

阵列基板周边设计对聚酰亚胺液扩散的影响

刘金贵, 殷盛杰, 顾可可, 李光强, 申名, 李啸, 杨妮, 许亨艺, 罗建勇

引用本文:

刘金贵, 殷盛杰, 顾可可, 等. 阵列基板周边设计对聚酰亚胺液扩散的影响[J]. 液晶与显示, 2020, 35(3): 205–210.

LIU Jin-gui, YIN Sheng-jie, GU Ke-ke, et al. Effect of periphery design of TFT substrate on the diffusion of polyimide solution[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(3): 205–210.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203503.0205>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

周边配向膜Mura改善研究

Improvement of peripheral PI Mura

液晶与显示. 2018, 33(10): 831–835 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183310.0831>

基于以顶层ITO为像素电极设计的产品工艺优化

Process optimization based on products of pixel top design

液晶与显示. 2020, 35(3): 219–226 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203503.0219>

聚酰亚胺溶液黏度对其在TFT玻璃基板粘接性能的影响

Influence of different polyimide solution viscosity on adhesion property with TFT substrate

液晶与显示. 2017, 32(4): 253–257 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173204.0253>

聚酰亚胺溶液黏度对液晶预倾角的影响

Effect of different polyimide solution viscosity on pretilt angle of liquid crystal

液晶与显示. 2016, 31(11): 1038–1045 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163111.1038>

阵列基板设计对配向膜印刷的影响

Alignment film on array substrate

液晶与显示. 2016, 31(2): 138–141 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163102.0138>

文章编号:1007-2780(2020)03-0205-06

阵列基板周边设计对聚酰亚胺液扩散的影响

刘金贵,殷盛杰,顾可可,李光强,申 名,

李 啸*,杨 妮,许亨艺,罗建勇

(重庆京东方光电科技有限公司,重庆 400700)

摘要:为提高产能,笔记本电脑超高级超维场开关(HADS)显示产品的聚酰亚胺(PI)膜涂布方式从滚筒涂布的感光树脂转印版(APR)转印变更为喷墨打印,涂布方式的变更造成了PI液滴在面板周边 V_{com} 过孔和走线密集处扩散困难,难以扩散的PI液滴在面板边缘聚集形成周边黑线不良。首先,通过变更PVX(passivation SiN_x ,钝化层)掩膜版解决 V_{com} 过孔周边PI液扩散不均问题,即通过改变面板周边过孔周期、尺寸以及距离像素区间距来减小过孔存在的影响,GP(Gate pad)侧过孔数量变为原来1/8,过孔面积比原来减小了98%,DP(Date pad)侧过孔数量变为原来的1/9,过孔面积比原来减小99%,同时DP侧过孔与像素区间距增大60%,PVX掩膜版变更极大地改善了PI液滴在过孔周围的扩散均匀性,最终周边黑线发生率从100%减小为6.6%。其次,通过变更喷墨打印涂布工艺来减小面板周边PI液积聚程度,我们开发出喷墨打印边缘补正功能,即保持像素区膜厚不变,面板边缘区域膜厚减少。边缘区域PI液的减少降低了该区域PI液积聚的可能性,边缘补正功能使得周边黑线发生率从6.6%降至0.5%。再次,阵列基板采用条形涂覆方式,即GP侧PI液全涂覆,周边黑线不良发生率降至0.05%。通过变更PVX掩膜版设计和喷墨打印涂布工艺参数,周边黑线不良发生率从100%减小为0.05%,满足量产需求。

关 键 词:TFT基板;周边设计;聚酰亚胺液;扩散

中图分类号:TN.141.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20203503.0205

Effect of periphery design of TFT substrate on the diffusion of polyimide solution

LIU Jin-gui, YIN Sheng-jie, GU Ke-ke, LI Guang-qiang, SHEN Ming,

LI Xiao*, YANG Ni, XU Heng-yi, LUO Jian-yong

(Chongqing BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd., Chongqing 400700, China)

Abstract: To improve the production capacity, the PI (polyimide) film coating method of High Advanced Dimension Switch (HADS) products is changed from APR transfer printing (Roller Coater) to inkjet printing (Inkjet Printer). The change of coating method causes the accumulation of polyimide (PI) solution near the V_{com} via hole and V_{com} line which exists in the peripheral zone, which causes a failure named “peripheral black line”. Firstly, we can solve the diffusion problem of PI solution by changing PVX (passivation SiN_x) mask, that is, to reduce the influence of via hole by changing the cycle, size and distance between via hole and active area, we reduce the cycle of V_{com} via hole near gate

收稿日期:2019-10-08;修订日期:2019-11-12.

