

文章编号:1007-2780(2018)07-0583-07

TFT-LCD 工艺中角落白 Mura 的成因机理研究与改善

王绍华*, 吴 飞, 宣 津, 陈 辉, 陈 超, 侯德智, 周 皇
(南京中电熊猫平板显示科技有限公司 Cell 技术部, 江苏 南京 210046)

摘要: 在新产品导入过程中会突发各种 Mura 类不良。本文为解决 TV 机种导入中出现的一种原因未知的角落白 Mura, 首先进行了大量的排查和推理, 初步判定异常来源于成盒工艺 (Cell) 段, 利用气相色谱 (GC)、高效液相色谱 (HPLC) 设备测试并对比了角落白 Mura 区域与正常区域的液晶纯度、液晶组份和框胶溶出的差异, 最后探讨了其形成的机理。结果表明角落白 Mura 区域液晶组份发生较大变动, 液晶组份挥发是角落白 Mura 产生的主因。通过优化贴合时的真空抽气时间、真空保持时间、液晶滴下点数、液晶与边框胶距离等一系列的改善措施, 使产品的角落白 Mura 发生率从 16.59 % 降到了 0.001 % 以下管控范围。实验有效解决了角落白 Mura 异常并为今后类似 Mura 类不良的对策提供了思路, 同时提升了公司的效益和竞争力。

关 键 词: TFT-LCD; 角落白 Mura; 液晶; 边框胶

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20183307.0583

Research and improvement of corner white Mura in TFT-LCD

WANG Shao-hua*, WU Fei, XUAN Jin, CHEN Hui, CHEN Chao,
HOU De-zhi, ZHOU Huang

(Cell Department of Nanjing CEC Panda FPD Technology CO., Ltd.,
Nanjing 210046, China)

Abstract: At present, a variety of sudden Mura phenomena always appear in the process of introducing new products. In this paper, in order to solve the problem of a new unknown corner white Mura which happened in TV product process, a lot of investigation and reasoning work are carried out, firstly. Preliminary, we estimate the Mura is derived from the Cell segment. We measure the liquid crystal purity, the liquid crystal component and the sealant dissolubility difference of the Mura region by using gas chromatography (GC) and high performance liquid chromatography (HPLC). Comparing with the normal region, the formation mechanism is discussed. The results show that the liquid crystal components change a lot in the corner white Mura area and the main cause of corner white Mura is the volatilization of liquid crystal components. By taking a series of improvement measures such as optimizing vacuum extraction time, vacuum holding time, liquid crystal drop points, the distance

收稿日期: 2018-01-05; 修订日期: 2018-04-02.

* 通信联系人, E-mail: wangshaohua@nepd.com.cn

between liquid crystal and sealant and so on, the rate of corner white Mura is decreased from 16.59% to below 0.001%. Our experiments effectively solve the problem of corner white Mura abnormality and provide some methods to solving similar Mura's countermeasures in the future. At the same time, our company's efficiency and competitiveness are promoted.

Key words: TFT-LCD; corner white Mura; liquid crystal; side sealant

1 引言

随着当前液晶显示器的普及,超薄、高分辨率和极致的感官体验为消费者所追求,这对液晶面板的品质提出了越来越高的要求^[1],由此推动了整个液晶面板制造工艺的不断改进和发展。尽管当前的工艺已经非常完善,但仍然存在一些问题需要解决,最典型的问题就是 Mura 类不良。Mura 是指在同一光源相同灰阶画面下,因视觉感受到的明暗不均匀现象^[2],对其最直观的判定方法是在灰阶画面下,从不同角度仔细观察,会在面板的瑕疵位置呈现各式各样的 Mura。Mura 在 TFT-LCD (Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display) 生产过程中是比较常见的缺陷不良^[3-6],也是所有显示缺陷中最难检测的种类之一。为此,徐伟^[7]等进行了大量的研究工作,总结 Mura 从产生机理上可以分为 3 类:第一类是由于阵列成型工艺过程中产生的电学性 Mura;第二类则是液晶相关异常造成的 Mura;第三类是由发光源本身造成的 Mura。本文针对新产品导入过程中出现的一种未知的角落白 Mura,从液晶污染、液晶组份变化的角度进行了大量测试和分析推理,并提出了比较切实可行的解决方案,与之相同的研究尚未见报道。

