

文章编号:1007-2780(2016)03-0242-07

TN 型产品 Zara Domain 理论研究与分析改善

高荣荣*, 陈杰, 刘俊豪, 郭红光, 张周生, 左爱翠, 桑胜光
(合肥京东方光电科技有限公司 Cell 分厂, 安徽 合肥 230012)

摘要: Zara Domain 是高 PPI TN 型 TFT-LCD 制成中较为常见的一种不良, 为了提高产品品质, 急需改善 Zara Domain。以 3.97 in TN 产品(PPI 235)为例, Zara Domain 发生率 30%, 对产品良率影响较大, 文章结合生产情况对 Zara Domain 发生的原因进行理论分析和实验验证, 得出改善 Zara Domain 的方法。首先, 产品设计上可以通过增加平坦膜改善彩膜侧平坦度。其次, 材料上可以选择高预倾角的配向膜以及低 Pitch 的液晶分子。最后工艺上优化摩擦强度和对盒后冷却工艺。实验结果表明: 通过设计, 材料, 工艺三方面改善, 最终生产过程中 Zara Domain 发生率<1%, 提高了产品品质。
关键词: Zara Domain; 配向膜 & 液晶材料; 摩擦工艺; 急速冷却
中图分类号: TP394.1; TH691.9 **文献标识码:** A **doi:**10.3788/JYXSS20163103.0242

Theory research and analysis of Zara Domain on TN mode

GAO Rong-rong*, CHENG Jie, LIU Jun-hao, GUO Hong-guang,
ZHANG Zhou-sheng, ZUO Ai-cui, SANG Sheng-guang

(Cell Department of Hefei BOE Display Technology Co., Ltd., Hefei 230012, China)

Abstract: In order to improve the display quality of TN mode TFT-LCD product, Zara domain must be resolved which is a common defect. This paper talks about the 30% ratio Zara domain defect of 3.97 in TN mode TFT-LCD product with 235 PPI. Experiments show that the main factor influencing Zara domain is the matching of design and cell process & materials. First of all, we increase the thickness of OC to improve the CF side plainness. Second, we chose high pre-tilt angle PI ink & low pitch LC materials. Finally, the rubbing strength parameter & cooling ratio was adjusted. With suitable experiment conditions, good matching of design and cell process & materials, the display quality was largely improved, which Zara domain ratio is less than 1%.
Key words: Zara Domain; PI&LC materials; rubbing process; quickly cooling

1 引言

Zara 一词来源于日语, 多指液晶面板在暗态下显示区域发生的微小漏光的现象, 对于不良最

简单的判断办法就是在暗室中切换到黑色画面以及低灰阶画面, 然后从各个不同的角度仔细观察, 液晶显示器就会有一些小漏光现象^[1]。Zara Domain 会影响产品的品质, 影响 TFT-LCD (Thin film transistor-liquid crystal display) 面板产品的

生产良率,变相地增加了面板生产的成本,所以需要从根本上解决这个不良^[2]。

本文通过生产 3.97 in(1 in=2.54 cm) TN(扭曲向列型)产品(PPI235)为例,从现象分析和理论研究得出影响 Zara Domain 的主要因素有产品设计(表面平坦度、配向膜和液晶材料、摩擦强度和冷却工艺),找出开发阶段预防不良和量产阶段迅速改善不良的方法,从根本上解决 Zara Domain。

2 Zara Domain 现象与特点

2.1 Zara Domain 现象

面板在黑色画面以及低灰阶画面可以看到不良现象,从不同的角度和不同的灰阶,不良表现为亮点或者是暗点,面板不加信号旋转不良仍然可见,如图 1。



图 1 Zara Domain 现象
Fig.1 Phenomenon of Zara Domain

目镜观察 Zara Domain,不良一般为单个像素全部发亮或者是半个像素发亮(月牙状),摩擦角度不同对应的不良现象不同,如图 2。(1)面板 9 点钟摩擦时产生的不良,(2)面板 3 点钟摩擦时产生的不良现象,(3)面板 3 点和 9 点摩擦是都会产生的不良现象。

