

文章编号:1007-2780(2015)04-0628-06

分析 TFT 亮态漏电流影响因素的测试方法

侯清娜,张新宇,王 峥,林鸿涛,冯 兰,刘 冬
(北京京东方显示技术有限公司,北京 100176)

摘要:对于薄膜晶体管液晶显示器来说,TFT 的特性对产品的品质有很大的影响,而其亮态漏电流 I_{off} 的影响尤为重要。为改善器件性能,需要深入分析 TFT 亮态漏电流的影响因素。本文在实验基础上提出一种测试方法,首先使用 BM PR (Black Matrix Photo Resist) 对 TFT 沟道的不同位置进行遮挡;再对遮挡样品进行 TFT 特性测试。进而能模拟出实际工作中的 TFT 亮态漏电流,可以更加简便有效地优化 TFT 下方的栅极金属线宽,同时降低亮态漏电流。最后制作了 54.6 cm(21.5 in)改善样品,通过新测试方法分析,将栅极金属线加宽约 1.5 μm ,改善后样品的亮态漏电流从 14.08 pA 降至约 9.50 pA。所以,使用新的测试方法无需将样品制作到模组后再进行品质评价,简单有效并降低了产品制造成本。

关 键 词:薄膜晶体管液晶显示;TFT 测试方法;亮态漏电流

中图分类号:TN141 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20153004.0628

Method for analyzing influence factors in photo off-leakage current for TFT

HOU Qing-na, ZHANG Xin-yu, WANG Zheng, LIN Hong-tao, FENG Lan, LIU Dong

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

Abstract: The electrical properties of TFT-LCD are so significant especially for the leakage current at photo state (Photo I_{off}). In this paper we investigated the factors which could affect the Photo I_{off} in order to improve the TFT-LCD performance. A measurement method has been proposed based on experiment results. The black matrix (BM) photo resist (PR) has been used to shield different parts of TFT channel, then the difference of electrical properties could be confirmed through TFT I - V curve. According to the experiment results, it is quite easy and effective to decrease the photo I_{off} value by optimizing the gate line width. Finally we used this method on 54.6 cm(21.5 in)TFT LCD samples. Optimized results showed that the gate line should be widened 1.5 μm based on the original design. The actual result was proved though TFT characteristic measurement results, the photo I_{off} decreased to 9.50 pA from 14.08 pA. It turns out that the proposed method is quite effective in the practical production process.

Key words: thin-film transistor liquid crystal display; test method for thin-film-transistor; photo off-leakage current

收稿日期:2014-12-15;修订日期:2015-01-27.

基金项目:京东发研发基金项目

* 通信联系人,E-mail:houqingna@boe.com.cn

1 引 言

薄膜晶体管液晶显示器 (Thin Film Transistor LCD, TFT-LCD) 已经广泛应用于电视、电脑、手机、游戏机、导航等各类显示设备中^[1],其体积小、重量轻,并且具有高分辨率、高对比度、高解析度等特点。TFT 的半导体层可以使用非晶硅、微晶硅或者多晶硅,目前绝大部分产品是采用氢化非晶硅 (amorphous silicon, a-Si : H) 制成的^[2-3]。非晶硅 TFT 具有技术成熟,良率较高,性能稳定等优点,但是非晶硅的载流子迁移率较低,其 TFT 特性尤其是开路状态下的电流较低,对于分辨率的高端产品,提升非晶硅的 TFT 的特性是一个需要解决的现实问题。为满足充电要求,需要进一步提升非晶硅 TFT 的特性^[4-7]。作为 TFT 有源层的氢化非晶硅薄膜是一种对光很敏感的材料,在光照条件下可以使 a-Si : H TFT 的关态电流(即漏电流, I_{off}) 上升 2~3 个数量级,严重影响 TFT 特性^[8-10]。

为了研究 TFT 的特性,我们对 TFT 分别在暗态 (Dark) 和亮态 (Photo) 情况下进行了阈值电压 (V_{th})、开态电流 (I_{on})、关态电流 (I_{off}) 和电子迁移率 (mobility) 等参数的测试。其中亮态漏电流对产品影响较大,而 TFT 工作时背光源呈亮态状态,所以亮态过程中的漏电流控制就变得尤为重要,我们希望 TFT 在亮态时的漏电流越小越好。

本文提出一种新的测试方法,通过使用 BM

PR (Black Matrix Photo Resist) 对 TFT 上方不同位置进行遮挡,能模拟实际工作中的 TFT 亮态漏电流,以此来分析判断背光源对漏电流的影响程度,从而更有针对性对亮态漏电流进行改善,提高产品的显示质量。

2 实验方法

通常在进行 TFT 转移特性曲线测试时,仅是对阵列基板测试,即阵列基板上没有任何遮挡。这样 TFT 沟道就完全暴露在外部环境中。如果在测试时将设备内的上侧光源打开,光直接照射到 TFT 沟道,亮态漏电流会从 14.08 pA 急剧上升至 244.08 pA,如表 1 所示。