* 通信联系人, E-mail:lixiao_cq@boe.com.cn

pad (GP) area by a factor of eight, the occupied area of V_{com} *via* hole decreases by 98% than before. In the meanwhile, we reduce the cycle of V_{com} *via* hole near date pad (DP) area by a factor of nine, the occupied area of V_{com} *via* hole decreases by 99%, the distance between *via* hole of GP area and AA area increases by 60% than before. The changing of PVX mask greatly improves the diffusion of PI solution, eventually, the failure rate of black line reduces from 100% to 6.6%. Secondly, we develop an edge compensation function of inkjet printer to reduce the accumulation of PI solution in peripheral area, that is, the PI thickness of peripheral area is half the active area, the reduction of PI solution in the EM area reduces the possibility of accumulation in the area, and then the failure rate of black line reduces from 6.6% to 0.5%. Thirdly, we change the coating mode from pattern coating to strip-type coating, that is, the GP area is filled with PI solution in all area, which reduces the failure rate from 0.5% to 0.05%. By changing the PVX mask design and process parameters of Inkjet printer, the incidence of peripheral black line defects are reduced from 100% to 0.05%, meeting the mass production needs.

Key words: TFT substrate; peripheral design; polyimide solution; diffusion

1 引言

在薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)中,聚酰亚胺(PI)由于其优异的热稳定性、力学性能和电性能,被涂布于 TFT 基板和 CF 基板上用作液晶分子配向膜,取向层性能的优劣直接影响到液晶分子的排列效果,进而影响到 LCD 的对比度、阈值电压、响应时间等特性^[1-3]。PI 膜涂覆有滚筒涂布的感光树脂转印版(APR)转印和喷墨打印两种方式。随着高世代线面板厂的投入生产,因为与喷墨打印产品切换快、对应产品种类多、产能高等特点,得到了越来越广泛的应用^[4-5]。但由于喷墨打印技术是依靠低粘度 PI 液滴在重力作用的自由扩散而固化形成 PI 膜层,但随着无边框、高分辨率产品的出现,低粘度 PI 液滴在阵列基板周边段差较大区域难以均匀扩散而形成 PI Mura 类不良^[6]。

针对面板周边 PI 液扩散不均问题,前人通过研究得出以下几个方面原因:王海成等人^[7]通过研究得出面板周边 V_{com} (公共电极)过孔较多,影响了 PI 液在该区域的均匀扩散,最终 PI 液在过孔周边堆积产生不良。通过改变 PI 预固化条件、变更过孔尺寸和周期等方法可以改善周边扩散不均问题。赵成明等人^[8]研究发现,氮化硅钝化层(PVX)过孔深度影响 PI 液的扩散,深度较大时,会对配向膜扩散起到阻碍作用,通过减小 PVX 膜厚可以降低过孔深度,进而改善该扩散不良现象。徐长健等人^[9]

测试发现周边 Mura 区域 PI 膜厚是正常区域的 2~3 倍,认为周边 Mura 是 PI 液扩散速度不一造成的;边缘区域 PI 液受热相对于中心区域更快、空气接触面积更大,边缘溶剂蒸发速度快于中心区域,边缘区域首先固化,相邻未蒸发液体继续往外边缘流动固化,导致边缘处 PI 膜偏厚。通过增大 Mura 区域 PI 膜涂覆范围、减小 PI 膜膜厚等方法有效改善周边 PI Mura 类不良。

本文着重介绍重庆京东方(G8.5 代)使用喷墨打印设备生产笔记本电脑 HADS(高透过率平面宽视角显示技术)产品时遇到的面板周边 PI 液扩散不均问题形成的周边黑线不良现象,从变更产品设计、工艺参数等方面对该不良进行详细解析。

