

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 10 月 18 日 (18.10.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/188332 A1

- (51) 国际专利分类号:
H01L 29/78 (2006.01) **H01L 29/12** (2006.01)
H01L 21/336 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/111109
- (22) 国际申请日: 2017 年 11 月 15 日 (15.11.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201710229199.9 2017 年 4 月 10 日 (10.04.2017) CN
- (71) 申请人: 华南理工大学 (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省广州市南沙区环市大道南路 25 号华工大广州产研院, Guangdong 511458 (CN)。
- (72) 发明人: 徐苗 (XU, Miao); 中国广东省广州市南沙区环市大道南路 25 号华工大广州产研院, Guangdong 511458 (CN)。徐华 (XU, Hua); 中国

广东省广州市南沙区环市大道南路 25 号华工大广州产研院, Guangdong 511458 (CN)。吴为敬 (WU, Weijing); 中国广东省广州市南沙区环市大道南路 25 号华工大广州产研院, Guangdong 511458 (CN)。陈为峰 (CHEN, Weifeng); 中国广东省广州市南沙区环市大道南路 25 号华工大广州产研院, Guangdong 511458 (CN)。王磊 (WANG, Lei); 中国广东省广州市南沙区环市大道南路 25 号华工大广州产研院, Guangdong 511458 (CN)。彭俊彪 (PENG, Junbiao); 中国广东省广州市南沙区环市大道南路 25 号华工大广州产研院, Guangdong 511458 (CN)。

(74) 代理人: 广州市华学知识产权代理有限公司 (GUANGZHOU HUAXUE INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号物资大楼首层, Guangdong 510640 (CN)。

(54) Title: OXIDE SEMICONDUCTOR THIN FILM, AND THIN FILM TRANSISTOR PREPARED THEREFROM

(54) 发明名称: 一种氧化物半导体薄膜及由其制备的薄膜晶体管

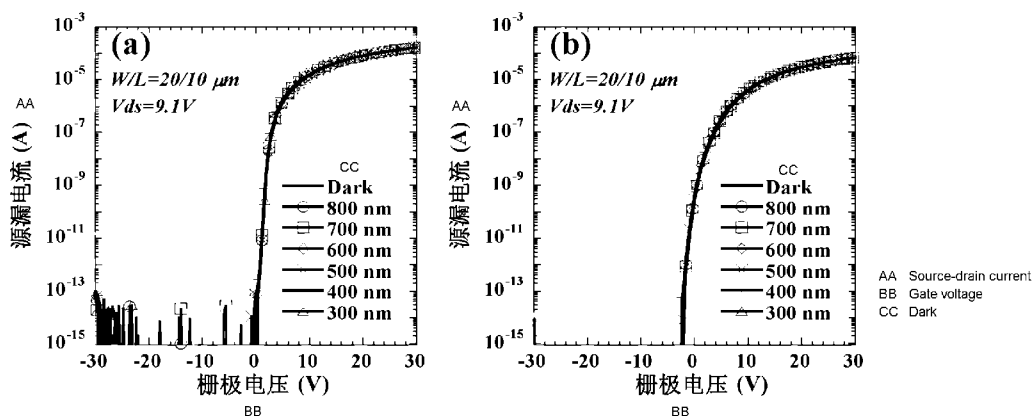


图 4

(57) Abstract: Disclosed are an oxide semiconductor thin film, and a thin film transistor prepared therefrom. The oxide semiconductor thin film is obtained by mixing a few rare earth oxides into a metal oxide semiconductor thin film. The thin film transistor comprises a gate electrode (02), a channel layer (04) prepared with the oxide semiconductor thin film, a gate insulation layer located between the gate electrode and the channel layer, and a source electrode (06-1) and a drain electrode (06-2) respectively connected to two ends of the channel layer. The oxide semiconductor thin film material, and the thin film transistor prepared therefrom have an excellent illumination stability, and have a simple preparation process and strong applicability.

