

液晶扩散不均问题的原理分析与改善

李其扬, 王月, 张猛, 高章飞, 韩海滨

引用本文:

李其扬, 王月, 张猛, 等. 液晶扩散不均问题的原理分析与改善[J]. 液晶与显示, 2020, 35(9): 921–926.

LI Qi-yang, WANG Yue, ZHANG Meng, et al. Analysis and improvement of liquid crystal diffusion inhomogeneity[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(9): 921–926.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203509.0921>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

TFT-LCD TN曲面显示器色不均现象的研究

Prevention of uneven color for TFT-LCD TN curve panel

液晶与显示. 2020, 35(2): 128–135 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203502.0128>

TFT-LCD工艺中角落白Mura的成因机理研究与改善

Research and improvement of corner white Mura in TFT-LCD

液晶与显示. 2018, 33(7): 583–589 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183307.0583>

TFT-LCD中液晶取向异常亮点机理研究及改善

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

液晶与显示. 2020, 35(2): 115–121 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203502.0115>

喷墨涂覆配向膜涂覆的质量优化

Quality improvement of inkjet coating alignment film

液晶与显示. 2020, 35(4): 341–349 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203504.0341>

大尺寸薄膜晶体管液晶显示器的一种条状显示不均的分析和改善研究

Analysis and improvement of a larger size TFT-LCD block mura

液晶与显示. 2016, 31(11): 1033–1037 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163111.1033>

文章编号:1007-2780(2020)09-0921-06

液晶扩散不均问题的原理分析与改善

李其扬*, 王 月, 张 猛, 高章飞, 韩海滨

(合肥京东方显示技术有限公司, 安徽 合肥 230000)

摘要:在 TFT-LCD 产品中,液晶扩散不均是一种常见的不良缺陷。此种缺陷形状不规则,现象为液晶屏中存在形状不规则小气泡。它的主要原因是由于液晶未完全扩散导致的。为了改善这种缺陷,本文通过流体 Washburn 模型模拟液晶扩散过程,发现液晶流动时间和液晶初始位置是关键因素,并利用上述两个关键因素设计实验。实验结果表明,将液晶滴注形状由 2×5 型变更为“工”字型,有效地解决了扩散不均的问题。同时将对盒设备进行实验,发现抽真空时间增加至 50 s 更有利于此问题的解决。另外,对加热设备进行实验,发现加热实验延长至 100 min,同样有利于解决不良。所以,改变液晶滴下的初始位置、增加抽真空时间、增加加热固化时间等方式可有效改善液晶扩散不均现象。

关键词:液晶;成盒;扩散不均

中图分类号:TN141.9 **文献标识码:**A **doi:**10.37188/YJYXS20203509.0921

Analysis and improvement of liquid crystal diffusion inhomogeneity

LI Qi-yang*, WANG Yue, ZHANG Meng, GAO Zhang-fei, HAN Hai-bin

(Hefei BOE Display Technology Co., Ltd., Hefei 230000, China)

Abstract: Liquid crystal diffusion is a common defect in TFT-LCD products. The defect is that there are small irregular bubbles in the LCD screen. The main reason for this kind of small bubble is the incomplete diffusion of liquid crystal. In this paper, Washburn model is used to simulate the liquid crystal diffusion process to solve this problem. It is verified that the liquid crystal flow time and the initial position of liquid crystal have a great influence. The experiment is designed with the above two key factors. The results show that the liquid crystal droplet shape is changed from 2×5 type to ‘工’-shape, which effectively solves the non-uniform diffusion. It is found that the increase of vacuum time by 50 s is helpful to solve this problem. In addition, the heating time is extended to 100 min, which is also conducive to solve the problem. Therefore, changing the initial position of the liquid crystal drop, increasing the vacuum time and heating curing time can effectively improve the liquid crystal diffusion unevenness.

Key words: liquid crystal; cell; diffusion inhomogeneity

收稿日期:2020-02-18;修订日期:2020-05-04.