虽然在 TFT 转移特性曲线测试过程中设备内上侧光源一直处于关闭状态,但为了模拟 TFT 工作状态下的特性,需要开启设备背光源来获得亮态下的 TFT 相关特性。

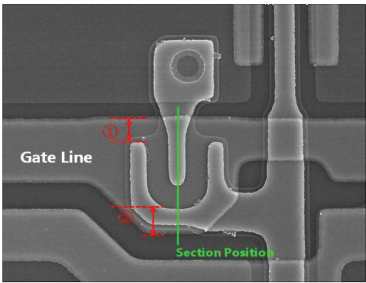
如图 1(a) 所示, TFT 下方的栅极金属线对背光源的光有遮挡作用,但是①②两个位置的宽度仍会对 TFT 的亮态漏电流有影响。亮态过程中测试背光源需要开启,如果此时背光源发出的光在设备内发生反射、衍射或折射,如图 1(b) 所示,这些光照射到沟道中,使用通常的测试方法是无法区分其影响程度的,导致测试结果缺乏准确性。基于以上原因,我们设计了此次实验。将 TFT 沟道上方的不同位置进行遮挡,进而更加准确测试分析背光源对亮态漏电流的影响。

表 1 TFT 受光照前后对比
Tab.1 Contrast before and after light

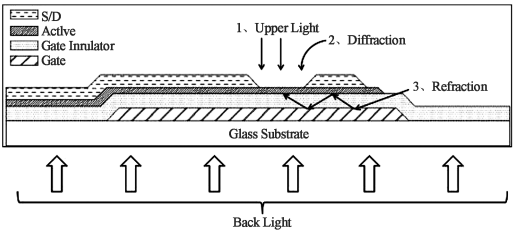
		TFT 转移特性							
Item		Dark				Photo			
		$I_{\text{on}}(\mu\text{A})$	$I_{\text{off}}(\text{pA})$	V_{th}	M_{ob}	$I_{\text{on}}(\mu\text{A})$	$I_{\text{off}}(\text{pA})$	V_{th}	M_{ob}
Normal	正常测试	6.41	6.96	1.03	0.68	8.01	14.08	0.23	0.67
TFT	上侧光照	6.09	3.93	1.05	0.72	9.53	244.63	-0.56	0.65

具体遮挡方式如表 2 所示。验证 1,遮挡住源极和漏极 (Source / Drain) 上端部分,即图 1(a) 中所标记的位置①;验证 5,相应露出源/漏极金属上端

部分;通过这两种验证方式,主要观察位置①受到光照后亮态漏电流的变化情况,进而分析受哪种光影响。验证 2,将 TFT 沟道遮挡住一半,即遮挡至



(a)TFT 平面图
(a)Plan of TFT



(b)截面图
(b) Cross section

图 1 TFT 结构图

Fig. 1 Structure of TFT

漏极金属线位置,观察沟道底部是否存在衍射光等的影响。验证 3、验证 4、验证 6,主要观察位置图 1 (a) 中所标记的位置②是否会受到折射光的影响。根据以上几组实验设计,我们制作了相应的样品,并对这些样品进行 TFT 转移特性曲线测试,最后分析不同位置的亮态漏电流情况。

表 2 遮挡方式

Tab. 2 Method of Shadows-on-TFT

Item	Method	Item	Method
1		4	
2		5	
3		6	

由于 TFT 有源层对光的敏感性,遮挡材料的选择也尤为重要。如果使用金属材料遮挡,制作过程中需要使用紫外光对金属进行固化,因此在形成遮挡层的同时紫外光也会照射到有源层导致 TFT 特性发生变化。通过对不同材料的实验对比,我们最终选用了彩膜(Color Fliter, CF)基板上所使用的 BM PR 材料,将 BM PR 覆盖在 TFT 上方需要遮挡的位置,不需要进行紫外线固化等工序,可以等样品自然晾干,这样就能使 TFT 不受外界光照的干扰,保证测试的准确性。最后制作的遮挡样品如表 3 所示,由于 BM PR 具有流动性,因此除了验证 2 与预期样品存在一些差异外,其他样品基本可以得到表 1 所需要的各种验证方式。

表 3 实际遮挡情况

Tab. 3 Actual condition

Item	Image	Item	Image
1		4	
2		5	
3		6	

3 实验结果与讨论

在对以上 6 组实验样品进行转移曲线测试,数据如表 4 所示。正常的 TFT 亮态漏电流约 14.08 pA,验证 1 将 TFT 沟道的源/漏极前端遮挡住,其亮态漏电流降至 7.54 pA;验证 5 露出 TFT 沟道源/漏极前端部分,此时亮态漏电流为 12.27 pA;通过这两组数据可以看出,TFT 沟道源/漏极前端部分受到光照后对亮态漏电流的影响很大。验证 2、3、4 几乎是全部遮住了 TFT 沟道,故亮态漏电流数值都比正常情况下小很多,但是比暗态下的漏电流仍偏大,说明背光源的光线会通过反射等途径影响到有源层,产生一定的漏