2 实验

2.1 HADS 面板制备

该周边黑线类不良在 3 款全高清(FHD)HADS 产品中都有发生,且在 14.0 FHD HADS 产品中现象最严重,所以本文分析讨论所用屏幕以 14.0 FHD HADS 产品为主。周边黑线现象如图 1 所示。

周边黑线不良屏在模组阶段检出,灰阶画面下,面板周边 DP/DPO/GPL/GPR 四边均有黑线不良,其中 DP 侧现象较严重,黑线和正常显示区有明显界限,黑线宽度约 1 mm,发生率 100%。



图1 屏幕周边黑线不良现象

Fig.1 Black line in periphery area

2.2 设备与测试

PI Inkjet Printer 涂布机,型号:IP-G85-VH-T15-CB-1180L,石井表记(Ishiihyoki)公司;预固化(Precure)设备,型号:14-146-N101,Zeus公司;主固化(Maincure)设备,型号:CLBSB8-3H24,Hanwha公司;日立液晶成盒设备,型号:SPV-2500-SF,日立(HITACHI)公司;液晶分子,型号:BOE-F013,上海默克化工;偏光显微镜,型号:BX51,日本 Olympus 公司;扫描电子显微镜(SEM),型号:SU8000,日立(HITACHI)公司。

3 结果与讨论

3.1 周边黑线不良分析

模组 FI 检出不良面板在实验室不加电旋偏光片情况下可见面板四边有黑线 Mura,拆屏后 TFT 膜面对应位置可见膜面异常,TFT 侧 PI 剥离液去除 PI 膜后不良不可见,CF 侧膜面无异常,该不良是 TFT 侧 PI 膜面异常所致。

图2为TFT侧基板在显微镜下(X20)观察的周边(DP(Date pad)/GP(Gate pad))形貌图,可以看到面板四边走线密集和过孔较多处有明显的PI液聚集,这些PI聚集区出现明暗不均晕状现象。特别是在 V_{com} 过孔周围,PI液扩散不均现象加重。对比图2异常屏和图3正常屏周边,可以看出 V_{com} 过孔周边PI液扩散不均现象大多出现在异常屏,而正常屏则没有。出现扩散不良的 V_{com} 过孔内部呈现白色,而正常屏 V_{com} 过孔内部呈深灰色。

通过分析异常和正常屏 V_{com} 过孔断面扫描电镜(SEM)图(图4)看出,正常屏周边 V_{com} 过孔内有PI液进入(图4(a))而呈现深灰色,而异常屏

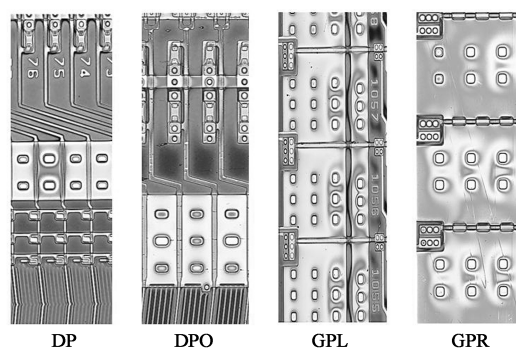


图2 DP/DPO/GPL/GPR 侧 PI 膜面异常

Fig.2 Peripheral PI Mura under microscope

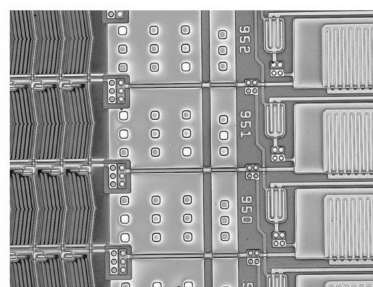


图3 正常显示面板周边形貌图

Fig.3 Peripheral PI morphology in normal panel

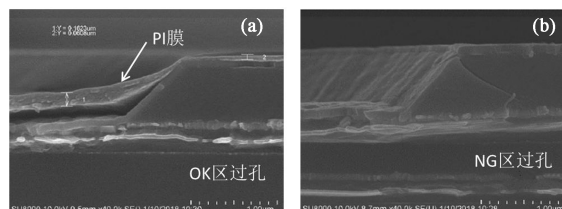


图4 不良面板和正常面板过孔断面图对比。(a)正常过孔;(b)异常过孔。

Fig. 4 Cross-section diagram of V_{com} via hole between normal panel(a)and NG panel (b)

