

文章编号:1007-2780(2015)03-0387-06

TFT-LCD 产业中 GOA 单元不良的研究

张小祥^{1*}, 顿芳霞², 刘正¹, 郭总杰¹, 袁剑峰¹, 邵喜斌¹

(1. 北京京东方显示技术有限公司, 北京 100176;

2. 江南大学 江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 江苏 无锡 214122)

摘要:通过对 TFT-LCD 制造过程中 GOA 单元不良原因的研究, 提出了改善 GOA 单元不良的方法。分析表明静电放电 (ESD) 的发生在于电容瞬间释放的电流过大, 导致过细的金属线熔化; 沟道桥接和开裂的发生在于显影效应, 显影方向以及图案密度, 导致局部区域沟道光刻胶厚度偏厚和偏薄。采用静电分散释放的连线设计, ESD 的发生率从 5.4% 降低到 0.04% 以下。GOA 单元两侧增加测试图样 (Dummy Pattern) 的设计防止沟道桥接的发生, 减压干燥 (VCD) 抽气曲线的调整和软烘 (Soft Bake) 底部温度的优化措施防止沟道开裂的发生, 沟道桥接和开裂的发生率从 13.4% 降低到 1.22% 以下。

关键词: GOA; 静电放电; 沟道桥接; 沟道开裂; 显影效应

中图分类号: TB31 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20153003.0387

GOA unit defect in TFT-LCD industry

ZHANG Xiao-xiang^{1*}, XIE Fang-xia², LIU Zheng¹,

GUO Zong-jie¹, YUAN Jian-feng¹, SHAO Xi-bin¹

(1. *Beijing BOE Display Technology Co., Ltd., Beijing 100176, China;*

2. *Jiangsu Key Laboratory of Advanced Food Manufacturing Equipment and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China*)

Abstract: The reason for GOA unit defect is analyzed in the TFT-LCD manufacturing process, and the improving methods are given. The results show that the occurrence of the ESD is ascribed to excessive instantaneous release current of capacitance, leading to superfine wire melting, while the occurrence of the Channel Bridge and Open is related to the development effect, development direction and pattern density, which cause the abnormal channel photo resist. The design of electrostatic dispersion release makes the incidence of ESD reduce from 5.4% to below 0.04%. The design of adding Dummy Pattern in both sides of GOA unit prevents Channel Bridge, meanwhile the adjustment of Vacuum Dry extraction curve and the optimization of Soft Bake bottom temperature prevent Channel Open, which make the incidence of Channel Bridge and Open decrease from 13.4% to below 1.22%.

Key words: gate driver on array; electro-static discharge; channel bridge; channel open; development effect

收稿日期: 2014-09-11; 修订日期: 2014-10-09.

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

1 引言

随着薄膜晶体管-液晶显示器(TFT-LCD)的发展,液晶产品的竞争越来越激烈,各个厂家开始开发新技术来占领市场。GOA(Gate driver on Array)技术是将栅极驱动器集成在玻璃基板上,形成对面板的扫描^[1-2]。由于其低成本、低功耗、窄边框等优点,逐步成为各个厂家研究的新方向^[3]。在GOA技术的发展过程中,大多主要集中在驱动电路方面的研究,来解决大尺寸与高分辨率应用方面的问题^[4-6],而关于GOA产品制造过程中的不良鲜有文献报道。

作为另一种新技术SSM(single slit mask)技术,由于窄沟道、高开口率等优点,也逐步应用在各个产品中^[7]。SSM技术与GOA技术的结合使用能得到更窄边框的产品,但是在array制作过程中GOA区域容易发生ESD(Electro-Static discharge)、沟道桥接(Channel Bridge)与沟道开裂(Channel Open)等不良,严重影响产品的良率。本文主要针对8.5代线中GOA产品制造过程中Array工艺出现的主要不良进行分析与改善。

2 GOA单元ESD不良

2.1 现象描述

在4次掩膜板干法刻蚀工艺中,在GOA区域发生严重的ESD现象,所有面板的发生率为5.4%,主要集中在整张玻璃基本的中心区域,中间面板的发生率为95%,严重影响产品的良率。如图1所示,GOA单元连线处的金属由于ESD的发生被熔化,导致GOA单元失效。