* 通信联系人, E-mail: liqiyang@boe.com.cn

1 引言

TFT-LCD (Thin film transistor liquid crystal display) 的发展过程经历了漫长的研究阶段,现在已经成为人类生活中重要的显示器件,覆盖生活中的方方面面。它具有低重量、低功耗、高清晰、价格低等优点^[1-3]。目前 TFT-LCD 正在向着画面质量更加清晰饱满、尺寸更大、厚度更薄、边框更窄的方向发展。在 TFT-LCD 产品的对盒工艺中,液晶扩散不均的问题亟待解决。它的形成原因是由于液晶扩散不充分导致的,其消失的时间一般为 6~15 h^[4-6]。但是这个时间在实际生产中不具备量产性。另外,扩散不均现象消失后约 15% 的液晶屏会产生污渍现象,严重影响产品质量。

液晶扩散不均现象产生的原因有很多,包括液晶滴下量过少,液晶盒内支撑隔垫物过高等因素^[7]。本文在流体 Washburn 模型的理论基础上,发现改变液晶滴下的形状、对盒真空时间、加热固化时间等因素可以有效改善不良。实验结果表明,改变液晶的滴下形状能在保证生产成本及生产节拍的同时,有效改善产品液晶扩散不均现象,并对液晶扩散不均现象消失后产生的污渍进行有效抑制。同时发现抽真空时间和加热固化时间的增加也可以有效解决此不良。

2 原理

2.1 液晶扩散不均现象机理

液晶扩散不均现象的形成机理为阵列基板(TFT)和彩色矩阵基板(CF)的对盒后,会在边角或其他区域发现颜色异常,尺寸一般在 0.3~0.5 mm 之间。以 ADS 产品为例,正常区域在有背光的偏光下呈现常黑模式,而异常区域因为没有受到液晶偏光作用,背光完全透过,所以显示的是玻璃透过光后的白色,如图 1 左所示;扩散不均现象消失后约 15% 的液晶屏会产生污渍现象,如图 1 右所示。

2.2 液晶扩散的 Washburn 模型

液晶扩散的模型分为单基板扩散、平行板间扩散两个过程。单基板扩散是指液晶在开放中的环境依靠自身重力进行扩散,平行板间扩散指液

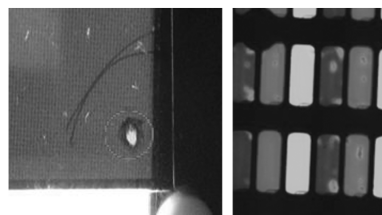


图 1 液晶扩散不均现象

Fig.1 Liquid crystal unfilled phenomena

晶在阵列基板和彩膜矩阵基板对盒后的扩散过程。由于平板间扩散起到主导作用,而单基板的扩散程度较小。所以单基板扩散导致的差异可以忽略不计,实际生产过程中只考虑平行基板扩散的影响。

液晶是介于液态和结晶态之间的软物质。液晶在 -50 °C 的低温时呈现白色塑料状的晶体状态;随着温度的上升,逐渐变软,呈透明油脂状的黏性流体状态;常温时黏度变得更小,呈白糖水状态。温度到达熔点,液晶就会融化成液体;如果继续上升,液晶就变成了透明的液体。变成透明时的温度叫做液晶的清亮点^[8]。由于实际生产中无低温状态,所以不用讨论低温情况。现将液晶在平行板间的扩散分为常温和高温下的平行板间扩散。常温状态为液晶在对盒设备内的扩散过程,高温状态为液晶在热固化炉内的扩散过程。工艺流程为先进进行对盒,再进行高温热固化。下面从常温、高温两个方面进行讨论。

2.2.1 液晶在常温下的平行板间扩散

液晶在常温下的平行板间扩散主要为液晶在对盒设备内的过程,此时液晶分子在平行放置的 TFT 阵列基板和 CF 彩膜基板的中间进行扩散。液晶在常温下扩散遵从流体流动 Washburn 模型^[9]:

$$t = \frac{3\mu x^2}{\sigma b \cos\varphi}, \quad (1)$$

其中: t 为液晶在平行板间的流动时间, σ 为表面张力系数, x 为 t 时刻的流体位置, φ 为接触角, μ 为流体的黏滞系数, b 为平行板间的距离。

换算之后可得到:

$$x = \sqrt{\frac{t\sigma b \cos\varphi}{3\mu}}, \quad (2)$$

由 Washburn 模型可知,液晶分子的扩散程度由液晶在平行板间的流体位置 x 来表述, x 越大说

明液晶在平行板间的扩散距离越远、扩散程度越理想。而影响流体位置的因素有液晶在平行板间的流动时间、表面张力系数、接触角、流体的粘滞系数、板间距离等。其中,表面张力、接触角和粘滞系数均为液晶材料本身因素,很难通过变更工艺条件来改善。平行板间距离 b 为产品设计值,影响到液晶的响应时间和透过率^[10]等多种因素,不会轻易变更。因此本文考虑从改善平行板间的流动时间 t 方面入手。

另外,同时考虑到液晶滴下的初始位置 s 会直接影响液晶的扩散程度。综上所述,本文从液晶在平行板间的流动时间 t 和液晶滴下的初始位置 s 两方面进行实验设计,论述液晶扩散不均的改善方案。

(1) 液晶滴下的初始位置

描述液晶滴下形状主要分为以下3个参量:每两排液晶滴间的距离 a 、液晶滴到液晶屏短边的距离 b 和液晶滴到液晶屏长边的距离 c (图2)。液晶扩散后,在平行板间呈椭圆形向四周扩散(图3)。影响液晶在边角处扩散的主要因素是距离 L 。

$$L = \sqrt{c^2 + b^2} \quad (3)$$

现将 t 时刻的流体位置 x 分为3种情况讨论:① $x < L$: 有液晶扩散不均现象;② $x = L$: 无液晶扩散不均现象,无穿刺现象;③ $x > L$: 无液晶扩散不均现象,但是有液晶穿刺现象出现,影响产品质量。

液晶在平行板间扩散前,由于受到两基板对盒时作用力的影响,会迅速呈现椭圆形的扩散形状(图3)。一般情况下它的四角距离屏幕边缘仍存在一定距离,为液晶扩散的薄弱区域。通常方法为通过减小 b 和 c , 使液晶扩散的薄弱区域缩减,从而使扩散更充分。但是 b 、 c 的缩短会导致屏幕长、短边附近的液晶冲出屏幕像素区,产生穿刺不良(图4)。所以本文在下一节重点讨论了通过变更液晶滴下形状的方法来改善此问题。

(2) 平行板间的流动时间

由 Washburn 模型可知,增加对盒时的真空保持时间 t 对于液晶扩散可以起到有利效果。但是实际生产中,由于此时液晶屏内的封框胶在对盒时仍为液态。如真空时间过长,会导致液晶扩散到封框胶内,引起穿刺不良。所以下一节会重点针对真空时间进行实验研究。

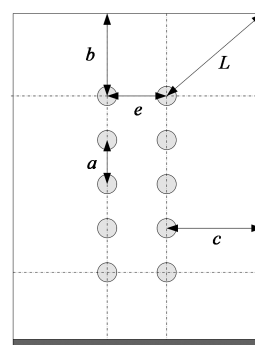


图2 液晶滴初始位置的 a 、 b 、 c 、 L 。

Fig.2 a , b , c , L of initial position of LC.

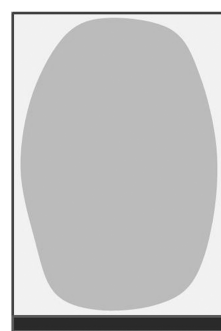


图3 液晶滴扩散后的位置

Fig.3 Position of LC diffusion

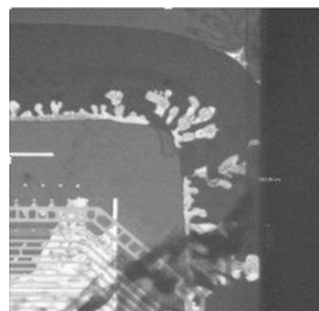


图4 穿刺不良

Fig.4 Seal leak defect

2.2.2 液晶在高温下的平行板间扩散

液晶在高温下的平行板间扩散是指液晶在热固化炉内的扩散过程。由于热固化炉内温度为 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, 而液晶熔点为 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。此时它已变成液态, 流动性更好, 更有利于扩散。并且经过高温加热后的封框胶已经变成固体, 所以不会产生液晶扩散到封框胶内的情况, 也就不会产生穿刺不良。