(57) 摘要: 一种氧化物半导体薄膜及由其制备的薄膜晶体管。该氧化物半导体薄膜由金属氧化物半导体薄膜中掺入少量稀土氧化物得到。该薄膜晶体管包括栅极 (02)、氧化物半导体薄膜制备的沟道层 (04)、位于栅极和沟道层之间的栅绝缘层、以及分别连接在沟道层两端的源极 (06-1) 和漏极 (06-2)。该氧化物半导体薄膜材料及由其制备的薄膜晶体管具有优异的光照稳定性, 而且制备工艺简单、适用性强。



(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格 (细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

一种氧化物半导体薄膜及其制备的薄膜晶体管

技术领域

本发明属于半导体材料与器件技术领域，具体涉及一种氧化物半导体薄膜及其制备的薄膜晶体管。

背景技术

新型平板显示(FPD, Flat Panel Display)产业的核心技术是薄膜晶体管(TFT, Thin Film Transistor)背板技术。金属氧化物 TFT (MO-TFT, Metal Oxide-TFT) 不仅具有较高的迁移率 (在 $1\sim 100\text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ 左右), 而且制作工艺相对简单, 可以和目前的 a-Si 工艺兼容, 制造成本较低, 还具有优异的大面积均匀性。因此, MO-TFT 技术自诞生以来便备受业界瞩目。

众所周知, 作为显示器件核心部件的薄膜晶体管, 在显示领域的应用中, 其不可避免地会受到光的照射; 而目前所开发的氧化物半导体薄膜由于氧空位的存在, 使得禁带中产生相应的带隙态。该带隙态受到特定能量的光照射后, 会激发出相应的电子空穴对, 其在栅场的作用下导致器件阈值电压的偏移, 从而引起显示画面的劣化。因此, 如何实现优异的光照稳定性 (在受到光照射时, 器件的阈值电压几乎不发生偏移) 是氧化物薄膜晶体管器件在实际应用中必须克服的难题。

现有技术, 一方面, 通过掺入一定量高断键能的氧化物, 用以降低半导体薄膜中氧空位的浓度, 这能一定程度上改善器件的光照稳定性, 但同时也会降低器件的迁移率; 而且, 对于其在实际应用中而言, 还存在巨大的挑战。另外一种方式, 通过增加类似硅基工艺中的黑矩阵, 对薄膜晶体管的有源层进行遮光处理。但是, 该方式仅能一定程度上改善器件的光响应特性, 对于长时间光

照条件下的稳定性改善有限，使其应用领域受到了严重的限制。而且，增加遮光工艺，也即增加了制备的复杂程度，造成制造成本的提高。因此，提高氧化物薄膜晶体管的光照稳定性具有非常重大的现实意义。

因此，开发一种具有优异的光照稳定性的氧化物半导体材料，对于氧化物薄膜晶体管的产业化应用具有非同寻常的意义。

发明内容

为了解决以上现有技术的缺点和不足之处，本发明的首要目的在于提供一种氧化物半导体薄膜。

本发明的另一目的在于提供一种由上述氧化物半导体薄膜作为沟道层材料制备的薄膜晶体管。

本发明目的通过以下技术方案实现：

一种氧化物半导体薄膜，所述氧化物半导体薄膜为：在金属氧化物（Metal Oxide, MO）半导体薄膜中掺入少量稀土氧化物（Rare-earth Oxides, RO）作为光稳定剂，形成 $(MO)_x(RO)_y$ 半导体材料，其中 $0 < x < 1$ ， $0.0001 \leq y \leq 0.2$ ， $x + y = 1$ 。

所述金属氧化物 MO 中，M 为 In、Zn、Ga、Sn、Si、Al、Mg、Zr、Hf、Ta 中的一种元素或两种以上的任意组合。

所述稀土氧化物 RO 材料包含：氧化镨、氧化铽、氧化镱、氧化铟中的一种或任意两种以上材料组合。

优选地， $0.001 \leq y \leq 0.1$ ；更优选为 $0.001 \leq y \leq 0.05$ 。

优选地，所述氧化物半导体薄膜的厚度为 5~100nm。

优选地，所述氧化物半导体薄膜的载流子浓度小于 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

优选地，所述氧化物半导体薄膜采用单靶溅射的方法制备，或者采用溶液法、原子层沉积或脉冲激光沉积中的任意一种方式制备。

一种薄膜晶体管，所述薄膜晶体管包括栅极、沟道层、位于栅极和沟道层之间的栅绝缘层、以及分别连接在沟道层两端的源极和漏极；所述沟道层材料

为上述氧化物半导体薄膜。

相对于现有技术，本发明具有如下优点及有益效果：

(1) 本发明的氧化物半导体薄膜及薄膜晶体管，具有优异的光照稳定性。这是因为稀土氧化物掺入金属氧化物半导体中，稀土金属原子替代了原金属原子而导致原来的 M-M 相互作用减弱，致使价带顶位移，使原金属氧化物半导体材料能带结构由直接带隙向间接带隙转变。在入射光照射时，价带电子需要与声子相互作用才能跃迁到导带，对输运特性产生贡献。因此，稀土金属氧化物的掺入可以大大减少薄膜晶体管工作时的光生载流子。也即，在入射光照射时，器件的阈值电压和未受光照时几乎不发生偏移，同时其他性能参数亦不受光照影响；

