

TFT-LCD中液晶取向异常亮点机理研究及改善

周波, 王祺, 宋勇志, 洪永泰, 陈维涛

引用本文:

周波, 王祺, 宋勇志, 等. TFT-LCD中液晶取向异常亮点机理研究及改善[J]. 液晶与显示, 2020, 35(2): 115–121.

ZHOU Bo, WANG Qi, SONG Yong-zhi, et al. Research and improvement of bright dot caused by abnormal liquid crystal alignment on TFT-LCD[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(2): 115–121.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203502.0115>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

Mobile产品异物产生机理及改善研究

Reduction and mechanism of particles on mobile products

液晶与显示. 2019, 34(8): 748–754 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193408.0748>

TFT-LCD发绿的研究及改善

Investigation and solution of TFT-LCD greenish problem

液晶与显示. 2019, 34(4): 354–360 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193404.0354>

Panel污渍分析及改善探究

Analysis and improvement of panel stain

液晶与显示. 2017, 32(3): 177–181 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173203.0177>

TFT-LCD摩擦工艺ESD研究与改善

Research and improvement on ESD of TFT-LCD rubbing process

液晶与显示. 2020, 35(1): 48–52 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203501.0048>

摩擦Mura机理和设计改善方法

Mechanism and design improvement on Rubbing Mura

液晶与显示. 2019, 34(6): 570–575 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193406.0570>

文章编号:1007-2780(2020)02-0115-07

TFT-LCD 中液晶取向异常亮点机理研究及改善

周 波,王 祺*,宋勇志,洪永泰,陈维涛

(北京京东方显示技术有限公司,北京 100176)

摘要:在采用摩擦配向工艺实现液晶取向的 TFT-LCD 显示屏中,外形不规则亮点不良主要有两种:一种是由可见异物造成的亮点,可以通过加强摩擦后清洗等改善;另一种亮点不良并没有伴随可见异物发生。为提升 TFT-LCD 良率,亟需明确后者的形成机理并制定改善对策。经分析发现,此种不可见异物亮点位置处液晶取向异常,通过进一步对不良区域微观结构和成分的分析,确认该区域表面有厚约 7.5~10 nm 的杂质区,造成液晶取向异常;然后通过液晶和配向膜取向异常的再现性测试,锁定摩擦布中背胶和柔顺剂残留是造成液晶取向异常的主要因素,明确了此不良的发生机理;最后,在生产线实际测试了减少背胶和柔顺剂的摩擦布,非异物亮点不良由 0.6%降至 0%,验证了我们的机理推测和实验室测试结果的有效性。

关键词:摩擦布;亮点;柔顺剂;背胶

中图分类号:TN141.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20203502.0115

Research and improvement of bright dot caused by abnormal liquid crystal alignment on TFT-LCD

ZHOU Bo, WANG Qi*, SONG Yong-zhi, HONG Young-tae, CHEN Wei-tao

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

Abstract: There are two main types of bright dot defects in TFT LCD where liquid crystal is aligned by rubbing process, one is with particles and the other is without particles. The former can be reduced by enhancing cleaning, but the way to reduce the bright dots without particles is barely studied, so research and experiments are performed. According to macro and micro result, the alignment of liquid crystal is abnormal because of impurities as tall as 7.5~10 nm in the defect area. It can be deduced that the abnormally alignment is caused by the remaining of the back coating and the softener agent on the PI surface. Lastly, the rubbing cloth, in which the back coating and the softener agent are reduced, is tested in our factory. The results show that the bright dots w/o particles decrease from 0.6% to 0% when the back coating and the softener agent in the rubbing cloth are reduced, which proves the effectiveness of the laboratory results and the correction of the mechanism.

Key words: rubbing cloth; bright dot; softener agent; back coating

收稿日期:2019-06-18;修订日期:2019-11-04.

