

基于彩色滤光片柱状隔垫物高度的液晶滴下工艺

熊奇, 许志军, 杨宗顺, 樊明雷, 张志聪, 胡宏波, 杨德波, 秦祖江, 熊永

引用本文:

熊奇, 许志军, 杨宗顺, 等. 基于彩色滤光片柱状隔垫物高度的液晶滴下工艺[J]. 液晶与显示, 2020, 35(5): 437-443.

XIONG Qi, XU Zhi-jun, YANG Zong-shun, et al. LC drop process based on PS height of color filter[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(5): 437-443.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203505.0437>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

关于液晶联动的分析研究

Research of PS and LC link

液晶与显示. 2017, 32(7): 543-547 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173207.0543>

TFT-LCD重力Mura的影响因素

Influencing factors of TFT-LCD gravity Mura

液晶与显示. 2019, 34(5): 496-500 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193405.0496>

叠层方式形成彩色滤光片隔垫物的研究

Forming photo spacer by layer stacking on TFT-LCD CF substrate

液晶与显示. 2017, 32(12): 956-960 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173212.0956>

TFT-LCD改善"斑点不良"的研究

Prevention of TFT-LCD's "spot issue"

液晶与显示. 2017, 32(7): 507-511 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173207.0507>

TN型液晶面板气泡不良分析研究与改善

Analysis and improvement of bubble defect in TN mode liquid crystal panel

液晶与显示. 2019, 34(7): 634-639 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193407.0634>

文章编号:1007-2780(2020)05-0437-07

基于彩色滤光片柱状隔垫物高度的液晶滴下工艺

熊 奇*, 许志军, 杨宗顺, 樊明雷, 张志聪, 胡宏波, 杨德波, 秦祖江, 熊 永
(重庆京东方光电科技有限公司 重庆 400714)

摘要:液晶滴下工艺是 TFT-LCD 生产中的关键技术。液晶的滴下量一般选取在不发生低温气泡和高温重力 Mura 的范围内,这被称为 LC Margin。LC Margin 越窄,液晶滴下的中心量距离上下限的范围越小,生产过程中随工艺波动容易出现低温气泡和重力 Mura 不良。本文针对 LC Margin 窄的产品($\leq 3\%$)提出了根据彩色滤光片柱状隔垫物的高度进行整批次分液晶面板进行液晶滴下的方法。生产过程中对该方法产出的液晶面板进行高低温测试,结果显示没有重力 Mura 及低温气泡出现,优化了液晶滴下工艺,为 LC Margin 窄的产品在生产中应用提供了一种新的解决方案。

关键词: TFT-LCD; LC Margin; 彩色滤光片; 柱状隔垫物高度; 液晶滴下

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20203505.0437

LC drop process based on PS height of color filter

XIONG Qi*, XU Zhi-jun, YANG Zong-shun, FAN Ming-lei, ZHANG Zhi-cong,
HU Hong-bo, YANG De-bo, QIN Zu-jiang, XIONG Yong

(Chongqing BOE Optoelectronics Technology CO., LTD., Chongqing 400714, China)

Abstract: Liquid crystal drop process is the key to the TFT-LCD technology. Generally, the selection of liquid crystal drop amount of products refer to the range of liquid crystal without cold bubble and gravity Mura, that is, LC Margin. The narrower the margin is, the smaller the range of upper and lower limits of the liquid crystal center distance of the product, and the cold bubble and gravity Mura are liable to occur during the process fluctuation. In this paper, a method of liquid crystal drop by panel is proposed according to the PS height of color filter for products with narrow LC Margin ($\leq 3\%$). There is no cold bubble and gravity Mura in the test of high and low temperature during the production process with this method, at the same time, the liquid crystal dropping process was optimized. It provides a new solution for products with narrow LC Margin.

