

研究与试制

DOI:10.19453/j.cnki.1005-488x.2020.04.011

# 保护层对背沟道刻蚀型金属氧化物IGZO TFT性能的研究

陶家顺<sup>1,2</sup>, 刘翔<sup>1,2</sup>

(1. 南京中电熊猫平板显示科技有限公司, 南京 210033; 2. 成都中电熊猫显示科技有限公司, 成都 610219)

**摘要:** 研究了保护层对背沟道刻蚀型IGZO TFT性能及其稳定性的影响。结果显示,在正电压应力下TFT的阈值电压正向漂移。通过数据分析得知,保护层对水汽的阻挡能力直接影响到IGZO TFT的性能和稳定性。通过优化TFT的保护层,可以有效阻挡水汽渗透到背沟道表面形成缺陷态,提升IGZO TFT器件的稳定性。

**关键词:** 金属铟镓锌氧化物薄膜晶体管;背沟道刻蚀型;保护层;阈值电压漂移

**中图分类号:** TN383 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-488X(2020)04-0298-04

## Performance and Stability Improvement of Back Channel Etched Indium-Gallium-Zinc Thin-film-transistor by Optimized Passivation Layer

TAO Jiashun<sup>1,2</sup>, LIU Xiang<sup>1,2</sup>

(1. Nanjing CEC Panda FPD Technology Co., Ltd., Nanjing 210033, CHN;

2. Chengdu CEC Panda Display Technology Co., Ltd., Chengdu 610219, CHN)

**Abstract:** The performance and stability improvement of back channel etched indium-gallium-zinc oxide thin-film transistors (IGZO TFTs) by optimized passivation layer was investigated. It was revealed that the positive threshold voltage ( $V_{th}$ ) shift occurred under the positive gate bias stress (PBS). Analysis showed that the permeated moisture could degrade TFT performance and aggravate the positive  $V_{th}$  shift under PBS. It was demonstrated that the optimized passivation layer could effectively improve the device performance and  $V_{th}$  stability. This improvement is attributed to lessen the traps caused by absorbance on back channel surface.

**Key words:** IGZO TFT; back channel etched type; passivation layer; threshold voltage shift

### 引 言

5G技术的发展进一步促进液晶电视面板技术

的发展。液晶电视面板的尺寸不断地增大,最大达到对角线305 cm;分辨率不断地提升,由4 K发展到8 K;驱动频率不断提高,由60 Hz提升到120 Hz。

收稿日期:2020-08-28

作者简介:陶家顺(1969—),男,高级工程师,主要从事新型显示产业战略规划和科技项目管理工作;(E-mail: taojsh@ccpd.com.cn)

刘翔(1980—),男,博士,四川省特聘专家,主要从事平板显示新技术和新产品开发工作。(E-mail: mskey-apple@126.com)

传统的非晶硅薄膜晶体管(a-Si TFT)迁移率一般在 $0.5 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ 左右,显然不能再满足液晶电视面板的需求。以金属铟镓锌氧化物薄膜晶体管(IGZO TFT)为代表的金属氧化物薄膜晶体管具有迁移率高、适合大面积成膜的优点,可以很好地满足大尺寸、高分辨率、高驱动频率液晶电视面板的驱动需求。此外,金属氧化物薄膜晶体管还可以与现有非晶硅薄膜晶体管生产线兼容,制备成本低,成为近年研究的热点<sup>[1-2]</sup>。目前,制约金属氧化物TFT大批量生产的关键因素之一是TFT器件的可靠性,文中研究不同的制备工艺对金属氧化物TFT可靠性的影响。

底栅IGZO TFT主要有以下三种器件结构,如图1所示,即刻蚀阻挡(Etching Stop Layer)型<sup>[3-4]</sup>、背沟道刻蚀(Back Channel Etched)型<sup>[5]</sup>、共面(Coplanar)型<sup>[6]</sup>。刻蚀阻挡型a-IGZO TFT是最常用的一种器件结构,在完成IGZO图案后淀积一

