

TFT LCD光配向制程对低灰阶画面抖动的影响

李二科

引用本文:

李二科. TFT LCD光配向制程对低灰阶画面抖动的影响[J]. 液晶与显示, 2020, 35(6): 518–523.

LI Er-ke. Influence of TFT–LCD photo alignment process on low gray image jitter[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(6): 518–523.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203506.0518>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

一种新型TFT–LCD用配向膜材料研究

New alignment material for TFT–LCD

液晶与显示. 2018, 33(10): 864–869 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183310.0864>

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>

一种GOA产品静电失效的研究及改善

Research and solution of ESD problem for a GOA product

液晶与显示. 2019, 34(2): 155–159 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193402.0155>

光配向制程参数对预倾角及其光电性能的影响

Effects of photo–alignment process parameters on pre–tilt angle and photoelectric properties

液晶与显示. 2017, 32(9): 708–713 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173209.0708>

摩擦配向工艺对HADS产品像素漏光的影响分析

Analysis of the effect of rubbing process on pixel leakage of HADS

液晶与显示. 2019, 34(3): 241–244 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193403.0241>

文章编号:1007-2780(2020)06-0518-06

TFT LCD 光配向制程对低灰阶画面抖动的影响

李二科*

(深圳市华星光电有限公司, 广东 深圳 518107)

摘要:为了改善光配向产品画质,提高产品良率,针对光配向产品在低灰阶出现画面抖动不良现象进行系统研究,发现了画面抖动异常发生机理并找到有效的改善措施。首先,通过盒厚量测仪对异常区域进行预倾角比对,确定异常位置预倾角变化。接着通过光配向原理与预倾角角度进行关联分析,对画面抖动机理提出合理解释,确认由外部静电电场造成局部光配向电压异常。最后,通过排查机构确认静电发生单元,提出有效的改善措施。画面抖动是基板在制程中受到静电累积,造成基板背面积累一定电荷。在光配向制程中,受外部静电场的影响,像素内的电压未达到预定值,造成预倾角异常,点灯成像为画面抖动。通过改善在制程中的静电累积,防止静电累积在基板背面造成光配向电压异常,改善画面抖动不良。

关键词:光配向;画面抖动;静电

中图分类号:TN141.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20203506.0518

Influence of TFT-LCD photo alignment process on low gray image jitter

LI Er-ke*

(Shenzhen China Star Optoelectronics Technology Co., Ltd., Shenzhen 518107, China)

Abstract: In order to improve the image quality and product yield of photo alignment products, this paper systematically studies the bad phenomenon of image jitter in low gray scale of photo alignment products, finds out the mechanism of abnormal image jitter, and finds effective improvement measures. Firstly, the abnormal position pre-tilt angle is determined by comparing the pre-tilt angle of the abnormal area with the box thickness gauge. Secondly, through the correlation analysis of photo alignment principle and pre-tilt angle, the mechanism of image jitter is reasonably explained, and the local optical orientation voltage anomaly caused by external electrostatic field is confirmed. Finally, the electrostatic generating unit is confirmed by the investigation mechanism, and effective improvement measures are proposed. The image jitter is the static electricity in the process of the base plate. Accumulation results in a certain charge accumulated on the back of the substrate. Under the influence of the external electrostatic field, the voltage in the pixel does not reach the predetermined value, resulting in an abnormal pre-tilt angle and image jitter. By improving the electrostatic accumulation in the process, the abnormal light orientation voltage caused by electrostatic accumulation on the back of the

收稿日期:2019-09-09;修订日期:2019-11-11.

* 通信联系人, E-mail: www19882007@163.com

substrate can be prevented, improving poor image jitter.