Key words: TFT-LCD; LC margin; color filter substrate; PS height; LC drop

1 引言

近年来随着 TFT-LCD (Thin Film Transistor-

Liquid Crystal Display) 技术的飞速发展,企业之间的竞争也越来越激烈,提质增效,精益管理,突破创新是各大液晶面板厂商近期追求的目标。液晶滴下工艺作为 TFT LCD 的关键技术,也得到不断

收稿日期:2019-10-16;修订日期:2019-12-13.

* 通信联系人, E-mail: xiongqi@boe.com.cn

发展^[1-4]。在实际生产中由于产品的 LC Margin (不发生低温气泡和高温重力 Mura 的液晶量范围)小,工艺波动很容易出现一些不良,如高温重力 Mura、低温气泡等,严重影响产品品质^[5-7]。一旦出现这些不良,需要耗费大量的人力、物力、时间挑选不良产品,影响出货节奏和出货品质,若不良产品发生在客户端,会给公司的品牌形象产生巨大的负面影响。

为解决 LC Margin 窄(一般 $\leq 3\%$)的问题,通常会变更产品的设计,增加主柱状隔垫物与辅助柱状隔垫物的高度差,拓宽 LC Margin,如半透掩膜版、多重透过率掩膜版技术的开发等,但是掩膜版采购成本高,验证导入周期时间长。因此在现有产品设计的基础上进行液晶滴下工艺的优化,拓宽 LC Margin,显得特别重要。目前液晶滴下主要有 3 种方式:固定一种液晶量进行生产;在玻璃基板上分不同区域进行液晶量的滴下;根据摩擦配向后每张玻璃基板的柱状隔垫物(Photo Spacer,PS)高度进行液晶联动的方式滴下。本文在以上 3 种方式的基础上探讨了根据整批次每个液晶面板在彩膜工厂的柱状隔垫物高度进行液晶滴下的方法,简称整批次液晶面板联动。在实际生产中能够有效避免低温气泡和高温重力 Mura 的发生,为 LC Margin 窄的产品提供了一种新的解决办法。

2 液晶滴下方式对比

液晶注入由最开始的真空灌注技术发展到现在 One Drop Filling(ODF)工艺,生产效率得到大幅提高。目前液晶滴下方式主要分为 3 种:

(1)整张玻璃基板固定一种液晶量进行滴下。

根据产品的 LC Margin 范围,选取满足光学及其他信赖性的液晶量进行生产,一般选取中心液晶量。目前这种方式在量产中被广泛采用。

(2)分区域滴下。实际生产中,由于曝光机设备左右两侧机台存在差异,导致产出的玻璃基板左右两边柱状隔垫物高度不同,根据不同柱状隔垫物高度的 LC Margin,分不同区域进行液晶量滴下,简称分区域液晶量滴下。

(3)PS-LC 联动。具体方法是根据摩擦配向后的柱状隔垫物高度与液晶滴下量,拟合出二者的线性关系。生产时需测试每张玻璃基板每个液晶面板或每个小区域(用区域内液晶面板的柱状隔垫物高度进行代替)的柱状隔垫物高度,根据联动公式计算出相应液晶面板或相应区域的液晶滴下量,简称 PS-LC 联动。目前这种方式主要应用在小尺寸产品上。

本文在以上 3 种液晶滴下方式的基础上,结合产品设计及实际生产情况,提出了以整批次每个液晶面板在彩膜工厂的柱状隔垫物高度进行液晶滴下的方法。具体来说,根据彩膜工厂的柱状隔垫物高度与液晶滴下量,拟合出线性公式,由整批次每个液晶面板柱状隔垫物高度均值代入公式,计算液晶滴下量。这种方法相对于传统的 PS-LC 联动,是以彩膜工厂的柱状隔垫物高度来代替摩擦配向后的柱状隔垫物高度,且不用测试每张玻璃基板柱状隔垫物高度,也不需要进行设备投资及软体改造。通过这种方法生产的产品经高低温测试,结果表明无重力 Mura 及低温气泡发生,大幅拓宽了 3%的工程管控范围,提升了工艺制程能力。4 种液晶滴下方式对比情况如表 1 所示。