3 结果与讨论

3.1 液晶滴下形状实验

以 139.7 mm(5.5 in)产品为例,如图 2 所示,液晶滴下的滴数为 10 滴。其中 b 、 c 分别为液晶滴与屏幕短边和长边的距离, L 为液晶滴距离边角的距离(即在 t 时刻内液晶需要扩散的距离)。原始生产条件为 2×5 的液晶滴下排布(图 2),此时 b 、 c 、 L 均比较大,若要减小 L ,可通过减小 b 、 c 来改变,但是这样就会增加穿刺的风险。改善方法将液晶排布变更为“工”字型(图 5),主要变更点如下:

(1)由于液晶扩散不均主要发生在液晶屏的 4 个边角。所以实验通过减小 b 和 c ,使 L 减小。这样可以增加液晶的扩散距离 χ ,使得屏幕边角的液晶扩散更充分。

(2)当减小 b 时,屏幕 4 角的液晶滴和短边的距离也减小了,会有穿刺的风险。但是此时距离 c 也同时减小,使得距离 e 增加。由于 e 增加,液晶滴的横向范围扩散距离增大,使得原本纵向扩散的液晶可以横向移动,有效避免短边中间位置的纵向的穿刺发生。

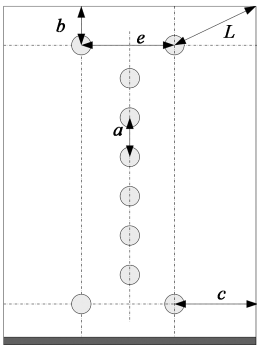


图 5 新的液晶滴下形状
Fig.5 New LC pattern

原始 2×5 滴下形状时, $a=11.8\text{ mm}$, $b=36.5\text{ mm}$, $c=28.5\text{ mm}$ 。此时扩散不均的发生率为 9.2%。本实验通过减小 b 、 c 的距离进行改善。由于 a 距离不是关键因素,所以本实验中涉及的 a 变更均为配合 b 减小时所做出的相应调整。实验设定 b 的减小步长设计为 3 mm, c 的减小步长设计为 0.5 mm,共进行 10 组实验。通过结果可知,当 $b=18.5\text{ mm}$ 、 $c=25.5\text{ mm}$ 时,此时液晶的扩散效果最为理想。若 b 、 c 继续再减小,会发生

穿刺不良。根据 Washburn 模型可知,改变液晶的滴下形状可有效降低液晶 t 时刻的流体位置,使液晶扩散更充分。

表 1 液晶滴下形状与不良发生率
Tab.1 LC pattern and defect ratio

No.	a/mm	b/mm	c/mm	扩散不均/%	穿刺/%
1	11.8	36.5	28.5	9.2	0.0
2	7.6	33.5	28.0	6.9	0.0
3	8.5	30.5	27.5	7.1	0.0
4	9.3	27.5	27.0	4.5	0.0
5	10.2	24.5	26.5	3.8	0.0
6	11.0	21.5	26.0	1.7	0.0
7	11.9	18.5	25.5	0.3	0.0
8	12.7	15.5	25.0	0.2	4.1
9	13.6	12.5	24.5	0.1	5.5
10	14.5	9.5	24.0	0.2	5.8

3.2 增加真空对盒设备的时间

真空保持时间 t 为设备内达到一定真空值后的保持时间。根据 Washburn 模型(式(2))可知, t 越长,越有利于液晶在盒内的扩散。但是由于此时屏内的封框胶在对盒时仍为液态。如真空时间过长,会导致液晶一直扩散到封框胶内,会引起穿刺不良。所以综合考虑,设计实验如表 2 所示。结果表明,随着真空保持时间的增加,液晶的扩散效果更为充分。但是增加到 60 s 之后,产生了穿刺不良。所以最佳的真空保持时间为 50 s。

表 2 真空对盒设备保持时间与不良发生率
Tab.2 Vacuum time and defect ratio

No.	真空保持时间/s	扩散不均/%	穿刺/%
1	0	8.6	0.0
2	10	8.8	0.0
3	20	6.2	0.0
4	30	4.2	0.0
5	40	3.2	0.0
6	50	0.3	0.0
7	60	0.4	3.6
8	70	0.2	5.9

