



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101872787 A

(43) 申请公布日 2010. 10. 27

(21) 申请号 201010182715. 5

(22) 申请日 2010. 05. 19

(71) 申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路  
381 号

(72) 发明人 彭俊彪 兰林锋 徐苗 徐瑞霞  
王磊 许伟

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 何淑珍

(51) Int. Cl.

H01L 29/786(2006. 01)

H01L 29/12(2006. 01)

H01L 21/34(2006. 01)

H01L 21/363(2006. 01)

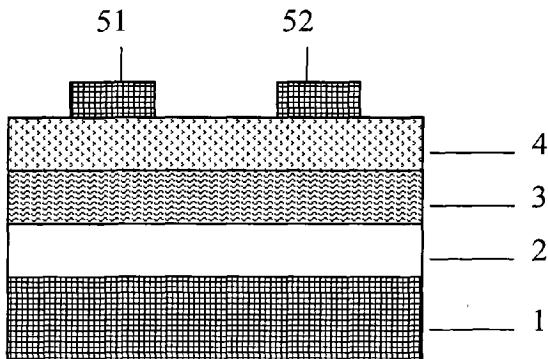
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

金属氧化物薄膜晶体管及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种金属氧化物薄膜晶体管及其制备方法，金属氧化物薄膜晶体管由栅极、绝缘层、过渡层、半导体层、漏极以及源极构成；从下到上由栅极、绝缘层、过渡层和半导体层依次连接；漏极和源极位于半导体层上；过渡层和半导体层通过溅射的方法制备，并且在溅射过程中使用同一个靶材，靶材的材料为 $(In_2O_3)_x(Ga_2O_3)_y(ZnO)_z$ ，其中 $0 \leq x, y, z \leq 1$ ，且 $x+y+z = 1$ ；过渡层与绝缘层具有很好的接触性质，可以有效减少绝缘层和过渡层接触界面之间的载流子陷阱密度，提高晶体管的输出电流和改善电学稳定性。源漏电极与半导体层能够形成较好的欧姆接触，能有效降低关态电流，提高电流的开关比，提高电子载流子迁移率。



1. 一种金属氧化物薄膜晶体管，其特征在于：由栅极、绝缘层、过渡层、半导体层、漏极以及源极构成；从下到上由栅极、绝缘层、过渡层和半导体层依次连接；漏极和源极位于半导体层上；所述过渡层和半导体层通过溅射的方法制备，并且在溅射过程中使用同一个靶材，靶材的材料为  $(In_2O_3)_x(Ga_2O_3)_y(ZnO)_z$ ，其中  $0 \leq x, y, z \leq 1$ ，且  $x+y+z = 1$ ；在制备过渡层时通过控制进氧量，使制备出的过渡层的氧含量大于理论值  $(3x+3y+z)/(5x+5y+2z)$ ；在制备半导体层时，通过控制进氧量，使制备出的过渡层的氧含量小于理论值  $(3x+3y+z)/(5x+5y+2z)$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的金属氧化物薄膜晶体管，其特征在于：所述绝缘层为绝缘金属氧化物或者高分子绝缘材料。

3. 根据权利要求 1 所述的金属氧化物薄膜晶体管，其特征在于：所述绝缘金属氧化物为氧化铝或氧化钽。

4. 根据权利要求 1 所述的金属氧化物薄膜晶体管，其特征在于：所述绝缘层为二氧化硅或氮化硅材料。

5. 根据权利要求 1 所述的金属氧化物薄膜晶体管，其特征在于：所述栅极为金属、金属氧化物或高掺杂的硅材料。

6. 根据权利要求 1 所述的金属氧化物薄膜晶体管，其特征在于：所述漏极和源极材料为金属 Ni。

7. 权利要求 1 所述金属氧化物薄膜晶体管的制备方法，其特征包括如下步骤：

(1) 在基板上制备栅极；

(2) 制备绝缘层；所述绝缘层用溅射或化学气相沉淀方法制备，或者是所述绝缘层膜采用热氧化或阳极氧化方法制备；若绝缘层为有机高分子绝缘材料，所述绝缘层用旋涂或印刷的方法制备；

