

文章编号:1007-2780(2019)03-0267-06

Zara Domain 不良的研究与改善

左爱翠*, 高荣荣, 陈维诚, 滕玲, 岳麓, 汤列金
(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 TFT-LCD (Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display) 行业 TN 型产品中常见的不良, 严重影响着产品的良率。本文通过对 101.3 mm (3.97 in) TN 产品的大量实验, 系统分析和研究了 Zara Domain 问题。研究结果表明: 优化产品设计、工艺参数、工艺管控都可有效地管控 Zara Domain 的发生率。首先通过调控矩阵工厂刻蚀工艺, 确保 Shield Bar 坡度角保持在 45° 左右时, Zara Domain 发生率为 0%。其次在盒工厂摩擦工艺段, 也可通过调控摩擦滚轮的摩擦强度值来提高摩擦后配向能力的均一性来降低 Zara Domain 的发生率。实验发现当摩擦强度值保持在 $2.3 \text{ N} \cdot \text{m}$ 时, Zara Domain 的发生率 $< 1\%$ 。另外通过改善对盒过程中高温固化的冷却工艺, 在设备上方增加空调扇, 加速冷却, 也可使 Zara Domain 的发生率 $< 1\%$ 。本文通过对 101.3 mm (3.97 in) TN 产品系统的研究, 有望为解决 Zara Domain 不良提供一定的技术支持。

关键词: Zara Domain; 配向膜; 配向弱区; 急速冷却

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20193403.0267

Research and improvement of Zara Domain

ZUO Ai-cui*, GAO Rong-rong, CHEN Wei-cheng, TENG Ling, YUE Lu, TANG Lie-jin

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

Abstract: Zara Domain is a severe problem in the TFT-LCD production process, especially in the TN production, and already has a great influence on the production yield of the products. In this paper, Zara Domain problem was systematically analyzed and studied by a large number of experiments on 101.3 mm (3.97 in) TN products. The results show that the optimization of product design, process parameters and process control can effectively control the incidence of Zara Domain. Firstly, by adjusting the etching process in the matrix factory, the incidence of Zara Domain is almost 0% when the slope angle of Sheild Bar is kept about 45° . Secondly, in the friction process section of the box factory, the Zara Domain incidence can be reduced by adjusting the friction strength of the friction roller, which can improve the uniformity of the alignment ability after friction. It is found that when the friction strength is kept at $2.3 \text{ N} \cdot \text{m}$, the occurrence rate of Zara Domain is less than 1%. In addition, by improving the cooling process of high temperature curing in the box process, such as adding air conditioning fan above the equipment to accelerate cooling, the incidence of Zara Domain can also be less than 1%. Through the study of 101.3 mm (3.97 in) TN product system, it is expected to provide some technical support to solve the Zara Domain problem.

收稿日期: 2018-10-22; **修订日期:** 2018-12-29.

* 通信联系人, E-mail: zuoaicui@boe.com.cn

Key words: Zara Domain; polyimide; weak zone; quick cooling

1 引言

近年来,随着电子产品的高速发展,社会竞争也越来越激烈,产品更新换代越来越快,薄膜晶体管液晶显示器(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display, TFT-LCD)因其工作电压低、工作耗能低、且辐射较小、以及轻薄美观等优势为大众所喜爱,广泛应用于电视、电脑、手机、医疗等各类信息终端产品,是新型平板显示器件(FPD)的主流产品^[1-5]。随着人们的认知水平和对显示要求的不断提高,对液晶显示器画面品质的要求也慢慢提高。但由于 TFT-LCD 制备过程相对复杂,容易产生各种显示不良,特别是 Zara 不良,一直影响着 TFT-LCD 的画面品质^[6-7]。