表 1 液晶滴下方式对比
Tab.1 Comparison of LC drop method

液晶滴下方式	固定液晶量滴下	分区域滴下	整批次液晶面板联动	PS-LC 联动
适应范围	TV 或 NB 或 MNT	NB	NB	Mobile
柱状隔垫物高度	摩擦配向后	摩擦配向后	彩膜工厂产出时	摩擦配向后
是否投资	否	否	否	是
是否影响产能	否	否	否	是
风险性	大	中	小	小

3 数据分析

通常行业内用摩擦配向后的柱状隔垫物高度代入联动公式计算需要滴下的液晶量。这种方式需要测试每张玻璃基板的柱状隔垫物高度,严重影响产能。若以整批次柱状隔垫物高度作为参考,测试完成后还需要进行数据处理以确定相应液晶面板的液晶量后再进行后续生产,整个过程占用大量时间,会导致液晶成盒工序无法正常投入。在权衡产能与品质后,我们提出了采用彩膜工厂的柱状隔垫物高度作为参考的方法,产出后正常投入聚酰亚胺(Polyimide,PI)涂覆及摩擦工

序,不会占用生产时间。通过整批次柱状隔垫物高度均值计算每个液晶面板液晶滴下量,探讨进行整批次液晶面板联动可行性。

3.1 彩膜工厂测试的柱状隔垫物高度与摩擦配向后高度分析

在液晶面板生产过程中,玻璃基板在彩膜工厂产出后会经过聚酰亚胺涂覆、聚酰亚胺加热固化、摩擦配向、液晶成盒等工序。为分析彩膜工厂产出的柱状隔垫物高度与摩擦配向后柱状隔垫物高度差异,我们选取5张玻璃基板,分别对彩膜基板产出、聚酰亚胺涂覆前、聚酰亚胺涂覆后、摩擦配向后柱状隔垫物高度进行测试,测试结果如表2所示。

表2 各工序完成后测试的柱状隔垫物高度对比

Tab.2 Comparison of PS height after the completion of each process

PSH/ μm	彩膜产出	PI涂覆前	PI涂覆后	摩擦配向后	差值(彩膜-PI前)	差值(PI前后)	差值(摩擦前后)
1	3.241	3.237	3.103	3.102	0.004	0.134	0.001
2	3.241	3.236	3.103	3.104	0.005	0.132	-0.001
3	3.243	3.242	3.106	3.107	0.001	0.136	-0.001
4	3.244	3.241	3.105	3.104	0.003	0.136	0.001
5	3.239	3.239	3.105	3.100	0.000	0.134	0.005

从表2中可以看出,彩膜工厂产出的柱状隔垫物高度与聚酰亚胺涂覆前(未进行聚酰亚胺涂覆和摩擦配向工序)的柱状隔垫物高度差异不大,差值在 $0.005\mu\text{m}$ 以内(测试设备机差管控 $\text{Spec}<0.01\mu\text{m}$),表明彩膜工厂柱状隔垫物高度测试设备与摩擦配向后测试设备无差异;经过聚酰亚胺涂覆后柱状隔垫物高度下降了约 $0.135\mu\text{m}$,而摩擦配向前后柱状隔垫物高度差值在 $0.005\mu\text{m}$ 以内,几乎无变化。因此聚酰亚胺涂覆工序是柱状隔垫物高度降低主要原因,摩擦配向工序对柱状隔垫物高度无影响。

3.2 聚酰亚胺涂覆工序柱状隔垫物高度降低原因

为进一步研究聚酰亚胺涂覆工序柱状隔垫物高度降低原因,对比了聚酰亚胺涂覆前及未进行聚酰亚胺涂覆但进行加热固化工序(Skip PI)的柱状隔垫物高度,测试数据如表3所示。

