

文章编号:1007-2780(2016)03-0270-06

TFT-LCD 残影不良的研究与改善

范恒亮*, 汤展峰, 刘利萍, 李 静, 黄 静, 刘岩龙

(合肥鑫晟光电科技有限公司, 安徽 合肥 230012)

摘要:影像残留是 TFT-LCD, 特别是 TN 型产品常见的不良, 对产品良率影响很大。本文从产品设计、工艺参数、工艺管控 3 个方面对残影进行分析。发现产品设计时 Data 线两侧段差过大, 是导致残影发生的主要原因, 通过增加配向膜厚度和摩擦强度值可以有效降低残影, 实验得出配向膜膜厚高于 110 nm, 摩擦强度高于 5.5 N·m 时无残影发生。通过控制配向膜工程与摩擦工程间的延迟时间在 5 h, 摩擦工程与对盒工程间的延迟时间在 10 h, 并且严格管控 ITO 偏移量可以有效减少 Panel 内部电场, 从而降低残影。通过以上措施, 对于 15.6HD 产品, 良率提升了 10%, 为企业高效生产奠定基础。

关键词:残影; 扭曲向列型; 配向弱区; 内部电场

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20163103.0270

Research and improvement of TFT-LCD image-retention

FANG Heng-liang*, TANG Zhang-feng, LIU Li-ping,

LI Jing, HUANG Jing, LIU Yang-long

(Hefei Xinsheng Optoelectronics Technology Co. Ltd, Hefei 230012, China)

Abstract: Image-retention has always been a problem in the TFT-LCD production process, especially for the TN production, and already had a great influence on the production yield of the products. This article mainly discussed the three aspects which had the influence on the incidence of image-retention including product designs, process parameters and the process control. The results showed that the main reason of image-retention is the oversize of segment difference at both sides of the Data line during product designs. And it was found that image-retention could be reduced by increasing the alignment film thickness and the rubbing torque value. No image-retention occurs when the alignment film thickness and the rubbing torque value are higher than 110 nm and 5.5 N·m, respectively. It can lower the image-retention by controlling the ITO overlay and controlling the PI-Rub delay time in 5 h, Rub-Assy delay time in 10 h to reducing the internal electric field of panel. As for 15.6HD products, the yield increased by 10% through the above measures which might lay the foundation of high-efficient production for enterprises.

Key words: image-retention; twisted nematic; alignment weak area; internal electric field

收稿日期: 2015-09-08; 修订日期: 2015-10-11.

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

1 引 言

伴随着显示科技的发展,液晶显示器(LCD)以其低工作电压、低功耗、低辐射、以及轻薄美观等优势,为大众所喜爱,已成为市场的主流^[1-2]。随着人们对液晶显示器认知度的逐渐提高,对于显示性能也提出了越来越高的要求,如高亮度、高对比度、高响应速度等,而且对于整个显示器的画质,如 Mura^[3]、残像^[4-6]的要求也越来越苛刻。对于目前市场的主流 NB(Notebook)产品均采用 TN(Twisted Nematic,扭曲向列型)型 TFT-LCD^[7]作为显示面板,其中残影^[8-10]是一种常见的画面品质问题,其影响因素较多。

2 残影的现象

残影宏观现象为加信号至 L0(全黑态)时,画面局部出现彩色画面,轻微则 1 s 内迅速消失,严重时消失较缓慢;微观可见像素长边出现液晶分子配向异常,如 Green 像素从全亮态(L255)到全黑态(L0),像素长边缓慢变为黑态,如图 1 所示。



图 1 残影微观现象

Fig. 1 Micro phenomenon of image-retention

3 残影影响因素分析

根据残影微观现象可知,加信号时仅像素长边出现液晶分子配向异常,根据 TFT-LCD 液晶配向原理^[7],推断像素长边处存在摩擦弱区或者 Panel 内存在附加电场导致液晶分子配向异常。以下通过产品设计、工艺参数和工艺管控三方面研究其对残影的影响。

3.1 产品设计影响

以 5Mask 和 4Mask 产品设计为例,由于 4Mask 工艺采用 Haft-Tone 技术,与 5Mask 相比 Data 线下方存在 Active 层,如图 2、图 3 所示,因此 5Mask 产品的 Data 段差 H1 小于 4Mask 产品的