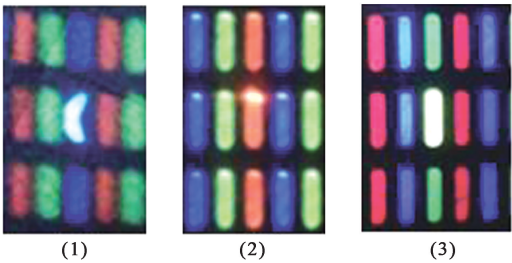


图 2 Zara Domain 显微镜照片
Fig.2 Microscope phenomenon of Zara domain

2.2 Zara Domain 特点

- (1)指压可消失
- (2)高温后急速冷却可修复
(高温:温度大于液晶清亮点温度)

3 Zara Domain 原理

液晶分子在配向膜上的扭曲排列发生紊乱,导致有部分光线可以透过,产生 Zara Domain。

液晶分子在配向膜上的有序排列是通过摩擦配向实现,即高分子 PI 膜表面用摩擦布滚轮进行接触式的定向机械摩擦,摩擦高分子表面所提供的能量使高分子主链因延伸而定向排列,从而控制液晶配向排列^[3],摩擦布从段差高处摩擦至段差低处时,对应布毛容易损伤,造成局部区域配向不均,产生摩擦弱区(与正区域比较摩擦弱区配向能力异常),如图 3 所示。

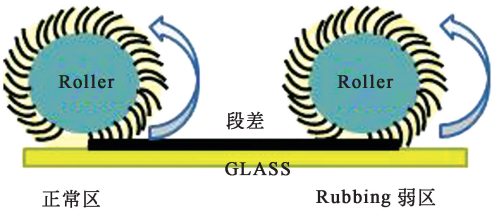


图 3 摩擦弱区示意图
Fig.3 Schematic of rubbing weak area

高 PPI 面板,TFT&CF 面段差更加密集,像素边缘段差对摩擦工程影响更加明显,即摩擦后的像素边缘弱区更加明显,面板整体摩擦均一性变差,液晶分子在配向膜上的排列容易发生紊乱,易产生 Zara Domain。

TN 型产品液晶分子的扭曲排列方式是通过摩擦过程决定的^[4],则摩擦方向对应的 Zara Domain 的现象关系如下:

TN 产品通过摩擦后液晶分子在盒内成 90°螺旋排列,面板点亮时光线从 TFT 侧照射,由于液晶分子的左旋特性,面板内液晶分子沿着 TFT 侧摩擦的结束位置顺时针排列旋转 90°到 CF 侧摩擦开始的方向,液晶分子成 90°排列^[5],Zara Domain 的现象表现为月牙状,月牙状的形状与液晶分子扭曲方向应,如图 4 所示。

从上面可以看出不同的摩擦角度,对应的液晶分子排列以及 Zara Domain 现象不同,3.97 in

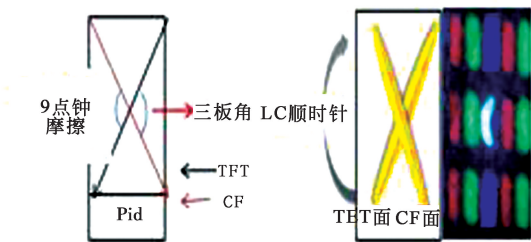


图 4 摩擦方向 & 液晶排列 & 不良现象示意图
Fig. 4 Schematic of Rubbing& LC &Zara Domain

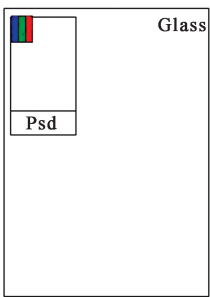


图 5 像素在产品 和 Glass 上的排列
Fig. 5 Pixel arrangement in Glass

TN 产品像素在面板和玻璃上的排列,如图 5 所示。

以 3.97 in TN 产品的 9 点钟和 12 点钟摩擦方向为例说明。

9 点钟的摩擦方向:

光线从 TFT 侧照射,当部分液晶扭曲排列发生紊乱,容易产生平行长边的液晶排列问题,严重时整个像素发亮。

12 点钟的摩擦方向:

光线从 TFT 侧照射,当部分液晶扭曲排列发生紊乱,容易产生平行短边的液晶排列问题,严重时整个像素发亮。

9 点和 12 点钟的摩擦角度,对应的液晶分子排列以及 Zara Domain 现象不同,并且 Zara Domain 的现象摩擦方向相对应,如图 6 所示。

参考方向	摩擦方向和视角	液晶分子状态	不良现象

图 6 不同摩擦角度对应的液晶分子排列及 Zara Domain 现象
Fig. 6 Different rubbing angle & LC &Zara Domain phenomenon

4 实 验

实验测试在 TFT-LCD 工厂中进行,选取 3.97 in TN 产品(PPI235)为例进行测试,每次实验测试都是单变量测试,最后样品做产品点灯对样品进行 Zara Domain 发生与否判定,最后统计 Zara Domain 的发生率。

4.1 设计方面

选择 CF 侧无平坦膜和有平坦膜的 CF Glass 各 2 张,其它工艺条件相同,最终做成样品进行 Zara Domain 发生与否进行判定。

4.2 材料方面

4.2.1 配向膜材料对 Zara Domain 影响

选择两款不同预倾角的液进行实验,如表 1。

表 1 不同预倾角的配向材料设计
Tab.1 Design of PI

Split	配向材料 (PI)	预倾角/(°)	样品数量 /PCS
1	配向膜-A	4.9	900
2	配向膜-B	6.0	900

配向膜在经过摩擦后,配向分子基板表面会维持一个夹角,此夹角称为预倾角(θ)^[6],如图 6 所示。预倾角使得液晶分子规则排列。影响预倾角的因素有配向材料、配向材料固化过程、摩擦过程等因素决定。

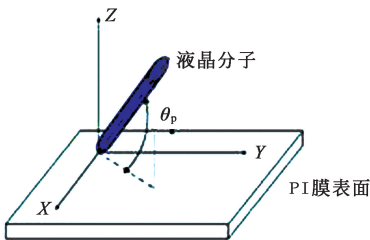


图 6 预倾角示意图
Fig. 6 Schematic of pre-tilt angle

4.2.2 液晶材料对 Zara Domain 的影响

选择三款不同 Pitch 的液晶进行实验,如表 2。

表 2 不同 Pitch 的液晶设计

Tab.2 Design of different LC Pitch

Split	液晶 Material	Pith/ μm	样品数量/ PCS
1	液晶-A	52	900
2	液晶-B	50	900
3	液晶-C	45	900

Pitch 指螺旋结构的周期^[3],如图 7 所示。

4.3 工艺方面

摩擦 & 液晶滴下工艺优化:优化摩擦强度,确保液晶分子在配向膜表面有一个合适的预倾角和配向能力,以及优化液晶滴下工艺中基板冷却工序确保一个合适的 Zara Domain 修复环境。

4.3.1 摩擦工艺(强度)对 Zara Domain 影响

选择摩擦布-A,其厚度为 1.7 mm 进行测试,

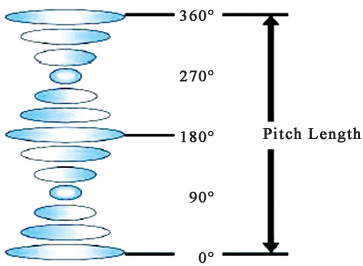


图 7 Pitch Length 示意图
Fig. 7 Schematic of Pitch Length

配向材料配向材料-B,通过调整摩擦次数以及不同的摩擦强度值验证 Zara Domain 发生率。

表 3 不同摩擦条件的设计
Tab. 3 Design of Rub Split

Split	摩擦 次数	TFT&CF 强度	预倾角 /(°)	样品数 量/Pcs
1	30 次	1.8	5.3	900
2	2 次	2.1	5.7	900
3	1 次	2.2	6.0	900
4	1 次	1.5	6.2	900

