

文章编号:1007-2780(2014)01-0055-05

TFT-LCD 器件氧化铟锡层无退火工艺研究

张家祥*, 卢 凯, 郭 建, 姜晓辉, 崔玉琳, 王 亮,
阎长江, 曲连杰, 陈 旭, 闵泰烨, 苏顺康
(北京京东方光电科技有限公司, 北京 100176)

摘要:对 TFT-LCD 器件氧化铟锡(ITO)层无退火新工艺进行了深入研究,通过将氧化铟锡相变与聚酰亚胺(PI)膜固化过程同步进行,简化了工艺过程,节约了生产成本。采用无退火工艺氧化铟锡膜层的平均电阻值和膜层透过率与传统高温退火工艺下基本相同,可以实现低的电阻值和高透过率。无退火工艺下 PI 膜表面平整均匀,氧化铟锡膜与 PI 膜界面结合良好,无鼓包、麻点等,也没有反应产物生成;经过 TFT 特性测试发现,无退火工艺比高温退火工艺条件下,无论暗态还是光照状态,开电流没有明显区别,漏电流可降低 44%;通过无退火工艺和传统高温退火工艺制备的液晶显示屏的 V-T 特性相同。

关 键 词:无退火工艺;透过率;氧化铟锡层;TFT 特性

中图分类号:TN141.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20142901.0055

Anneal skip of ITO layer in TFT-LCD

ZHANG Jia-xiang*, LU Kai, GUO Jian, JIANG Xiao-hui, CUI Yu-lin, WANG Liang,
YAN Chang-jiang, QU Lian-jie, CHEN Xu, MIN Tai-ye, SU Shun-kang

(Beijing BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd., Beijing 100176, China)

Abstract: This paper makes a deep research on the new technology of anneal skip process for the TFT-LCD device. The anneal skip process can simplify the process and decrease the cost of production by the synchronization of ITO transformation and PI film curing. Using the anneal skip process, the average resistance of ITO layer and the transmittance of the film were the same as that of the traditional high temperature anneal process. A low resistance and a high transmittance could be realized. The surface of PI film was smooth. There was a good interface between the ITO layer and the PI film; no drum kit, pits and reaction products appeared. At dark or photo state, I_{on} of TFT using the anneal skip process was the same as that using the high temperature process, but I_{off} had a decrease by 44%. The V-T characteristic of panel using the anneal skip process and the high temperature anneal process were the same.

Key words: anneal skip; transmittance; ITO layer; TFT characteristic

收稿日期:2013-02-21; 修订日期:2013-03-22.

* 通信联系人, E-mail: zhangjiaxiang@boe.com.cn

1 引言

薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)具有重量轻、厚度薄、工作电压低和功耗小等优点,被广泛应用于手机、电视、仪器仪表和工业控制等设备上,成为目前平板显示的主流^[1-2]。氧化钢锡(ITO)具有良好的导电性($<100 \Omega/\square$)和高的光学透过率(约 90%)^[3-5],因此作为透明电极被广泛应用在 TFT-LCD 器件中,成为不可或缺的一部分^[6-7]。在氧化钢锡制备过程中,首先通过磁控溅射方式在薄膜晶体管基板上形成一层特定厚度的氧化钢锡层,此时该氧化钢锡结晶状态大多数为非晶态,电阻较高,需要通过后续的退火设备进行高温退火^[7-10],使得氧化钢锡发生由非晶态向多晶态进行转变,将电阻降低,达到 TFT-LCD 器件像素电极的要求。

高温退火所需温度高(200 °C 以上)、时间长(30 min 以上),极大地影响了产能和生产效率的提高。结合 TFT-LCD 结构和工艺特点,将氧化钢锡退火与聚酰亚胺(PI)膜固化一步加热,同时实现氧化钢锡的晶化和聚酰亚胺膜的固化,以达到提高产能和生产效率的目标。本文对该新工艺进行了深入的探讨,对氧化钢锡的电阻、透过率、氧化钢锡与聚酰亚胺的界面状态、新工艺下产品的电学和光学特性进行了分析。