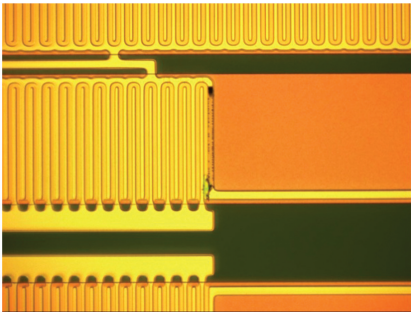


图1 GOA单元ESD
Fig.1 GOA Unit ESD

2.2 分析与验证

图2和图3分别为GOA区域发生ESD的俯视图和三维图像,从图中可以看出,由于ESD的发生,1处位置的金属线已经被熔化,2处位置的有源层被击穿。图4和图5分别为位置1处和2处的ESD区域的剖面图,图中左边为正常的形貌高度,右边为ESD发生位置的形貌高度。金属线熔化的区域(位置1)相比正常的区域高度差为 $0.400\mu\text{m}$,而此区域金属沉积的厚度约为 $0.395\mu\text{m}$,比较可以知道金属已经被全部熔化。有源层击穿的区域(位置2)相比正常的区域高度差为 $0.12\mu\text{m}$,而此区域的沟道厚度约为 $0.1\mu\text{m}$,比较可以知道沟道有源层被击穿。位置1和2处的绝缘层都没有被击穿,推测可以知道,ESD只是发生在源漏极刻蚀工艺当层,而不是层间击穿^[8]。

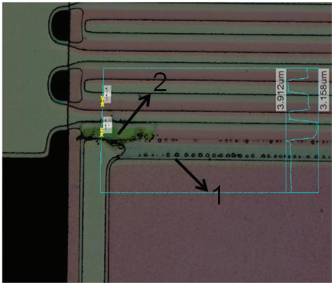


图2 ESD发生俯视图
Fig.2 ESD top view

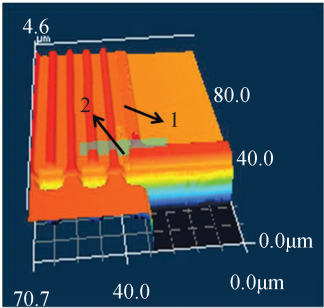


图3 ESD发生区域的三维图像
Fig.3 ESD 3D map

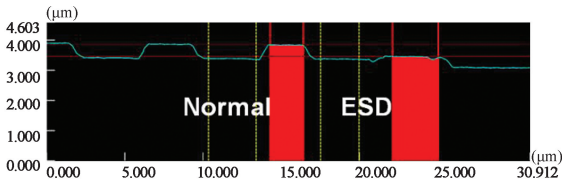


图4 ESD发生区域的剖面图(位置1)
Fig.4 Profile of ESD area (Position 1)

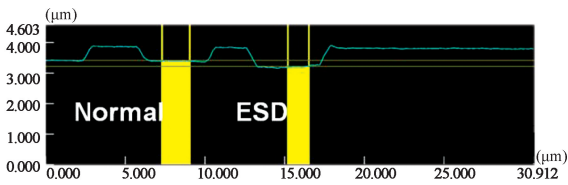


图 5 ESD 发生区域的剖面图(位置 2)
Fig. 5 Profile of ESD area (Position 2)

图 6 为 ESD 发生区域 GOA 单元的构造图,最右边为电容 C_1 ,由 Gate 层和 SD 层的金属组成,长度为 $356\text{ }\mu\text{m}$,宽度为 $200\text{ }\mu\text{m}$ 。连接电容一侧的金属宽为 $36.8\text{ }\mu\text{m}$,连接 M3 单元一侧的金属宽为 $10\text{ }\mu\text{m}$,M3 单元的金属宽为 $5\text{ }\mu\text{m}$ 。在干法刻蚀过程中,GOA 单元处的电容容易存储电荷,静电释放过程中产生的瞬间电流通过金属走线传递到 M3 单元。由图 6 可以知道,金属线较细的一端(M3 单元)相比较金属线较粗的一端(连接电容单元)的电阻更大,电容端传递的瞬间大电流产生的焦耳能将金属线熔化,同时将沟道有源层击穿。