从表3可以看出,仅仅是经过加热固化工序(玻璃基板上无聚酰亚胺覆盖),柱状隔垫物高度

表3 PI工序对柱状隔垫物高度的影响

Tab.3 Influence of PI process on PS height

PSH/ μm	PI涂覆前	Skip PI	差值
1	3.236	3.175	0.061
2	3.238	3.178	0.060
3	3.240	3.181	0.059
4	3.239	3.177	0.062
5	3.241	3.182	0.059

就降低了约 $0.06\mu\text{m}$ 左右。表明加热后柱状隔垫物体积收缩,高度降低。

进一步对柱状隔垫物顶部的聚酰亚胺涂覆进行分析,如图1所示。发现从柱状隔垫物底部到顶部,聚酰亚胺越来越少,顶部的聚酰亚胺膜很薄($0.01\mu\text{m}$ 以内)。而柱状隔垫物高度是通过顶部距离色阻基准面的差值计算而来。色阻上有较厚聚酰亚胺膜覆盖,但顶部几乎无聚酰亚胺,则测试会有高度差,如图2所示。因此经过聚酰亚胺涂

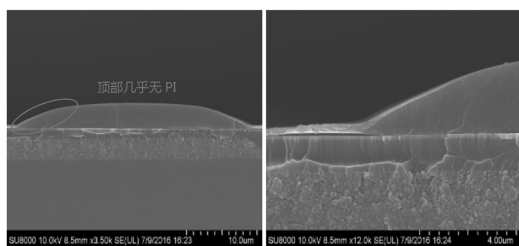


图 1 柱状隔垫物顶部形貌

Fig.1 Top of PS

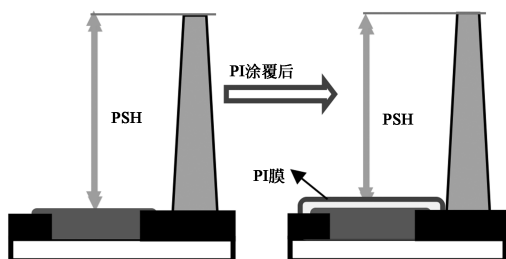


图 2 柱状隔垫物高度测量示意图

Fig.2 Measurement schematic diagram of PS height

覆工序后,柱状隔垫物高度降低的主要原因是聚酰亚胺涂覆后色阻基准面升高及固化加热的影响。一般在生产中,聚酰亚胺膜厚度及加热固化温度和时间基本不会调整,工艺稳定,因此柱状隔垫物高度的变化是稳定的,使用彩膜工厂的柱状隔垫物高度代替摩擦配向后的柱状隔垫物高度具有技术上的可行性。

4 实施措施

根据上文分析可知,彩膜工厂的柱状隔垫物高度与摩擦配向后的柱状隔垫物高度差值基本为固定值。类似根据摩擦配向后的柱状隔垫物高度进行液晶滴下量方法,我们以彩膜工厂的柱状隔垫物高度进行液晶量滴下公式的模拟。

4.1 各批次彩膜工厂的柱状隔垫物高度稳定性

为降低柱状隔垫物高度波动的影响,需要选取稳定的线体进行生产。以产品 A 为例,随机对某批次 40 张玻璃基板柱状隔垫物高度进行确认,监控其批次内变化。具体数据如图 3 所示。

从图 3 可知,同一批次内柱状隔垫物高度最大值、最小值、平均值变化不大(左侧坐标轴)。批次内每张玻璃基板上柱状隔垫物高度的制程能力指数 $Cpk \geq 1.33$ (Complex Process Capability in-