2 实验

无退火工艺是在 ADS 产品的第二层氧化钢锡工艺中,刻蚀剥离后不进行高温退火,在涂覆聚酰亚胺膜后一同加热保温一段时间,将氧化钢锡层相变与聚酰亚胺膜固化一步完成。本实验分别采用高温退火工艺和无退火工艺制作样品白玻璃+氧化钢锡+聚酰亚胺。采用 NAPSON HA6100/RG-1000F 电阻测试仪测试 2 种工艺条件下氧化钢锡层的方块电阻值;采用 K-Mac ST8000 测试 2 种工艺下的透过率。实验的样品采用玻璃厚度为 0.5 mm,尺寸为 1 100 mm×1 300 mm,按照一般的 TFT 工艺形成薄膜晶体管,在第二层氧化钢锡采用无退火工艺,最后在 YAF-5000 设备上上进行电学性能测试,采用 SEM 对第二层氧化钢锡与聚酰亚胺界面进行分析。采用 DMS900 型 V-T 测试仪分

别对高温退火工艺和无退火工艺下制作完成的模组进行 V-T 测试。

3 实验结果以及讨论与分析

3.1 无退火对氧化钢锡层电阻的影响

对高温退火和无退火 2 种工艺条件下的氧化钢锡层电阻进行了测试,测试结果如图 1 所示。

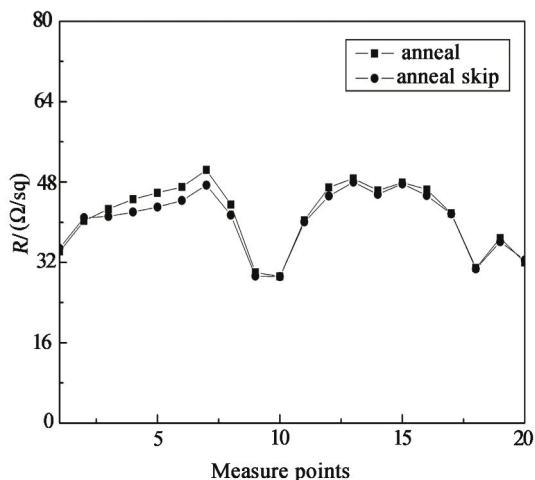


图 1 高温退火和无退火两种工艺不同位置处氧化钢锡层的电阻值

Fig. 1 R_s of ITO layer at different locations using high temperature anneal process and anneal skip process

由图 1 可以看出:无退火工艺与高温退火工艺条件下,氧化钢锡层的电阻曲线基本重合,电阻值基本没有区别,在某些位置处无退火条件下的电阻值甚至更小。这是由于采用磁控溅射工艺沉积得到的是非晶态氧化钢锡,相同厚度氧化钢锡的电阻值大小与氧化钢锡的结晶程度有关。结晶程度越高,电阻值越低;反之,电阻值越高。在高温状态下,非晶态氧化钢锡会转变为多晶态氧化钢锡,结晶程度提高,电阻值降低。高温退火工艺就是为了得到较小的电阻值而采取的工艺。在无退火工艺中虽然省去了高温退火,但是在随后的聚酰亚胺膜固化工艺中非晶态氧化钢锡在温度 T 下也得到了充分的转变。因此,无退火工艺与高温退火工艺相同也可以得到同样低的氧化钢锡电阻值,能够满足产品要求。

3.2 无退火对膜层透过率的影响

对高温退火和无退火两种工艺条件下的氧化

钢锡层+聚酰亚胺膜透过率进行了测试,测试结果如图 2 所示。

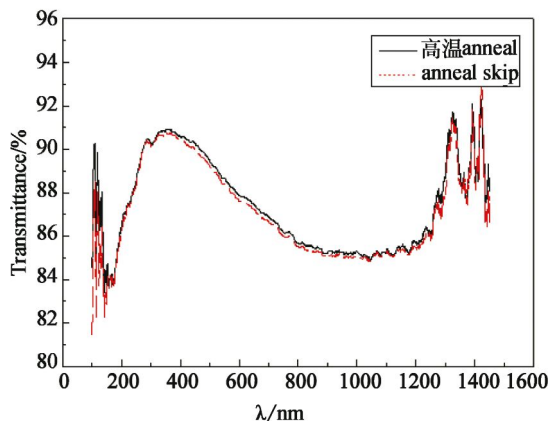


图 2 高温退火和无退火两种工艺不同波长下膜层透过率
Fig. 2 Film transmittance under different wave-length using high temperature anneal process and anneal skip process

高温能够促使氧化钢锡层中的 SnO (褐色) 向 SnO_2 (无色) 的转变,因此,高温退火工艺能够促使这种转变的进行,从而提高膜层的透过率。由图 2 可以看出:无退火与高温退火 2 种工艺下,膜层在各波段的透过率基本相同,在可见光波长 $380 \sim 760 \text{ nm}$ 范围内均保持非常高的透过率。这说明在无退火工艺中,聚酰亚胺膜下的氧化钢锡层中褐色的 SnO 在聚酰亚胺膜固化温度下充分转变为了无色的 SnO_2 ,实现了聚酰亚胺膜固化和 SnO 转变的同步进行,使得膜层透过率与高温退火工艺下膜层的透过率没有明显区别,可以满足产品需求。