* 通信联系人, E-mail: wqi@boe.com.cn

1 引言

目前市场上 ADS/IPS 等硬屏 TFT LCD 显示产品中,液晶取向技术仍主要是接触式摩擦配向工艺,其中亮点类不良由于其可视性,一直是显示屏出货的主要不良。

按照亮点不良形成原理,可以将其分为两大类:像素亮点和不规则亮点。像素亮点主要是由于单个 TFT 充电异常造成的整个亚像素亮点^[1],此种不良主要是依靠阵列基板(Array)工艺条件优化、检测维修工序进行改善及维修^[2];另一种不规则亮点,正如其名,亮点形状不规则,与 TFT 充电无关,按其成因又分为两大类:异物亮点和非异物亮点。由屏内可见异物造成的亮点即为异物亮点,异物亮点可以通过人员作业管理、清洗设备优化^[3]、摩擦强度优化^[4] 等方面进行改善。另一种非异物造成的不规则亮点,即为本文所要分析改善的亮点不良。

针对上述非异物亮点不良,一直未有有效的分析手段和明确的不良发生机理。本文通过对非异物亮点不良进行详细宏观和微观分析,同时建立实验室测试模型找到不良发生的根本影响要素,从本源上对这种不良建立了改善对策,并将改善条件在生产线进行了实际的验证及导入,验证了不良机理和实验室模型有效性,并提升了 TFT LCD 的量产良率。

2 非异物亮点不良的描述及初步分析

2.1 非异物亮点的不良描述

以我公司为例,该类不良的发生率维持在 0.5%~1.5% 左右,极大影响了我公司产品的良率和边效等级。

图 1 中像素亮区即为非异物亮点的不良显现。该不良具有 3 个特征:一是亮点大小形状不规则,可能小于一个亚像素,也可能是横跨几个亚像素,且形状边缘不规则;二是该亮点不良在玻璃母板和单个显示屏中的位置分布无集中性;三是使用显微镜观察时,微调焦距,亮点周边无晕且大小变化不明显。

由上述非异物亮点不良的特征,不良位置和

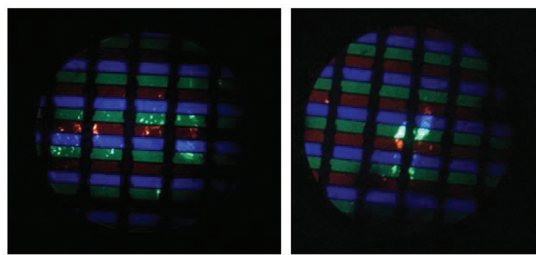


图 1 非异物亮点不良照片

Fig.1 Pictures of bright dot w/o particles

形状不固定,可以说明一个问题:这里所研究的液晶取向异常造成的亮点,与集中分布在摩擦阴影区(阵列金属布线边缘区)的摩擦力度不均匀造成的 PI 配向异常^[5] 亮点不一致,是由于其他原因影响了液晶取向而发生了亮点不良。

2.2 非异物亮点的初步分析

按照常规不良的分析思路,我们对非异物亮点不良进行了分析,在分析中发现不良在 TFT 和彩色滤光膜(CF)侧均有发生,由于 CF 侧现象便于观察,此处以 CF 侧不良为例进行介绍。主要分析步骤可参照图 2 所示。

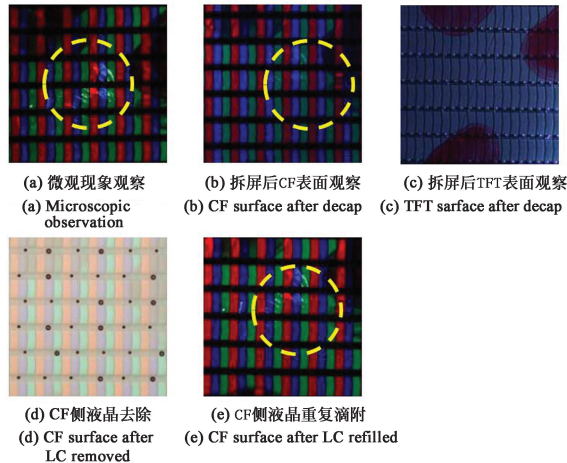


图 2 非异物亮点不良初步分析

Fig.2 Preliminary analysis of bright dots w/o particles

步骤一:实验室显微镜观察微观现象,如图 2(a),对不良区进行标记。

步骤二:将显示面板拆开分为 TFT 和 CF 两部分,在显微镜下分别观察 TFT 侧和 CF 侧是否存在可见不良,如图 2(b)和图 2(c) 所示,不良在 CF 侧可见,TFT 侧不可见。