(2) 本发明的氧化物半导体薄膜材料中，稀土金属氧化物的含量相对较少，其对基体材料（化合物中占主要成分的材料）的迁移率等性能影响较小，不会造成器件基本性能的退化；

(3) 本发明的氧化物半导体薄膜材料具有非常优异的光照稳定性，而且具有制备工艺简单、适用性强的特点，其对不同体系基体材料的改善同样明显。

附图说明

图 1 是本发明实施例 5 中薄膜晶体管的结构示意图；

图 2 是本发明实施例 5 中薄膜晶体管的器件光响应特性图；

图 3 是本发明实施例 6 中薄膜晶体管的结构示意图；

图 4 是本发明实施例 6 中薄膜晶体管的器件光响应特性图；

图 5 是本发明实施例 7 中薄膜晶体管的结构示意图；

图 6 是本发明实施例 8 中薄膜晶体管的结构示意图。

具体实施方式

下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述，但本发明的实施方

式不限于此。

实施例 1

本实施例的一种氧化物半导体薄膜，所述氧化物半导体薄膜为：通过陶瓷靶磁控溅射方式在氧化铟锌半导体薄膜中掺入少量氧化镨作为光稳定剂，形成氧化镨掺杂氧化铟锌（Pr:IZO）半导体薄膜材料，其中，Pr:In:Zn=0.2:5:1 mol。Pr:IZO 半导体薄膜的厚度为 20nm，载流子浓度小于 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

实施例 2

本实施例的一种氧化物半导体薄膜，所述氧化物半导体薄膜为：通过陶瓷靶磁控溅射方式在氧化铟镓锌半导体薄膜中掺入少量氧化铽作为光稳定剂，形成氧化铽掺杂氧化铟镓锌（Tb:IGZO）半导体薄膜材料，其中，Tb:In:Ga:Zn=0.1:1:1:0.5 mol。Tb:IGZO 半导体薄膜的厚度为 40nm，载流子浓度小于 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

实施例 3

本实施例的一种氧化物半导体薄膜，所述氧化物半导体薄膜为：通过原子层沉积法在氧化铟锡锌半导体薄膜中掺入少量氧化镱作为光稳定剂，形成氧化镱掺杂氧化铟锡锌(Dy:ITZO)半导体薄膜材料，其中，Dy:In:Sn:Zn=0.1:1:1:1 mol。Dy:ITZO 半导体薄膜的厚度为 30nm，载流子浓度小于 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

实施例 4

本实施例的一种氧化物半导体薄膜，所述氧化物半导体薄膜为：通过原子层沉积法在氧化铟锡半导体薄膜中掺入少量氧化镱作为光稳定剂，形成氧化镱掺杂氧化铟锡（Yb:ZTO）半导体薄膜材料，其中，Yb:Sn:Zn=0.2:1:1 mol。Yb:ZTO 半导体薄膜的厚度为 30nm，载流子浓度小于 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

实施例 5

本实施例的一种薄膜晶体管，为刻蚀阻挡型结构，其结构示意图如图 1 所示，设置有：基板 01、位于基板 01 之上的栅极 02、位于基板 01 和栅极 02 之上的绝缘层 03、覆盖在绝缘层 03 上表面并与栅极 02 对应的沟道层 04、刻蚀阻挡层 05、相互间隔并与沟道层 04 的两端电性相连的源极 06-1 和漏极 06-2、以及钝化层 07。

