

文章编号:1007-2780(2018)10-0831-05

周边配向膜 Mura 改善研究

徐长健*, 陆顺沙, 马国靖, 王 丹, 任锦宇, 周 波, 宋勇志, 陈维涛, 冯 莎

(北京京东方显示技术有限公司, 北京 100176)

摘要:在大世代线液晶面板厂,因产品切换便捷、产能高等优势,配向膜材料涂布多采用喷墨印刷方式。但随着高分辨率、无边框等技术升级,喷墨印刷方式面临的挑战也随之增加,产生了很多新的配向膜不良。本文研究了一种周边配向膜 Mura,分析原因为阵列基板上的配向膜固化时,在基板周边过孔处出现堆积,造成周边显示区配向膜厚不均匀,导致显示区边缘形成暗线不良。文章从配向膜边界位置、预固化温度、预固化环境气压和配向膜膜厚 4 个方面进行分析实验,证明了外扩配向膜边界、降低预固化温度、降低预固化环境气压和降低配向膜膜厚,可以有效减轻配向膜在周边过孔处堆积,进而成功解决此不良,获得优异的显示品质。

关 键 词:液晶屏;配向膜;喷墨印刷;周边过孔;固化

中图分类号:TN141.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20183310.0831

Improvement of peripheral PI Mura

XU Chang-jian*, LU Shun-sha, MA Guo-jing, WANG Dan,
REN Jin-yu, ZHOU Bo, SONG Yong-zhi, CHEN Wei-tao, FENG Sha

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

Abstract: In large generation LCD factory, Inkjet printing is widely used for PI (Polyimide alignment film) material coating, due to convenient product switching and high capacity. As the technology upgrading, such as high PPI, Borderless etc., the challenges of novel PI Mura occurred in inkjet printing process. We research a kind of peripheral PI Mura in this paper. In Pre-cure process, PI solution was accumulated much near the peripheral via Hole of array glass, leading to larger inhomogeneous film thickness, which caused the edge dark line mura. We research the process conditions of PI pattern position, Pre-cure temperature, Pre-cure air pressure and PI Thickness. The results reveal that extending edge of PI pattern, lowering Pre-cure temperature, reducing the air pressure and thinning the film effectively decrease accumulation near the peripheral via hole, and induce the defect-free and excellent display

Key words: LCD; polyimide film; inkjet printing; via hole; pre-cure

收稿日期:2018-05-13;修订日期:2018-08-04.

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

1 引言

近些年来,随着液晶显示(LCD)行业的发展,液晶面板需求日益增大,为了提高产能,降低成本,各个面板厂商更是争先投产高世代线。相对应的,配向膜材料(Polyimide, PI)涂布设备,也由转印方式(Roller Coater)升级为喷墨打印方式(Inkjet Printing),喷墨打印由于产能高,产品切换快,操作简单,节省材料等优点,成为高世代线的主流设备^[1-3]。但相对于 Roller 方式,Inkjet 使用的 PI 液材料粘度更低,PI 成膜后周边波动范围更大,周边形貌控制难度增加。尤其是随着高 PPI,窄边框,无边框技术的发展,Inkjet 方式更容易产生印刷及周边不良^[4-6]。

在平面宽视角(Advanced Super Dimension Switch, ADS)显示模式中,阵列(Array)基板均有周边 V-com 过孔设计,随着窄边框/无边框技术发展,Array 基板周边布线越来越密,过孔也越来越靠近显示区,对避免周边显示不良考验极大^[7-8]。PI 材料为高分子溶液,印刷到基板后需要加热,使溶剂挥发后固化成膜,因此热固化过程对于成膜质量有很大影响^[9-10]。本文介绍一种 ADS 模式周边 PI Mura,其原因是在固化时,Panel 周边的 PI 膜厚度不均,在显示区边缘形成了暗线不良。

2 实验

2.1 现象描述

不良发生在 ADS 显示模式,检测画面为灰阶 64 或 127 画面,现象为 Panel 内与显示区边缘相邻,宽 1~2 mm,与边缘平行的暗线。灰阶画面不良现象如图 1 所示。

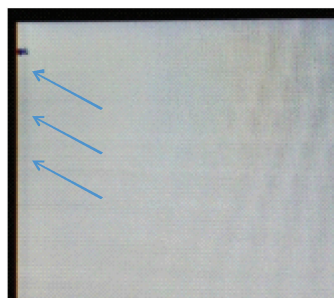
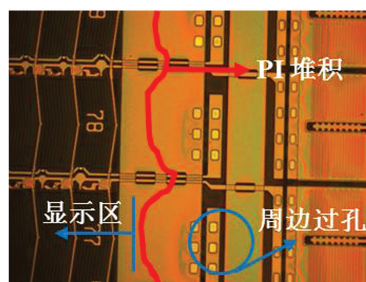