Data 段差 H2。由于段差的存在,在摩擦工程中 Data 线两侧存在摩擦弱区,且段差越大,弱区范围越大且越严重,弱区范围内配向膜的配向能力较弱,在信号切换时,弱区处液晶出现配向异常,导致残影发生,且主要发生在长像素边缘。

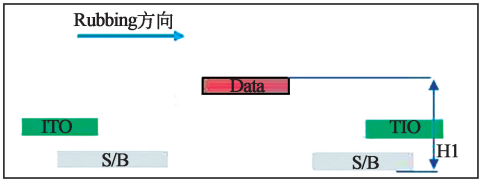


图 2 5Mask 设计示意图

Fig. 2 Schematic design of 5 mask

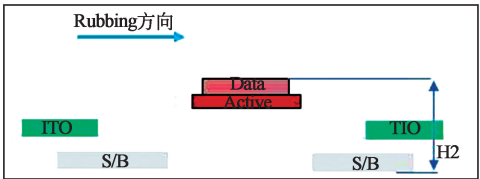


图 3 4Mask 设计示意图

Fig. 3 Schematic design of 4mask

根据合肥鑫晟光电科技有限公司的生产数据来看,5Mask 产品的残影发生率远小于 4Mask 产品,因此在相同的生产工艺条件,设计的差异对残影有较大影响。

3.2 工艺参数的影响

以 15.6HD 为实验机种,分别研究像素 ITO 偏移量(ITO 与 S/B 左右重叠区域 OL (L)和 OL (R)差值的一半)、配向膜膜厚、摩擦强度对残影的影响。图 4 为 15.6HD TN 产品的 TFT 结构和 ITO Overlay 示意图。

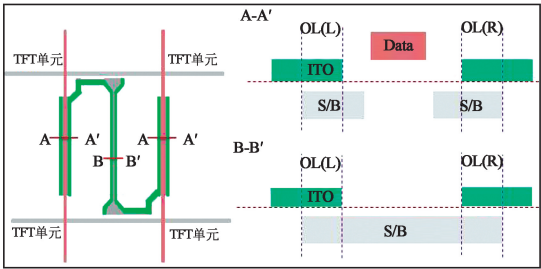


图 4 15.6HD 截面示意图

Fig. 4 Cross-sectional schematic of 15.6HD

3.2.1 ITO 偏移量与残影的关系

由图 1 现象可知,残影主要是像素长边缘出现液晶分子配向异常,即在开关信号时,像素长边

缘处出现液晶分子配向异常。由以上分析可知,摩擦弱区和内部存在附加电场是导致残影的主要因素。由于 TN 产品 像素 ITO 与 S/B 存在 Overlay,因此在像素长边缘会存在边缘电场,如图 4 所示,理想状态下,OL (L) 和 OL (R)相等,从而两侧的边缘电场强度相当,可以相互抵消,不会对像素边缘液晶分子的配向产生影响。实际中 OL (L)和 OL (R)不相等,即存在一定的 ITO 偏

移量(ITO 与 S/B 左右重叠区域 OL (L)和 OL (R)差值的一半)。如果 ITO 偏移量过大,两侧边缘电场强度差别明显,无法完全抵消,必然会对一边的液晶配向造成影响。

通过 5 组 Decap 实验,在聚焦离子束(FIB)下观察,发生残影的 Panel 像素 ITO 偏移量较大,如表 1 所示。正常 Panel 的 ITO 偏移量较小,接近 0,而残影 Panel 的 ITO 偏移量均大于 1。

表 1 正常和残影 Panel 的 ITO 偏移量
Tab. 1 ITO offset between normal and image-retention panel

正常 Panel A-A'

残影 Panel A-A'

正常 Panel B- B'

残影 Panel B- B'

截面 FIB Top 图

截面 FIB Top 图

截面 FIB Top 图

截面 FIB Top 图

示

例

图

The figure displays four FIB Top view images of a panel, arranged in a 2x2 grid. Each image shows a cross-section of the panel with various regions labeled: OL(L), Data, OL(R), and S/B. The images are labeled as follows:

- Top Left: 正常 Panel A-A' 截面 FIB Top 图
- Top Right: 残影 Panel A-A' 截面 FIB Top 图
- Bottom Left: 正常 Panel B- B' 截面 FIB Top 图
- Bottom Right: 残影 Panel B- B' 截面 FIB Top 图

 Each image includes a scale bar at the bottom indicating a length of 10.0um. The images show the relative positions of the OL(L), Data, and OL(R) regions, with the S/B region being the central area. The '残影' (ghost) images show a different offset compared to the '正常' (normal) images.

