

文章编号:1007-2780(2014)03-0317-05

配向膜材料与面残影的关联性研究

刘晓那*, 宋勇志, 徐长健, 周 波, 马国靖, 陈松飞, 袁剑峰, 林承武, 邵喜斌
(北京京东方显示技术有限公司 Cell 工艺开发部, 北京 100176)

摘要:利用 mini-cell 作为评价平台,从配向膜材料自身特性角度,对配向膜材料与面残影之间的关联性进行了综合研究。一方面,配向膜材料自身优异的稳定性有助于维持电压保持率(VHR);另一方面,配向膜材料自身的低电阻率特性有助于存储电荷的释放,利于实现较低的残余电流(RDC)。而当配向膜材料的 RDC 和高低温间 VHR 变化值同时处于较低水平时,可以获得面残影水平较低的 TFT-LCD 模块。因此,利用 mini-cell 对配向膜材料进行评估,通过比较 RDC 以及 Δ VHR 数值,可以间接实现对 TFT-LCD 的残影结果评估,为实际生产中产品残影的改善提供了基础理论指导,具有重要的指导性作用。

关 键 词:配向膜;电压保持率;残余电流;残影

中图分类号: 文献标识码:A doi:10.3788/JYXS20142903.0317

Relationship between alignment film and image sticking

LIU Xiao-na*, SONG Yong-zhi, XU Chang-jian, ZHOU Bo, MA Guo-jing,
CHEN Song-fei, YUAN Jian-feng, LIN Cheng-wu, SHAO Xi-bin

(Cell Process Department of Beijing BOE Display Technology CO., Beijing 100176, China)

Abstract: From the perspective of the alignment materials, the relationship between alignment materials and image sticking has been studied thoroughly by using mini-cell as a platform. On the one hand, excellent stability of alignment film benefits Voltage Holding Residual (VHR); On the other hand, lower resistivity of alignment film is good for the release of residual current, which contributes to lower Residual of Direct Current (RDC). Good VHR and RDC play a key role in decreasing the level of image sticking. Therefore, mini-cell is a convenient way to evaluate the alignment materials, and the image sticking of TFT-LCD modules can be forecasted by analyzing the value of RDC and VHR. It provides guiding theory for bettering image sticking in production.

Key words: alignment materials; voltage holding residual; residual of direct current; image sticking

1 引 言

所谓“影像残留 (IS: Image Sticking, 亦简称

残像)”,是指 TFT-LCD 中液晶受到长时间的驱动,导致显示画面改变后,之前图像痕迹仍可见的现象^[1]。从工艺流程以及材料污染等客观因素角度,通过提高液晶、配向膜等离子纯度,尽量减少

收稿日期:2013-06-08;修订日期:2013-08-14.

* 通信联系人, E-mail: liuxiaona@boe.com.cn

来自原材料和工艺流程的离子污染,可以降低由于外界污染导致的影像残留^[2-4];从材料本身性能角度,配向膜与液晶材料的优异匹配,有助于液晶面板内部存储的残余电荷的释放,利于影像残留的改善^[5-6]。

本文暂时忽略工艺流程以及材料污染等客观因素,从材料本身特性角度出发,选取五款配向膜材料,分别在 mini-cell 模拟产线和京东方 B4 生产线进行综合评估,对 mini-cell 的 RDC 和 VHR 与 TFT-LCD 面残影之间的关联性进行了综合研究。

2 实验工作

2.1 mini-cell 工艺制程

准备 10 cm×10 cm ITO 玻璃数片,分别经过酒精清洗、洗剂超声、清水超声、清水喷淋、气枪干燥、高温干燥和冷却等工序完成玻璃清洗;利用薄膜旋涂设备将配向膜溶液均匀涂覆在 ITO 玻璃表面,经加热台预固化 150 s、烘箱主固化 20 min 后,完成配向膜成膜工序;利用摩擦布对固化完全的配向膜进行取向,摩擦布的压入量控制在 0.33 mm,摩擦次数为 1;然后,取两片摩擦取向完成的玻璃,在其中一片玻璃表面按照 4×1 Cell 分布涂覆封框胶,对位后进行对盒工序,确保上下两片玻璃的摩擦取向方向互相垂直,然后放入 150 ℃烘箱中进行封框胶固化 10 min;将完成对盒的玻璃精确切割成单个 Cell,利用毛细作用进行液晶灌注,确保无气泡后,利用紫外固化封框胶固化时间约为 10 min 进行封口。

2.2 mini-cell 的性能测试

光学测试内容为 mini-cell 盒厚测试,电学测试内容包括电压保持率(Voltage Holding Residual, VHR)和直流电流残余(Residual of Direct Current, RDC),VHR 测试条件为脉冲电压 5 V,作用时间 60 μs;RDC 测试条件为直流电压 5 V 持续加压 3 600 s,然后移除外加电压,测试 600 s 后器件残余电压值。