电流。验证 6 将栅极金属和源/漏极金属的侧边遮挡住,亮态漏电流也存在一定的下降。说明当

此部分没有遮挡的时候,背光源会在两层金属层之间产生折射,并影响到亮态漏电流。

表 4 实验数据

Tab. 4 Data of the shadowed-TFT

Item	Dark				Photo			
	$I_{on}(\mu A)$	$I_{off}(pA)$	V_{th}	M_{ob}	$I_{on}(\mu A)$	$I_{off}(pA)$	V_{th}	M_{ob}
Normal	6.41	6.96	1.03	0.68	8.01	14.08	0.23	0.67
1	7.07	4.01	0.58	0.70	8.45	7.54	0.18	0.70
2	7.53	5.43	0.39	0.69	8.67	6.80	0.11	0.68
3	7.44	4.83	0.36	0.68	8.57	6.52	0.07	0.68
4	7.74	5.01	0.18	0.67	8.69	6.34	0.03	0.69
5	6.17	8.78	0.22	0.48	6.68	12.27	0.06	0.51
6	6.51	3.96	1.18	0.77	8.37	11.68	0.21	0.68

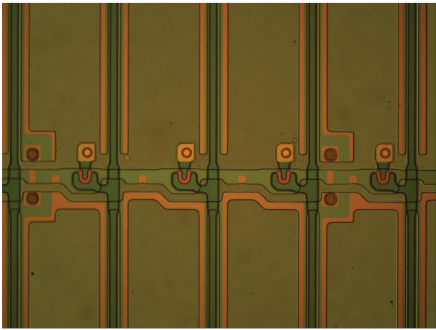
进一步的,我们在上述实验的基础上,将测试样品下侧的入射光也进行了遮挡,分析背光源对 TFT 亮态漏电流的影响。测试结果如表 5 所示,

通过数据可以知道,背光源被遮挡后的亮态漏电流均有一定程度的下降。前面实验的验证 4

表 5 遮挡背光源测试数据

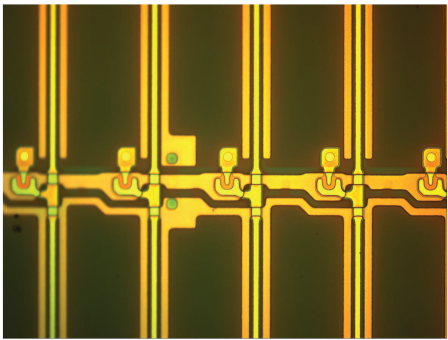
Tab. 5 Data based on shadowed-backlight

TFT 转移特性			
Item		Dark	Photo
		I_{off}/pA	I_{off}/pA
Normal TFT	Normal	6.96	14.08
	背面黑胶带遮挡	6.99	7.17
1	BM 遮挡	3.48	8.12
	BM+背面黑胶带遮挡	2.57	3.88
2	BM 遮挡	5.43	6.80
	BM+背面黑胶带遮挡	4.07	3.46
3	BM 遮挡	4.07	6.16
	BM+背面黑胶带遮挡	3.23	3.08
4	BM 遮挡	4.95	6.50
	BM+背面黑胶带遮挡	4.98	3.66
5	BM 遮挡	8.78	12.27
	BM+背面黑胶带遮挡	6.26	6.42
6	BM 遮挡	4.02	11.99
	BM+背面黑胶带遮挡	11.91	7.96



(a)原始图像

(a) Origin image



(b)改善后的图像

(b) Improved image of (a)

图 2 栅极金属线加宽验证

Fig. 2 Experiment of optimizing the Gate line width

和验证 5 这两种方式下的 TFT 沟道已经被完全遮挡住,但是亮态漏电流还是较高;但是此次下侧入射光也被遮挡住以后,亮态漏电流降低了约 50%。由此可以进一步说明栅极金属和源/漏极金属之间是存在折射光并影响着漏电流的。

通过以上实验,可知,如果要降低亮态漏电流,就要尽量减少照射到有源层的各类光线。根据测试数据分析,我们选取了 21.5 in 的液晶面

板,将 TFT 下方的栅极金属线加宽约 1.5 μm ,如图 2 所示。加宽后的栅极金属线能更加有效的遮挡从下方透过的光线,降低其对有源层的影响。最后对栅极金属线加宽后的样品进行 TFT 转移特性曲线测试,数据如表 6 所示,亮态漏电流下降了约 5 pA。所以,通过我们提出的实验方法进行测试,能更加准确的优化栅极金属线宽,在不影响产品其他特性的前提下有效降低亮态漏电流。