No.	OL(L)	OL(R)	ITO 偏移量	OL(L)	OL(R)	ITO 偏移量	OL(L)	OL(R)	ITO 偏移量	OL(L)	OL(R)	ITO 偏移量
1	4.26	4.36	0.05	5.25	3.04	1.10	4.15	4.34	0.10	5.18	3.08	1.05
2	4.09	4.53	0.22	5.62	2.47	1.57	4.14	4.50	0.18	5.61	2.40	1.61
3	4.19	4.43	0.12	5.10	3.01	1.05	3.82	4.35	0.27	5.04	2.88	1.08
4	4.28	4.14	0.07	5.52	3.08	1.22	4.03	4.08	0.03	4.99	2.81	1.59
5	3.98	4.20	0.11	5.31	3.05	1.13	4.12	4.00	0.06	5.11	3.01	1.05

Remark: ITO 偏移量=(OL(L)- OL(R))/2.

由以上分析及实验验证得出,ITO 偏移量对残影有较大的影响,因此在 TFT 成膜过程中,必须严格管控 ITO 偏移量。

3.2.2 配向膜膜厚对残影的影响

TFT-LCD 制程中,配向膜主要是对液晶分子起配向作用,同时在一定程度上增加 TFT 基板的平坦度。实验中,采用的配向膜膜厚分别为 65 nm、80 nm、95 nm、110 nm、125 nm,摩擦强度值为 5 N·m。配向膜膜厚与残影的发生率如图 5 所示。

从图 5 可知,配向膜越厚,残影的发生率越低,当配向膜膜厚超过 110 nm 时,无残影发生。一方面由于 TFT、CF 基板在未涂覆配向膜前聚集大量自由基离子,当配向膜越厚,TFT 基板上的自由基离子难以透过配向膜到达配向膜表面;另一方面由于 TFT 基板表面膜层存在段差(A-A'),配向膜越厚时,段差越小,在摩擦工程中,摩

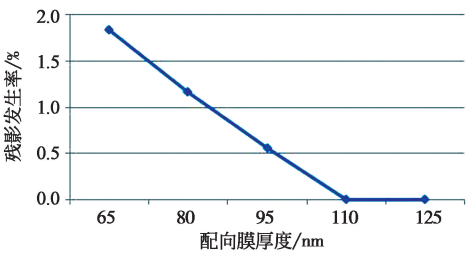


图 5 15.6HD 残影与配向膜厚度关系
Fig. 5 Relations of 15HD image-retention and alignment film thickness

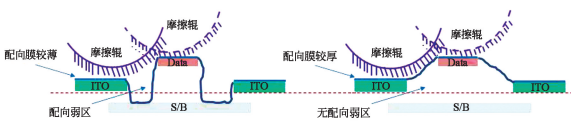


图 6 配向膜的厚度与配向弱区的关系
Fig. 6 Relations of alignment weak area and alignment film thickness

擦辊摩擦较均匀,无配向弱区,如图 6 所示.

3.2.3 摩擦强度值对残影的影响

摩擦工程是对配向膜进行摩擦的工艺,使配向膜的配向具有一致性,由于 TFT 膜面存在段差(A-A'),在摩擦过程中,难免会存在配向弱区.为了消除配向弱区,一方面通过增加配膜膜厚来减小膜面段差,但是由于生产过程中配向膜太厚,影响设备稼动率,所以配向膜厚度需要考虑实际生产条件;另一方面可以通过增加摩擦强度.因为摩擦强度越高,摩擦辊与膜面的压入量越大,从而在段差处的摩擦力较大,不易在段差处形成配向弱区.

实验中,配向膜膜厚为 110 nm 基础上,控制摩擦强度分别为 3.5、4、4.5、5、5.5 N·m.实验得出,摩擦强度与残影的发生率如图 7 所示.