2 Zara Domain 的现象与特点

2.1 Zara Domain 现象

Zara Domain 宏观现象为加信号至 L0 以及低灰阶画面时,局部出现彩色亮点,不加信号旋转偏光片亦可见彩色亮点;微观可见亚像素长边发亮,见图 1。

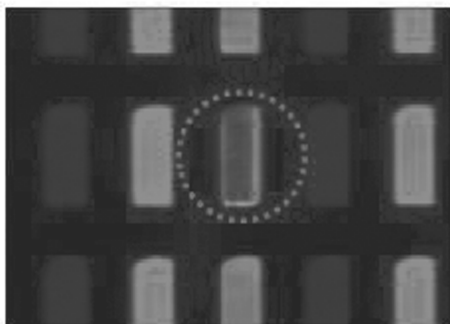


图 1 Zara Domain 现象的光学照片

Fig.1 Optical of Zara Domain phenomena

2.2 Zara Domain 特点

Zara Domain 有以下 3 个特点:指压可修复;高温后急速冷却可修复(高温:稳定大于液晶清亮点温度);仰视角更加明显(40°)。

3 Zara Domain 影响因素分析

Zara Domain 不良产生的原因是液晶分子在配向膜上的异常排列,导致部分光线透过,有漏光现象。根据 Zara Domain 不良显微镜下的微观现象可知,亚像素长边发亮,为液晶分子排列紊乱导致,根据 TFT-LCD^[8] 显示原理推断亚像素长边处存在摩擦弱区,摩擦弱区的配向能力较正常区域较弱,导致液晶分子配向异常,从而出现漏光现象,宏观表现为 Zara Domain 不良。以下通过产品设计、工艺参数、工艺管控 3 个方面研究其对 Zara Domain 的影响。

3.1 产品设计影响

以 101.3 mm(3.97 in)TN 7 Mask、5 Mask、4 Mask 产品为例对 Zara Domain 进行分析。由于 4 Mask 工艺采用 Haft-Tone 技术,与 5 Mask 和 7 Mask 相比,Shield Bar 段差处差高较大,如图 2、3、4 所示,即 $H_1 > H_2 > H_3$ 。由于段差的存在,在摩擦的过程中,信号线区域较像素区的高度较高,摩擦时滚轮会有下坡的动作,这样信号线旁边会有摩擦不到的区域,就产生了配向弱区^[9]。

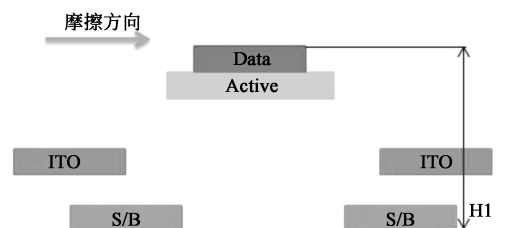


图 2 4 Mask 设计示意图

Fig.2 Schematic design of 4 mask

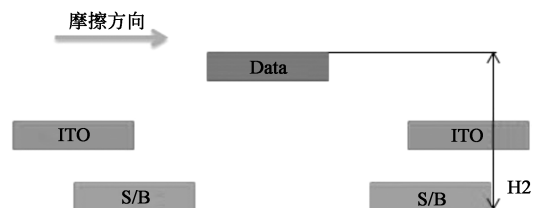


图 3 5 Mask 设计示意图

Fig.3 Schematic design of 5 mask

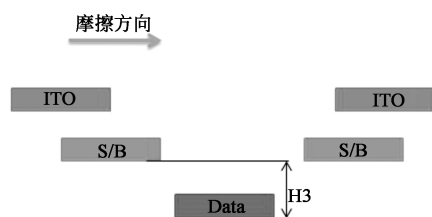


图4 7 Mask 设计示意图

Fig.4 Schematic design of 7 mask

且段差越大,配向弱区的范围就会越大而且会更严重,在弱区范围内配向膜的配向能力就会比较差,因此较正常区域配向能力的均一性较差。在加入信号时,因摩擦方向影响,导致亚像素长边的液晶分子排列紊乱现象表现的比较明显,从而表现出亚像素长边发亮,形成 Zara Domain 不良。

根据工厂的实际生产数据显示,101.3 mm (3.97 in)TN 5 Mask 和 7 Mask 产品的 Zara Domain 不良发生率仅在 0.2% 左右,4 Mask 产品, Zara Domain 发生率高发时达 10.0%。由此可见,在相同的工艺条情况下,不同的产品设计对 Zara Domain 这种不良的影响也较大。

为节约成本,提高产能,因此 101.3 mm (3.97 in)TN 这款产品采用 4 mask 设计生产,但是为了规避设计变更带来的 Zara Domian 不良,我们从工艺方面也做了深入研究,通过工艺参数的优化,工艺管控的精益化,从而提升产品品质。

3.2 工艺参数的影响

3.2.1 摩擦强度值对 Zara Domain 的影响

摩擦强度值是摩擦滚轮在对配向膜进行摩擦时设定的一个参数,摩擦的目的是使配向膜的配向能力具有一致性,让液晶分子都能按一个方向排列站位。由于 TFT 膜面存在段差,在摩擦过程中,会产生配向弱区。为了提升配向弱区的配向能力,一方面增加膜厚来降低膜面段差,但是实际车间生产条件是有限的,所以配向膜的薄厚是在考虑过设备稼动率和产品本身的性能之后而综合设定的;另外还可以通过调整摩擦强度值,降低摩擦强度。因为摩擦强度越低,辊轮摩擦时与膜面的压入量就会越小,这时整个膜面的配向能力都会减弱,然而摩擦弱区的配向能力较正常区域的配向能力差异性较小,此时正常区域与摩擦弱区的配向能力趋于相当的水平,从而使整个膜面的配向能力均一性提高。