Key words: photo alignment; low gray image jitter; static electricity

1 引言

液晶显示器(Liquid Crystal Display)是目前显示器中主流应用的品种之一。在液晶显示器中,通过在液晶与透明电极之间制作一层取向膜,来控制液晶分子取向。液晶分子在配向膜表面排列性能直接影响液晶显示器的显示性能,如对比度、视角、响应时间、阈值电压等,影响液晶分子的光学和驱动特性。显示器中的液晶分子的配向技术至关重要,配向材料的性质和结构,液晶分子和配向膜界面的相互作用,配向材料表面处理的方法等一系列比较复杂的问题都会影响液晶分子的配向。液晶分子的配向方法有多种,目前的配向技术有摩擦配向法、光配向法两大类。随着液晶技术的发展,液晶取向技术发生了革新,光控取向技术很快引起了人们的关注,与摩擦配向技术相比,光控配向技术有着明显的优势:配向过程不会引入杂质造成污染,不会产生静电,从而提升良品率,可进行微区多畴取向,可用于曲面或柔性基底上等等。在一些应用上,传统的摩擦取向技术也只能望尘莫及^[1-3]。

液晶光控配向技术是一种通过偏振光照射来实现液晶取向的非接触式方法,不同于摩擦配向法,它具有无污染、无静电、易实现微区多畴取向等优点。当然光控配向法也有其缺点,比如配向的稳定性低,锚定能力低。液晶分子的光控配向在实际生产中也存在一些需要解决的问题,本文对光控配向制程中存在的问题进行研究和改善。

2 失效原因分析及机理研究

2.1 不良现象确认

本文所述画面抖动不良,宏观表现为低灰阶可见部分区域画面抖动,画面显示不均匀,在光学显微镜下确认现象,低灰阶画面不良区域相邻像素呈亮暗程度不均,而正常区域的相邻像素亮暗程度相同,如图1所示。

2.2 不良现象分析

为了明确不良发生的原因,首先需要确认不

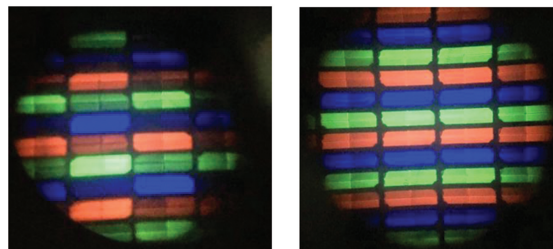


图1 显微镜下不良现象

Fig.1 Abnormal phenomena under a microscope

良发生的位置,通过显微镜观察异常区域相邻像素有明暗交错规律,通过盒厚量测仪进行量测预倾角,通过对比正常区采样像素预倾角和不良区域采样像素,发现异常区域相邻像素间预倾角差异明显大于正常区域,如图2所示。

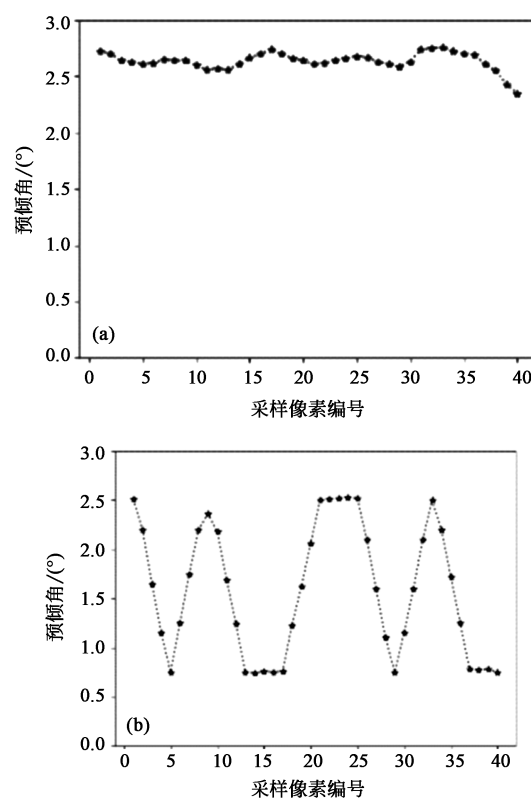


图2 预倾角量测图示。(a)对正常区域采样40个像素点量测预倾角;(b)对不良区域采样40个像素点量测预倾角。

Fig.2 Pretilt angle measurement. (a) Pretilt angle of 40 sample pixels for normal area; (b) Pretilt angle of 40 sample pixels for bad area.