基板 01 为玻璃衬底，其上覆盖有缓冲层氧化硅。

栅极 02 的材料为金属磁控溅射方式制备的钼铝钼(Mo/Al/Mo)叠层结构，厚度为 50/200/50 nm。

绝缘层 03 为化学气相沉积方式制备的氮化硅 (Si_3N_4) 和氧化硅(SiO_2)的叠层，厚度为 250/50 nm。

沟道层 04 的材料分别为实施例 1 和实施例 2 的氧化镨掺杂氧化铟锌 (Pr:IZO) 和氧化铽掺杂氧化铟镓锌 (Tb:IGZO) 两种材料。

刻蚀阻挡层 05 和钝化层 07 的材料为化学气相沉积方式制备的氧化硅 (SiO_2)，厚度都为 300nm。

源极 06-1 以及漏极 06-2 的材料为金属钼铝钼(Mo/Al/Mo)叠层结构，厚度为 50/200/50 nm。

本实施例的薄膜晶体管可以为仅包括基板、栅极、绝缘层、沟道层、刻蚀阻挡层、源极和漏极、钝化层的封闭结构，也可以进一步包括像素定义层等，还可以与其它器件集成等。

其中薄膜的图案化采用光刻、并结合湿法或干法的刻蚀方式进行。

本实施例分别采用两种沟道层材料 Pr:IZO 和 Tb:IGZO 所制备的器件对应的光响应特性分别如图 2 中的 (a) 和 (b) 所示。由图 2 可以看出，通过掺入一定含量的氧化镨或氧化铽，器件随着不同波长的入射光照射及避光条件 (Dark) 下，阈值电压几乎不发生变化，表现出了优异的光稳定性。实验结果表明，本发明在基体氧化物材料中，掺入一定量的稀土氧化物能有效提高材料的光稳定性。

实施例 6

本实施例的一种薄膜晶体管，为背沟道刻蚀型结构，其结构示意图如图 3 所示，设置有：基板 01、位于基板 01 之上的栅极 02、位于基板 01 和栅极 02 之上的绝缘层 03、覆盖在绝缘层 03 上表面并与栅极 02 对应的沟道层 04、相互间隔并与沟道层 04 的两端电性相连的源极 05-1 和漏极 05-2、以及钝化层 06。

基板 01 为柔性聚酰亚胺（PI）衬底，其上覆盖有缓冲层氧化硅。

栅极 02 的材料为金属磁控溅射方式制备的钼铝钼(Mo/Al/Mo)叠层结构，厚度为 50/200/50 nm。

绝缘层 03 为化学气相沉积方式制备的氮化硅（ Si_3N_4 ）和氧化硅(SiO_2)的叠层，厚度为 250/50 nm。

沟道层 04 的材料分别为实施例 3 和实施例 4 的氧化铥掺杂氧化铟锡锌（Dy:ITZO）和氧化镱掺杂氧化锌锡（Yb:ZTO）两种材料。

源极 05-1 以及漏极 05-2 的材料为金属钼铝钼(Mo/Al/Mo)叠层结构，厚度为 50/200/50 nm，其采用商用的磷酸基钼铝钼刻蚀液进行图案化。

钝化层 06 的材料为化学气相沉积方式制备的氧化硅(SiO_2)，厚度为 300nm。

本实施例的薄膜晶体管可以为仅包括基板、栅极、绝缘层、沟道层、源极和漏极、钝化层的封闭结构，也可以进一步包括像素定义层等，还可以与其它器件集成等。

其中薄膜的图案化采用光刻、并结合湿法或干法的刻蚀方式进行。

本实施例分别采用两种沟道层材料 Dy:ITZO 和 Yb:ZTO 所制备的器件对应的光响应特性分别如图 4 中的（a）和（b）所示。由图 4 结果可以看出，通过掺入一定含量的氧化铥或氧化镱，器件随着不同波长的入射光照射及避光条件（Dark）下，阈值电压几乎不发生变化，表现出了优异的光稳定性。实验结果表明，本发明在基体氧化物材料中，掺入一定量的稀土氧化物能有效提高材料的光稳定性。

实施例 7

本实施例的一种薄膜晶体管，为背沟道刻蚀型结构，其结构示意图如图 5 所示，设置有：基板 01、位于基板 01 之上的栅极 02、位于基板 01 和栅极 02 之上的绝缘层 03、覆盖在绝缘层 03 上表面并与栅极 02 对应的沟道层 04、沟道保护层 05、相互间隔并与沟道层的两端电性相连的源极 06-1 和漏极 06-2、以及钝化层 07。