4.3.2 基板冷却工艺对 Zara Domain 影响

液晶滴下工艺中封框胶经过高温固化后需要经过冷却装置急速冷却,冷却装置是采用风扇式冷却,如图 8 所示。直接跳过冷却装置验证 Zara Domain 发生率。

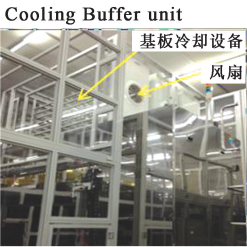


图 8 冷却设备
Fig. 8 Cooling Buffer

5 结果与讨论

5.1 设计方面

从图 9 可以看出,有平坦膜时 Zara Domain 发生率为 1.28%,没有 OC 发生率 30.25%。

SEM 确认平坦膜时 CF 表面平坦度的影响,

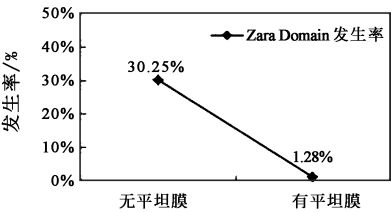


图 9 有无平坦膜对 Zara Domain 发生率
Fig. 9 Zara Domain rate about OC

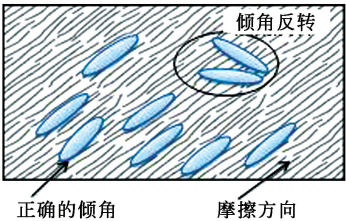


图 12 倾角反转方向
Fig. 12 pre-tilt angle reversal

没有平坦膜时像素周边段差 $1.33\text{ }\mu\text{m}$;有平坦膜时 CF 表面基本没有段差,如图 10。有平坦膜时摩擦后像素周边的配型更均一,像素周边的液晶分子的扭曲排列更好^[5],所以有平坦膜时 Zara Domain 明显改善。

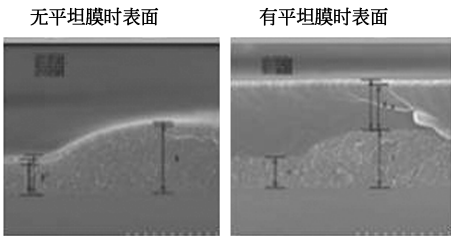


图 10 CF 侧像素边缘示意图
Fig. 10 Schematic of CF Side

5.2 材料方面

5.2.1 配向膜材料对 Zara Domain 的影响

不同预倾角的配向膜材料 Zara Domain 发生率如图 11 所示。

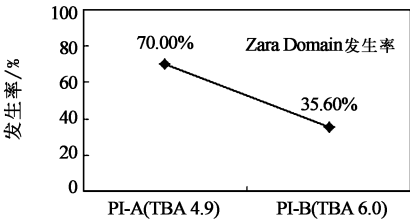


图 11 不同 PI 材料 Zara Domain 发生率
Fig. 11 Zara Domain rate about different PI

由图 11 可知配向膜-B(预倾角 6.0)比配向膜-A(4.9)的 Zara Domain 发生率降低 34.4%,配向膜材料预倾角高时,Zara Domain 发生率降低,主要原因是预倾角较大,液晶分子扭曲摆列比较稳定,如果预倾角小,容易发生倾角反转区域,液晶分子在这个区域排列容易发生排列紊乱^[7],如图 12 所示,引起 Zara Domain 现象。

在高 PPI 产品中,像素周边摩擦后配向不均

现象严重,一般选择预倾角较高的配向材料 ($5\sim6^\circ$),使得液晶分子能更好在配向膜上呈扭曲排列^[8]。

5.2.2 液晶材料对 Zara Domain 的影响

不同 Pitch 的液晶材料 Zara Domain 发生率如图 13 所示。

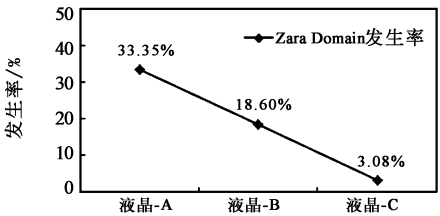


图 13 不同 LC 材料 Zara Domain 发生率
Fig. 13 Zara Domain rate about different LC

从图 13 可以看出,液晶-A(Pitch 52) 的 Zara Domain 发生率 33.35%,液晶-C(Pitch 45) 的 Zara Domain 发生率 3.08%,随着 Pitch 的降低,Zara Domain 发生率降低,其主要原因是 TN 型液晶根据手性掺杂剂混合量具备旋转特性及 HTP(Helical Twisting Power),HTP 越大液晶旋转特性就越大,降低 pitch,可以增加液晶旋转特性(HTP)如式(1)^[9]:

$$\text{HTP}=\frac{C}{P} \tag{1}$$

液晶旋转性增强,对于这种液晶扭曲导致的 Zara Domain 有一定的改善。

即:降低 Pitch,增加液晶旋转能力,从实验测试结果可以得出:Pitch 从 $50\sim65\text{ }\mu\text{m}$ →降低到 $40\sim50\text{ }\mu\text{m}$,Zara Domain 发生率明显降低。

5.3 工艺方面

5.3.1 摩擦工艺对 Zara Domain 影响

选择摩擦布-A 厚度为 1.7 mm 进行测试,配向液为配向液-B,不同摩擦条件对应的 Zara Domain 发生率,如图 14。

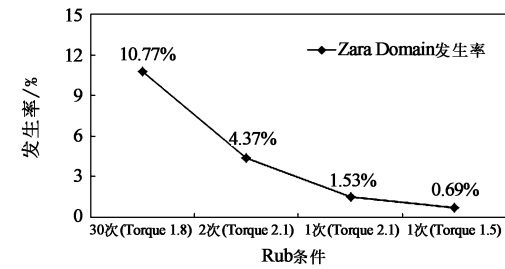


图 14 不同摩擦条件 Zara Domain 发生率
Fig. 14 Zara Domain rate about different Rub condition

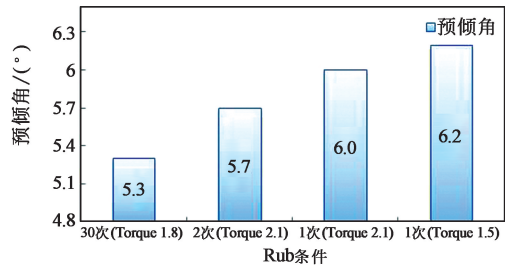


图 15 不同摩擦条件预倾角的大小
Fig. 15 pre-tilt angle about different Rub condition

图 14 中可以看出,随着摩擦强度的降低,Zara Domain 发生率降低。

主要原因是由于摩擦强度降低,预倾角变高,如图 15 所示,摩擦强度增加预倾角降低,当摩擦强度降低时预倾角变高,液晶分子在配向膜上排列更好,利于 Zara Domain 改善,但是摩擦强度不能太低,要确保摩擦后液晶分子在配向膜上合适的配向能力,实际生产中优化摩擦强度,摩擦强度过强或者过低均不利于产品的品质,如果摩擦强度太强,预倾角偏低,容易发生倾角反转,液晶排列异常,摩擦强度太弱,预倾角变高,但配向能力变弱,容易产生其它不良,实际生产过程中确保一个合适的摩擦强度,保证预倾角较高,同时也要确保摩擦后的像素的配向能力,降低 Zara Domain 的发生率。

5.3.2 基板冷却工艺对 Zara Domain 影响

基板不进行冷却,Zara Domain 发生率如图 16 所示。

由图 16 可以得出基板对盒后封框胶不经过

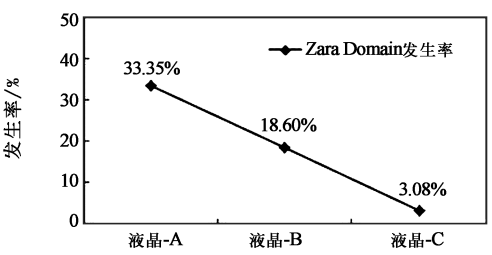


图 16 不同 ODF 条件 Zara Domain 发生率
Fig. 16 Zara Domain rate about different DOF

高温固化后,Zara Domain 发生率升高,正常面板急速冷却 Zara Domain 发生率降低,主要原因是面板经过高温后进行急速冷却时,液晶分子从液态变为液晶态,液晶分子的扭曲排列进行了重新排列,这种重新排列和冷却速度有关系,面板常温冷却,液晶分子的恢复排列效果较差,当经过 Cooling 急速冷却时,液晶从液态到液晶态重新排列的效果较好^[10],所以工艺上需要优化急速冷却设备设备,达到迅速降温的目的,从而有效降低 Zara Domain 发生率。