考虑到光配向制程中, TFT 器件的特性不良会诱发预倾角不良的现象, 通过面板电性量测机确认正常区与异常区的 TFT 器件特性, 由图 3 可知, 正常区和异常区的伏安特性曲线吻合度高, 栅极电压开启后, 饱和区电流正常区和异常区并无差异, 不良与 TFT 器件特性无关。

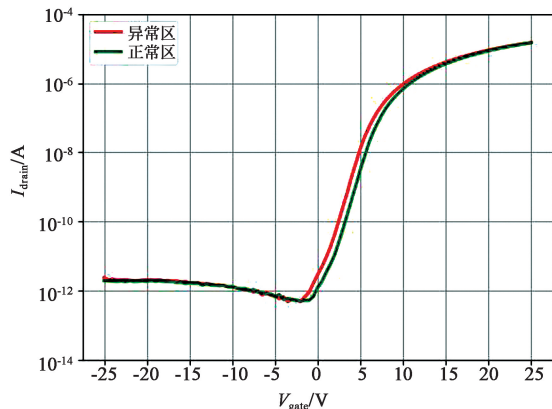


图 3 晶体管伏安特性量测图示

Fig.3 Volt-ampere characteristic measurement of TFT

排除 TFT 器件特性影响后, 针对预倾角的差异进行进一步分析, 在液晶显示器件中, 液晶分子与配向膜表面呈某一角度, 为防止电场作用时液晶分子间发生倾斜畴向错, 提高液晶显示器的成品率和显示效果的均匀性, 应使液晶分子长轴方向与配向层之间产生一定的夹角, 这一夹角称之为液晶分子的预倾角。液晶分子的预倾角的角度选择是否合适, 将影响液晶分子均一配向的效果, 从而影响显示效果的均匀性及液晶分子的电光特性。

进一步分析液晶分子的预倾角对其电光特性的影响, 发现显示器中的液晶分子在畴与畴之间的取向并不相同, 只有在配向膜的表面经过特殊表面处理后, 液晶盒内的液晶分子才会形成统一的取向, 或者有了取向一致的畴。配向膜表面处理作用是使液晶分子在其表面有一定的预倾角度。预倾角可以防止施加电场的作用下液晶分子朝不同方向发生偏转, 我们称之为液晶分子的反倾畴。合适的预倾角可以控制液晶盒中液晶分子的反倾畴出现。

液晶分子的反倾畴会降低液晶显示器的对比度, 换言之, 如果液晶分子没有合适的预倾角, 则液晶分子在配向膜表面排列不规则。如图 4 所

示, 当液晶分子的预倾角为 2° 时, 液晶分子在施加电压时, 所有的液晶分子朝一定方向排列, 显示器正常显示。而当液晶分子的预倾角为 0° 时, 在施加电压时, 由于液晶分子在配向膜表面排列不规则, 造成液晶分子的偏转方向不同, 从而影响液晶分子折射率, 显示器显示的图案中就会出现斑纹、暗纹及抖动等不良。在液晶显示器的制造过程中, 为了获得合适的可视度和液晶分子的电光特性, 要求液晶分子在配向膜表面具有确定的非零值预倾角。如果液晶分子相邻像素间的预倾角差异过大, 就会引起液晶分子在施加电压下的排列差异, 在低灰阶画面, 微观上像素的亮度不一致, 人眼捕捉到亮暗差异, 宏观上呈现局部画面抖动现象。

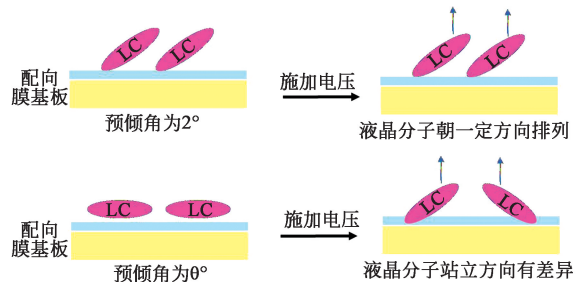


图 4 不同预倾角液晶分子在电场下的排列

Fig.4 Arrangement of LC molecules with different pretilt angles in electric field