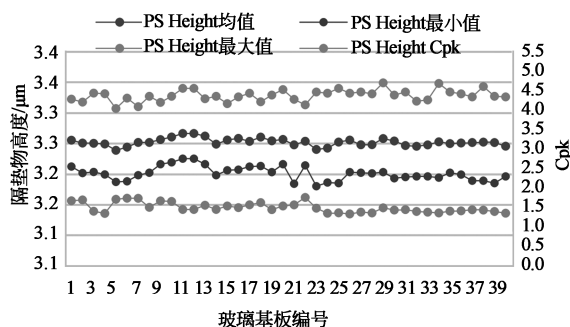


图 3 柱状隔垫物高度波动

Fig.3 Fluctuation of PS height

dex, Cpk), 工艺制程能力相对比较稳定。

4.2 联动公式建立

以产品 A 为例,随机选取 9 张彩膜工厂产出的玻璃基板,每张玻璃基板每个液晶面板均进行柱状隔垫物高度测试,按照 $\pm 6\%$ 、 $\pm 4.5\%$ 、 $\pm 3\%$ 、 $\pm 1.5\%$ 、 0% (相对中心液晶量的质量百分比, 0% 为中心液晶量) 进行液晶量的滴下,产出后对所有液晶面板进行高低温测试,选出既没有重力 Mura 也没有低温气泡的液晶量范围,即得到 LC Margin。然后依据 LC Margin 评价结果及中心液晶量的柱状隔垫物压缩率,模拟出柱状隔垫物高度与液晶量之间的线性关系,即联动公式: $y = 54.209x + 63.062$ (y 为整个液晶面板内液晶滴下量, x 为彩膜工厂产出后的柱状隔垫物高度),如图 4 所示。

由于产品 LC Margin 较小,为防止生产过程中单个液晶面板柱状隔垫物高度测试出现异常,液晶滴下量的上下限需保留一定的液晶 Margin,对公式进行合理的优化,具体如表 4 所示。

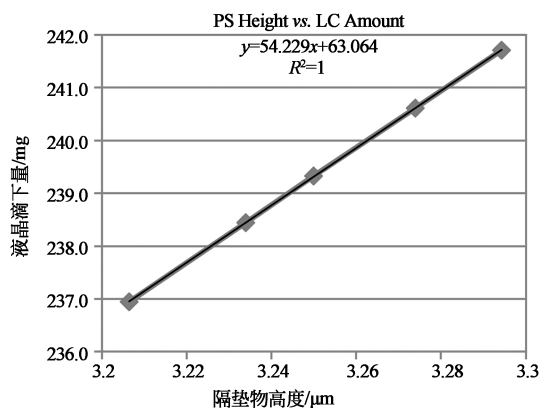


图 4 柱状隔垫物高度与液晶滴下量的关系

Fig.4 PS-LC link formula

表 4 液晶滴下公式优化

Tab.4 Optimization of LC drop formula

PSH/ μm	LC Amount/mg/Panel
<3.206	236.940 3
$3.206 \leq \text{PSH} \leq 3.294$	$54.209\text{PSH} + 63.062$
>3.294	241.704 5

4.3 联动流程图

以产品 A 为例,在生产过程中,整张玻璃基板上每个液晶面板均进行柱状隔垫物高度测试,通过计算得到整批次玻璃基板每个液晶面板柱状隔垫物高度均值,代入联动公式计算得到所滴下的液晶量,具体联动流程如图 5 所示($n=1,2,3, \dots$)。