2.3 测试材料

选取 5 款配向膜材料(由日本 JSR 材料供应商提供),摩擦布由 Hyper flex 供应商提供,液晶材料为京东方 B4 产线用量产品(由 Merck 提供),封框胶由 Sekisui 供应商提供。

3 结果与讨论

将 5 款配向膜材料在同一工艺条件下,进行 mini-cell 制作,5 种方案使用的材料明细如表 1 所示。对配向膜的层厚和成品的盒厚进行检测,确保 5 款材料的评价平台处于同一水平,然后再进行 VHR 和 RDC 测试。表 2 为 5 款配向膜材料采用旋涂方法制成的薄膜层厚数据,5 款膜厚的均值分布为 1 003.55, 1 117.18, 1 009.35, 1 107.32 nm 和 1 118.56 nm,膜层厚度差别微小,消除了由于配向膜材料膜层厚度差异对电学结果的影响^[7]。

表 1 5 种方案采用的材料明细

Tab. 1 Materials used in five cases

方案	配向膜材料	摩擦布	液晶	配向膜材料电阻率/(Ω·cm)
1	样品 1	Hyper flex Merck 提供	TN 型	1.90×10^{15}
2	样品 2			1.00×10^{14}
3	样品 3			1.00×10^{14}
4	样品 4			1.00×10^{13}
5	样品 5			4.00×10^{13}

表 2 5 款配向膜材料膜层厚数据

Tab. 2 Thickness of alignment film in five cases

方案	Max	Min	Ave
1	1 056.00	942.80	1 003.55
2	1 296.60	1 122.70	1 178.18
3	1 045.10	951.10	1 009.35
4	1 122.40	1 096.50	1 107.32
5	1 205.00	1 063.00	1 118.56

表 3 为采用 5 款配向膜材料制成的 mini-cell 成品的盒厚检测数据。5 款配向膜材料制成的 mini-cell 成品的盒厚均值分别为 3.56, 3.90, 3.96, 3.87 μm 和 4.01 μm,由盒厚数据分别可以看出,5 种材料制成的 mini-cell 成品在盒厚方面基本无差距,mini-cell 的制作工艺稳定性优异。

表3 5款PI材料制成的 mini-cell 成品的盒厚数据

Tab. 3 Cell gap of mini-cell in five cases

方案	Max	Min	Ave
1	4.11	3.03	3.56
2	5.54	3.26	3.90
3	5.55	3.00	3.96
4	4.65	3.06	3.87
5	5.01	3.28	4.01

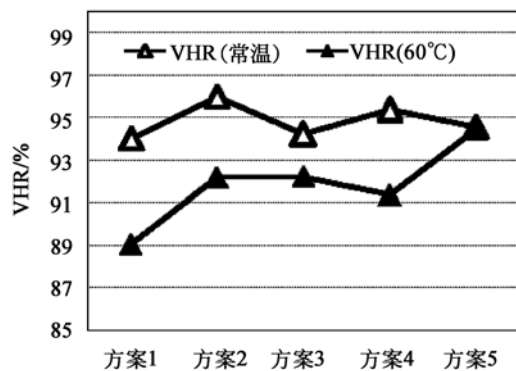
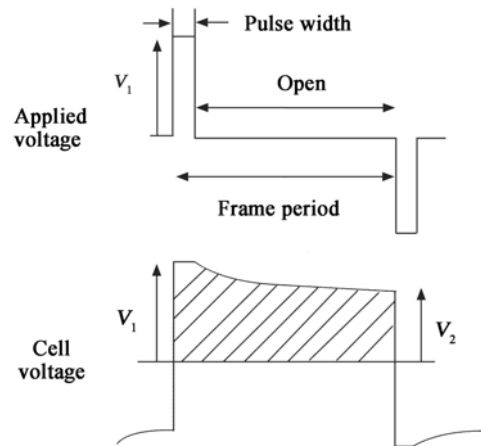


图1 5种PI材料制成的 mini-cell VHR 数据比较

Fig. 1 VHR of mini-cells with five kinds of alignment materials

图1为5款配向膜材料制成的 mini-cell 成品的 VHR 比较图。根据表4中5款配向膜材料制成的 mini-cell 成品的电学检测数据可知,5款配向膜材料常温下 VHR 分别为 94.0%, 96.0%, 94.2%, 95.3% 和 94.6%; 60℃下 VHR 分别为 89.1%, 92.2%, 92.2%, 91.3% 和 94.4%。随着温度升高,5款方案的 VHR 均呈现下降趋势。根据 VHR 理论计算公式(如图2),温度升高,液晶的介电常数下降,进而导致 VHR 发生一定程度的下降,5款方案中,VHR 分别下降了 4.90%, 3.80%, 2.00%, 4.00% 和 0.20%。假设配向膜层和周边封框胶对液晶的污染恒定,则 VHR 下降的幅度应该相同,但该实验中,方案1配向膜材料的 VHR 下降幅度较大,达到 4.9%。由于五款方案除了选取的配向膜材料不同外,其余工艺条件和材料完全相同,进而推测出,温度升高,方案1的配向膜材料稳定性相对较差,对 mini-cell 盒内的液晶污染程度较高,使得该方案盒内的液晶介电常数下降较大,最终导致 VHR