2.3 不良机理研究

为了进一步确认预倾角异常的原因, 首先从光配向原理进行分析, 光配向制程是在施加电场作用下, 通过在线性偏振紫外光照射, 光敏聚合物层的化学键发生光异构、光裂解或光二聚反应, 产生表面各向异性, 从而得到取向方向^[4-6]。一般光配向制程中电场强度影响液晶分子取向均匀性, 如果施加在液晶分子上的电场强度异常, 液晶分子在电场中将发生异常扭转, 从而使液晶分子的排列发生变化, 从而造成对应位置像素预倾角不良。

针对电场强度分析光配向异常理论, 根据 $E=U/D$, 一般光配向局部不良主要分为 3 种类型, 局部空间异常(影响盒厚), TFT 器件失效(影响局部电压), 基板静电异常(影响局部电压)。

局部空间异常类主要有以下 3 种, (1) 基板清洗不干净, 造成异物在玻璃表面; (2) PI 涂布不均匀, 造成部分区域 PI 缺失, 以致于液晶分子无法

配向。(3)固定点顶针异常造成。本文中不良位置不固定且解析中未发现异物和PI缺失,故可排除以上3种;TFT器件失效异常,根据图2的量测结果可知,TFT器件伏安特性曲线正常,故可排除;基板静电类型与本文中不良成因符合度高,基板在TFT制作和传输过程中,不断地被摩擦、吸附、移动、加压、加热、分离、冷却等而不断产生静电。因为显示器的基板大部分是绝缘材料玻璃,静电散逸的速度十分缓慢,因而基板背面容易积聚大量的静电荷。如图5所示,基板背面存在静电荷时,在光配向过程中会施加一个静电场影响液晶分子电场,造成光配向不良。

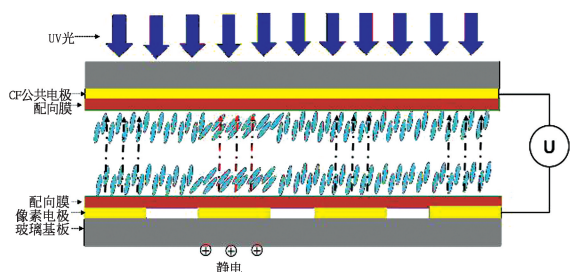


图5 基板静电影响光配向图示

Fig.5 Photo alignment of static electricity effect on substrate

工业生产中静电一般分为两种,一种是接触的两件物体分开(剥离)时产生的静电,被称为剥离带电;另一种是两件物体相互摩擦产生静电,被称之为摩擦带电。对于TFT-LCD本身复杂的工艺制程,能够快速定位不良发生的工艺设备和工艺环节是十分重要的,经过对大量工艺数据进行统计学分析,根据不良发生率,定位不良发生单元,认为该静电集中发生在PI制程,从表1可以看到PI#1、PI#2的不良发生率是0%,PI#3的不良发生率是0.38%,所以认为PI#3在生产中发生了静电不良。

PI制程主要包括前清洗、印刷、固化3个步

表1 机台不良发生率

Tab.1 Ratio of abnormalities by equipment

机台	不良数量/片	数量/片	发生率/%
PI #1	0	83 823	0
PI #2	0	53 480	0
PI #3	309	81 053	0.38

骤,针对生产中静电不良产生的原因,在印刷和固化制程中主要存在剥离带电,原因为机台中存在顶针托着基板升降、玻璃与顶针接触、分离过程中都容易产生剥离带电。由于顶针位置固定,而本文中不良位置不固定,故可排除此影响^[7-8]。

PI前清洗制程主要由刷洗和水洗组成,其作用是对需要印刷的基板进行事先清洗,以保证在印刷时的良好效果和高的良品率。在刷洗(Roll Brush wash)制程中利用刷子与玻璃基板之间的摩擦作用去除污垢(如图6所示),会产生摩擦起电,玻璃与毛刷摩擦而导致玻璃表面带电荷。水洗制程为超高压微细颗粒喷淋清洗(Super high pressure micro jet,HPMJ),其原理是将一种高压气体与一种液态流体混合后,再通过一种特殊的喷嘴-超音速喷嘴,使高压气体与清洗液形成的液滴喷射到玻璃基板上,从而达到清洗的效果。由于是高压输送,液体和管道壁面摩擦后也会产生静电。