2 不良现象与实验

2.1 不良现象

在同一灰度显示时,屏幕(Panel)四角处出现未知的发白 Mura,异常在不同的屏幕的角落不固定,不良发生率 16.59%,异常不良如图 1 所示。

首先对有异常现象的 Panel 进行拆片和解析,并进行交叉实验:①异常品静置 3 d 或者高温

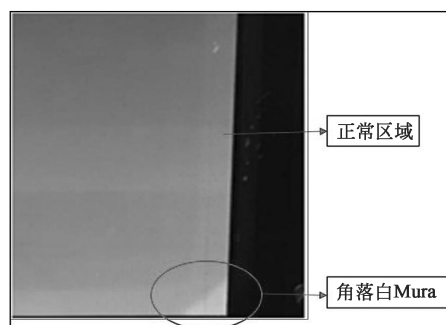


图 1 角落白 Mura 现象

Fig.1 Phenomenon of corner white Mura

处理后异常可消失;②更换异常屏幕的背光源后异常仍然存在,排除光源本身造成的 Mura;③使用示波器测量外界电路部分输出的电极电压 V_g 、信号电压 V_{sig} 和时序控制信号,测试结果和正常品无差异。通过以上交叉实验可以判定异常来源于成盒工艺段,异常品静置或者高温处理可消失,这说明了该异常和 PS(Photo Spacer)柱高、PS 密度分布、配向膜厚度差异、框胶线幅、框胶到 A·A 区距离不相关,结合前人的研究工作^[8-9]和实际测试结果,推测此次角落白 Mura 异常和液晶高度相关,下面将以液晶污染和组份变化为切入点对此异常的机理进行验证。

2.2 实验设定

分别提取 Panel 正常区域和异常区域的液晶,委托液晶厂商利用 GC、HPLC 对框胶溶出量、液晶的组份和纯度进行测试分析,测试用框胶和液晶的型号同量产批次。

2.2.1 框胶溶出测试

考虑到对盒完成后液晶与框胶的长时间接触,框胶的溶出物会影响到液晶的保持电压率等性能,所以需要对方框胶在液晶中的溶出量进行评价。测试用样品制备方式如表 1,制备样品时使用的固化框胶为通过 3 000 MJ 强度的紫外灯照射 89 s 而制得。

表1 样品制备方法

Tab.1 Sample preparation method

样品编码	下层框胶	上层液晶	室温静置	加热处理	样品取得	样品说明
A1	0.2 g 未固化	2 g 液晶	30 min	~	取上层液 10 mg	未固化框胶+液晶
A2	0.2 g 固化	2 g 液晶	30 min	~	取上层液 10 mg	固化框胶+液晶
A3	0.2 g 未固化	2 g 液晶	30 min	120℃+1H	取上层液 10 mg	未固化框胶+液晶
A4	0.2 g 固化	2 g 液晶	30 min	120℃+1H	取上层液 10 mg	固化框胶+液晶
A5	~	~	~	~	~	角落白 Mura 区域液晶
A6	~	~	~	~	~	正常区域液晶

2.2.2 液晶不纯物测试

液晶从开封到使用完成的过程中,尽管已经有严格的管控流程和液晶过滤器(Filter)的过滤,但还是存在可能被污染的风险,所以需要对液晶的纯度进行评价。分别提取角落白 Mura 区域、正常区域和标准液晶,采用气相质谱联用法测试不纯物百分比。