(3) 在绝缘层上面依次制备过渡层和半导体层；过渡层和半导体层采用溅射的方法制备，在溅射过程中使用同一个靶材，靶材的材料为  $(In_2O_3)_x(Ga_2O_3)_y(ZnO)_z$ ，其中  $0 \leq x, y, z \leq 1$ ，且  $x+y+z = 1$ ；在制备过渡层时，控制氧气与氩气的流量比  $> 2$ ，使制备的薄膜中氧含量大于理论值  $(3x+3y+z)/(5x+5y+2z)$ ；在制备半导体层过程中，控制氧气与氩气的流量比  $< 0.1$ ，得到实际制备的薄膜中氧含量小于理论值  $(3x+3y+z)/(5x+5y+2z)$ ；

(4) 在半导体层上面制备漏极和源极；所述漏极和源极采用真空蒸镀或溅射方法制备，采用光刻或者掩模技术控制漏极和源极形状，源漏电极材料为金属镍。

8. 根据权利要求 7 所述的金属氧化物薄膜晶体管的制备方法，其特征在于栅极用真空热蒸发、磁控溅射或电子束蒸发技术制备；或者是栅极用高掺杂硅片，采用光刻或者掩模技术控制栅极图形。

## 金属氧化物薄膜晶体管及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种薄膜晶体管，特别是涉及一种金属氧化物薄膜晶体管及其制备方法，该薄膜晶体管主要用于有机发光显示、液晶显示以及电子纸的有源驱动，也可以用于集成电路。

### 背景技术

[0002] 近年来，基于金属氧化物的薄膜晶体管因为其迁移率高、透光性好、薄膜结构稳定、制备温度低以及成本低等优点受到越来越多的重视。金属氧化物薄膜晶体管的发展主要目标是用于平板显示、柔性电子器件、透明电子器件以及传感器等方面。在平板显示方面，目前主要使用氢化非晶硅 (a-Si:H) 或多晶硅等材料的薄膜晶体管，然而氢化非晶硅材料的局限性主要表现在对光敏感、电子迁移率低 ( $< 1\text{cm}^2/\text{Vs}$ ) 以及电学参数稳定性差等方面，而多晶硅薄膜的局限性主要体现在电学性质均匀性差、制备温度高以及成本高等方面。

[0003] 金属氧化物半导体材料主要包括氧化锌 (ZnO)、氧化铟镓 (InGaO)、氧化锌锡 (ZnSnO)、氧化铟镓锌 (InGaZnO) 等。基于这些金属氧化物的薄膜晶体管电子迁移率较高 ( $1 \sim 100\text{cm}^2/\text{Vs}$ )、制备温度低 ( $< 400^\circ\text{C}$ , 远远低于玻璃的熔点)、成本低 (只需要普通的溅射工艺即可完成) 以及持续工作稳定性好。正因为如此，基于金属氧化物的薄膜晶体管在平板显示领域尤其是有机发光显示 (OLED) 领域有替代传统的硅材料工艺薄膜晶体管的趋势，受到学术界和业界的关注和广泛研究。

[0004] 到目前为止，报导的基于金属氧化物的薄膜晶体管都是只含有单层金属氧化物层，即只有半导体层，为了实现较好的欧姆接触，源漏电极通常采用价格较高的金属铂 (Pt) 或者金属金 (Au) 这些贵重金属，器件才有可能实现漏电流小于  $10^{-12}\text{A}$ ，电流开关比大于  $10^8$  的性能。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是开发低成本制备高性能薄膜晶体管的技术，提出一种能够同时改善绝缘层和半导体层、半导体层与源漏电极之间的界面接触特性的金属氧化物薄膜晶体管及其制备方法，采用低成本金属 Ni 作为源漏电极材料实现晶体管的低关态电流，高电子迁移率和电流开关比。