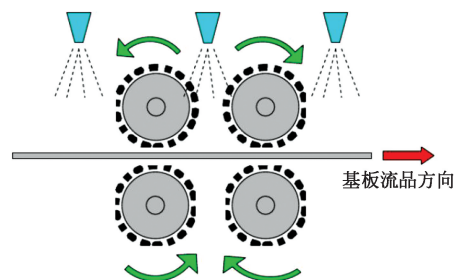


图6 PI前清洗图示

Fig.6 Diagram of cleaning before PI

因为显示器的基板大部分是绝缘材料玻璃,静电散逸的速度十分缓慢,基板背面容易造成大量静电荷的积聚。由于玻璃基板与设备接触位置的移动、吸附和分离,玻璃基板会受到重力的影响,在接触位置会产生一定的形变,导致静电荷在基板上并不是均匀分布的,在玻璃基板相对突起的位置,静电荷会聚集在局部点位,造成局部静电势偏高^[9-11]。

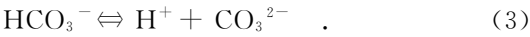
3 改善措施及效果

一般的静电防护和改善,主要通过接地、增加湿度和静电除电器(Ionizer)进行传导或者中和电荷。针对本文中玻璃绝缘体的去除静电方法,由于玻璃基板是绝缘体无法接地将电荷传导,因此

需要使用导电性高的物质(导电化)使玻璃上的电荷传导走,实现静电的消除。

本文通过加大 HPMJ 中二氧化碳流量去除玻璃基板的静电。CO₂ 气体十分容易被水溶解,CO₂ 溶于纯水产生氢离子和碳酸氢根离子导电离子,增加水中离子浓度,可以降低水阻值,加强水的导电性,在清洗玻璃基板时,玻璃基板的静电荷通过水中的离子进行电荷转移,在后段制程中 CO₂ 会被气化,没有任何残留影响。

CO₂ 在纯水中溶解,反应式如下:



本文针对 HPMJ 中 CO₂ 流量进行增大验证,分别逐级加大 CO₂ 的流量,并监控水阻值,验证其对静电的影响效果。

表 2 加大 CO₂ 流量验证实验
Tab.2 Experiment of increasing CO₂ flow verification

序号	流量/ (L · min ⁻¹)	水阻值/ (MΩ · cm)	发生率/%
条件 1	1	0.18	0.90
条件 2	2	0.15	0.40
条件 3	3	0.12	0.00
条件 4	4	0.09	0.00

由表 2 可知,随着 CO₂ 流量的增加,水阻值呈线性下降,产品发生画面抖动不良的概率亦随着下降,当 CO₂ 流量为 3 L/min 时,水阻值为 0.12 MΩ · cm,此时不良发生的概率为 0%,通过增大 CO₂ 流量,降低水阻值,可完全去除玻璃基板的静电。平行展开至 PI 其他机台确认,发现由于机台设备差异和静电发生随机性的原因,相同的 CO₂ 流量,水阻值并不完全相同,为了完全去除玻璃基板静电,避免后制程发生画面抖动不良,对 CO₂ 流量和水阻值分别进行监控,确保 CO₂ 流量大于 3 L/min,水阻值小于 0.12 MΩ · cm,并平行展开至其他机台,导入此改善条件后,后续未再发生画面抖动不良。

4 结 论

静电是 TFT 行业甚至半导体行业中容易引起产品失效发生的第二诱因,仅次于异物,其发生工序众多,发生原因不尽相同。本文主要针对 PI 前清洗工艺过程中静电发生与改善情况进行探究。通过一系列实验发现,在 PI 的清洗制程中加大 HPMJ 中 CO₂ 流量,可以有效降低水阻值,从而将玻璃基板的静电通过离子进行电荷转移,避免静电影响光配向时液晶分子的电场强度,提高光配向的稳定性,避免光配向不良的发生,对 TFT-LCD 的产品的静电预防及改善具有重要的指导意义。