2.2.3 液晶组份百分比测试

液晶的组份变化会直接体现在显示效果上,可引起 Mura 等很多不良。样品提取方式同纯度测试,

分别提取角落白 Mura 区域、正常区域和标准液晶,使用 HPLC 测试其主要成份并计算变动百分比。

3 实验结果与机理

3.1 实验分析

框胶在液晶中的溶出测试结果如表 2,表中的数值表示该成份的峰面积(峰高与保留时间的积分)大小,框胶溶出百分比通过峰面积比值而得出。

表2 检出成份的峰面积

Tab.2 Peak area of the composition

检出成份	A1	A2	A3	A4	A5	A6
框胶	19	0	99	3	0	0
液晶	11 123	10 428	10 443	11 202	7 047	8 136
框胶溶出百分比	0.170%	0.000%	0.940%	0.020%	0.000%	0.000%

从上述测试结果可以得出:在不加热的情况下,未固化框胶与液晶接触 30 min 后框胶的溶出百分达到 0.17%,而固化框胶未溶出;在加热的情况下未固化框胶的溶出百分比高达 0.94%,固化框胶也只有 0.02%的轻微溶出,这就说明在正常情况下已固化的框胶和液晶接触不会发生液晶被框胶污染的问题,若在实际的生产中发生管控异常(框

胶未及时固化)则可能会造成液晶被污染,进而形成 Mura 类的不良。进一步分析样品 A5 和 A6 的数据发现角落白 Mura 区域和正常区域都无框胶溶出,这个结果则直接否定了框胶污染液晶形成角落白 Mura 的猜测,需要继续查找证据。

液晶不纯物百分比测试结果如表 3 所示,不纯物的百分比越高说明被污染的程度越严重。

表3 不纯物的百分比数据

Tab.3 Percentage of impurity

主要成份	标准液晶	正常区域液晶	角落白 Mura 区域液晶
B1	0.000%	0.005%	0.000%
B2	0.000%	0.002%	0.000%

续 表

主要成份	标准液晶	正常区域液晶	角落白 Mura 区域液晶
B3	0.000 %	0.003 %	0.000 %
B4	0.000 %	0.006 %	0.000 %
B5	0.000 %	0.003 %	0.000 %
B6	0.000 %	0.002 %	0.000 %
B7	0.000 %	0.000 %	0.006 %
B8	0.000 %	0.007 %	0.007 %
B9	0.000 %	0.055 %	0.057 %
B10	0.000 %	0.012 %	0.012 %
B11	0.000 %	0.003 %	0.000 %
B12	0.000 %	0.002 %	0.000 %
B13	0.000 %	0.003 %	0.000 %
Total	0.000 %	0.103 %	0.082 %

由表 3 中的测试数据可以看出角落白 Mura 区域的液晶和正常区域的液晶不纯物检出差异不大,不纯物检出未超过液晶厂商管控的 0.5 % 规

格,结合框胶溶出量数据可证明液晶污染不是产生角落白 Mura 的原因。

从表 4 可看出,正常区域和角落白 Mura 区

表 4 液晶组份百分比数据
Tab.4 Percentage of liquid crystal composition

主要成份	标准液晶	正常区域液晶	角落白 Mura 区域液晶
M1	~	-0.451 %	-2.373 %
M2	~	0.452 %	-0.227 %
M3	~	0.555 %	1.169 %
M4	~	0.113 %	0.085 %
M5	~	0.192 %	0.737 %
M6	~	0.595 %	1.402 %
M7	~	-0.221 %	0.197 %
M8	~	-0.004 %	0.535 %
M9	~	0.132 %	0.852 %
M10	~	-0.394 %	-0.064 %
M11	~	0.222 %	0.980 %
M12	~	-0.325 %	0.223 %

域的液晶组份都有所变动,角落白 Mura 区域的液晶组份变动比较大,尤其是质量较小的靠前部分的极性小分子,流失最高达到 2.373%,这就会造成液晶的 $\Delta\epsilon$ 增大,液晶驱动的阈值电压变小。在给予相同的电压灰阶画面时,因液晶驱动的阈值电压存在差异,光的透过率受影响,小分子组份挥发区域的透光会增大,进而形成比较明显的发白 Mura 异常。

$$V_{th} \downarrow = \frac{\pi l}{d} \sqrt{\frac{K}{\epsilon(\Delta\epsilon)}} \uparrow$$