实验中,实验条件如表 1 所示,综合评估后,配向膜厚度确定同为 750 nm 的条件下,控制摩擦强度分别为 2.1,2.3,2.5,2.6 N·m。实验结构绘制出,摩擦强度与 Zara Domain 的发生率关系曲线如图 5 所示。

表 1 不同摩擦条件的设计

Tab.1 Designwith different Rub condition

Split	摩擦强度 /(N·m)	样品数量 /Pcs
1	2.1	1 000
2	2.3	1 000
3	2.5	1 000
4	2.6	1 000

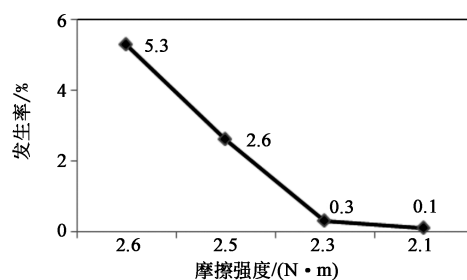


图5 不同摩擦条件下的 Zara Domain 发生率

Fig.5 Zara Domain rate of different rub condition

由图 5 可知,在一定的范围内,摩擦强度值越低,Zara Domain 的发生率越低。分析主要原因是摩擦强度值变低,预倾角会随着升高,如图 6 所示,液晶分子在配向膜上能够更好地排列,有利于 Zara Domain 的改善。但是摩擦强度值并不是越低越好,因此要确保摩擦后配向膜配向能力适中,使液晶分子更好地配向。摩擦强度过高或者过低都对产品品质有一定的影响^[10],因此在实际生产

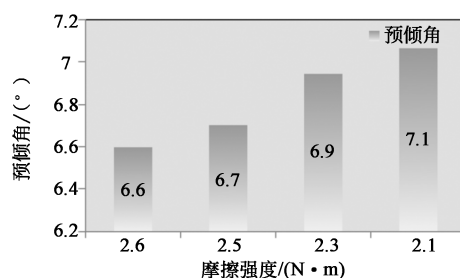


图6 不同摩擦条件预倾角的大小

Fig.6 Pre-tilt angle of different rub condition

过程中摩擦强度值要满足摩擦后的摩擦弱区的配向能力的需求,从而降低 Zara Domain 的发生。

3.2.2 基板冷却工艺对 Zara Domain 的影响

基板对盒后封框胶经过高温固化后,正常室温冷却,Zara Domain 发生率较高,而急速冷却后的面板 Zara Domain 发生率较低,主要原因是在温度高于液晶清亮点的环境里液晶分子的站位会全部紊乱,再进行急速冷却时液晶分子又会重新找回自己的站位并保持一致性。

由图 7 可知,面板常温冷却时,液晶分析重新排列的效果差,几乎无法重新排列,所以 Zara Domain 发生率会处于高发生率状态;当经过冷却设备急速冷却时,液晶分子重新排列效果比较好^[11],Zara Domain 发生率较低,几乎无发生。所以工艺上,改造冷却设备,在上方增加空调扇,使固化后的玻璃屏能够快速冷却,从而有效降低 Zara Domain 的发生。

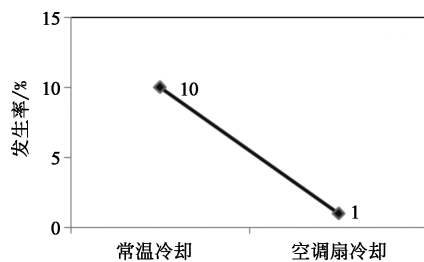


图 7 不同 ODF 条件 Zara Domain 的发生率

Fig.7 Zara Domain rate of different ODF condition

3.3 工艺管控的影响

在解析过程中得知,高发批次的玻璃屏,其 Shield Bar 位置的坡度角均为 80° 左右(100 Pcs 样品测试的平均值),低发批次的玻璃屏 Shield Bar 位置的坡度角均为 50° 左右(100 Pcs 样品测试的平均值),差异明显。随即完我们对比 5Mask&7Mask 产品 S/B 位置的坡度角差异。测试结果为,5Mask Shield Bar 位置的坡度角经测量平均值为 48° (100 Pcs 样品测试的平均值),7Mask 因产品设计原因,S/B 处段差较小,且坡度角较小($<10^\circ$)。4Mask 产品为 Zara Domain 高发产品,S/B 位置的坡度角经测量平均值为 80° (100 Pcs 样品测试的平均值)如图 8、图 9、图 10 所示。因 S/B 位置坡度角较大,在摩擦过程中此位置会加大摩擦布的损伤,从而加大摩擦弱区的范围,导致此区域配向能力弱,与正常区域的配向