3.3 无退火对氧化钢锡与聚酰亚胺截面的影响

对高温退火和无退火 2 种工艺条件下的氧化钢锡与聚酰亚胺截面进行了测试,测试结果如图 3 所示。

由截面图 A 和 B 可以看出,高温退火与无退火 2 种工艺下,氧化钢锡层与聚酰亚胺膜之间均存在着良好的接触性能,没有反应产物的生成。这说明无退火工艺没有对氧化钢锡层表面的润湿性造成影响,非晶态氧化钢锡 (a-ITO) 与聚酰亚胺在固化过程中也不会发生化学反应生成反应产物。高温退火与无退火 2 种工艺下,像素区表面均匀平整无鼓包、麻点等不良产生。聚酰亚胺膜是一些胺类物质,吸水性很强,水对聚酰亚胺膜的

性能会产生很大的影响,高温退火工艺可以有效地清除残留在氧化钢锡膜层中的水;无退火工艺下,虽然省去了高温加热工序,但是在涂聚酰亚胺膜前有清洗和高温气刀干燥过程,结果表明高温气刀可以有效清除氧化钢锡膜层中的水,不会对聚酰亚胺膜性能造成不良影响。

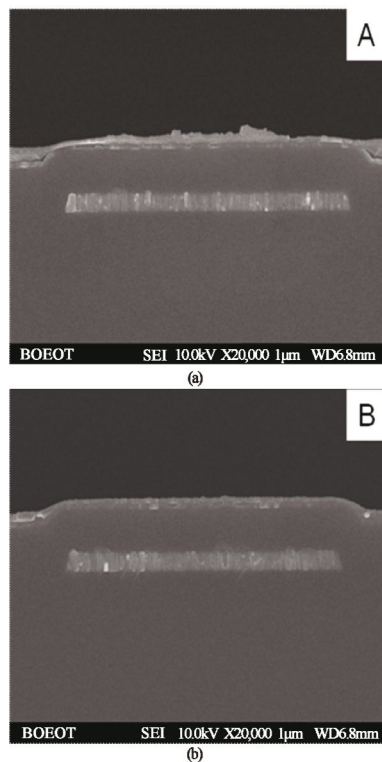


图 3 高温退火和无退火 2 种工艺膜层截面图(A:高温退火截面; B:无退火截面)

Fig. 3 Film cross-section (A: the film cross-section using high temperature anneal process; B: the film cross-section using anneal skip process)

3.4 无退火对 TFT 特性的影响

由 TFT 特性曲线可以看出(图 4):在暗态与光照状态下,2 种工艺下 TFT 的开电流基本相同,而无退火工艺下 TFT 的漏电流会降低 44%。这可能是由于无退火工艺减少了高温退火过程,减少了 TFT 的非晶硅 (a-Si) 热致载流子的形成,少子空穴数量降低,从而使得在暗态和光照状态下 TFT 的漏电流降低。

3.5 无退火对电压-透过率性能的影响

由 V-T 特性曲线图可以看出(图 5):分别采用高温退火和无退火工艺的模组 V-T 曲线基本重合,V-T 特性没有区别。这说明两种工艺下膜层的透过率、像素电极的电阻以及 TFT 的充电

能力没有明显区别,对本文上面所述的结论进一步验证了其正确性。

4 结 论

本文对无退火新工艺在 ADS 产品中的应用进行了深入的研究,探讨了新工艺条件下,氧化钢锡膜层的电阻值、膜层的透过率、聚酰亚胺膜与氧化钢锡层界面特性、TFT 特性和 panel 的 V-T 特性等性能,并传统高温退火工艺进行了对比,得出如下结论:

(1) 无退火工艺条件下氧化钢锡膜层的电阻均值可达到相当低的水平,与传统高温退火工艺基本相同;

(2) 无退火工艺条件下膜层的透过率非常高,与传统高温退火工艺没有明显差别;

(3) 无退火工艺条件下,聚酰亚胺膜表面平整致密,无鼓包、麻点等不良产生;氧化钢锡与聚酰亚胺界面结合良好,无空洞裂纹产生,同时无反应产物生成;