3.2 实验结论

通过上述实验可知,正常区域和角落白 Mura 区域的液晶中框胶组份均未检出、液晶纯度无差异,这就直接否定了液晶与框胶接触形成角落白 Mura 的可能性。在液晶组份差异性测试中,正常区域和角落白 Mura 区域的液晶组份差异较大,进而造成驱动阈值电压的差异,相同电压下形成 Mura 不良。由此,实验结论可以推定液晶中极性小分子的挥发是导致角落白 Mura 产生的主因。

3.3 机理推测

按照目前的工艺流程^[10]:首先框胶和液晶会被涂在基板上,然后会被送入贴合设备进行 CF (Color Filter) 基板和 TFT (Thin Film Transistor) 基板的对盒组立,由于对盒组立是在真空条件下进行的,所以基板上的液晶在设备内会经历从大气压状态下逐步到真空状态的过程,直至在真空状态下保持一定时间,最后是上下基板对盒组立完成。在抽真空过程中,设备内部的气流被迅速扰动,一些液晶小分子会在这个过程中随着气体一起挣脱分子之间的束缚而被排出,并且基板的外围处的液晶受气流扰动大于面内,所以基板外围处的液晶小分子挥发损失更多,液晶组分发生变动更大,在给予电压时形成比较明显的角落白 Mura。

4 改善措施

通过对发生角落白 Mura 不良产品的生产履

历进行追溯总结,发现基板边缘位置的 Panel 不良发生率接近 100%,具有明显的分布集中性(如

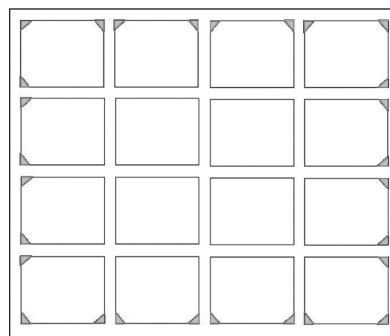


图2 角落白 Mura 不良分布区域

Fig.2 Distribution of corner white Mura

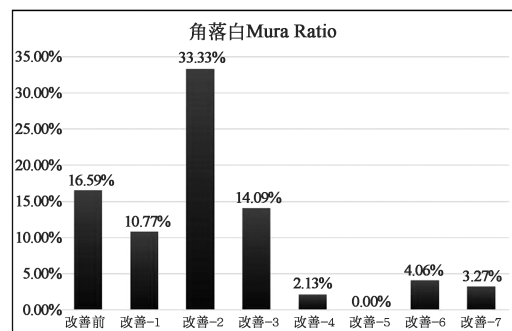


图3 不同改善条件下的角落白 Mura 发生率

Fig.3 Percentage of corner white Mura for different improvement conditions

图2 Panel 标记三角区域),图2的统计结果可以进一步佐证上述3.2的角落白 Mura 推理。

以减少液晶小分子组份挥发为出发点,从液晶滴下的点数、滴下时与框胶的距离、贴合时的真空保持时间、真空抽气时间方面入手,采用 DOE (试验设计)的思路进行了改善实验的设计,改善条件和效果如表5和图3所示。

从上述改善后效果可知,改善-5的角落白 Mura 发生率最低,改善-2发生率最高,这是由于改善-2的抽真空时间最长,造成小分子损失较多,改善5则通过各条件组合将这种损失降低至最小。结合大量生产的需要,最终选择改善-5可接受范围为大规模生产的条件,使得角落白 Mura 发生率控制在 0.001% 以下。

表 5 改善条件设定
Tab.5 Improvement condition setting

改善条件	液晶滴下条件				贴合条件		角落白 Mura Ratio/％
	液晶滴下点数		液晶与框胶距离		贴合设备抽 真空时间/s	贴合设备真空 保持时间/s	
	X	Y	X	Y			
改善前	30	70	25	25	40	60	16.59
改善-1	30	70	25	25	40	30	10.77
改善-2	30	70	25	25	80	60	33.33
改善-3	30	70	25	25	80	30	14.09
改善-4	35	75	30	30	40	60	2.13
改善-5	35	75	30	30	40	30	0.00
改善-6	35	75	30	30	80	60	4.06
改善-7	35	75	30	30	80	30	3.27