周边过孔内没有PI液进入(图4(b))而呈现栅极金属反射光而发白。

结合图2、图3和图4分析得出,图2异常屏 V_{com} 过孔发白,并且过孔周围出现明暗不均晕状现象,这是因为喷墨打印滴定的小液滴在重力作用下在 V_{com} 过孔周围扩散时,液滴没能跨越过孔周围能量位垒而进入过孔内,进而固化在过孔周边形成PI Mura。因为PI液滴定在阵列基板表面时,液滴在气-液-固三相系统中扩散前进,最终在三相综合作用下达到平衡状态完成扩散,任一相界面的变化都会导致PI液滴扩散的变化。当

PI 液滴在过孔周围向过孔内扩散时(图 5),液滴前进方向气相接触面积的增大使得液滴有凝聚现象,即前进方向接触角有增大现象。同时,PI 小液滴在向 V_{com} 过孔表面扩散时,液滴前进方向由水平方向变为倾斜方向,液滴前进角由于前进表面粗糙形貌^[10]而存在能垒障碍,也会导致前进接触角增大。两者综合作用的结果是,当 PI 液滴从过孔周边向过孔内扩散时,液滴前进方向存在能垒,该能垒使得液滴前进方向接触角增大,随着 PI 液滴积聚越来越多,前进接触角越来越大,当液滴积聚量超过一定限度,液滴前进方向超越能垒而进入过孔内。高分子 PI 液滴的扩散是通过分子链段的协同作用发生分子内相对位移而缓慢移动,部分没能进入过孔内的小液滴在过孔周边集聚成膜形成 PI Mura^[11]。

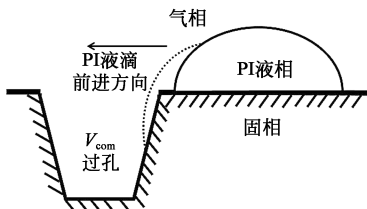


图 5 PI 液滴在 V_{com} 过孔周围扩散

Fig.5 PI diffuse on the periphery of V_{com} via hole

图 6 是面板周边 PI 液不均匀扩散而形成的不良现象,该不良由以下几部分组成:(1)PI 液在面板周边密集走线处(如 com 走线等)扩散不均造成,走线的高段差是影响扩散不良的主要原因;(2)PI 液在周边 V_{com} 过孔处扩散不均造成的,过孔周围的高能垒造成 PI 液滴无法跨越能垒进入过孔内,造成未进入过孔的 PI 液滴在过孔周围持续积聚形成宏观黑线不良现象。解决面板周边 PI 扩散性不良从以下几个方面着手:一是增加 PI 液滴在高段差密集走线附近的流动性,途径如下:(1)减薄金属走线,降低走线高度段差,利于 PI 液跨越走线增加流动均匀性;(2)变更 PI 涂布工艺参数,如减少 PI 滴下量,降低液滴在难扩散区域的积聚量;改变 PI 液滴进入 V_{com} 过孔的难易程度:减小 V_{com} 过孔对 PI 液滴扩散的影响,或将难扩散区域向远离像素区方向移动,让 PI 堆积尽量发生在像素区以外。以上改善措施可以通过变更 PVX 掩膜版改变 V_{com} 过孔的数量、尺寸和位置来解决。

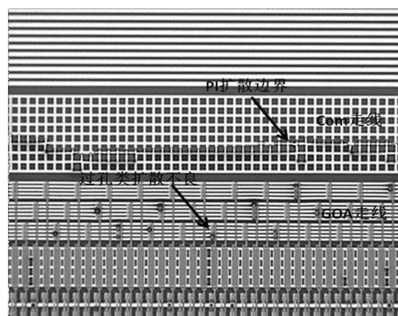


图 6 面板周边 PI 液扩散不均形成宏观黑线不良

Fig.6 Peripheral black line caused by non-uniform diffusion of polyimide solution

3.2 周边黑线不良解决方案

3.2.1 PVX 掩膜版变更方案

由 3.1 节周边黑线分析可知,该不良形成的部分原因是由于 PI 液滴难以跨越过孔能垒进入过孔内,进而在过孔周围堆积而产生周边黑线不良。通过变更 PVX 掩膜版设计降低过孔对 PI 均匀扩散的影响程度是解决该不良的有效途径之一。