参 考 文 献:

[1] 张春华,杨正华,丁孟贤.聚酰亚胺光控取向膜的研究现状[J].高分子通报,2002(6):15-23.
ZHANG C H, YANG Z H, DING M X. Recent development in photoalignment polyimide films [J]. *Polymer Bulletin*, 2002(6): 15-23. (in Chinese)

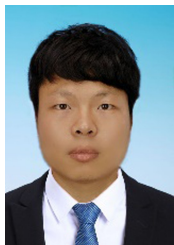
[2] 李梅,路庆华,王宗光.液晶光取向技术[J].高分子通报,2000(4):20-26.
LI M, LU Q H, WANG Z G. Advances of light induced alignment of liquid crystals [J]. *Polymer Bulletin*, 2000 (4): 20-26. (in Chinese)

[3] 王骁乾,沈冬,郑致刚,等.液晶光控取向技术进展[J].液晶与显示,2015,30(5):737-751.
WANG X Q, SHEN D, ZHENG Z G, et al. Review on liquid crystal photoalignment technologies [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(5): 737-751. (in Chinese)

[4] 周学芹,杨丽,刘政明,等.光配向 PI 固烤时间与曝光能量对 LCD 光学及残影的影响[J].液晶与显示,2017,32(8): 596-600.
ZHOU X Q, YANG L, LIU Z M, et al. Effects of PI post-bake time and UV dosage on LCD optical performance and image sticking by photo-alignment [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(8): 596-600. (in Chinese)

- [5] 顾小祥,杨丽,曾龙.TFT-LCD 制程对低频横纹色差的影响及研究[J].液晶与显示,2019,34(2):160-168.
GU X X, YANG L, ZENG L. Influence and research of TFT-LCD process on low frequency striped Mura [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2019, 34(2): 160-168.
- [6] 王宗凯,黄锡珉,张传平,等.液晶分子预倾角的测试原理与方法[J].液晶与显示,1993(1):27-30.
WANG Z K, HUANG X M, ZHANG C P, *et al.* Principle and method of measuring LC pretilt angle [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 1993(1): 27-30. (in Chinese)
- [7] 田民波,叶锋.TFT 液晶显示原理与技术[M].北京:科学出版社,2010.
TIAN M B, YE F. *TFT Liquid Crystal Display Principle and Technology* [M]. Beijing: Science Press, 2010. (in Chinese)
- [8] 林琅,王亚莉.TFT-LCD 生产中 HPMJ 清洗工艺的研究[J].中小企业管理与科技,2015(34):244.
LIN L, WANG Y L. Research on HPMJ cleaning process in TFT-LCD production [J]. *SME Management and Technology*, 2015(34): 244. (in Chinese)
- [9] 杨宗顺,陶雄,钟野,等.一种 GOA 产品静电失效的研究及改善[J].液晶与显示,2019,34(2):155-159.
YANG Z S, TAO X, ZHONG Y, *et al.* Research and solution of ESD problem for a GOA product [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2019, 34(2): 155-159. (in Chinese)
- [10] 李欣欣,龙春平,王威.TFT-LCD 工艺与静电击穿[J].现代显示,2007,18(3):59-63.
LI X X, LONG C P, WANG W. TFT-LCD Process and ESD [J]. *Advanced Display*, 2007, 18(3): 59-63. (in Chinese)
- [11] 彭志龙,王威.关于 TFT-LCD 工艺过程中 ESD 改善的研究[J].现代显示,2006(9):24-26.
PENG Z L, WANG W. The research about ESD improvement in TFT-LCD process [J]. *Advanced Display*, 2006 (9): 24-26. (in Chinese)

作者简介:



李二科(1988—),男,河南济源人,学士,2010 年于华北水利水电大学获得学士学位,主要从事 TFT-LCD 工艺研究及改善工作。E-mail:www19882007@163.com