[0006] 本发明为了同时改善绝缘层与金属氧化物层、源漏电极 (Ni) 与金属氧化物层的接触特性，提高器件的电学稳定性，通过高含氧量的金属氧化物过渡层与绝缘层有较好的界面接触，低含氧量的金属氧化物半导体层与金属镍有很好的界面接触，从而能够显著改善使用金属镍作为源漏电极材料的薄膜晶体管的电学性能；其中低含氧量金属氧化物层主要起半导体的作用；高含氧量金属氧化物层的电学性能介于半导体和绝缘体之间，主要起过渡作用，过渡层能够改善半导体层和绝缘层之间的界面接触，减少界面的电荷缺陷，因此能降低关态电流 ( $I_{\text{off}}$ )，提高电子迁移率，提高电流开关比 ( $I_{\text{on}}/I_{\text{off}}$ )，提高晶体管电学性能。采用价格较低储量较丰富的金属镍 (Ni) 或者金属氧化物做漏极和源极材料，在产业化生

产过程中具有在保证器件高性能的前提下低成本优势。

[0007] 本发明的目的通过如下技术方案实现：

[0008] 一种金属氧化物薄膜晶体管，由栅极、绝缘层、过渡层、半导体层、漏极以及源极构成；从下到上由栅极、绝缘层、过渡层和半导体层依次连接；漏极和源极位于半导体层上面；所述过渡层和半导体层通过溅射的方法制备，并且在溅射过程中使用同一个靶材，靶材的材料为 $(In_2O_3)_x(Ga_2O_3)_y(ZnO)_z$ ，其中 $0 \leq x, y, z \leq 1$ ，且 $x+y+z = 1$ ；在制备过渡层时通过控制进氧量，使制备出的过渡层的氧含量大于理论值 $(3x+3y+z)/(5x+5y+2z)$ ；在制备半导体层时，通过控制进氧量，使制备出的过渡层的氧含量小于理论值 $(3x+3y+z)/(5x+5y+2z)$ 。

[0009] 所述绝缘层为绝缘金属氧化物或者高分子绝缘材料。所述绝缘金属氧化物优选氧化铝或氧化钽。

[0010] 所述绝缘层也可优选为二氧化硅或氮化硅材料。

[0011] 所述栅极为金属、金属氧化物或高掺杂的硅材料。

[0012] 所述漏极和源极材料为金属 Ni，或者金属氧化物。

[0013] 一种金属氧化物薄膜晶体管的制备方法，包括如下步骤：

[0014] (1) 在基板上制备栅极；

[0015] (2) 在栅极上制备绝缘层；所述绝缘层用溅射或化学气相沉淀方法制备，或者是所述绝缘层膜采用热氧化或阳极氧化的方法制备；若绝缘层为有机高分子绝缘材料，所述绝缘层用旋涂或印刷的方法制备；

[0016] (3) 在绝缘层上面依次制备过渡层和半导体层；过渡层和半导体层采用溅射的方法制备，在溅射过程中使用同一个靶材，靶材的材料为 $(In_2O_3)_x(Ga_2O_3)_y(ZnO)_z$ ，其中 $0 \leq x, y, z \leq 1$ ，且 $x+y+z = 1$ ；在制备过渡层时，控制氧气与氩气的流量比 $> 2$ ，使制备的薄膜中氧含量大于理论值 $(3x+3y+z)/(5x+5y+2z)$ ；在制备半导体层过程中，控制氧气与氩气的流量比 $< 0.1$ ，得到实际制备的薄膜中氧含量小于理论值 $(3x+3y+z)/(5x+5y+2z)$ ；

[0017] (4) 在半导体层上制备漏极和源极；所述漏极和源极采用真空蒸镀或溅射方法制备，采用光刻或者掩模技术控制漏极和源极形状，源漏电极材料为金属镍。

[0018] 所述栅极用真空热蒸发、磁控溅射或电子束蒸发技术制备；或者是栅极用高掺杂硅片，采用光刻或者掩模技术控制栅极图形。

[0019] 相对于现有技术，本发明具有如下优点和有益特征：

[0020] (1) 本发明晶体管同时包括过渡层和半导体层，因为过渡层是高含氧量的金属氧化物，它与绝缘层有较好的匹配，同样，源漏电极与低含氧量金属氧化物的半导体层有较好欧姆接触，该晶体管结构在使用低成本 Ni 源漏电极的情况下能有效降低关态电流，提高电子载流子迁移率，明显改善电流的开关比。这种不同含氧量的双层结构不同于传统的半导体晶体管只有含氧量均一的一层金属氧化物层。