通过图 2 和图 3 分析可知, V_{com} 过孔的存在直接导致了 PI 液滴在该区域的正常扩散,PI 液滴正常进入过孔的区域不会出现黑线不良,反之则会出现不良。通过变更 V_{com} 过孔的周期和尺寸来降低过孔对扩散带来的不利影响,在满足信号转接要求的情况下,过孔数量的减少直接大幅提高了扩散区域表面的平坦度,降低了该区域 PI 液滴扩散所跨越能垒的次数,如对于 GPL/GPR 侧过孔周期变为原来 1/8。另外过孔面积比原来减小了 98%,极大改善了 PI 液滴在过孔周围的扩散均匀性。同时也变更了 DP/DPO 侧过孔的数量和尺寸,两侧过孔数量变为原来的 1/9,过孔面积都比原来减小了 99%。再者,将 DP/DPO 侧过孔距离 AA 区间距增大,目的是 DP 侧 PI 堆积发生在远离像素区域,不影响像素区正常显示。最终通过 PVX 掩膜版变更使得周边黑线发生率从 100%减小为 6.6%。

3.2.2 喷墨打印涂布方案变更

解决周边黑线一方面通过变更 V_{com} 过孔数量和尺寸来降低过孔对 PI 液滴扩散的影响,另一方面通过变更 Inkjet Printer 涂布工艺来减小 PI 液滴积聚程度,即通过减小喷墨打印滴定液滴的重量(Drop mass)和增大液滴间距(Dot pitch)减少单位面积的液滴滴定量,膜厚的减薄减少了多余

PI液在难扩散区域的堆积,周边黑线不良发生率从6.6%减小至0.5%。但PI膜厚减小太多时,AA区显示出现残像,同时V-T曲线偏移需gamma重新校正。

单纯地进行膜厚减薄会引入新的不良,在保证像素区膜厚不变的情况下,减薄面板边缘的膜厚是最理想的状态。因此,我们开发出喷墨打印边缘(EM)补正功能,即保持像素区膜厚不变,面板边缘EM区膜厚减半,如图7所示。EM区域单位面积PI液滴定数量是AA区滴定量的一半,也就是EM区域膜厚是AA区的一半,EM区域PI液的减少降低了该区域PI液积聚的可能性,同时AA区不会出现因PI膜减薄而出现残像等不良。

为彻底改善GPL/GPR侧PI液扩散不均问

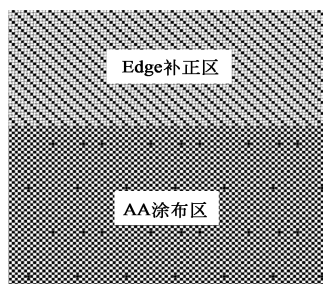


图7 喷墨打印的边缘补正功能

Fig.7 Edge compensate function of inkjet printer

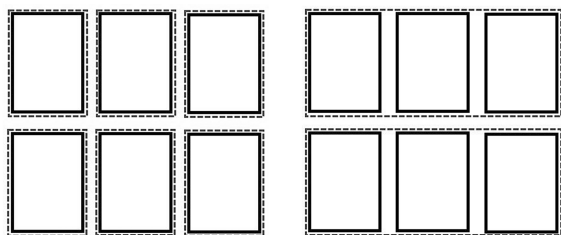


图8 喷墨打印涂布方式的变更。(a)传统涂布方式;(b)条形涂布方式。

Fig.8 Change of coating mode. (a) Single pattern coating mode; (b) Strip-type coating mode.