步骤三:去除液晶后再次观察 CF 侧,确认不

良是否可见。见图 2(d),去除液晶后,CF 侧不良现象消失;

步骤四:在上述 CF 侧重新滴上液晶,放置在显微镜下进行观察,现象复现,如图 2(e)所示;

步骤五:去除液晶和配向膜(Polyimide, PI)后,CF 侧不良现象消失;

步骤六:在 CF 侧不良区重新滴上液晶,不良现象不可见。

综上,参考示例,可以判断所分析非异物亮点发生在 CF 侧,亮点由 PI 配向异常导致液晶取向异常^[6],显现为亮点不良。下面我们通过微观分析等手段对这里的 PI 配向异常产生的根本原因进行深入研究。

3 PI 配向异常原因分析

3.1 PI 配向异常区微观分析

我们主要采用原子力显微镜(AFM)和飞行时间二次离子质谱技术(Time of Flight Secondary Ion Mass Spectrometry, TOF-SIMS)两种分析设备对 PI 配向异常原因进行研究。同时为了便于分析,排除 CF 侧有机膜层的影响,选取成分较为简单的 TFT 侧不良为例进行分析

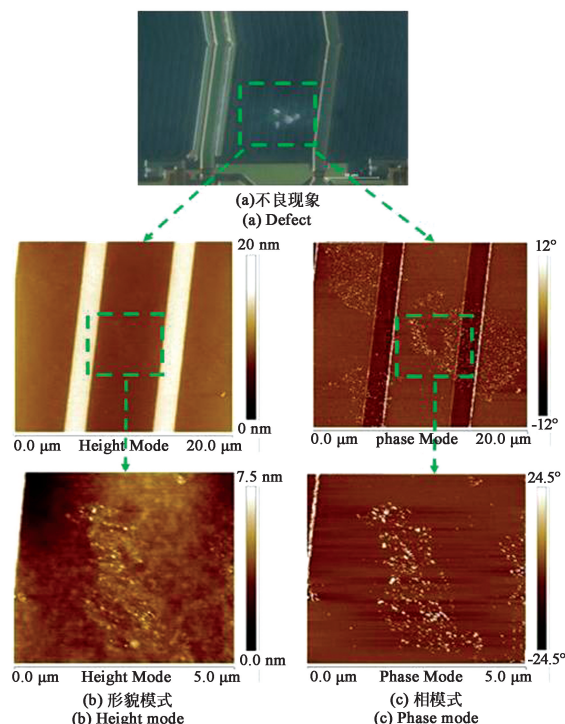


图3 AFM 分析结果

Fig.3 Analysis results of AFM

说明。

首先,使用 AFM 的形貌模式(Height Mode)和相模式(Phase Mode)^[7]对不良区域进行扫描。如图 3(a)为 TFT 的不良区域,去除 TFT 侧液晶后,利用 AFM 的形貌模式进行观察,发现在不良区域 PI 表面有 7.5~10 nm 厚的粗糙区,如图 3(b)所示;利用 AFM 相模式观察不良区域,发现有位相差异,说明该位置存在非 PI 成分的杂质。

根据 AFM 结果,可确认在不良区 PI 表面存在粗糙形貌的杂质层。由此结果也可以证明,这里所分析的亮点不是由于摩擦力度不均匀造成的 PI 配向异常,而是由于杂质影响了 PI 配向,进而影响了液晶取向形成亮点。