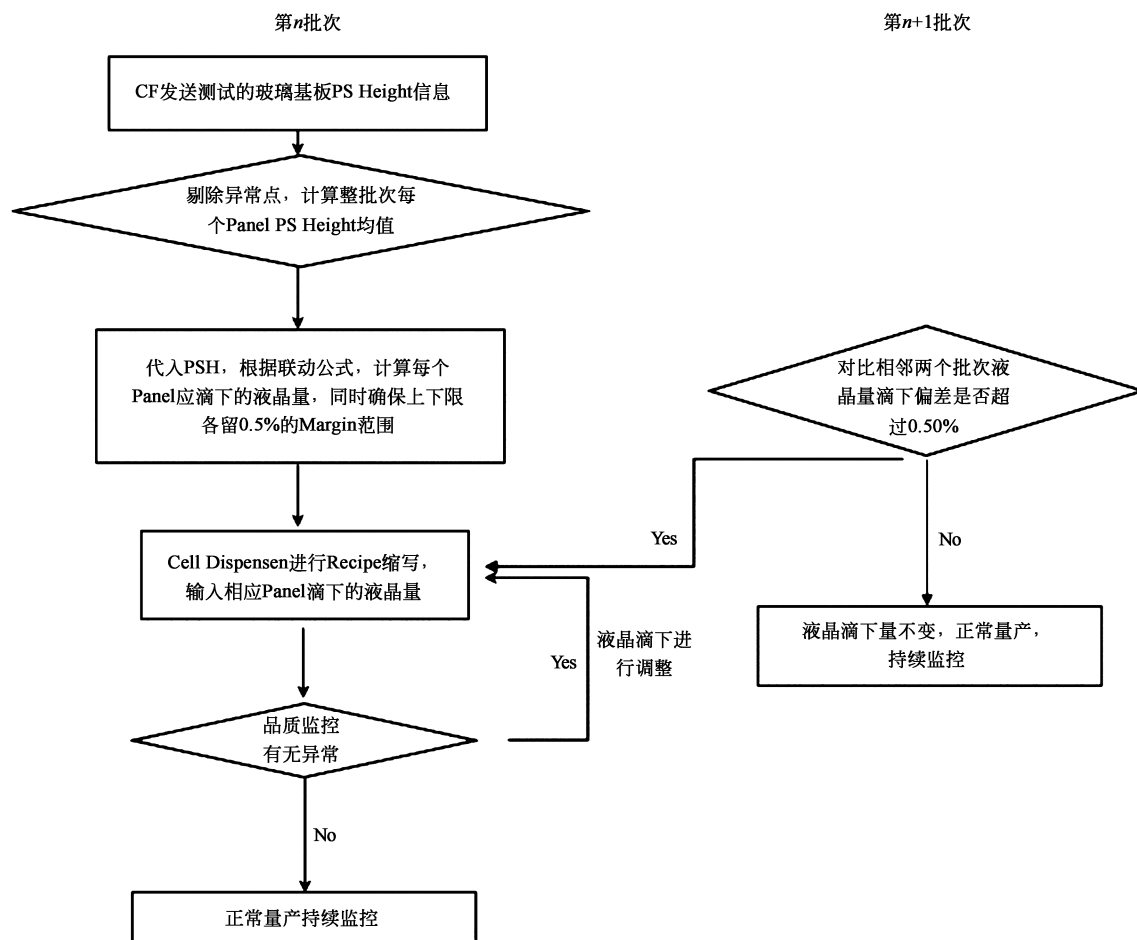


图 5 整批次液晶面板联动流程图

Fig.5 Flow chart of whole batch single panel PS-LC link

5 结果与讨论

5.1 柱状隔垫物高度压缩率对比

在阵列基板和彩膜基板完成对盒工艺后,柱状隔垫物在液晶盒内是被压缩的,一般来说,液晶量越多,盒内体积越大,柱状隔垫物高度的形变量越小,压缩率越小,发生重力 Mura 的风险越大。反之,液晶量越少,柱状隔垫物高度的形变量越

大,压缩率也越大,发生低温气泡的风险也越大。在生产过程中,由于受到阵列基板膜层厚度、柱状隔垫物高度及成盒时液晶滴下量波动等影响,玻璃基板上每个液晶面板的柱状隔垫物高度压缩率也会不同。在合理的柱状隔垫物高度压缩率范围内,整张玻璃基板每个液晶面板柱状隔垫物高度的压缩率变化越小,均一性越好,说明工艺制程越稳定,发生不良风险性越小。对比整张玻璃基板固定液晶量滴下和整批次液晶面板联动的柱状隔

垫物高度压缩率,如表 5 所示,压缩率的波动从 4.96%降低至 2.26%, σ 也从 0.010 4 降低到 0.006 6,因此液晶面板联动发生低温气泡和重力 Mura 的风险也大幅降低。

表 5 液晶面板联动及固定液晶量滴下柱状隔垫物高度压缩率对比

Tab.5 Comparison of PS deformation between fixed LC drop and single panel LC drop