层阻挡层,保护IGZO薄膜不被源/漏金属的腐蚀液损伤,提升器件的稳定性。该结构的优点是:制作工艺难度低,器件稳定好;而缺点是:需要一次额外的光刻工艺,增加了工艺步骤,降低了生产效率,制作成本高;此外,ESL结构有两个接触过孔,TFT的尺寸较大,寄生电容大,不利于高分辨率产品的设计。

共面型IGZO TFT是在源/漏金属电极图案上淀积一层IGZO薄膜并形成图案,避免了源/漏金属电极的腐蚀液对IGZO薄膜层的破坏。与ESL结构相比,该结构的优点是:减少了一次光刻工艺,减少设备的投入,降低生产成本;缺点是在源/漏金属电极上淀积IGZO薄膜,容易发生断裂,导致TFT失效。

背沟道刻蚀型IGZO TFT有以下优点:无需腐蚀阻挡层,制作工艺更简单,减少工艺流程,提高生产效率,节约设备的投资,降低生产成本。



图1 刻蚀阻挡型、背沟道刻蚀型和共面型IGZO TFT

Fig.1 Etching stop layer type IGZO TFT, back channel etched type IGZO TFT and coplanar type IGZO TFT

## 1 实验和结果

外界的水汽、氧气直接影响IGZO TFT的性能,需要在沟道上方淀积一层保护层<sup>[7]</sup>,提升器件的性能。文中研究了IGZO的保护层对背沟道刻蚀型器件的性能影响。图2是制备的背沟道IGZO TFT器件的截面图,图3是其制备工艺流程图:在玻璃基板上,采用溅射的方法淀积低电阻导电金属Cu,通过一次曝光、显影、湿法刻蚀工艺形成栅电极和栅极扫描线;接着使用PECVD淀积氮化硅和氧化硅薄膜作为栅极绝缘层,然后在室温下,通过溅射方

完成整个TFT器件制备之后,在 $300 \text{ }^\circ\text{C}$ 空气中退火一个小时。除保护层之外,其他制备工艺和测试条件完全相同。图4为采用不同的保护层工艺制备的TFT转移特性曲线,表1是从图4提取出TFT转移特性曲线的关键参数。

图4结果表明,优化保护层之后制备的TFT展示出良好的性能,其迁移率为 $8.6 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ ,阈值电压为 $1.2 \text{ V}$ ,亚阈值斜率为 $0.50 \text{ V/decade}$ ;使用参考的保护

法淀积铟镓锌氧化物薄膜,通过一次曝光、显影、湿法刻蚀工艺形成半导体层图案;接着再在其上采用溅射的方法淀积低电阻导电金属Cu,通过一次曝光、显影、湿法刻蚀工艺形成源电极、漏电极和数据扫描线;再用PECVD采用不同的淀积条件沉积氧化硅作为保护层,对应的反应气体是 $\text{N}_2\text{O}$ 和 $\text{SiH}_4$ ,通过一次曝光、显影、干法刻蚀工艺形成像素电极与漏电极的接触过孔;最后采用溅射方法淀积透明导电像素电极ITO薄膜,通过一次曝光、显影、湿法刻蚀工艺形成透明像素电极。

层制备的TFT性能较差,其迁移率为 $7.4 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ ,阈值电压为 $1.2 \text{ V}$ ,亚阈值斜率为 $0.77 \text{ V/decade}$ 。

研究TFT的可靠性,一般进行正电压应力测试<sup>[5]</sup>。对上述参考的IGZO TFT和采用优化保护层工艺的IGZO TFT进行正电压偏应力测试,测试的条件是 $V_{\text{GS}}=30 \text{ V}$ , $V_{\text{DS}}=0 \text{ V}$ ,测试时间为 $5000 \text{ s}$ 。图5为正电压偏应力测试的结果。