然后,用 TOF-SIMS 对杂质区成分进行了正离子和负离子分析^[8]。使用 TOF-SIMS 进行正离子测试,如图 4 所示,该杂质区检测到 $C_xH_yO_z$ 成分含量较高;使用 TOF-SIMS 进行负离子测试,如图 5 所示,该杂质区 $C_2H_3O_2$ 含量较高。

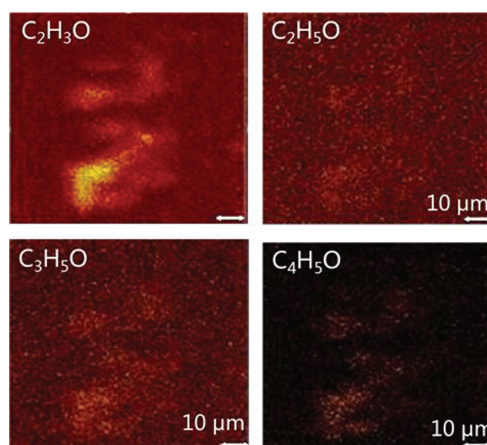


图4 TOF-SIMS 正离子分析结果

Fig.4 Positive ion analysis results of TOF-SIMS

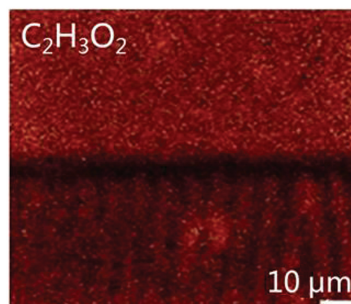


图5 TOF-SIMS 负离子分析结果

Fig.5 Negative ion analysis results of TOF-SIMS

综合 TOF-SIMS 测试结果,有机成分 $C_xH_yO_z$ 是造成该区域配向异常的主要成分。下面是对杂质成分产生的一个预测。

3.2 成分及机理推测

为了说明我们的机理推测,首先简单说明一下 LCD 的 PI 成膜、配向及 LCD 成盒的工艺制程^[9]。

(1)PI 成膜:采用辊轮或者喷墨^[10]的方式将 PI 分别涂覆在 TFT 基板和 CF 基板表面,经过预固化(约 100 °C,120 s)实现溶剂蒸发,并在主固化(约 230 °C,1 000 s)条件下完成酰胺转换,PI 膜厚约为 50~120 nm;

(2)摩擦配向:将摩擦布粘附在摩擦设备的辊轮上,控制辊轮转速、辊轮在基板上的压入量、基板行进速度等参数,分别对 TFT 和 CF 表面的 PI 进行摩擦配向;

(3)成盒前清洗:摩擦配向后,使用水、水气混合液等对 PI 表面进行清洗,去除 PI 表面异物,并通过风刀(Air Knife)和 IR 加热等设备去除基板表面水份;

(4)按照设计的图形,完成液晶滴入和封框胶涂覆;

(5)成盒:完成液晶滴入和封框胶涂覆的 CF 和 TFT 基板,在真空状态下进行对盒,对盒后对封框胶进行紫外线固化和热固化,完成成盒工艺。

LCD 的 PI 涂覆到成盒工艺过程中,易于产生杂质的环节主要在于接触式的摩擦配向,对发生机理的推测如下:

(1)杂质产生:在摩擦配向过程中,摩擦布中

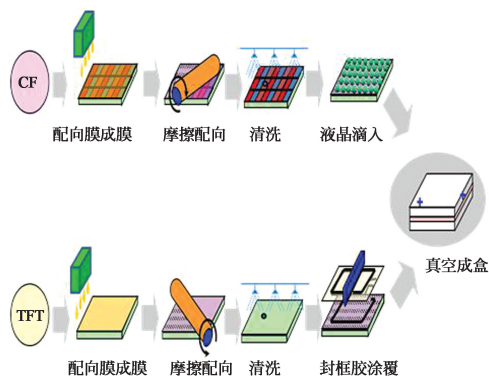


图 6 LCD 成盒工艺

Fig.6 LCD cell process

的成分、PI 的成分、TFT 表面膜层成分可能会散落在 PI 表面;