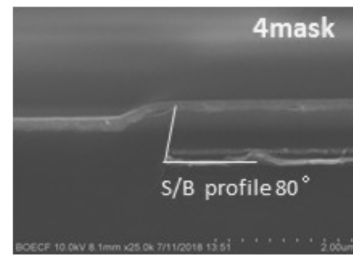


图 8 4Mask 设计坡度角的大小

Fig.8 Profile angle of 4mask design

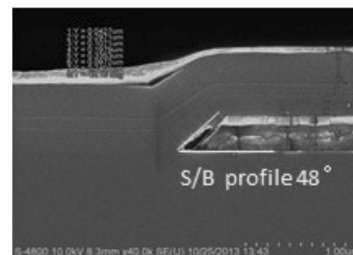


图 9 5Mask 设计坡度角的大小

Fig.9 Profile angle of 5mask design

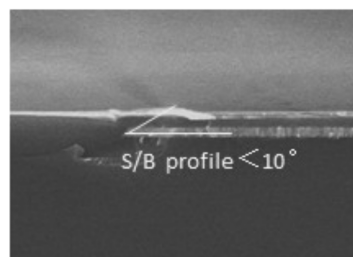


图 10 7Mask 设计坡度角的大小

Fig.10 Profile angle of 7mask design

能力差距较大,容易产生 Zara Domain 不良。

101.3 mm(3.97 in) TN 5Mask&7Mask 产品为 2016 年前产品,矩阵工厂对于 Shield Bar 位置坡度角生产管控值为 45° 左右,而且这两款产品 Zara Domain 不良的发生率一直在 0.5% 左右的水平。101.3 mm(3.97 in) TN 4 Mask 产品在 2017 年 12 月和 2018 年 2 月生产时,客户端爆发 Zara Domain 不良高达 10%,且测量出该产品 Shield Bar 位置的坡度角平均值为 80° (100 片样品测试的平均值)。为了验证该异常坡度角对 Zara Domain 不良的影响,工厂在 101.3 mm(3.97 in)TN 4 Mask 这款产品上设计实验,进行恶化测试,条件如表 2 所示。

表2 不同坡度角的设计

Tab.2 Design of different profile angle

Split	坡度角管控 /(°)	样品数量 /(Lot)
1	80	1
2	65	1
3	45	1

白玻璃在矩阵工厂投入时,选取3个连续生产的卡夹,第一个卡夹按之前的工艺管控条件投入;第二个卡夹稍加管控,使 Shield Bar 位置的坡度角大小保证在 65° 左右;第三个卡夹严格控制,使 Shield Bar 位置的坡度角大小,保证在 45° 左右。其他工艺条件不做变化,随后正常投入对盒工厂。Zara Domain 发生率与 Shield Bar 位置的坡度角关系如图9所示。

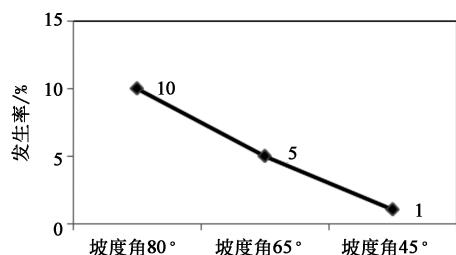


图11 不同坡度角 Zara Domain 发生率

Fig.11 Zara Domain rate about different profile angle

由图11可知,Zara Domain 不良的发生率与 Shield Bar 位置的坡度角呈正相关性,Shield Bar 位置的坡度角越大,Zara Domain 发生率越高,S/B 位置的坡度角管控在 45° 时为最佳生产条件。