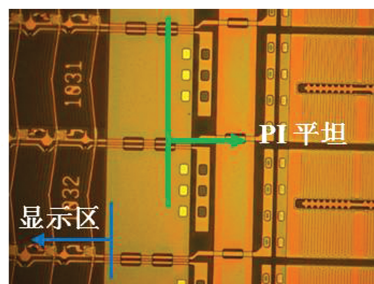
图 1 周边 PI Mura 不良
Fig.1 Peripheral PI Mura

2.2 不良分析

现象解析:此不良发生在 Array 基板,图 2 为拆屏分析时,使用显微镜观察的 Array 基板周边 PI 形貌,图 2(a)为发生不良样品,图 2(b)为无不良样品;对比现象发现,发生不良时,PI 在周边过孔处堆积,出现晕状现象;通过台阶仪测试发现,不良区域 PI 膜厚比正常高 2~3 倍,膜厚差异延伸影响到显示区,在检测画面下显示区边缘出现暗线 Mura。



(a)不良发生样品
(a)NG Sample



(b)无不良样品
(b)OK Sample

图 2 Array 基板周边 PI 显微镜图

Fig.2 Micrograph of PI extending at array glass

PI 固化成膜理论:PI 液在固化成膜后,边缘部分膜厚明显高于中心平坦区域,这是由于 PI 液固化是溶剂蒸发的过程,处于溶液状态的 PI 图形,边缘处受热相对中心区域更快、空气接触面积更大,溶剂蒸发速度快于中心区域,因此 PI 膜固化是由边缘延伸到中心区域。边缘处首先固化,同时相邻未蒸发液体会向外边缘流动,继续固化后溶质便堆积于边缘处,导致边缘处 PI 膜增厚。图 3 为 PI 固化过程示意图。图 4 为 PI 膜在平坦基板上固化后图片,PI 膜四周显示为黑色,表明周边膜厚高于内部,实测数据高于内部区域 2~3 倍。

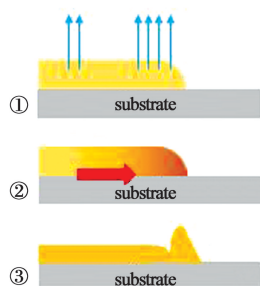


图 3 PI 膜边缘固化过程
Fig.3 Process of PI cure



图 4 PI 膜形貌
Fig.4 Phenomenon of PI film

不良原理:ADS 模式产品 Array 基板显示区外有过孔设计,由于窄边框产品需求,过孔距离显示区越来越远。因其为凹陷立体金属面,一方面过孔位置凹陷面与空气接触面积更大,另一方面金属导热速度快,过孔位置局部温度更高。以上两方面均可以加速过孔处溶剂蒸发,造成 PI 堆积。

改善方向:调整相关工艺参数,避免 PI 在周边过孔处堆积,是改善此周边 PI Mura 的有效方案。

2.3 实验设计

通过分析,PI 膜图形大小、预固化温度、预固化环境气压以及 PI 膜预定厚度对 PI 液固化均有影响。本文针对这几个影响因素进行了详细的研究,并在不同产品上完成验证。

①PI 膜边界方面,采用 PI 膜边界外扩的方法。一方面使 PI 膜边缘不均匀区远离周边过孔位置,避免 PI 堆积双重叠加;另一方面使周边过孔相对的更靠近 PI 图形内部,溶剂蒸发速度差异降低,减轻过孔处 PI 堆积。

②固化温度方面,采用降低固化温度的方法。温度对 PI 扩散影响主要在预固化步骤,因为此步

骤最主要的目的为蒸发 PI 溶剂,使 PI 固化成型。在此过程中,玻璃基板被支撑于热板之上,PI 膜面在上,玻璃基板尤其是周边过孔处会优先受热,降低温度可以减少周边过孔处的温度差异,缩小溶剂蒸发速度差异。

③固化环境气压方面,打开预固化设备门可以降低 PI 固化的气压。8.5G 世代线 PI 预固化设备一般为的密闭舱室,其前后均有可自由开关的门,分别供玻璃进和出。固化过程中,如果两侧门关闭,密闭的环境气压将会增大,造成溶剂蒸发速度变慢,PI 溶液向周边过孔处堆积增多;如果均打开,敞开的环境与大气联通,能够有效降低固化环境气压。