(2)杂质堆积:在成盒前清洗过程中,由于高压水、水气混合溶液的冲击以及气刀的冲击,上述杂质离子在 TFT 表面段差区域形成堆积,经 IR 热处理后,形成难以清除的杂质层;

(3)成分推测:由 TOF-SIMS 结果中有机物 $C_xH_yO_z$ 含量高可以推测出,杂质区可能的成分主要是摩擦布中的成分、PI 成分等有机成分。TFT 表面膜层成分主要为无机化合物和金属,在 TOF-SIMS 中未检出,可以将其排除。PI 碎屑成分已知,可以通过摩擦参数和 PI 材料优化改善,下面主要针对摩擦布中各种成分残留对 PI 配向和液晶取向的影响进行实验研究。

4 摩擦布成分与不良关联实验室再现分析

4.1 摩擦布主要成分说明

我公司 ADS 型 TFT-LCD 主要使用的是 Hybrid 摩擦布,如表 1 所示,其中有机成分主要包含布毛纤维、背胶、柔顺剂、防静电剂。

其中布毛纤维、背胶、防静电剂为摩擦布成品必要成分,柔顺剂会在纺织完成后被清洗掉,余少量残存在摩擦布中。

表 1 Hybrid 摩擦布主要有机成分

Tab.1 Main organic components of Hybrid cloth

序号	名称	作用	原材形态
1	布毛纤维	摩擦配向	固态
2	背胶	固定布毛	液态
3	柔顺剂	使布毛柔顺,便于纺织	液态
4	防静电剂	降低摩擦中的静电	液态

4.2 实验室测试方案设计

为了研究上述摩擦布中何种成分堆积形成了 PI 表面的杂质区,造成了亮点不良,我们进行了如下实验室测试方案设计。

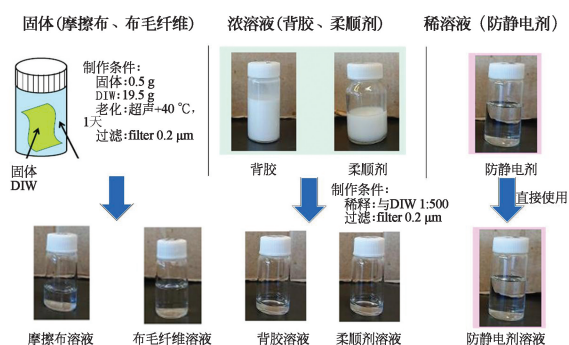
实验所用材料如表 2 所示,其中摩擦布、布毛纤维为固体状,背胶、柔顺剂为浓溶液,防静电剂为稀溶液。

表2 实验所用材料列表

Tab.2 Materials used in our experiments

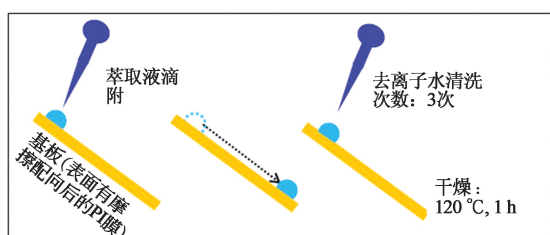
序号	材料	备注
1	Hybrid 摩擦布	
2	布毛纤维	
3	背胶	测试样品
4	防静电剂	
5	柔顺剂	
6	去离子水	测试溶剂
7	摩擦后 PI 基板	测试平台
8	液晶	复现测试