5 结 论

通过分析和推理,确定了液晶组份小分子的挥发损失是角落白 Mura 不良的原因。采用 DOE 的思路进行测试和改善,提出了解决此异常

的方案且导入量产,最终使该不良降低到 0.001% 以下,本研究的思路 and 方案也可作为后续新产品导入中不良解决的参照。本文对通过控制贴合设备的真空度、液晶脱泡的参数优化未涉及,这些条件对角落白 Mura 的影响仍值得我们继续去研究。

参 考 文 献:

[1] 王新久.液晶光学和液晶显示[M].北京:科学出版社,2006:106-109.
WANG X J. *Liquid Crystal Optics & Liquid Crystal Display* [M]. Beijing: Science Press, 2006: 106-109. (in Chinese)

[2] 吴洪江,王威,龙春平.一种 TFT-LCD Vertical Block Mura 的研究与改善[J].液晶与显示,2007,22(4):433-439.
WU H J, WANG W, LONG C P, *et al.* Research and improvement about Vertical Block Mura in TFT-LCD process [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2007, 22(4): 443-439. (in Chinese)

[3] 焦峰,王海宏.TFT-LCD 残像原理与分析(基础篇)[J].现代显示,2012,23(4):54-59.
JIAO F, WANG H H. The theory and analysis of TFT-LCD image sticking (Basis) [J]. *Advanced Display*, 2012, 23(4): 54-59. (in Chinese)

[4] 焦峰,王海宏.TFT-LCD 残像原理与分析-加强篇一[J].现代显示,2012,23(5):16-20.
JIAO F, WANG H H. The theory and analysis of TFT-LCD image sticking-Upgrade I[J]. *Advanced Display*, 2012, 23(5): 16-20. (in Chinese)

[5] 张龙,朱健,吴璟,等.磁控溅射制备低应力金属膜的工艺研究[J].中国机械工程,2005,16(14):1313-1315.
ZHANG L, ZHU J, WU J, *et al.* Making low-stress metal thin films with magnetron sputtering [J]. *China Mechanical Engineering*, 2005, 16(4): 1313-1315. (in Chinese)

[6] 马群刚.TFT-LCD 原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2011:12,45-47.
MA Q G. *Principle and Design of TFT-LCD* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011: 12, 45-47. (in Chinese)

[7] 徐伟,彭毅雯,雷有华,等.TFT-LCD 横向线状未知 Mura 分析及改善研究[J].液晶与显示,2013,28(4):539-546.
XU W, PENG Y W, LEI Y H, *et al.* Analysis and improvement of TFT-LCD horizontal line unknown Mura [J].

- Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(4): 539-546. (in Chinese)
- [8] YAMADA S, KIMURA S, SAKAI N, *et al.* A new production of the large size TFT-panel by "LC-dropping method" [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2001, 32(1): 1350-1353.
- [9] 石天雷,杨国波,刘亮,等.ODF工艺用封框胶的研究[J].*光电子技术*,2011,31(3):211-214.
SHI T L, YANG G B, LIU L, *et al.* The research of Sealant used in ODF process [J]. *Optoelectronic Technology*, 2011, 31(3): 211-214. (in Chinese)
- [10] 杨国波,王永茂,赵军,等.ODF工艺的进展[J].*光机电信息*,2011,28(1):23-27.
YANG G B, WANG Y M, ZHAO J, *et al.* Development of ODF process [J]. *OME Information*, 2011, 28(1): 23-27. (in Chinese)

作者简介:王绍华(1989—),男,安徽阜阳人,硕士研究生,工程师,2014年于安徽大学获得硕士学位,主要从事 TFT-LCD 方面的工艺研究和改善工作。E-mail: wangshaohua@ncpd.com.cn