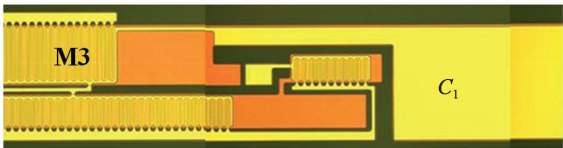


图 6 ESD 发生区域的 GOA 单元构造
Fig. 6 GOA unit structure on ESD area

为了验证电容处释放的瞬间电流导致 ESD 的产生,我们选取了 3 张玻璃基板,在源漏极曝光显影后,用 TFT-LCD 维修设备的激光器将金属线的上光刻胶烧掉,然后再进行两湿两干的工艺。图 7 为电容和 M3 单元连线切断的图片,可以看出经过激光器烧掉光刻胶后,连线处被断开。将 3 张玻璃基板进行检查,没有发生 ESD。

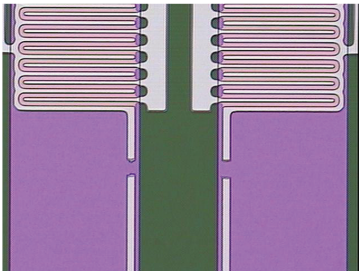


图 7 电容和 M3 单元连线切断图
Fig. 7 Cutting figure between capacitance and M3 unit

2.3 改善措施与效果

根据 ESD 发生原因的分析,将电容结构与其它单元断开或者能迅速将静电释放出来,能避免 ESD 的发生。图 8 为电容与 M3 单元连线的设计示意图,(a)为原有的设计结构,(b)为改善后的设计结构。改善后的设计是将电容与 M3 单元的连接金属线加宽,然后与 M3 的每个 TFT 连接,这样电容处传递过来的瞬间大电流能迅速释放出来,不会导致连线处的金属线被熔化。GOA 连线的设计从(a)变为(b)设计后,此处 ESD 的发生从 5.4%下降为 0.04%。

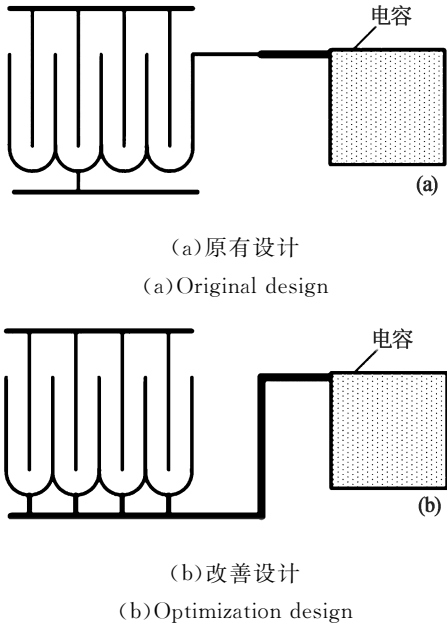
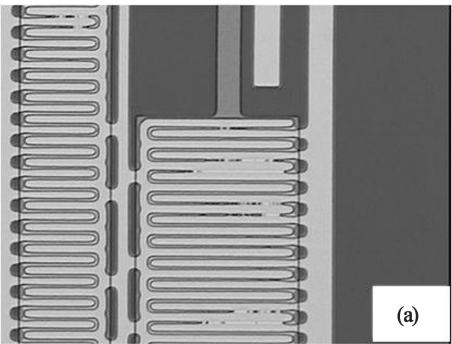


图 8 电容和 M3 单元连线的设计示意图
Fig. 8 Attachment design between capacitance and M3 unit

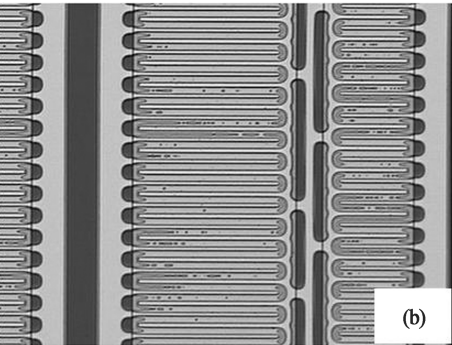
3 GOA 单元沟道不良

3.1 现象描述

GOA 产品 GOA 区域的图案密度较高,在 TFT-LCD 制造过程中,由于显影作用的影响,容易发生沟道处的桥接以及开裂的不良。沟道桥接容易发生在基板的中心区域,而沟道开裂容易发生在基板的下边区域。沟道桥接和开裂的发生率为 13.4%,严重影响产品的良率。图 9 为 GOA 区域沟道不良图片,图(a)为沟道桥接,图(b)为沟道开裂。