[0021] (2) 本发明的金属氧化物薄膜晶体管的高含氧量金属氧化物层（过渡层）和低含氧量金属氧化物层（半导体层）可以在同一次溅射过程中完成，既能达到改善界面接触的目的，又不会增加工艺难度。

## 附图说明

[0022] 图 1 本发明的基于金属氧化物的薄膜晶体管结构示意图。

[0023] 图 2 制备源漏电极时使用的模板形状,其中 L 为沟道长度, D 为沟道宽度。

[0024] 图 3 基于过渡层和半导体层的金属氧化物的薄膜晶体管的输出特性曲线,即在不同栅压下,器件的输出电流与源漏电极之间电压的关系。

[0025] 图 4 基于过渡层和半导体层的金属氧化物的薄膜晶体管的转移特性曲线,即在源漏电极之间施加 5V 电压时,输出电流与栅极电压之间的关系。

## 具体实施方式

[0026] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步的说明,但本发明要求保护的范围并不局限于实施例表述的范围。

[0027] 如图 1 所示,一种金属氧化物薄膜晶体管由栅极 1、绝缘层 2、过渡层 3、半导体层 4、漏极 51 以及源极 52 构成;从下到上栅极 1、绝缘层 2、过渡层 3、半导体层 4 依次连接;漏极 51 和源极 52 位于半导体层 4 上面。所述的过渡层 3 和半导体层 4 的金属氧化物的元素成分相同,但元素成分中氧元素的含量不同。过渡层 3 和半导体层 4 均可以通过溅射的方法制备,并且在溅射过程中可以使用同一个靶材,靶材可以是氧化铟 ( $In_2O_3$ )、氧化镓 ( $Ga_2O_3$ ) 和氧化锌 ( $ZnO$ ) 中的一种或者多种的组合,即  $(In_2O_3)_x(Ga_2O_3)_y(ZnO)_z$ , 其中  $0 \leq x, y, z \leq 1$ , 且  $x+y+z = 1$ 。过渡层 3 和半导体层 4 金属氧化物的氧含量通过在溅射过程中氧气 ( $O_2$ ) 与氩气 (Ar) 的流量比 ( $O_2/Ar$ ) 进行控制,  $(O_2/Ar)$  越大, 金属氧化物层中的氧含量越高, 所制备的过渡层 3 是高含氧量金属氧化物, 其中的氧元素含量大于  $[(3x+3y+z)/(5x+5y+2z)]$ , 半导体层 4 是低含氧量金属氧化物, 其中的氧元素含量小于  $[(3x+3y+z)/(5x+5y+2z)]$ , 其中  $0 \leq x, y, z \leq 1$ , 且  $x+y+z = 1$ 。其中过渡层和半导体层的氧含量通过在溅射过程中氧气 ( $O_2$ ) 与氩气 (Ar) 的流量比 ( $O_2/Ar$ ) 进行控制,  $O_2/Ar$  比例越大, 金属氧化物层中的氧含量越高, 反之,  $O_2/Ar$  比例越小, 金属氧化物层中的氧含量越低。

[0028] 在栅极 1 加上电压后, 在过渡层 3 内形成载流子沟道, 在漏极 51 和源极 52 之间出现传导电流, 这样源极 51 和漏极 52 就是开关的两端, 栅极就起到控制电流的作用。

[0029] 实施例 1

[0030] 使用高掺杂硅片作为栅极 1, 在其上面热氧化一层 300nm 厚度的二氧化硅作为绝缘层 2, 测得其电容率  $C_i$  为  $11.4nF/cm^2$ 。