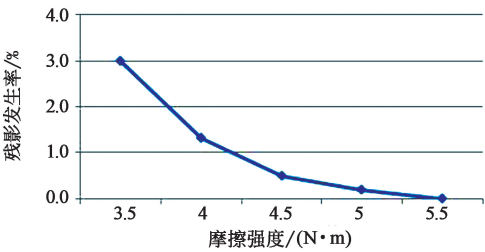


图 7 15HD 残影与摩擦强度的关系

Fig. 7 Relations of 15HD image-retention and torque value

由图 7 可知,摩擦强度值越高,残影发生率越低,因此增加摩擦值能够有效改善残影.

3.3 工艺管控的影响

TFT-LCD 在成盒工厂主要包含配向工程、摩擦工程、对盒工程、切割工程. Glass 在对盒前,如果长时间放置在空气中,表面会集聚大量杂质离子;在成盒后在外部电场的作用下, Panel 内部的杂质离子会形成附加电场,从而影响液晶分子的旋转与排布.

为了验证成盒工厂中各工程间 Glass 停留时间对残影的影响,工厂内设计如下实验:

实验一:配向膜工程与摩擦工程延迟时间的相关性实验.选取 28 个连续 Lot(一个生产单位),控制配向膜工程与摩擦工程延迟时间起始时间为 0 h(配向膜工程完成后立刻进行摩擦工程),从第一个 Lot 往后每个 Lot 依次间隔 0.5 h,摩擦工程结束,立即进行对盒工程.残影发生率与配向膜工程和摩擦工程间的延迟时间关系如图

8 所示.

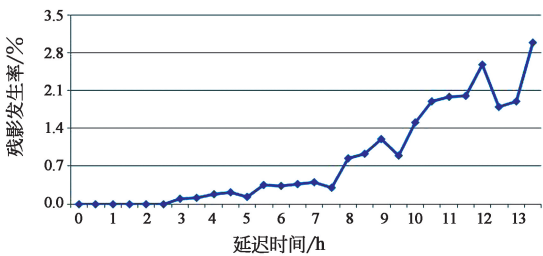


图 8 15.6HD 残影与配向膜工程与摩擦工程延迟时间的关系

Fig. 8 Relations of 15.6HD image-retention and PI-Rub-Delay Time

由图 8 可知,残影发生率与配向膜工程和摩擦工程间的延迟时间呈正相关性,配向膜工程与摩擦工程延迟时间时间越长,残影的发生率越高,且配向膜工程与摩擦工程延迟时间时间小于 5 h,残影发生率较低,高于 5 h,残影发生率上升趋势较明显.

实验二:摩擦工程与对盒工程延迟时间相关性实验,选取 28 个 Lot,严格控制配向膜工程与摩擦工程延迟时间 2 h 以内,控制摩擦工程与对盒工程延迟时间起始时间为 0 h(摩擦工程完成后立刻进行对盒工程),从第一个 Lot 往后每个 Lot 依次间隔 0.5 h.残影发生率与摩擦工程和对盒工程间的延迟时间关系如图 9 所示.

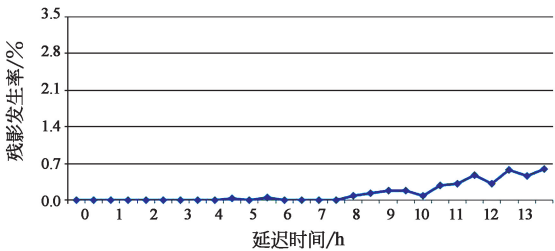


图 9 15.6HD 残影与摩擦工程与对盒工程延迟时间的关系

Fig. 9 Relations of 15.6HD image-retention and Rub-Assy-Delay Time

由图 9 可知,残影发生率与摩擦工程和对盒工程间的延迟时间呈一定正相关性,随着摩擦工程与对盒工程延迟时间增加,时间大于 10 h,残影发生率逐渐增加.