压缩率	Max/%	Min/%	Ave./%	Range/%	σ
固定液晶量	19.20	14.24	16.10	4.96	0.010 4
液晶面板联动	16.08	13.81	14.84	2.26	0.006 6

5.2 高低温发生结果

对比固定液晶量滴下和整批次液晶面板联动两种方法的低温气泡和重力 Mura 发生率,如表 6 所示。由表中可知通过整批次液晶面板联动,改善低温气泡效果明显,不良发生率从 2.98%降低至 0%,有效提升了产品品质。

表 6 不同液晶滴下方式不良发生率

Tab.6 Defect ratio of different methods of LC drop

滴下方式	数量/pcs	低温气泡/%	重力 Mura/%
固定液晶量	30 000	2.98	0
液晶面板联动	35 000	0	0

6 结 论

通过对比不同液晶滴下工艺,分析彩膜工厂柱状隔垫物与摩擦配向后柱状隔垫物高度变化,发现经过聚酰亚胺涂覆和摩擦配向工序后柱状隔垫物的高度降低是稳定的。在生产中以彩膜工厂柱状隔垫物高度评价出 LC Margin,得到联动公式,然后代入整批次每个液晶面板柱状隔垫物高度均值,得到相应的液晶滴下量进行生产。生产的产品经过高低温测试,无高温重力 Mura 及低温气泡发生,大大拓宽了 3%的工程管控范围,提升了工艺制程能力。相对传统的联动方式,不需要进行大规模投资,为 LC Margin 窄的产品提供了一种新的解决思路。

参 考 文 献:

- [1] 江桥,孟凡维,管礼志,等. 关于 Photo Spacer 高度与 LC 滴入数据联动的研究报告[J]. 电子世界, 2016, 15: 191-193.
JIANG Q, MENG F W, GUANG L Z, *et al.* Research of photo spacer and LC drop data link [J]. *Electronics World*, 2016, 15:191-193. (in Chinese)
- [2] 苗丹丹,董安鑫,谭聪,等. 关于液晶联动的分析研究 [J]. 液晶与显示, 2017, 32(7):543-547.
MIAO D D, DONG A X, TAN C, *et al.* Research of PS and LC Link [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(7):543-547. (in Chinese)
- [3] 杨国波,王永茂,王向楠,等. ODF 工艺中液晶滴下量的优化 [J]. 液晶与显示, 2011, 26(3):324-328.
YANG G B, WANG Y M, WANG X N, *et al.* Optimization of LC drop amount in ODF and PS process [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystal and Displays*, 2011, 26(3):324-328. (in Chinese)
- [4] 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.* Develop of ODF process [J]. *OME Information*, 2011, 28(1): 23-27.
- [5] 邓明锋. LCD Bubble Issue 分析与改善研究 [D]. 广州:华南理工大学, 2017.
DENG M F. Analysis and improvement of LCD bubble [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2017. (in Chinese).
- [6] 郝延顺,庞鲁,魏永辉,等. TFT-LCD 制程中 Bubble 的分析与改善研究 [J]. 电子技术与软件工程, 2015, 11:138.
HAO Y S, PANG N, WEI Y H, *et al.* Analysis and improvement of Bubble in TFT-LCD process [J]. *Electronic Technology & Software Engineering*, 2015, 11:138. (in Chinese)
- [7] 王绍华,吴飞,宣津,等. ODF 工艺中液晶滴下与边框胶穿刺关系研究 [J]. 科技创新与应用, 2018, 4:74-77.
WANG S H, WU F, XUAN J, *et al.* Study on the relationship between LC drop and border glue puncture in ODF process [J]. *Technology Innovation and Application*, 2018, 4:74-7.

作者简介:



熊 奇(1987—),男,湖北十堰人,2014 年于太原理工大学获得硕士学位,主要从事液晶显示面板产品良率提升、不良解析及改善等方面的研究。E-mail: xiongqi@boe.com.cn