图5(a)所示,参考IGZO TFT在正电压应力测

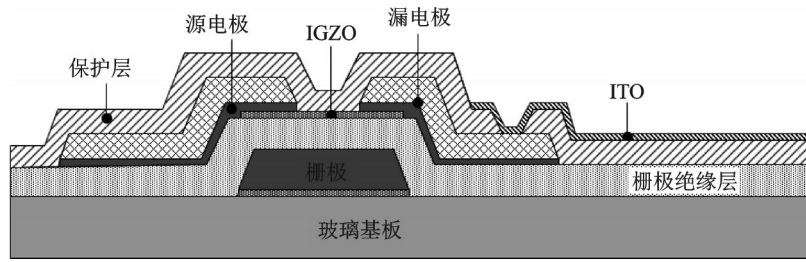


图 2 背沟道刻蚀型 IGZO TFT 截面图

Fig.2 Cross-sectional schematic of the IGZO TFT fabricated by back channel etched process

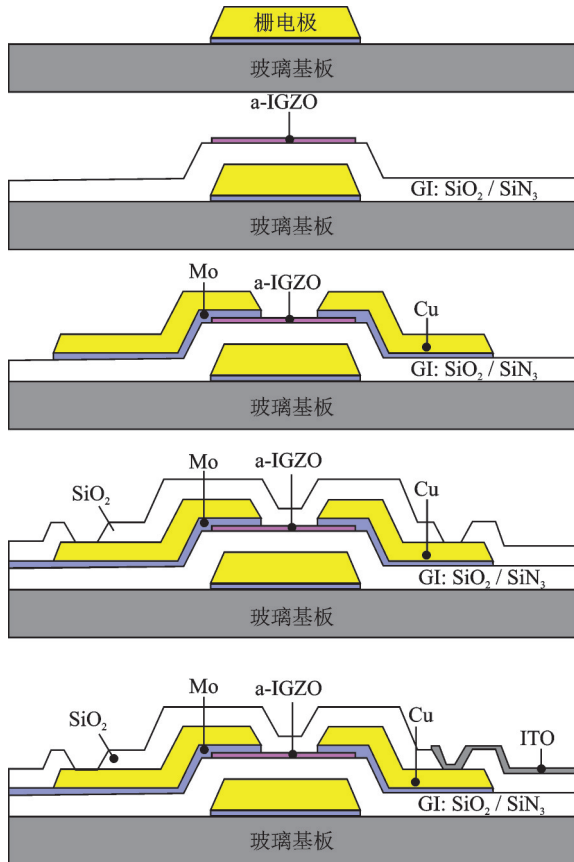


图 3 制备背沟道刻蚀型 IGZO TFT 工艺流程图

Fig.3 Process flow chart of back channel etched IGZO TFT

表 1 不同保护层的 IGZO TFTs 关键参数表

Tab.1 Major performance parameters of the IGZO TFTs with different passivation processes

|        | $I_{on}/$<br>$\mu A$ | $V_{th}/$<br>V | 迁移率/<br>$(cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1})$ | SS/<br>$(V \cdot decade^{-1})$ |
|--------|----------------------|----------------|--|--------------------------------|
| 参考 TFT | 28.0                 | 1.5            | 7.4  | 0.77                           |
| 优化 TFT | 36.3                 | 1.2            | 8.6  | 0.50                           |

试时, 阈值电压正向漂移较大, 达 1.30 V。背沟道刻蚀型 IGZO TFT 的背沟道吸附外界的水汽, 在沟道表面形成缺陷态。当施加正电压应力时, TFT 沟道中的电子被背沟道表面的缺陷态捕获<sup>[5]</sup>, 在 TFT 背沟道表面形成负点中心, 导致 TFT 的阈值电压正向移动。