④PI 膜预设膜厚方面,就是降低 PI 膜厚度。把整体 PI 膜厚降低,等同于降低 PI 溶液的量,优势为内部溶剂挥发速度相对加快、周边过孔处 PI 量降低以及可移动 PI 溶液量降低等方面,均可减轻 PI 堆积。下面详细介绍每个改善方向实验设计及结果,所有方案均为单一试验变量。

2.3.1 PI 膜边界位置改善

为了明确 PI 边界与过孔位置关系,本试验方案中以 PI 边界到周边过孔的距离作为试验变量 L_h 。因为 PI 边界的波动性,此距离实际在可管控的范围内波动,此处以中心值说明。结合目前产品边框的实际,试验距离设计为 1 mm、2 mm 及 ∞ 3 种,其中 ∞ 可以为整列或行 Panel PI 全涂,或是将 PI 边界扩大到非常大。试验在 546.1 mm (21.5 in) 和 685.5 mm (27 in) 产品上进行,每个条件样品量均大于 1 000 片。两款产品不同 PI 边界位置与不良发生率的统计如表 1 所示。

表 1 PI 边界位置与不良发生率
Tab.1 Mura with PI edge margin

产品	不良发生率/%		
	1/mm	2/mm	∞ /mm
546.1 mm	14.3	3.5	0.2
685.5 mm	8.86	0.9	0

从表 1 可以看出,546.1 mm 和 685.5 mm 两个产品 PI 周边 Mura 的发生率随着 PI 边界到过孔的距离逐渐增大而降低。同时,因为周边设计的差异,不同产品对此项数据会有不同敏感程度,

但在产品设计允许的条件下,PI 边界到过孔的距离越大,对于不良改善越有效,甚至不发生。

2.3.2 固化温度改善

考虑到实际设备能力,以及结合预固化温度对产品特性的影响,测试 130,120,110 °C 3 种方案,并在 546.1 mm 和 685.5 mm 上进行测试,样品数量大于 1 000 片。表 2 为两款产品不同温度与不良发生率的统计。

表 2 PI 固化温度与不良发生率

Tab.2 Mura with PI Pre-cure temperature			
产品	不良发生率/%		
	130 °C	120 °C	110 °C
546.1 mm	34.1	3.5	0.9
685.5 mm	22.6	1.5	0.7

从表 2 数据看出,两款产品不良发生率均随着 PI 固化温度降低而降低。因此,在不影响 PI 膜固化特性的前提下,尽量降低 PI 预固化温度,有助于 PI 周边 Mura 的不良改善。

2.3.3 固化环境气压改善

测试方案以预固化设备门的打开和关闭来模拟环境气压影响。预固化设备门全部关闭(Close),固化气压高;设备门全部打开(Open),与外界空气联通,气压明显降低。测试在 546.1 mm 和 685.5 mm 产品上进行,测试样品数量大于 1 000 片,表 3 为两款产品设备方案与不良发生率的统计。

表 3 固化设备敞开与闭合的不良发生率

Tab.3 Mura with Pre-cure chamber Open or Close		
产品	不良发生率/%	
	Close	Open
546.1 mm	12.1	0.1
685.5 mm	8.86	0

由以上结果可以看出,设备门打开,不良发生率明显降低,甚至为 0%。表明 PI 预固化环境气压至关重要,气压降低,不良发生比率明显降低。固化过程中打开设备门,也是降低气压最有效方案。

2.3.4 PI 膜厚改善

业界 PI 膜预设厚度差异较大,结合 Inkjet 设

备能力,目标值基本在 60~140 nm 之间。根据本公司实际产品特性以及数据可用性,试验设计 120,100,80 nm 3 种方案。并在 546.1 mm 和 685.5 mm 产品上进行试验,样品数量大于 1 000 片。表 4 为两款产品不同 PI 膜厚不良发生率统计。

表 4 不同 PI 膜厚的不良发生率

Tab.3 Mura with PI Thickness

产品	不良发生率/%		
	120 nm	100 nm	80 nm
546.1 mm	12.1	4.1	0
685.5 mm	6.3	3.5	0

从表 4 数据看出,两个产品不良发生率均随着 PI 膜厚降低而降低。结合不良发生率和 Array 基板周边过孔处 PI 扩散现象看,80 nm 膜厚时 PI 扩散均匀,不良不发生,为非常有效方案。因此在产品性能满足的条件下,降低膜厚对 PI 周边 Mura 有显著改善。

实验设计及结果表明,采用 PI 膜边界外扩、PI 预固化温度降低、PI 预固化设备门打开以及 PI 膜厚降低的方法,可以有效改善、甚至避免 PI 在 Array 周边过孔处堆积,进而改善本文中的周边 PI Mura。参考实际产品特性,搭配不同工艺条件可以有效改善此周边 PI Mura。