(4) 无退火工艺与高温退火工艺条件下 TFT 特性,无论是在暗态还是在光照状态下,开电流基本相同,无退火工艺下漏电流可降低 44%;

(5) 无退火工艺与高温退火工艺条件下 panel 的 V-T 特性相同,进一步证实了两种工艺下膜层的透过率、像素电极的电阻以及 TFT 的充电能力没有明显区别。

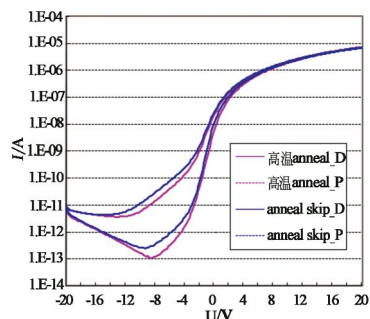


图 4 高温退火和无退火 2 种工艺在暗态和光照条件下的 TFT 特性曲线

Fig. 4 Curve of TFT characteristic at dark and photo using high temperature anneal process and anneal skip process

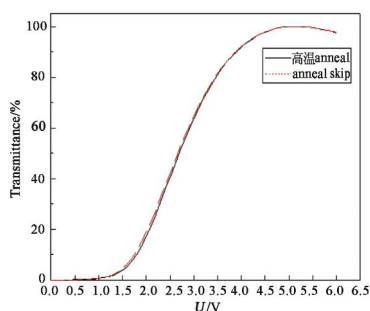


图 5 分别采用高温退火和无退火 2 种工艺并最后制的模组的 V-T 特性曲线

Fig. 5 Curve of V-T using high temperature anneal process and anneal skip process

参 考 文 献:

- [1] 王玉如. 液晶显示技术的最新进展[J]. 现代电子技术, 2004, 27(22): 85-87.
Wang Y R. The latest development of liquid crystal display [J]. *Modern Electronics Technique*, 2004, 27(22): 85-87.
- [2] 孙杨, 张永栋, 朱燕林. 单层 ITO 多点电容触摸屏的设计[J]. 液晶与显示, 2010, 25(4): 551-553.
Sun Y, Zhang Y D, Zhu Y L. Single ITO design in multi touch capacitive panel [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2010, 25(4): 551-553. (in Chinese)
- [3] Gruner G. Carbon nanotube films for transparent and plastic electronics [J]. *J Mater Chem*, 2006, 16: 3533-3539.
- [4] 李田生, 谢振宇, 张文余, 等. 钝化层沉积工艺对过孔尺寸减小的研究[J]. 液晶与显示, 2012, 27(4): 493-498.
Li T S, Xie Z Y, Zhang W Y. The study in passivation layer deposition process of hole size reduction [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(4): 493-498. (in Chinese)
- [5] 宴峰, 张自立. 高分辨率 LCD 控制板的设计与实现[J]. 计算机与数字工程, 2002, 4(30): 24-28.
Yan F, Zhang Z L. Design and implementation of a high resolution LCD control board [J]. *Computer and Digital Engineering*, 2002, 4(30): 24-28. (in Chinese)
- [6] 刘翔, 薛建设, 周伟峰, 等. 改善沉积氮化硅薄膜对 FFS-TFT 透明电极 ITO 影响的研究[J]. 真空科学与技术学报,

2012,32(1):36-38.

Liu X, Xue J S, Zhou W F. Study on the effect of improving the deposition of silicon nitride films on ITO [J]. *Vacuum Science and Technology*, 2012, 32(1):36-38. (in Chinese)

[7] Lewis B G, Paine D C. Applications and processing of transparent conducting oxides [J]. *Mrs Bull*, 2000, 25:22-27.

[8] Wu Z C, Chen Z H, Logan J M. Transparent, conductive carbon nanotube films [J]. *Science*, 2004, 305: 1273-1276.

[9] Leterrier Y, Medico L, Manson J. Mechanical integrity of transparent conductive oxide films for flexible polymer-based displays [J]. *Thin Solid Films*, 2004, 460: 156-166.

[10] 王文文, 王峥, 郝维昌. 离子注入对 ITO 薄膜电学特性的影响[J]. *液晶与显示*, 2009, 24(2):187-192.

Wang W W, Wang Z, Hao W C. Effect of ion implantation on the electrical properties of ITO film [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2009, 24(2):187-192. (in Chinese)

作者简介:张家祥(1985—),男,北京人,硕士,工程师,主要从事液晶显示器相关的技术研发工作。E-mail:zhangjiaxiang@boe.com.cn