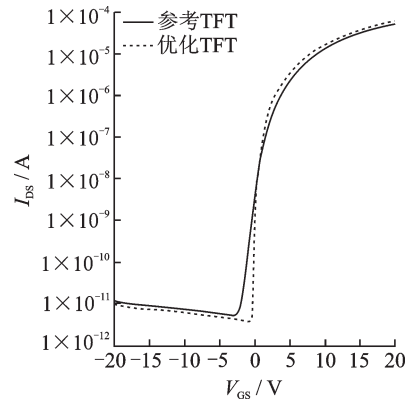


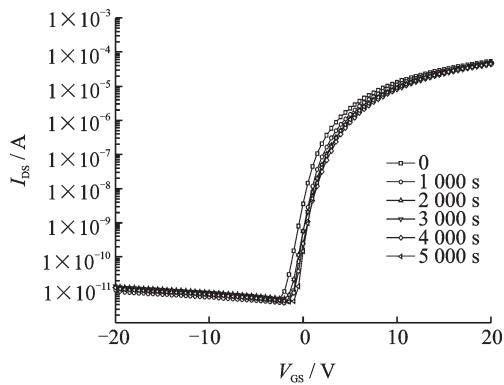
图 4 不同保护层的 IGZO TFT 转移特性曲线

Fig.4 Transferring characteristic curves of the IGZO TFTs with different reference passivation processes and optimized passivation processes

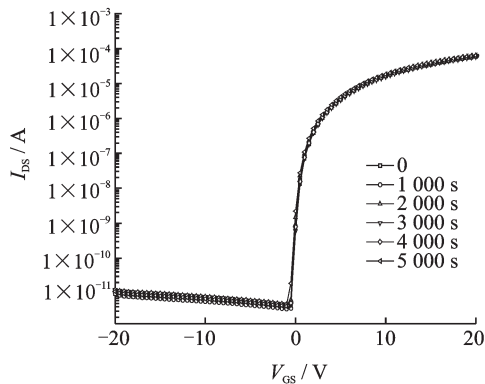
图 5(b) 是采用优化工艺制备保护层的 IGZO TFT, 增强了保护层阻隔水汽的能力, 减少了 TFT 的背沟道形成缺陷态的数量, 制备的 TFT 可靠性高, 经过 5 000 s 正电压应力测试, TFT 的  $V_{th}$  向正方向漂移 0.1 V,  $I-V$  曲线基本重合, 表明优化工艺制备的 IGZO TFT 非常稳定, 可靠性高, 可以很好地满足液晶电视面板的需求。

图 6(a) 和图 6(b) 分别是使用参考工艺和优化工艺制备  $SiO_x$  薄膜 SEM 平面扫描图, 使用参考工艺制备  $SiO_x$  薄膜有很多针孔, 外界的水汽可以通过针孔渗透到背沟道表面。使用的一般工艺制备  $SiO_x$  薄膜作为参考 TFT 的保护层, 外界的水汽通过保护层吸附在背沟道的表面, 形成缺陷态, 捕获沟道的电子, 导致 TFT 的亚阈值摆幅变大, 迁移率减低, 阈值电压减小; 采用优化工艺制备的 IGZO TFT 亚阈值摆幅得到明显改善, 减小到 0.50 V/decade, 迁移率提升到 8.6  $cm^2/(V \cdot s)$ , 这主要是因为通过优化保护层  $SiO_x$  薄膜的制备工艺, 阻止外界的水汽通过保护层渗透到背沟道表面, TFT 背沟道的缺陷态减少了, TFT 的亚阈值摆幅和迁移率也改善了。

采用优化工艺制备的背沟道刻蚀型 IGZO TFT 展示出良好的性能, 迁移率为 8.6  $cm^2/(V \cdot s)$ , 是非晶



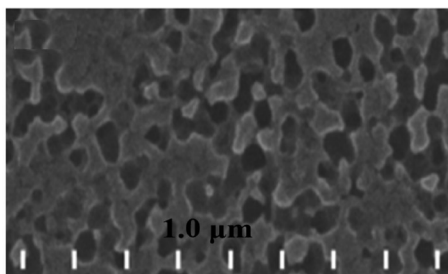
(a) 正栅压应力对参考IGZO TFT转移特性曲线的影响



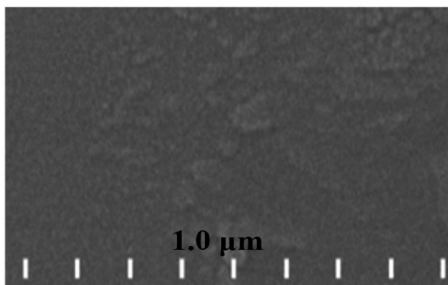
(b) 正栅压应力对优化IGZO TFT转移特性曲线的影响

图5 正栅压应力对不同保护层的IGZO TFT转移特性曲线的影响

Fig.5 Variations of the transferring characteristic of the IGZO TFT under positive gate bias stress