实验步骤设计如图7所示,共分为萃取溶液制作、萃取液滴附、点灯测试3个实验步骤。



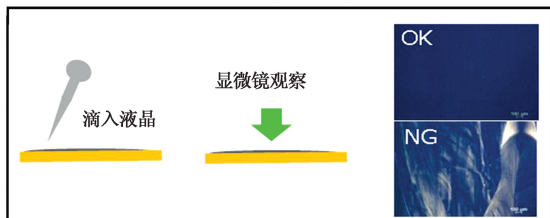
(a) 萃取溶液制作

(a) Preparation of extraction solution



(b) 萃取溶液滴附

(b) Surface treatment by the extraction solution



(c) 点灯测试

(c) Microscopic observation with LC

图7 实验室复现方法

Fig.7 Reproducing method in the laboratory

4.2.1 萃取溶液制作

为了便于测试,我们将各测试样品分别制作成测试溶液。

固态的 Hybrid 摩擦布和布毛纤维溶液制法,主要有溶解、老化和过滤3个小步骤。

(1)溶解:将上述固态物质放置到溶剂去离子水(DIW)中,固态物质质量分数为2.5%;

(2)老化:将上述溶液放置在40℃的环境中,静置1d,静置时保持超声处理;

(3)过滤:使用0.2 μm的过滤器进行过滤。

浓溶液状态的背胶、柔顺剂溶液制法主要有稀释和过滤两个步骤。

(1)稀释:使用DIW进行稀释,稀释比为浓溶液:DIW=1:500;

(2)过滤:使用0.2 μm的过滤器进行过滤。

防静电剂为稀溶液,无需处理直接使用。

4.2.2 萃取溶液滴附

在第一步中我们得到了 Hybrid 摩擦布、布毛纤维、背胶、柔顺剂和防静电剂的共5种萃取溶液。如图7(b)所示,将这5种溶液分别滴附在倾斜放置的PI基板上(已摩擦配向),随着液滴流动,其按照一定轨迹滑落PI基板。然后用DIW进行3次清洗,这是按照生产线的工艺流程模拟清洗过程。最后,将PI基板放置在120℃下干燥1min,完成了萃取溶液滴附。

4.2.3 点灯测试

将上述5种完成干燥的基板放置在点亮的背光源(背光源表面放置一层偏光片)上面,分别滴入液晶,分别使用显微镜观察,显微镜的偏光轴与背光源上偏光片偏光轴成一定夹角(90°最佳),如图7(c)所示。

4.3 实验室测试结果

图8为点灯测试观察到的5种溶液滴附后PI基板表面的画面。从图中可以看到,Hybrid 摩擦布、背胶、柔顺剂所对应的基板上出现了亮暗不一致的条纹,该条纹的出现代表了PI表面配向力受到了影响,与在图1中观察到的 TFT LCD 显示屏中非异物亮点现象一致。由此可见背胶和柔顺剂的成分是造成 TFT-LCD 中非异物亮点的主要杂质成分。



图 8 实验室测试结果

Fig.8 Test results in the laboratory

5 产线测试结果

依据上述实验结果,我们对摩擦布进行了改善优化,主要优化方向有两点:

- (1)加强织布后的清洗,增强柔顺剂和背胶脱落成分的去除能力,主要通过清洗水量加倍实现。
- (2)增加真空吸收环节,吸收背胶脱落成分,避免留存在摩擦布中。

使用优化后的摩擦布,我们进行了两次测试,从表 3 结果看出,非异物亮点均得到了有效改善,证实了我们的不良机理分析及实验结果是有效的。

从表 3 数据看,使用改善后的摩擦布,非异物亮点发生比例降低了 0.6%,按照我公司每个月 300 k 液晶面板的产量,每月可减少 1 800 片液晶面板的损失,按照每片 50 美元的价格,每月可以为公司减少 9 万美元的材料损失。

表 3 新摩擦布产线测试结果

Tab.3 Test results of new cloth in the factory

	产品平台	投入数量	非异物亮点发生率/%	改善效果
量产(Ref.)		4 300	0.6	
第一次测试	55UD	118	0	改善有效,
第二次测试		598	0	降低 0.6%

6 结 论

本文主要对使用 Hybrid 摩擦布的 TFT LCD 产品中出现的非异物亮点进行了机理研究。首先对非异物亮点进行了初步分析,不良区无可见异物,亮点的成因为 PI 膜配向和对应液晶取向异常;对 PI 配向异常的机理进行研究发现,PI 表面有 7.5~10 nm 的杂质区,影响了 PI 膜的配向,