基板 01 为柔性聚酰亚胺 (PI) 衬底，其上覆盖有缓冲层氧化硅。

栅极 02 的材料为金属磁控溅射方式制备的钼铝钼(Mo/Al/Mo)叠层结构，厚度为 50/200/50 nm。

绝缘层 03 为化学气相沉积方式制备的氮化硅 (Si_3N_4) 和氧化硅(SiO_2)的叠层，厚度为 250/50 nm。

沟道层 04 的材料为实施例 1 中的氧化镨掺杂氧化铟锌 (Pr:IZO)，厚度为 20nm。

沟道保护层 05 的材料为磁控溅射方式制备的氧化锡掺杂氧化物或碳膜，厚度为 10nm。

源极 06-1 以及漏极 06-2 的材料为金属钼铝钼(Mo/Al/Mo)叠层结构，厚度为 50/200/50 nm，其采用商用的磷酸基钼铝钼刻蚀液进行图案化。

钝化层 07 的材料为化学气相沉积方式制备的氧化硅(SiO_2)，厚度为 300nm。

本实施例的薄膜晶体管可以为仅包括基板、栅极、绝缘层、沟道层、沟道保护层、源极和漏极、钝化层的封闭结构，也可以进一步包括像素定义层等，还可以与其它器件集成等。

其中薄膜的图案化采用光刻、并结合湿法或干法的刻蚀方式进行。

所制备的器件对应的光响应特性结果表明：器件随着不同波长的入射光照射，阈值电压几乎不发生变化，表现出了优异的光稳定性。

实施例 8

本实施例的一种薄膜晶体管，为自对准型结构，其结构示意图如图 6 所示，设置有：基板 01、缓冲层 02、沟道层 03、位于沟道层 03 之上的绝缘层 04 以及栅极 05、覆盖在沟道层 03 上表面的间隔层 06、相互间隔并与沟道层的两端电性相连的源极 07-1 和漏极 07-2。

基板 01 为硬质玻璃衬底。

缓冲层 02 为等离子增强化学气相沉积方式制备氧化硅。

沟道层 03 的材料为实施例 2 中的氧化铽掺杂氧化铟镓锌 (Tb:IGZO)，厚度为 40nm。

栅绝缘层 04 为氧化硅，厚度为 300nm；栅极 05 为磁控溅射方式制备的钼铝钼(Mo/Al/Mo)叠层结构，厚度为 50/200/50 nm。

间隔层 06 为氮化硅，厚度为 200 nm。

源极 07-1 以及漏极 07-2 的材料为金属钼铝钼(Mo/Al/Mo)叠层结构，厚度为 50/200/50 nm。

本实施例的薄膜晶体管可以为仅包括基板、沟道层、绝缘层、栅极、间隔层、源极和漏极的封闭结构，也可以进一步包括钝化层、以及像素定义层等，还可以与其它器件集成等。

其中薄膜的图案化采用光刻、并结合湿法或干法的刻蚀方式进行。

所制备的器件对应的光响应特性结果表明：器件随着不同波长的入射光照射，阈值电压几乎不发生变化，表现出了优异的光稳定性。

上述实施例为本发明较佳的实施方式，但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制，其它的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化，均应为等效的置换方式，都包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种氧化物半导体薄膜，其特征在于所述氧化物半导体薄膜为：在金属氧化物 MO 半导体薄膜中掺入少量稀土氧化物 RO 作为光稳定剂，形成 $(MO)_x(RO)_y$ 半导体材料，其中 $0 < x < 1$ ， $0.0001 \leq y \leq 0.2$ ， $x+y=1$ 。

2、根据权利要求 1 所述的一种氧化物半导体薄膜，其特征在于：所述金属氧化物 MO 中，M 为 In、Zn、Ga、Sn、Si、Al、Mg、Zr、Hf、Ta 中的一种元素或两种以上的任意组合。

3、根据权利要求 1 所述的一种氧化物半导体薄膜，其特征在于：所述稀土氧化物 RO 材料包含：氧化镨、氧化铽、氧化镓、氧化铟中的一种或任意两种以上材料组合。

4、根据权利要求 1 所述的一种氧化物半导体薄膜，其特征在于： $0.001 \leq y \leq 0.1$ 。

5、根据权利要求 4 所述的一种氧化物半导体薄膜，其特征在于： $0.001 \leq y \leq 0.05$ 。

6、根据权利要求 1 所述的一种氧化物半导体薄膜，其特征在于：所述氧化物半导体薄膜的厚度为 5~100nm。

7、根据权利要求 1 所述的一种氧化物半导体薄膜，其特征在于：所述氧化物半导体薄膜的载流子浓度小于 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