表 6 21.5 吋样品 TFT 参数
Tab. 6 Data of 21.5 in

Posttion	Dark				Photo			
	$I_{\text{on}}(\mu\text{A})$	$I_{\text{off}}(\text{pA})$	V_{th}	M_{ob}	$I_{\text{on}}(\mu\text{A})$	$I_{\text{off}}(\text{pA})$	V_{th}	M_{ob}
Normal	6.41	6.96	1.03	0.68	8.01	14.08	0.23	0.67
Gate 线加宽	1 7.60	6.87	0.36	0.56	8.52	9.08	-0.14	0.67
	2 7.14	8.49	0.13	0.59	8.18	9.82	-0.24	0.64
	3 7.49	8.40	0.15	0.63	8.54	9.60	-0.24	0.66

5 结 论

本文通过提出的测试方法,我们能更有效地模拟出真实环境下的 TFT 亮态漏电流。根据实验测试的数值也说明亮态漏电流会受到背光源光线的折射、衍射等影响,所以栅极金属线与有源层之间的距离设计非常重要。同时借助

这种测试方法,能简单地优化栅极金属线设计,将 21.5 in 样品栅极金属线加宽约 1.5 μm ,亮态漏电流从 14.08 pA 降至 9.05 pA。无需将产品做到模组阶段后再去评价画质验证,就能得到所希望的亮态漏电流。所以,我们提出的这种测试方法不仅能通过测试发现异常问题,也能更有针对性的改善产品设计,同时节约了产品的制造成本。

参 考 文 献:

[1] Tang Y J, Cui H Q, Liu J, *et al.* Premeditate display quality of FFS-LCD using negative LC by DC stress [C]. IDW'14 ,2014:70-72.

[2] Kanicki, Jerzy. *Amorphous and Microcrystalline Semiconductor Devices* [M]. Materials and Device Physics. Artech House, Inc. ,1992.

[3] 戴亚翔,田民波. TFT LCD 面板的驱动与设计[M]. 北京:清华大学出版社,2008.

Dai Y X. *Design and Operation of TFT LCD Panels* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008. (in Chinese)

[4] 谢振宇,龙春平,邓朝勇,等. 高速沉积氮化硅薄膜对其化学键及其性能的影响 [J]. 液晶与显示,2007,22(1): 26-31.

Xie Z Y, Long C P, Deng C Y, *et al.* Effect of high deposition rate on chemical bonds and properties of SiN film [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2007,22(1): 26-31. (in Chinese)

[5] 王守坤,孙亮,郝昭慧,等. 基板支撑梢对 TFT 栅界面 Nx 和 a-Si 成膜特性的影响 [J]. 液晶与显示,2012,27(5): 613-617.

Wang S K, Sun L, Hao Z H, *et al.* Pin effect on SiNx and a-Si layer of thin film transistor [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012,27(5):613-617. (in Chinese)

[6] 朴勇,梁宏军,高鹏,等. 沉积参数对碳氮化硅薄膜化学结构及光学性能的影响 [J]. 应用光学,2006,27(4): 274-281.
Piao Y, Liang H J, Gao P, *et al.* The influence of deposition structure and optical properties parameters on chemical of silicon carbonitride film [J]. *Journal of Applied Optics*, 2006,27(4):274-281. (in Chinese)

[7] 张金中,张文余,谢振宇,等. 栅极绝缘层工艺优化对氢化非晶硅 TFT 特性的改善 [J]. 真空科学与技术,2012,32(11):991-995.
Zhang J Z,Zhang W Y, Xie Z Y, *et al.* Growth and optimization of hydrogenated amorphous Si films for thin film transistor fabrication [J]. *Journal of Vacuum Science and Technology*, 2012,32(11):991-995. (in Chinese)

[8] 王长安,周雪梅,张少强,等. 一种能有效抑制背光照影响的非晶硅薄膜晶体管 [J]. 半导体光电,2000,21(2): 100-103.
Wang C A, Zhou X M, Zhang S Q, *et al.* Amorphous Silicon thin film transistor structure for effectively suppressing backlight illumination effect [J]. *Semiconductor Optoelectronics*, 2000,21(2):100-103. (in Chinese)

[9] Wronski C R. Intrinsic and light induced gap states in a-Si:H materials and solar cells [J]. *Effects of Microstructure, Thin Solid Films*, 2004,451-452:470-475.

[10] Kaushik R, Kiat Seng Y. *Low Voltage, Low Power VLSI Subsystems* [M]. McGraw-Hill Professional, 2004.

作者简介:侯清娜(1985—),女,辽宁桓仁人,学士,高级研究员,主要从事 LCD 相关研发工作。E-mail:houqingna@boe.com.cn