


图 12