(a) 参考TFT



(b) 优化TFT

图6 SiO<sub>x</sub>薄膜表面的SEM扫描图

Fig.6 Scanning electron microscopy(SEM) images of the top view surfaces of SiO<sub>x</sub> film

硅TFT的17倍,开态电流为36 μA,提高了充电效率,减小了TFT尺寸,提升了开口率;关态电流为3.6 pA,是非晶硅TFT的1/100,可以维持液晶面板像素的电压,降低功耗;在正电压应力下TFT的阈值电压很稳定,几乎没有漂移。因此,采用优化工艺制备的背沟道型IGZO TFT可以满足大尺寸、高分辨率、高驱动频率液晶面板驱动的需求。

## 2 结 论

采用一般工艺的保护层制备背沟道刻蚀型IGZO TFT的亚阈值摆幅大,迁移率低,稳定性差,TFT阈值电压 $V_{th}$ 正向漂移严重,高达1.3 V。这主要是因为IGZO TFT的保护层阻隔水汽的能力差,外界水汽通过保护层渗透到TFT背沟道的表面,形成缺陷态,导致TFT亚阈值摆幅恶化,迁移率降低。在正电压应力下,背沟道表面吸附水汽形成的缺陷态捕获沟道中的电子,在背沟道表面形成负电中心,导致阈值电压 $V_{th}$ 正向漂移,TFT稳定性变差。

通过优化TFT保护层工艺,提升保护层阻挡水汽的能力,减少在背沟道表面形成的缺陷态,改善了TFT亚阈值摆幅和迁移率,同时提升IGZO TFT器件的稳定性,经过5 000 s的正电压应力测试,TFT的阈值电压 $V_{th}$ 几乎没有漂移,仅有0.1 V,展示出良好的稳定性,可以很好地满足大尺寸、高分辨率和高驱动频率液晶面板驱动的要求。

## 参 考 文 献

- [1] Nomura K, Ohta H, Takagi A, et al. Room-temperature fabrication of transparent flexible thin-film transistors using amorphous oxide semiconductors [J]. Nature, 2004, 432 (7016): 488-492.
- [2] Zhang L T, Zhou X L, Yang H, et al. Nb doped TiO<sub>2</sub> protected back-channel-etched amorphous InGaZnO thin film transistors [J]. IEEE Electron Devices Letters, 2015, 38 (2): 213-216.
- [3] Zhang J, Li X F, Lu J G, et al. Performance and stability of amorphous InGaZnO thin film transistors with a designed device structure [J]. Applied Physics Letters, 2011, 110 (8): 084509-084509-5.
- [4] 刘 翔,张盛东,薛建设,等.高性能金属铟镓锌氧化物TFT的研究[J].真空科学与技术,2014,34(2):130-133.
- [5] Liu Xiang, Wang Lisa Ling, Hu Hehe, et al. Performance and stability improvements of back-channel-etched amorphous indium-gallium-zinc thin-film-transistors by CF<sub>4</sub>+O<sub>2</sub> plasma treatment [J]. IEEE Transactions on Electron Devices, 2015, 2456034 1-3.
- [6] Lu H H, Che Ting H, Shih T H, et al. 32-inch LCD panel using amorphous Indium-Gallium-Zinc Oxide TFTs [J]. SID Symposium Digest,2010, 1136-1138.
- [7] Hanyu Y, Domen K, Noura K, et al. Hydrogen passivation of electron trap in amorphous In-Ga-Zn-O thin-film transistors [J]. Applied Physics Letters, 2013, 103 (20): 202114-