(a) 沟道桥接
(a) Channel Bridge



(b) 沟道开裂
(b) Channel Open

图 9 GOA 区域沟道不良图片

Fig. 9 Channel defects on GOA area

3.2 分析与验证

通过对基板中心区域沟道桥接的区域确认，发现 GOA 区域面板 (Panel) 一侧容易发生沟道桥接，而相邻的面板 (Panel) 的一侧没有发生沟道桥接，并且相邻 AA (Active Area) 区域也没有沟道桥接的发生。沟道桥接与沟道处光刻胶偏厚有关，在灰化工艺过程中，沟道处的光刻胶没有完全灰化，导致金属残留，发生沟道桥接不良。DICD (Develop Inspection Critical Dimension) 与沟道处光刻胶的厚度成正比关系，为了快速测试沟道的光刻胶厚度，用 DICD 的变化来间接反映光刻胶的厚度，DICD 偏大，表示沟道处光刻胶厚度偏厚，DICD 偏小，表示沟道处光刻胶厚度偏薄。图 10 为 DICD 测试的位置，面板的上下两侧为 GOA 区域，中间为 AA 区域。从 Panel 1 的一侧的左边一直测试到 Panel 2 的右侧，GOA 区域和 AA 区域分别测试 164 点。

为了验证显影效应的影响，将正常显影和翻

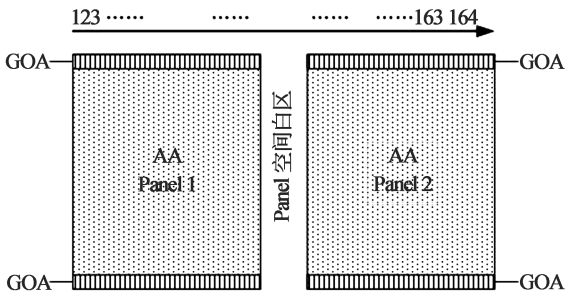


图 10 DICD 测试的位置
Fig. 10 DICD measurement position

转 180° 显影的玻璃基板进行了对比。图 11 为 DICD 随测试点位变化的曲线图，图 (a) 为玻璃基板正常显影，图 (b) 为玻璃基板翻转显影。玻璃基板正常显影时，靠进面板空白区的 Panel 1 的一侧 DICD 变化平缓，而靠进面板空白区的 Panel 2 的一侧 DICD 变化有明显上翘的趋势，并且 GOA 上翘的趋势比 AA 区域明显。玻璃基板翻转 180 度显影后，上翘的趋势变为 Panel 1 侧，GOA 上翘的趋势比 AA 区域依然明显。上翘的区域 DICD 较大，表明此处沟道光刻胶的厚度较厚，容易发生沟道桥接不良。

8.5 代线显影单元为水平的喷涂显影，玻璃基板水平通过显影单元。图 12 为显影过程机理的示意图，图上方表示 AA 区域的密度分布，图下方表示 GOA 区域的密度分布。玻璃基板以图 12 所示方向通过显影单元，由于面板间空白区的存在，在显影过程中需要消耗大量的显影液，导致空白区域的显影液浓度迅速降低。由于显影液浓度差的存在，AA 和 GOA 区的显影液扩散到面板间的空白区域，导致靠近面板空白区的 AA 和 GOA 区的显影浓度不足，出现如图 11 所示靠近面板间空白区域 DICD 上翘的趋势。而由于 GOA 区域的图案密度比 AA 区域高，瞬间消耗的显影液少，此时瞬间 GOA 区域的显影液浓度比 AA 区域要高，故 GOA 区域与面板间空白区域的显影液的浓度差比 AA 区域与面板间空白区域的浓度差更大，其扩散的吉布斯自由能更大，扩散速度更快，导致 GOA 区域更多的显影液流向面板间的空白区域，出现如图 11 所示 GOA 区域上翘的趋势比 AA 区域明显，导致 GOA 区域沟道桥接不良的发生。当面板间空白区通过显影喷嘴下方时，新的显影液使空白区接近显影饱和，故另一侧面板没