[0031] 过渡层 3 是在绝缘层 2 上采用射频 (RF) 溅射的方法制备, 溅射使用的靶材为氧化铟镓锌 ( $InGaZnO$ ), 其中  $In_2O_3$ 、 $Ga_2O_3$  和  $ZnO$  的摩尔比为 1 : 1 : 2; 通过摩尔比计算得出氧的理论值含量为 ( $x = 1, y = 1, z = 2$ ):  $[(3x+3y+z)/(5x+5y+2z)] = [(3+3+2)/(5+5+4)] = 57.1\%$ ; 溅射过程中氧气 ( $O_2$ ) 的流量为 25SCCM, 氩气 (Ar) 的流量为 10SCCM,  $O_2/Ar = 2.5$ ; 溅射功率为 100W, 得到厚度为 5nm 的高含氧量氧化铟镓锌 ( $InGaZnO$ ) 薄膜。

[0032] 半导体层 4 是在过渡层 3 上面再采用射频 (RF) 溅射的方法制备, 溅射使用的靶材同样为氧化铟镓锌 (氧的理论值含量同样为 57.1%), 溅射过程中氧气 ( $O_2$ ) 的流量为 1SCCM, 氩气 (Ar) 的流量为 25SCCM,  $O_2/Ar = 0.04$ ; 溅射功率为 100W, 得到厚度为 30nm 的低含氧量氧化铟镓锌 ( $InGaZnO$ ) 薄膜。

[0033] 所制备的金属氧化物层的氧含量由 X 射线电子能谱 (XPS) 测定, 经测定过渡层 3 的氧元素含量为 77.2%, 显然过渡层 3 的氧含量 (77.2%) 大于该靶材的理论值氧含量 (57.1%); 半导体层 4 的氧元素含量为 27.6%, 显然半导体层 4 的氧含量 (27.6%) 小于

该靶材的理论值氧含量(57.1%)。

[0034] 再用直流(DC)溅射的方法在半导体层4上面分别镀上金属镍(Ni)作为漏极和源极,其图形用掩模板控制,制备的图形与掩膜的图形一致(如图2所示),沟道的宽度和长度分别为3mm和0.4mm,宽长比为7.5:1,Ni薄膜的厚度为200nm。

[0035] 对所制备的晶体管在空气中测试。由于氧化铟镓锌(InGaZnO)是n型半导体材料,所以漏极51应加正电压,源极52接地,栅极1加正偏压。图3和图4分别给出了晶体管的输出特性曲线和转移特性曲线。图3表明所述的基于过渡层3和半导体层4的金属氧化物的薄膜晶体管与其它结构的薄膜晶体管一样,都具有典型的饱和特性,但输出电流可以高达0.7mA,足以驱动有机发光显示屏(OLED)像素。从图4可以计算出薄膜晶体管的电子迁移率为 $11\text{cm}^2/\text{Vs}$ ,关态电流低到 $1.6 \times 10^{-12}\text{A}$ ,电流开关比高达 $10^8$ ,结果表明,该晶体管能够很好的实现开关作用,能够改善器件性能的主要原因是绝缘层二氧化硅能够与高含氧量的金属氧化物(过渡层3)有较好的界面接触,减少了界面的载流子陷阱。如果器件没有高含氧量金属氧化物层(过渡层3)而只有一层均一的金属氧化物层,其性能较差,数据列于表1。通过表1对比可知,增加过渡层3,晶体管的关态电流显著降低,迁移率和电流开关比却得到提高,说明所发明的薄膜晶体管的电学性能大大改善了。

[0036] 表1

[0037]

晶体管结构	迁移率 ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )	关态电流 $I_{\text{off}}$ (A)	电流开关比 $I_{\text{on}}/I_{\text{off}}$
没有高含氧量金属氧化物层 的晶体管	9	$1 \times 10^{-10}$	$6 \times 10^6$
有高含氧量金属氧化物层 的晶体管	11	$1.6 \times 10^{-12}$	$4 \times 10^8$