实验得出:配向膜工程-摩擦工程-对盒工程间的延迟时间对残影有较明显的影响,配向膜工程-摩擦工程延迟时间时间小于 5 h,残影发生率较低,

高于 5 h,残影发生率上升趋势较明显;摩擦工程-对盒工程延迟时间小于 10 h 残影发生率较低。

4 结果与讨论

由以上分析可知,由于设计缺陷导致的摩擦弱区是残影发生的主要原因之一。通过增加配向膜厚度和摩擦强度值可以一定程度减少摩擦弱区从而改善残影。实验得出,配向膜厚度高于 110 nm,摩擦强度值高于 $5.5 \text{ N} \cdot \text{m}$ 时残影发生率大幅度降低,但在实际生产中配向膜的厚度和摩擦强度值需综合考虑生产条件限制。残影发生的另一主要原因是 Panel 内部存在影响液晶分子正常旋转的附加电场,由于 ITO 偏移量过大导致的内部附加电场可以使用高精度设备或者严格管控设备参数进行改善;同时通过减少成盒工程中各工序间的延迟时间

可以改善这类残影,实验得出,配向膜工程与摩擦工程延迟时间时间小于 5 h,摩擦工程与对盒工程延迟时间小于 10 h 残影发生率较低,因此在实际生产中需保证生产的连续性。

5 结 论

对 TN 型 TFT-LCD 产品,可以通过合理的产品设计规避残影问题,另外通过增加配向膜厚度以及增大摩擦强度值能有效减少摩擦弱区,从而改善残影。严格管控 ITO 偏移量能够大幅降低液晶盒中的附加电场,并且在生产中管控成盒工程中各工序间的延迟时间,同样能够达到残影改善的目的。

在实际产品开发过程中,需综合考虑以上因素,从而获得产品设计优,工艺生产 Margin 大,良率稳定且生命周期长的产品。

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 Photology and Liquid Display*[M]. Beijing: Science Press, 2006: 106-109. (in Chinese)
- [2] KAGAN C R, ANDRY P. 薄膜晶体管(TFT)及其在平板显示中的应用[M]. 廖燕平,王军,译. 北京:电子工业出版社,2008:125-130.
KAGAN C R, ANDRY P. *TFT and Its Application in FPD*[M]. LIAO Y P, WANG J, trans. Beijing: Electronic Industry Press, 2008: 125-130. (in Chinese)
- [3] 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. Research and improvement about Vertical Block Mura in TFT-LCD process [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2007, 22(4): 433-439. (in Chinese)
- [4] 焦峰,王海宏. TFT-LCD 残像原理与分析(基础篇)[J]. 现代显示,2012,27(4):54-59.
JIAO F, WANG H H. The theory and analysis of TFT-LCD image sticking (Basis) [J]. *Advanced Display*, 2012(4): 54-59. (in Chinese)
- [5] 焦峰,王海宏. TFT-LCD 残像原理与分析(加强篇一)[J]. 现代显示,2012,27(5):16-20.
JIAO F, WANG H H. The theory and analysis of TFT-LCD image sticking (Upgrade I) [J]. *Advanced Display*, 2012(5): 16-20. (in Chinese)
- [6] 焦峰,王海宏. TFT-LCD 残像原理与分析(加强篇二)[J]. 现代显示,2012,27(6):17-22.
JIAO F, WANG H H. The theory and analysis of TFT-LCD image sticking (Upgrade II) [J]. *Advanced Display*, 2012(6): 17-22. (in Chinese)
- [7] 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)
- [8] 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,2011,26(6):733-740.
LI Y Z, JI W F, ZHOU Y H. Research of image-retention phenomenon in STN-LCD [J]. *Chinese Journal of Liq-*

uid Crystals and Displays, 2011, 26(6): 733-740. (in Chinese)

[9] LIEN A, CHEN C J, INOUE H, *et al.* Image sticking measurement of LCDs [J]. *SID*, 1997, 28(1): 203-206.

[10] 梁珂. TFT LCD 影像残留的研究[D]. 天津: 天津大学, 2006.

LIANG K. *Study of TFT LCD image sticking*[D]. Tianjin: Tianjin University, 2006. (in Chinese)

作者简介:范恒亮(1988—),男,安徽合肥人,硕士,高级工程师,主要从事液晶显示行业中不良分析改善与新产品导入等工作。E-mail:fanhengliang@boe.com.cn