有受到面板间空白区域的影响,DICD 变化比较平缓,没有发生沟道桥接不良的问题。

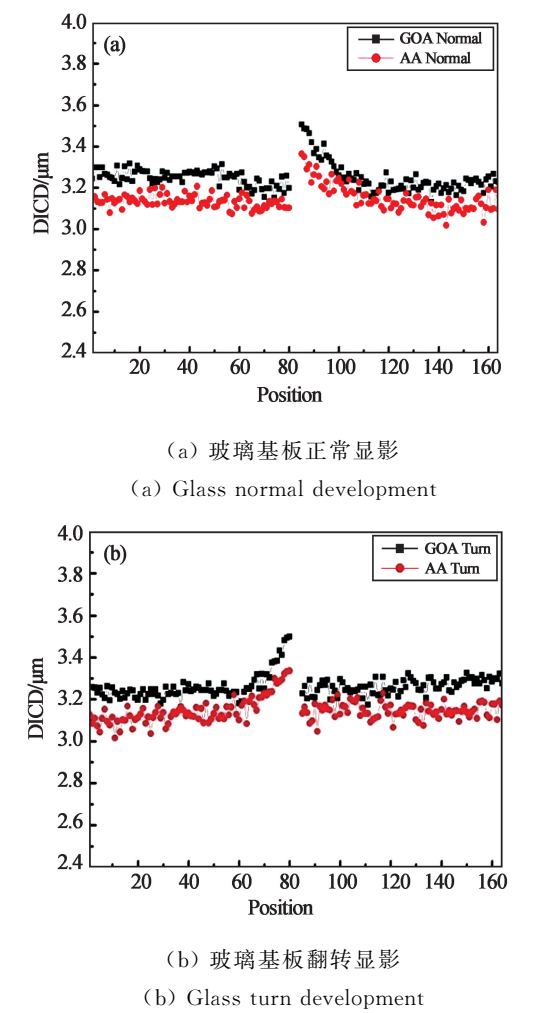


图 11 DICD 随测试点位变化的曲线图
Fig. 11 DICD curve by site

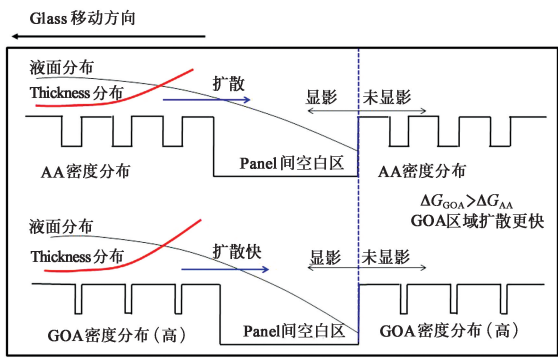


图 12 显影过程机理示意图

图 13 为玻璃基板上 DICD 的分布图,图(a)为玻璃基板正常显影,图(b)为玻璃基板翻转显影。

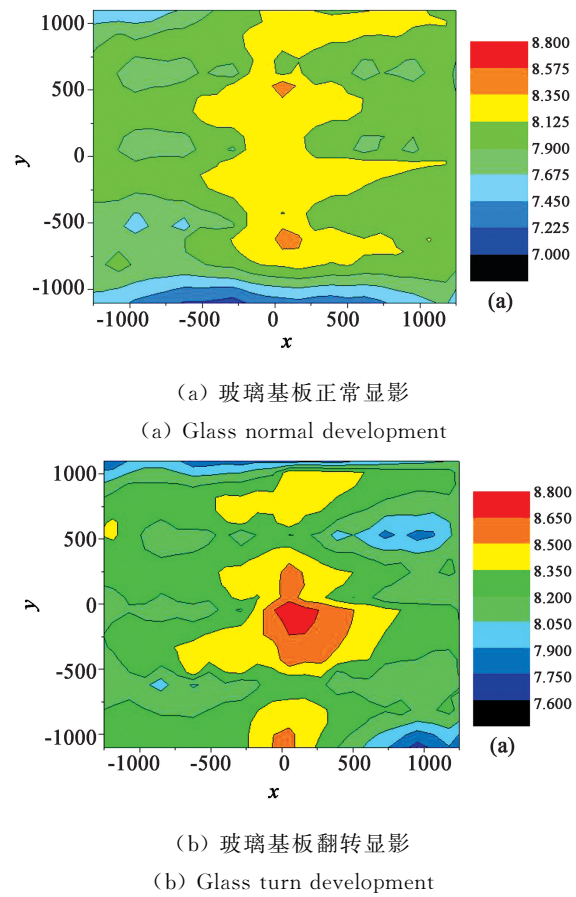


图 13 玻璃基板 DICD 分布图
Fig. 13 Distribution profile of DICD

从图中可以看出,图(a)中的下边区域明显 DICD 偏小,表明此处沟道的厚度偏薄,容易发生沟道开裂不良。翻转显影后,图(b)中的上边区域有变薄的趋势。8.5 代线显影冲洗单元玻璃基板以倾斜 5°的方式进行显影冲洗,下边偏薄是由于冲洗的显影液聚集在玻璃基板的下边缘,而 GOA 区域图案密度高,导致 GOA 区域显影充足,出现沟道处光刻胶偏薄,导致沟道开裂不良的发生。