其成分主要是 $C_xH_yO_z$;我们推导异物成分主要来源为摩擦布;通过建立实验室模拟测试方案,验证摩擦布中的柔顺剂和背胶成分是造成 PI 配向异常的杂质成分;最后对摩擦布中的柔顺剂和背胶成分进行了加强清洗和真空去除,在生产线测试取得了较好的结果。结果表明,柔顺剂和背胶成分加强去除后,非异物亮点不良由 0.6%降低至 0%,预计每月为我公司减少 9 万美元的材料损失。

参 考 文 献:

[1] 马宝平.TFT-LCD 点缺陷的分析与研究 [D].苏州:苏州大学,2009.
MA B P. Study and analysis of point defect in TFT-LCD process [D]. Suzhou: Soochow University, 2009. (in Chinese)

[2] 黄雅纹,陈再良.TFT LCD 常见点缺陷的检测与修复 [J].现代电子技术,2012,35(23):189-191.
HUANG Y W, CHEN Z L. Detection and repair of point defects in TFT LCD [J]. *Modern Electronics Technique*,

- 2012, 35(23): 189-191. (in Chinese)
- [3] 黎关超,王超,何伟,等.TFT-LCD 行业异物不良改善研究 [J].液晶与显示,2017,32(10):787-793.
LI G C, WANG C, HE W, *et al.* Research and improvement of particle defect in TFT-LCD industry [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(10): 787-793. (in Chinese)
- [4] 王海成,董天松,郑英花,等.TFT-LCD 制程中 Zara 点状不良的产生与改善研究 [J].液晶与显示,2013,28(5): 707-710.
WANG H C, DONG T S, ZHENG Y H, *et al.* Occurrence and improvement of Zara particle in TFT-LCD cell process [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(5): 707-710. (in Chinese)
- [5] 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)
- [6] 李晓吉,赵彦礼,栗鹏,等.TFT-LCD 改善“斑点不良”的研究 [J].液晶与显示,2017,32(7):507-511.
LI X J, ZHAO Y L, LI P, *et al.* Prevention of TFT-LCD's "spot issue" [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(7): 507-511. (in Chinese)
- [7] 潘丹梅,王力新,蔡东东,等.原子力显微镜几种成像模式在聚合物太阳能电池材料表征中的应用 [J].高分子通报, 2014(10):92-97.
PAN D M, WANG L X, CAI D D, *et al.* Application of some atomic force microscopic imaging mode in observation of polymer solar cells [J]. *Polymer Bulletin*, 2014(10): 92-97. (in Chinese)
- [8] 孙立民.飞行时间二次离子质谱在生物材料和生命科学中的应用(下)[J].质谱学报,2014,35(5):385-396.
SUN L M. Applications of time-of-flight secondary ion mass spectrometry in biomaterials and life science (Part II) [J]. *Journal of Chinese Mass Spectrometry Society*, 2014, 35(5): 385-396. (in Chinese)
- [9] 马群刚.TFT-LCD 原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2011.
MA Q G. *Principle and Design in TFT-LCD* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011. (in Chinese)
- [10] 王丹,马国靖,宋勇志,等.印刷型设备产生配向膜 Mura 研究 [J].液晶与显示,2014,29(6):881-885.
WANG D, MA G J, SONG Y Z, *et al.* PI alignment inkjet printing Mura [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(6): 881-885. (in Chinese)

作者简介:



周波(1985—),男,河北保定人,硕士,2010年于南开大学获得硕士学位,主要从事 TFT-LCD 工艺技术方面的研究。E-mail: zhoubo@boe.com.cn



王祺(1989—),男,山东日照人,硕士,2016年于天津大学获得硕士学位,主要从事 TFT-LCD 工艺技术方面的研究。E-mail: wqi@boe.com.cn