8、根据权利要求 1 所述的一种氧化物半导体薄膜，其特征在于：所述氧化物半导体薄膜采用单靶溅射的方法制备，或者采用溶液法、原子层沉积或脉冲激光沉积中的任意一种方式制备。

9、一种薄膜晶体管，所述薄膜晶体管包括栅极、沟道层、位于栅极和沟道层之间的栅绝缘层、以及分别连接在沟道层两端的源极和漏极；其特征在于：所述沟道层材料为权利要求 1~8 任一项所述的氧化物半导体薄膜。

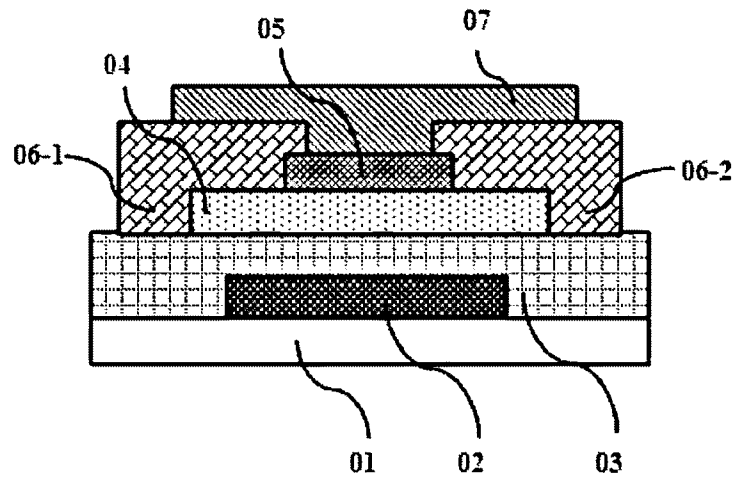


图 1

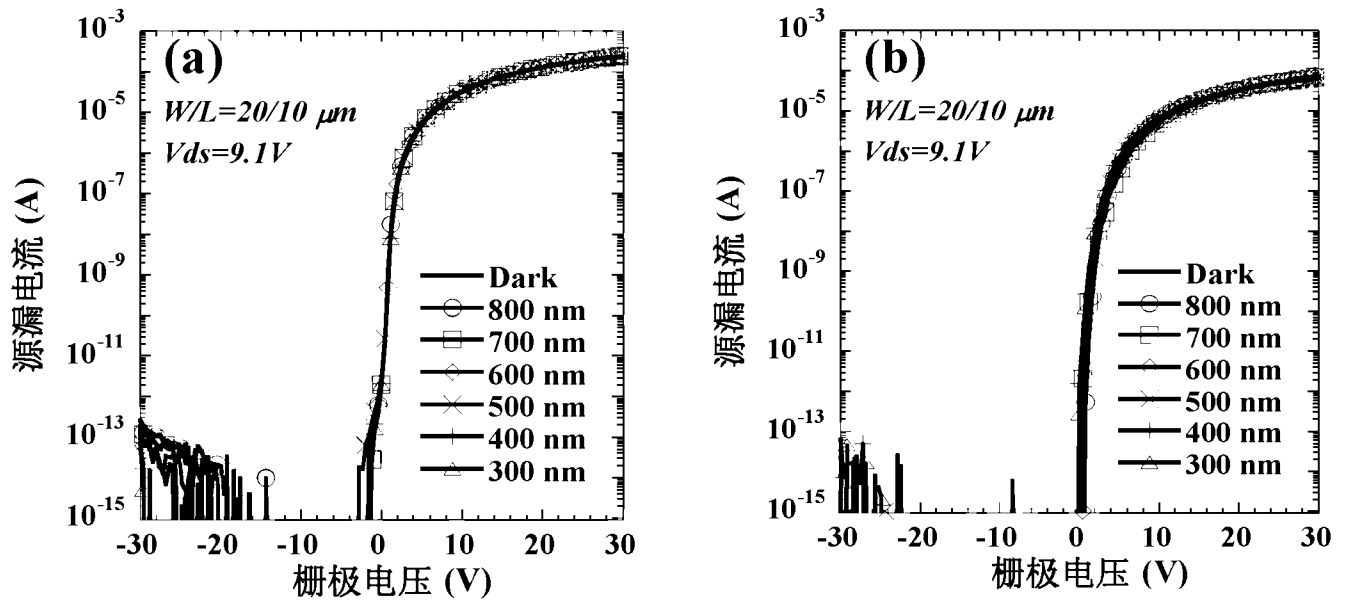


图 2

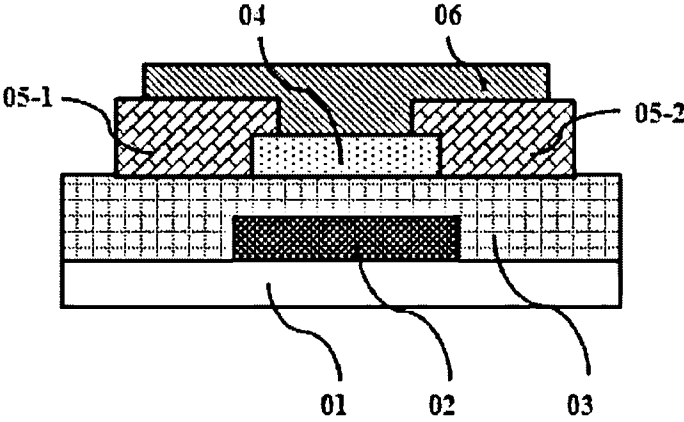


图 3

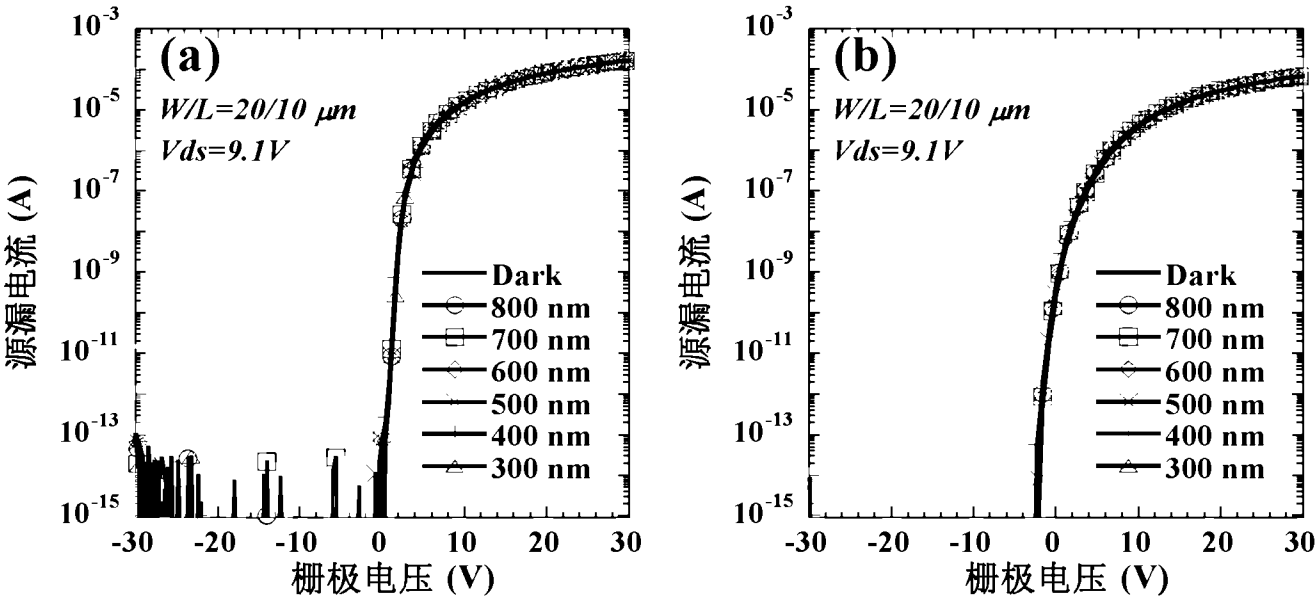


图 4

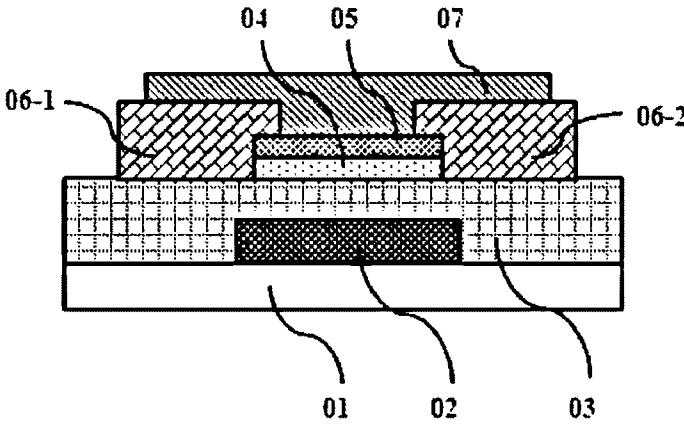


图 5

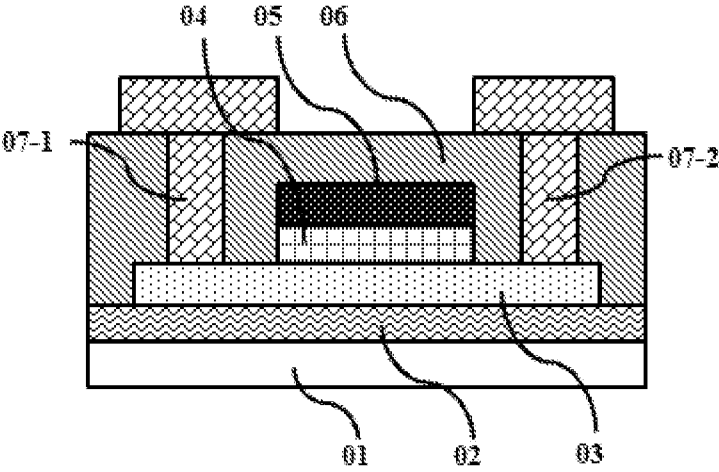


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/111109

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 29/78 (2006.01) i; H01L 21/336 (2006.01) i; H01L 29/12 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, DWPI, SIPOABS, CNKI: 半导体, 金属, 稀土, 氧化物, 阈值, 电压, semiconductor, metal, rare earth, oxide, oxidiz+, threshold, value, voltage

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 102832235 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY et al.) 19 December 2012 (19.12.2012), description, paragraphs [0004]-[0100], and figure 1	1-9