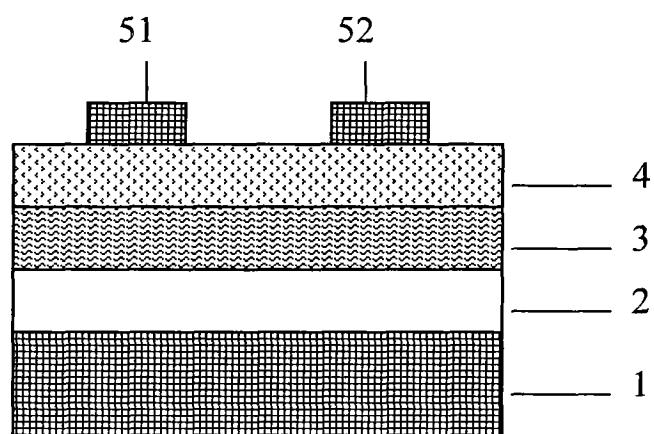


图 1

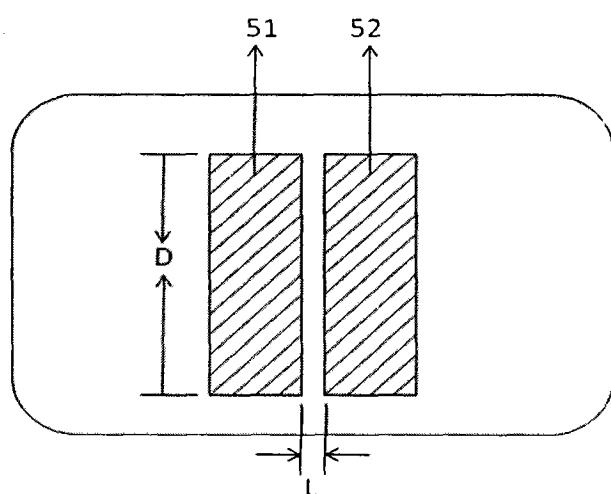


图 2

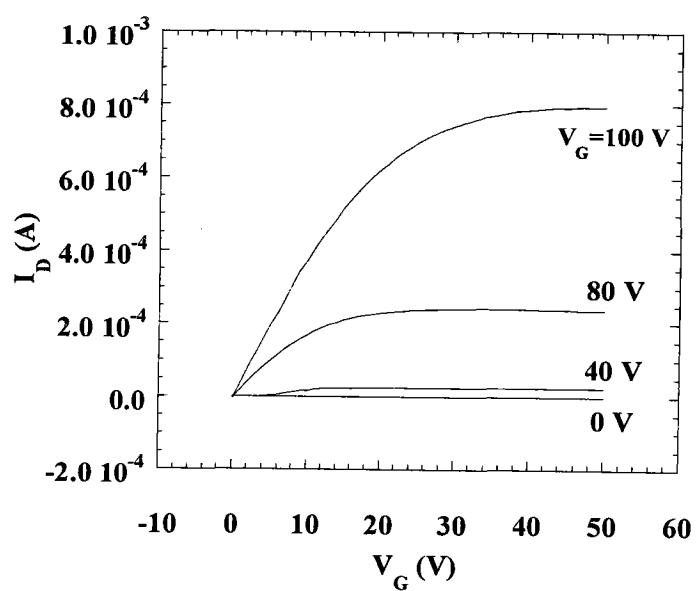


图 3

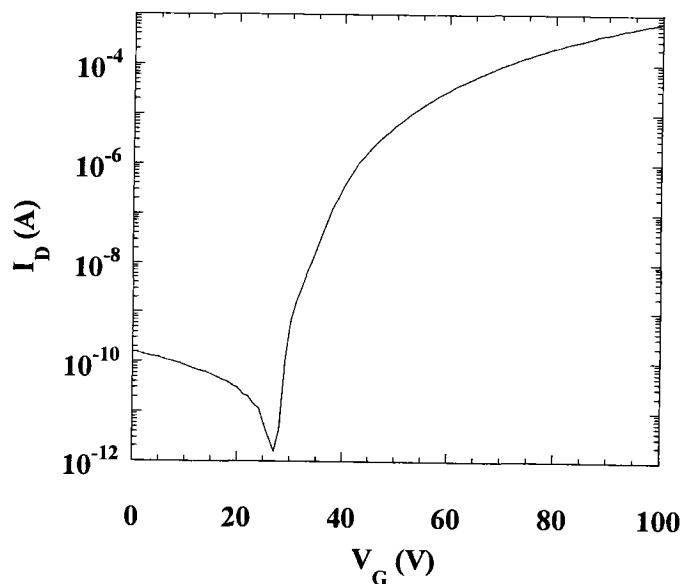


图 4