3 结 论

本文介绍了一种 ADS 显示模式液晶屏的周边 PI Mura 不良的改善方法。主要为使用喷墨印刷工艺中,PI 液预固化过程中,在 Array 基板周边过孔处出现堆积,造成显示区周边 PI 膜厚不均匀,进而在边缘显示区形成的暗线不良。本文从 PI 膜边界位置、预固化温度、预固化环境气压以及 PI 膜厚 4 个方向做研究测试,结果显示:PI 边界越远离过孔,不良发生率越低,当 PI 膜边界中心值外扩至过孔 2 mm 以外,改善明显,当 PI 外扩至无限大级别时,不良极少甚至不发生;在满足范围内,PI 预固化温度越低,不良发生率越低;降低预固化环境气压,可明显降低不良发生率,预固化设备门打开,改善显著;PI 膜厚越低,不良发生

率越低,当 PI 达到 80 nm 以下时,不良不发生。环境气压降低以及 PI 膜厚降低的方法,可以有效
综上,通过 PI 边界外扩、预固化温度降低、预固化改善液晶屏周边 PI Mura 不良。

参 考 文 献:

- [1] LIU K H, LO Y C, CHUANG C S, *et al.* Vertical alignment type small display panels with alignment layer formed by inkjet printing technology [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2007, 38(1): 1607-1610.
- [2] SU P J, SHA Y A, SHIU J W. Novel application of ink-jet-printing technology in multi-domain alignment liquid-crystal displays[J]. *Journal of the Society for Information Display*, 2008, 16(3): 441-449.
- [3] 张晶思,孙润光.TFT-LCD 能否赢得大尺寸显示市场[J].现代显示,2007(2):9-11.
ZHANG S J, SUN R G. Can TFT-LCD Win the Jumbo Size Display Market [J]. *Advanced Display*, 2007(2): 9-11. (in Chinese)
- [4] 范志新,潘良玉,孙玉宝,等.液晶显示器中液晶分子取向膜边缘的轮廓[J].光学技术,2003,29(2):183-184,187.
FAN Z X, PAN L Y, SUN Y B, *et al.* Surface edge shapes of orientation films in liquid crystal devices [J]. *Optical Technique*, 2003, 29(2): 183-184, 187. (in Chinese)
- [5] 车春城,王丹,李军建.TFT-LCD 取向层工艺及其关键参数[J].现代显示,2006(9):20-23,12.
CHE CC, WANG D, LI J J. TFT- LCDs oriented layer technology and it's key parameters [J]. *Advanced Display*, 2006(9): 20-23, 12. (in Chinese)
- [6] 王银春,李卓,李荣玉.TFT-LCD 成盒工程中配向不良的改善[J].现代显示,2009,20(6):25-28.
WANG Y C, LI Z, LI R Y. The improvement of disclination defect in TFT-LCD cell process [J]. *Advanced Display*, 2009, 20(6): 25-28. (in Chinese)
- [7] 李伟超,赵景焕,李保安.液晶显示装置窄边框技术的中国发明专利申请分析[J].河南科技,2016(12):76-78.
LI W C, ZHAO J H, LI B A. Analysis on the chinese patent applications of the slim border technology of liquid crystal display device [J]. *Journal of Henan Science and Technology*, 2016(12): 76-78. (in Chinese)
- [8] 张军,苏子芳,关星,等.一种窄边框的液晶显示面板设计[J].液晶与显示,2015,30(3):467-471.
ZHANG J, SU Z F, GUAN X, *et al.* New design of narrow border LCD panel [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(3): 467-471. (in Chinese)
- [9] 王晓芳,倪华钢,王新平.含氟聚合物在溶液中的聚集行为与其固化后表面性质[J].高分子材料科学与工程,2008,24(11):5-9.
WANG X F, NI H G, WANG X P. Aggregation behavior of fluorinated polymer in solvent and its surface properties of the solid [J]. *Polymer Materials Science & Engineering*, 2008, 24(11): 5-9. (in Chinese)
- [10] 胡银春,张雪荣,黄棣,等.蒸发液滴中的流动与传质行为:理论与应用[J].材料导报,2017,31(7):1-5,18.
HU Y C, ZHANG X R, HUANG D, *et al.* Flow and mass transfer laws in drying droplets: theory and applications [J]. *Materials Review*, 2017, 31(7): 1-5, 18. (in Chinese)

作者简介:徐长健(1990—),男,吉林四平人,学士,工程师,主要从事 TFT-LCD Panel 材料与工艺研发。E-mail: xuchangjian@boe.com.cn