PX	CN 107146816 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 08 September 2017 (08.09.2017), claims 1-9, and description, paragraphs [0004]-[0008], and figures 1-6	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 January 2018

Date of mailing of the international search report
24 January 2018

Name and mailing address of the ISA
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No. (86-10) 62019451

Authorized officer
LI, Ying
Telephone No. (86-10) 62089296

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/111109

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102832235 A	19 December 2012	WO 2014040514 A1	20 March 2014
CN 107146816 A	08 September 2017	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/111109

A. 主题的分类 H01L 29/78(2006.01)i; H01L 21/336(2006.01)i; H01L 29/12(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类											
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) H01L 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS, CNTXT, DWPI, SIPOABS, CNKI; 半导体, 金属, 稀土, 氧化物, 阈值, 电压, semiconductor, metal, rare earth, oxide, oxidiz+, threshold, value, voltage											
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 102832235 A (华南理工大学等) 2012年 12月 19日 (2012 - 12 - 19) 说明书第[0004]-[0100]段、附图1</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 107146816 A (华南理工大学) 2017年 9月 8日 (2017 - 09 - 08) 权利要求1-9、说明书第[0004]-[0008]段、附图1-6</td> <td>1-9</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 102832235 A (华南理工大学等) 2012年 12月 19日 (2012 - 12 - 19) 说明书第[0004]-[0100]段、附图1	1-9	PX	CN 107146816 A (华南理工大学) 2017年 9月 8日 (2017 - 09 - 08) 权利要求1-9、说明书第[0004]-[0008]段、附图1-6	1-9
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求									
X	CN 102832235 A (华南理工大学等) 2012年 12月 19日 (2012 - 12 - 19) 说明书第[0004]-[0100]段、附图1	1-9									
PX	CN 107146816 A (华南理工大学) 2017年 9月 8日 (2017 - 09 - 08) 权利要求1-9、说明书第[0004]-[0008]段、附图1-6	1-9									
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。											
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件											
国际检索实际完成的日期 2018年 1月 11日		国际检索报告邮寄日期 2018年 1月 24日									
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 李莹 电话号码 (86-10)62089296									

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/111109

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	102832235	A	2012年 12月 19日	WO	2014040514	A1	2014年 3月 20日
CN	107146816	A	2017年 9月 8日	无			