题,阵列基板面板采用条形涂覆方式,即DP/DPO侧存在PI EM(Bonding pad因素),而GPL/GPR侧PI液全涂覆,则GP侧不再存在PI液扩散边缘,解决了GP侧PI液扩散不均的问题。同时,条形涂覆的面板信赖性评价(高温高压存储和膜层剥离测试)通过测试。条形涂布方式如图8所示。

4 结 论

利用喷墨打印原理给阵列基板涂布PI取向膜,涂布喷头喷出PI液滴在重力作用下自由扩散成PI配向膜。TFT基板周边的走线和 V_{com} 过孔阻碍PI液滴在其附近均匀扩散。 V_{com} 过孔周边的能垒阻碍附近PI液滴扩散进入过孔内,则多余的液滴在过孔附近大量集聚形成周边黑线。我们通过变更PVX掩膜版解决 V_{com} 过孔周边PI液扩散不均问题,通过改变面板周边过孔周期、尺寸以及过孔距像素区间距来减小过孔存在的影响,如GPL/GPR侧过孔周期变为原来1/8,过孔面积比原来减小了98%,DP/DPO过孔数量变为原来的1/9,过孔面积比原来减小99%,同时DP/DPO侧过孔与像素区间距增大,则DP侧PI液堆积远离像素区域,不影响像素区正常显示,最终通过PVX掩膜版变更使得周边黑线发生率从100%减小为6.6%。另外,通过变更喷墨打印机涂布工艺来减小面板周边PI液滴积聚程度,我们开发出喷墨打印机边缘补正功能,即保持AA区膜厚不变,面板边缘EM(Edge margin)区膜厚减半,EM区域PI液的减少降低了该区域PI液积聚的可能性,边缘补正功能使得周边黑线发生率从6.6%降至0.5%。为彻底改善GPL/GPR侧PI液扩散不均问题,阵列基板采用条形涂覆方式,即GPL/GPR侧PI液全涂覆,周边黑线不良发生率降至0.05%。

参 考 文 献:

- [1] KIM S I, REE M, SHIN T J, *et al.* Synthesis of new aromatic polyimides with various side chains containing a bi-phenyl mesogen unit and their abilities to control liquid - crystal alignments on the rubbed surface [J]. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 1999, 37(15): 2909-2921.
- [2] GE J J, LI C Y, XUE G, *et al.* Rubbing-induced molecular reorientation on an alignment surface of an aromatic polyimide containing cyanobiphenyl side chains [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2001, 123(24):

- 5768-5776.
- [3] LIU J H, LI Z X, WU J T, *et al.* New liquid-crystal alignment agents based on fluorinated polyimides with trifluoromethyl - substituted benzene or diphenylether in the side chain [J]. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 2002, 40(10): 1583-1593.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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)
- [7] 王海成, 申载官, 刘萌, 等. 窄边框产品周边配向膜 Mura 分析及改善研究[J]. 电子世界, 2018(5): 5-7.
- WANG H C, SHEN J G, LIU M, *et al.* Analysis and improvement of side polyimide Mura in narrow border products [J]. *Electronics World*, 2018(5): 5-7. (in Chinese)
- [8] 赵成明, 王丹, 马国靖, 等. 阵列基板设计对配向膜印刷的影响[J]. 液晶与显示, 2016, 31(2): 138-141.
- ZHAO C M, WANG D, MA G J, *et al.* Alignment film on array substrate [J]. *Chinese Journal of Liquid crystals and Displays*, 2016, 31(2): 138-141. (in Chinese)
- [9] 徐长健, 陆顺沙, 马国靖, 等. 周边配向膜 Mura 改善研究[J]. 液晶与显示, 2018, 33(10): 831-835.
- XU C J, LU S S, MA G J, *et al.* Improvement of peripheral PI Mura [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(10): 831-835. (in Chinese)
- [10] 胡福增, 陈国荣, 杜永娟. 材料表面[M]. 2 版. 上海: 华东理工大学出版社, 2007.
- HU F Z, CHEN G R, DU Y J. *Material Surface and Interface* [M]. 2nd ed. Beijing: East China University of Science and Technology Press, 2007. (in Chinese)
- [11] RUBINSTEIN M, COLBY R H. *Polymer Physics* [M]. New York: Oxford University Press, 2003.

作者简介:



刘金贵(1988—), 男, 重庆渝北人, 硕士, 2015 年于四川大学获得硕士学位, 主要从事面板段不良解析方面的工作。
E-mail: liujingui@boe.com.cn



李 啸(1988—), 男, 四川南充人, 硕士, 高级工程师, 2014 年毕业于北京理工大学获得硕士学位, 主要从事聚酰亚胺取向膜涂覆方面的研究。E-mail: lixiao_cq@boe.com.cn