下降幅度较大。同理,方案5中 VHR 随温度升高变化微小,说明液晶的介电常数未受到配向膜材料的污染,方案5使用的配向膜材料稳定性最优异。



$$\text{VHR}_{\text{area}}(\%) = \frac{V_1 \int e^{-\frac{t}{CR}}}{V_1 \times t} \times 100 =$$

$$\frac{\int e^{-\frac{t}{CR}}}{t} \times 100 = \frac{\int e^{-\frac{t}{\rho \epsilon_0 \epsilon}}}{t} \times 100$$

$$\text{其中: } C \times R = \epsilon_0 \epsilon \frac{S}{d} \times \rho \frac{d}{S} = \rho \epsilon_0 \epsilon$$

图2 VHR 测试原理示意图及理论公式推导过程,其中,C:液晶盒电容(F),R:液晶盒电阻(Ω),t:帧周期(s),V₁:外加电压(V),V₂:极性反转前电压,ε₀:真空介电常数(F/m),ε:液晶的介电常数,S:电极的面积(cm²),d:液晶盒厚度(μm)

Fig. 2 Test principle of VHR and its derivation process of the theoretical formula, the key parameters of the mini-cell including C: capacitance(F), R: resistance(Ω), t: frame period(s), V₁: applied voltage(V), V₂: voltage before polarity inversion, ε₀: Permittivity of vacuum(F/m), ε: Permittivity of liquid crystal, S: area of electrode(cm²), d: cell gap of liquid crystal(μm)

根据表4中5款配向膜材料制成的 mini-cell 成品的电学检测数据可知,5款配向膜材料 60℃下的 RDC 数值分别为 899, 899, 873, 471 mV 和 190 mV。从工艺流程以及材料使用方面综合考虑,5种方案的本质区别在于使用的配向膜材料不同,因此,配向膜材料与 mini-cell 的 RDC 数值密不可分。从选取的5款配向膜材料本身特性角

度出发,配向膜材料的电阻是影响 mini-cell 的 RDC 数值的主要因素之一。五款配向膜材料的电阻率分别为 1.9×10^{15} , 1.0×10^{14} , 1.0×10^{14} , 1.0×10^{13} 和 4.0×10^{13} , 如表 1。在配向膜层面积和厚度均相同时,电阻率越高,配向膜的电阻越

大^[8]。5 个方案中,配向膜层面积和厚度均相同,5 款配向膜材料的电阻率呈下降趋势,对应的 Mini-cell 的 RDC 数据亦呈下降趋势。因此,配向膜材料电阻率下降,利于材料自身对存储电荷的释放,进而实现较低的 RDC 数值。

表 4 五款配向膜制成的 mini-cell 电学检测数据及残影等级

Tab. 4 Electrical test results of mini-cell in five cases and the level of image sticking

方案	VHR (常温)/%	VHR (60℃)/%	Δ VHR VHR(60℃)－VHR(常温)	RDC (60℃)/mV	面残影等级
1	94.0	89.1	4.90%	899	5.9
2	96.0	92.2	3.80%	899	5.7
3	94.2	92.2	2.00%	873	3.2
4	95.3	91.3	4.00%	417	2.4
5	94.6	94.4	0.20%	190	0.2

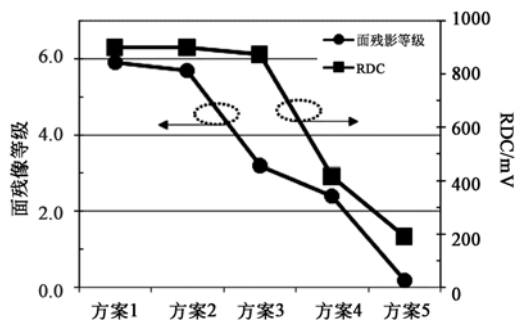


图 3 5 种 PI 材料制成的 Mini-cell 成品的 RDC 数据与 TFT-LCD 面残影对比图

Fig. 3 RDC of mini-cells with five kinds of alignment materials and the level of area image sticking of TFT-LCD module with five kinds of alignment materials, separately