4 结果与分析

由以上分析可得知,Shield Bar 位置的坡度角

过大,是 Zara Domain 发生的主要原因之一。实验得出,通过矩阵工厂在生产过程中,对工艺进行严格管控,将 Shield Bar 位置的坡度角管控在 45° 左右,提高摩擦弱区的配向能力的均一性从而改善 Zara Domain。Zara Domain 发生的另一原因为工艺参数设置不合理,摩擦强度值过大,导致摩擦弱区配向能力严重不足,与正常区域有明显的差异,使此处的液晶分子无法正常排列,从而出现画面显示异常。实际实验得出,在配向膜厚度保证在 750 nm ,且 $2.0\text{ N}\cdot\text{m} < \text{摩擦强度值} < 2.5\text{ N}\cdot\text{m}$ 时,Zara Domain 发生率明显降低。但在工厂实际生产中,摩擦强度值的设定需考虑实际生产条件的限制,高低需要严格把控,因此对于 $101.3\text{ mm}(3.97\text{ in})\text{ TN } 4\text{ mask}$ 这款产品,摩擦强度值设置在 $2.3\text{ N}\cdot\text{m}$ 为最佳生产条件,可以有效减小 Zara Domain 不良对品质的影响。

5 结 论

对于 TN 型 TFT-LCD 产品,合理的产品设计,可以从根本上规避 Zara Domain 的问题。在生产过程中,可以通过严格管控矩阵工厂的工艺条件,将 Shield Bar 位置的坡度角保持在一定的角度波动范围内,合理设置摩擦强度值,使摩擦弱区的配向能力较正常区域差异不明显,均一性得到提高,从而改善 Zara Domain。改造工艺设备的功能,在冷却设备上方增加空调扇,加速冷却速度,使高温时紊乱的液晶分子迅速得到恢复,正常排列,同样能够达到 Zara Domain 的改善目的。

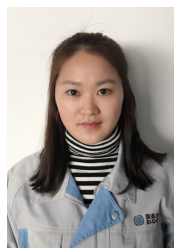
本文对 Zara Domain 的研究有望为 TN 产品的开发提供了理论依据。在目前实际产品开发的过程中,综合考虑以上因素,从而获得设计合理,工艺生产范围大,良率稳定的产品,减少开发阶段的解析工作,加速产品的量产速度,增加公司的效益。

参 考 文 献:

- [1] 黄锡珉.显示技术新进展 [J].液晶与显示,2000,15(1):1-5.
HUANG X M. New development of display technology [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Display*, 2000, 15(1): 1-5. (in Chinese)
- [2] 李雄杰.平板电视技术 [M].北京:电子工业出版社,2007:40-79.
LI X J. *Flat Panel TV Technology* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2007: 40-79. (in Chinese)

- [3] 堀浩雄, 铃木幸治. 彩色液晶显示 [M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2006: 92-124.
HORI H, SUZUKI K. *Colour Liquid Crystal Display* [M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2006: 92-124. (in Chinese)
- [4] 戴亚翔. TFT-LCD 面板的驱动与设计 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2008: 1-82.
DAI Y X. *Design and Operation of TFT-LCD Panels* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008: 1-82. (in Chinese)
- [5] 邵喜斌. 液晶显示技术的最新进展 [J]. 液晶与显示, 2000, 15(3): 163-170.
SHAO X B. Recent progress of liquid crystal display technology [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2000, 15(3): 163-170. (in Chinese)
- [6] 王大巍, 王刚, 李俊峰, 等. 薄膜晶体管液晶显示器件的制造、测试与技术发展 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 71-73.
WANG D W, WANG G, LI J F, et al. *Fabrication, Testing and Technology Development of thin Film Transistor Liquid Crystal Display Devices* [M]. Beijing: China Machine Press, 2007: 71-73. (in Chinese)
- [7] SCHADT M, SEIBERLE H, SCHUSTER A. Optical patterning of multi-domain liquid-crystal displays with wide viewing angles [J]. *Nature*, 1996, 381(6579): 212-215.
- [8] 马群刚. TFT-LCD 原理与设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011: 12, 45-47.
MA Q G. *Principle and Design of TFT-LCD* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011: 12, 45-47. (in Chinese)
- [9] 范恒亮, 汤展峰, 刘利萍, 等. TFT-LCD 残影不良的研究与改善 [J]. 液晶与显示, 2016, 31(3): 270-275.
FAN H L, TANG Z F, LIU L P, et al. Research and improvement of TFT-LCD image-retention [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2016, 31(3): 270-275. (in Chinese)
- [10] 高荣荣, 陈杰, 刘俊豪, 等. TN 型产品 Zeta Domain 理论研究与分析改善 [J]. 液晶与显示, 2016, 31(3): 242-248.
GAO R R, CHEN J, LIU J H, et al. Theory research and analysis of Zeta Domain on TN mode [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2016, 31(3): 242-248. (in Chinese)
- [11] 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:



左爱翠(1989—),女,安徽淮北人,中级工程师,主要从事 TFT-LCD 液晶行业产品设计及不良解析工作。E-mail: zuoaicui@boe.com.cn