3.3 增加液晶屏热固化时间

热固化时间是指液晶屏在加热固化炉内的时间。原始加热时间为 60 min,此时仍有液晶扩散不均现象发生。由于液晶熔点为 100 ℃左右,此时它变成液态,流动性更好,更有利于扩散。所以

表 3 加热固化时间与不良发生率
Tab.3 Heating time and defect ratio

No.	加热时间/min	扩散不均/%
1	60	7.9
2	70	6.7
3	80	3.5
4	90	2.2
5	100	0.9

实验设计延长加热时间的方案。同时,由于此时封框胶已为固态,所以不用考虑穿刺影响。实验结果表明,加热时间为 100 min 时,扩散效果最为理想,如表 3 所示。由于工厂产能等因素制约,大于 100 min 不具备量产性。

4 结 论

本文主要对 TFT-LCD 行业中液晶扩散不均的现象进行研究。通过 Washburn 模型理论分析,增加液晶的流动时间有利于解决扩散不均,同时改变滴下形状也可起到同样效果。结合实验,验证了改变液晶滴下形状、增加真空保持时间、延长加热固化时间 3 种方案可有效改善上述问题。从理论和实验出发,论证了液晶扩散不均的解决方案。

参 考 文 献:

- [1] 栗鹏,朴正湔,金熙哲,等.ADS 模式低存储电容像素设计[J].液晶与显示,2017,32(1):19-22.
LI P, PIAO Z H, JIN X Z, *et al.* Low storage capacitance pixel design of ADS mode [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(1): 19-22. (in Chinese)
- [2] 侯柳强.负性液晶显示器显示特性的研究[D].天津:河北工业大学,2016.
HOU L Q. The characteristics of liquid crystal display with negative liquid crystal [D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2016. (in Chinese)
- [3] 王菲菲,邵喜斌.负型液晶在 ADS 广视角技术中的应用[J].液晶与显示,2016,31(8):760-767.
WANG F F, SHAO X B. Application of negative LC in ADS wide view technology [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2016, 31(8): 760-767. (in Chinese)
- [4] 王小元,方琰,王武,等.ADS 双栅线结构高透像素设计[J].液晶与显示,2019,34(6):543-548.
WANG X Y, FANG Y, WANG W, *et al.* High transmittance pixel design of ADS dual gate structure [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2019, 34(6): 543-548. (in Chinese)
- [5] 王慧慧.基于负性液晶材料功能化液晶薄膜的制备及其性能研究[D].北京:北京科技大学,2015.
WANG H H. Studies on properties of functional liquid crystals films preparation based on electro-optical properties of liquid crystals with negative dielectric anisotropy [D]. Beijing: University of Science and Technology Beijing, 2015. (in Chinese)
- [6] 童芬.基于负性液晶的边缘电场广视角显示技术的研究[D].上海:上海交通大学,2015.
TONG F. Study of fringe field switching display technologys based on the negative liquid crystal [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2015. (in Chinese)
- [7] 周华.盒厚控制工艺对液晶显示器件光电特性影响的研究[D].上海:上海交通大学,2014.
ZHOU H. Study on cell gap process of TFT LCD and the impact of display effect [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2014. (in Chinese)
- [8] 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 of TFT-LCD* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011. (in Chinese)
- [9] 刘栋宏,张琦,张磊,等.TFT-LCD 中的液晶扩散研究[J].液晶与显示,2014,29(2):213-218.

- LIU D H, ZHANG Q, ZHANG L, *et al.* Diffusion study of liquid crystal in TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(2): 213-218. (in Chinese)
- [10] 顾筠筠. TFT-LCD 的驱动原理及利用驱动改善画质[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- GU J J. The driver principle of TFT-LCD and improvement of display by driver system[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2008. (in Chinese)

作者简介:



李其扬(1988—),男,吉林长春人,硕士,高级工程师,2014 年于长春理工大学获得硕士学位,主要从事 TFT-LCD 产品工艺相关的研究。E-mail:liqiyang@boe.com.cn