将 5 款配向膜材料制作的 mini-cell 成品的 RDC 数据与 TFT-LCD 模块测量的面残影等级进行对比,如图 3。5 款配向膜材料制成的 Mini-cell 成品的 RDC 分别为 899, 899, 873, 471 mV 和 190 mV,相对应的 TFT-LCD 模块面残影等级分别为 5.9, 5.7, 3.2, 2.4 和 0.2。随着 RDC 数值的下降,面残像等级整体呈现下降的趋势。对于方案 3,Mini-cell 成品的 RDC 数值为 873 mV,略低于方案 1 和方案 2,但是 TFT-LCD 模块的面残像等级明显低于方案 1 和方案 2;对于方案 4,mini-cell 成品的 RDC 数值为 417 mV,明显低于

方案 3,但 TFT-LCD 模块的面残像等级仅比方案 3 低 0.8。综合分析方案 1~方案 4 的 mini-cell 电学数据,包括 VHR 和 RDC,发现,虽然方案 3 的 RDC 数据与方案 1 和方案 2 相当,但是方案 3 的 Δ VHR 明显低于方案 1 和方案 2,约为方案 1 或方案 2 的一半;虽然方案 4 的 RDC 数据明显低于方案 3,但是方案 4 的 Δ VHR 是方案 3 的两倍。因此,TFT-LCD 模块的面残像等级同时与 mini-cell 成品的 RDC 和 Δ VHR 相关,在 mini-cell 成品验证中,只有当 RDC 和 Δ VHR 同时处于比较低的状态下,才能获得面残像等级比较低的 TFT-LCD 模块。

4 结 论

本文主要利用 mini-cell 作为平台,同时与实际产线数据进行对比,对 5 款配向膜材料进行了综合性的评价,重点关注材料在 RDC 和 VHR 方面体现的差别,以及 RDC 和 VHR 与 TFT-LCD 模块的面残影之间的关联。实验结果表明,首先,在温度变化的条件下,配向膜材料优异的稳定性有助于维持 mini-cell 的 VHR;其次,配向膜材料自身的低电阻率特性有助于存储电荷的释放,利于实现较低的 RDC;最后,当 mini-cell 的 RDC 和 Δ VHR 同时处于较低水平时,可以获得面残影水平较低的 TFT-LCD 模块。因

此,利用 mini-cell 对配向膜材料进行评估,通过比较 mini-cell 的 RDC 以及 ΔVHR 数值,可以间接实现对 TFT-LCD 的残影结果的评估,为实际

生产中面影像残留的改善提供了基础理论指导,对 TFT-LCD 产品残影改善具有重要的指导性作用。

参 考 文 献:

- [1] Nanno Y, Mini Y, Takeda M E, *et al.* Characterization of sticking effects of TFT-LCD [C]//SID 90 Digest, California, USA:SID,1990:404-407.
- [2] Huang P W, Liang B J. *Study on image sticking phenomenon in STN LCD* [D]. Taiwan: DMC, 2003:667.
- [3] Stojmenovik G, Neyts K, Vermael S, *et al.* The influence of the driving voltage and ion concentration on the lateral ion transport in nematic liquid crystal displays [J]. *J. Appl. Phys.*, 2005, 44(8): 6190-6195.
- [4] Neyts K, Vermael S, Desimple C, *et al.* Lateral ion transport in nematic liquid crystal devices [J]. *J. Appl. Phys.*, 2003, 94(6):3891-3896.
- [5] Mizusaki M, Nakanishi Y, Yoshimura Y, *et al.* Influence of ion on voltage holding ratio in LCD [C]//IDW'08 Digest, Niigata, Japan:IDW, 2008: 39-42.
- [6] 李永忠, 纪伟丰, 周炎宏. STN-LCD 残影显示的原理分析及实验研究[J]. *液晶与显示*, 2011, 2(6): 733-740.
Li Y Z, Ji W F, Zhou Y H. Research of image-retention phenomenon in STN-LCD [J]. *Chines Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(6): 733-740. (in Chinese)
- [7] 田园, 张亚星, 孙玉宝. 取向层厚度对液晶层分压的影响[J]. *液晶与显示*, 2010, 25(4): 588-592.
Tian Y, Zhang Y X, Sun Y B. Effect of polyimide thickness on voltage grading of liquid crystal layer [J]. *Chines Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2010, 25(4): 588-592. (in Chinese)
- [8] 张武勤. 液晶面板 PI 层电荷累积和释放过程分析[J]. *液晶与显示*, 2010, 25(3): 351-354.
Zhang W Q. Analysis of electric charges accumulation and release in LCD panel PI layer [J]. *Chines Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2010, 25(3): 351-354. (in Chinese)

作者简介:刘晓那(1985—),女,河北承德人,硕士研究生,研究员,主要从事 TFT-LCD 工艺的研究。E-mail: liuxiaona@boe.com.cn