3.3 改善措施与效果

通过以上对沟道处桥接和开裂不良原因的分析,显影单元的显影和冲洗方向,面板间的空白区,以及 GOA 区域图案密度较高是影响不良的主要原因。针对沟道桥接的问题,通过减少面板间的空白区以及在 GOA 单元的两侧增加测试 GOA 单元,来平衡局部的显影液浓度,防止沟道桥接不良的发生。针对沟道开裂不良的问题,通过调整减压干燥(Vacuum Dry)抽气曲线以及优化软烘(Soft Bake)底角的温度,来提高玻璃基板底角的沟道厚度,防止沟道开裂不良的发生。通

过以上设计和工艺的调整,将沟道桥接和开裂不良降低到了 1.22% 以下。

4 结 论

通过对 TFT-LCD 制造过程中 GOA 单元 ESD 不良,沟道桥接和开裂不良的失效分析、实验验证以及改善,主要结论如下:

(1)GOA 区域 ESD 的发生与电容瞬间释放电流过大和连接金属线较细相关,瞬间电流过大

产生的焦耳能将金属熔化以及将导电的有源层击穿。通过连线的设计优化,将电容释放的电流分散到 M3 的各个 TFT 单元,ESD 从 5.4%降低到 0.04% 以下。

(2)GOA 区域的沟道桥接和开裂与显影单元的显影和冲洗方向,面板间的空白区,以及 GOA 区域图案密度较高相关。通过优化 GOA 区域的图案密度,调整减压干燥抽气曲线,以及优化软烘底角温度,沟道桥接和开裂不良 13.4%降低到 1.22% 以下。

参 考 文 献:

[1] Chang T T, Hsun C L, Chang S M, *et al.* Gate driver on array of a display, US;US 2011/0018001 A1 [P]. 2011-01-27.

[2] Chang L H. Gate driver on array structure and display, US; US 786835 7 B2 [P]. 2011-01-11.

[3] 刘士奎,王超,杨雪,等. 液晶显示领域之 GOA 技术专利分析[J]. 中国发明与专利, 2013 (6): 21-28.

Liu S K, Wang C, Yang X,*et al.* The analysis of GOA technology patent in Liquid crystal display [J]. *China Invention & Patent*, 2013 (6): 21-28.

[4] Yoon S Y, Jang Y H, Kim B, *et al.* Highly stable integrated gate driver circuit using a-Si TFT with dual pull-down structure [J]. *SID Digest*, 2005, 5(1): 348-351.

[5] Lin C L, Cheng M H, Wu C E, *et al.* An Integrated a-Si:H gate driver circuit design for large-sized TFT-LCD applications [J]. *SID Digest*, 2013, 13(1): 1007-1009.

[6] Hu Z J, Liao C W, Li J M, *et al.* A-Si:H TFT gate driver with shared dual pull-down units for large-sized TFT-LCD applications [J]. *SID Digest*, 2014, 12(1): 986-989.

[7] 周伟峰,薛建设,金基用,等. 不同狭缝与遮挡条设计对 TFT 特性的影响与规律[J]. 液晶与显示, 2011, 26(2): 165-169.

Zhou W F, Xue J S, Jin J Y, *et al.* Effects and regularity of different slit & bar design on TFT Characteristics [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(2):165-169. (in Chinese)

[8] 李欣欣,龙春平,王威. TFT-LCD 工艺与静电击穿[J]. 现代显示, 2007(4): 59-63.

Li X X, Long C P, Wang W. TFT-LCD Process and ESD [J]. *Advanced Display*, 2007(4): 59-63. (in Chinese)

作者简介:张小祥(1986—),男,湖北仙桃人,硕士,高级研究员,主要从事液晶显示面板的研发工作。E-mail:zhangxiaoxiang@boe.com.cn