6 结 论

通过对 3.97 in TN 产品设计、材料(配向膜和液晶)、工艺(摩擦和急速冷却工艺)的研究找到了 Zara Domain 产生的根本原因是液晶分子扭曲排列异常,导致有部分光线透过而产生,不良的改善在开发阶段通过增加 CF 侧平坦膜、选择预倾角高的配向材料、选择 Pitch 较低的液晶材料进行改善,产品量产阶段可以通过优化摩擦强度保证具有高的预倾角和一定配向能力、优化急速冷却工艺尽力实现快速冷却,Zara Domain 发生率 30%→1%。

Zara Domain 的理论分析与实验验证为高 PPI TN 产品的开发提供了理论依据,根据本文的研究和实验结果可以把 Zara Domain 在开发阶段尽力克服,同时量产阶段能迅速降低不良,增加公司效益。

参 考 文 献:

[1] 刘永智,杨开愚. 液晶显示技术[M]. 成都:电子科技大学出版社,2000:339-345.
LIU Y Z, YANG K Y. *Liquid Crystal Display Technology*[M]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China Press, 2000: 339-345. (in Chinese)

- [2] 车春城. 广视角 FFS 技术 Cell 研究与设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2007.
CHE C C. *CELL research and design of FFS wide viewing angle technology*[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2007. (in Chinese)
- [3] 齐鹏, 施园, 刘子源. TFT-LCD Touch Mura 不良的研究与改善[J]. 液晶与显示, 2013, 28(2): 204-209.
QI P, SHI Y, LIU Z Y. Research and improvement of touch Mura in TFT-LCD[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(2): 204-209. (in Chinese)
- [4] 王新久. 液晶光学与液晶显示[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 239-245.
WANG X J. *Liquid Crystal Optics & Liquid Cristal Display*[M]. Beijing: Science Press, 2006: 239-245. (in Chinese)
- [5] 郑先锋, 祝迎花, 金婷婷, 等. 高 PPI 产品下的取向膜画面品质改善研究[J]. 液晶与显示, 2015, 30(4): 608-615.
ZHENG X F, ZHU Y H, JIN T T, *et al.* Research on improving picture quality of alignment film [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(4): 608-615. (in Chinese)
- [6] 刘志杰, 卢鑫, 汪映寒. 液晶垂直取向膜材料的研究[J]. 高分子材料科学与工程, 2007, 23(2): 19-23.
LIU Z J, LU X, WANG Y H. Research of liquid crystals vertical alignment layer film materials [J]. *Polymer Materials Science and Engineering*, 2007, 23(2): 19-23. (in Chinese)
- [7] SCHEFFER T, NEHRING J. 超扭曲向列相液晶显示[J]. 现代显示, 1995(3): 29-52.
SCHEFFER T, NEHRING J. Super-twisted nematic liquid crystal display [J]. *Advanced Display*, 1995(3): 29-52. (in Chinese)
- [8] CHERN Y T, JU M H. Conformation of polyimide backbone structures for determination of the pretilt angle of liquid crystals [J]. *Macromolecules*, 2009, 42(1): 167-179.
- [9] SEO D S, ARAYA K, YOSHIDA N, *et al.* Effect of the polymer tilt angle for generation of pretilt angle in nematic liquid crystal on rubbed polyimide surfaces [J]. *Japanese Journal of Applied Physics*, 1995, 34 (4B): L503-L506.
- [10] GONG S M, LIU M, XIA S L, *et al.* Synthesis of novel soluble polyimides containing triphenylamine Groups for liquid crystal vertical alignment layers [J]. *Journal of Polymer Research*, 2014, 21(9): 542.

作者简介: 高荣荣(1986—), 女, 陕西延安人, 高级工程师, 主要从事 TFT-LCD 液晶行业产品设计及不良解析工作。E-mail gaorongrong@boe.com.cn