

文章编号:1007-2780(2019)11-1073-06

摩擦工艺不良的探究

杨宗顺^{1*}, 杨夏梅², 熊 奇¹, 王耀杰¹, 钟 野¹, 熊 永¹

(1.重庆京东方光电科技有限公司, 重庆 400714;

2.重庆人文科技学院, 重庆 401120)

摘要: TFT-LCD 的摩擦工艺中, 容易产生摩擦 Mura、L0 条形不均、摩擦划伤等不良。分析及验证发现: 摩擦 Mura 的发生与摩擦强度较弱, 聚酰亚胺膜配向力不足引起像素漏光相关。选择摩擦强度好的尼龙布, 并控制摩擦布寿命在 100 张基板以下, 可以有效控制不良的发生。通过工艺调整加强摩擦强度时需考虑 Zara 发生情况, 选择摩擦 Mura 和 Zara 总体发生较低的摩擦强度是必要的。采用摩擦辊垂直基板短边设计, 可一定程度控制摩擦 Mura 的发生; 长条形像素设计可从源头防止漏光产生。产品设计时避免显示区延伸区域大块金属的干涉可一定程度防止条形不均发生, 以信号层作为绑定 IC 引线较之开关层做引线对条形不均改善有更好的效果。棉布的棉籽剪裁、摩擦设备机台的及时有效清洁、基板来料的超声波清洗是防止摩擦划伤发生的有效保证。

关键词: 摩擦工艺; 漏光不良; 摩擦不均; 划伤

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20193411.1073

Research and solution of defects in rubbing process

YANG Zong-shun^{1*}, YANG Xia-mei², XIONG Qi¹, WANG Yao-jie¹, ZHONG Ye¹, XIONG Yong¹

(1. Chongqing BOE Optoelectronics Technology CO., LTD, Chongqing 400714, China;

2. Chongqing College of Humanities, Science & Technology, Chongqing 401120, China)

Abstract: In TFT-LCD industry, in the rubbing process, some defect like rubbing Mura, L0 block, rubbing scratch are easy to happen. Investigation and experiment found that the rubbing Mura is associated with weak Rubbing strength and weak coordination force of polyimide film, which results in pixel light leakage. Choosing the nylon cloth with good rubbing strength, and controlling cloth life under 100 sheets, can effectively control the occurrence of rubbing Mura. Improving rubbing strength through craft adjustment, Zara needs to be taken into account, normally should choose a proper strength that can keep rubbing Mura and Zara with a lower ratio. Making the rubbing roller direction perpendicular to short side of glass substrate is beneficial to reduce the incidence of rubbing Mura, and strip type pixel design can prevent light-leaking from its source. Some block can be prevented by avoiding the interference of large metal in the extended area of display area. Using signal layer as binding IC lead has better effect on block improvement than using switch layer as lead. The cutting of cotton seeds, timely and effectively cleaning of rubbing equipment, ultrasonic cleaning of glass substrate are

收稿日期: 2019-07-02; 修订日期: 2019-08-02.

* 通信联系人, E-mail: yangzongshun@boe.com.cn

some effective measures to prevent rubbing scratch occurring.

Key words: rubbing process; rubbing Mura; L0 block; scratch

1 引言

近 10 年来,薄膜晶体管液晶显示器 TFT-LCD(Thin film transistor liquid crystal display)行业在国内发展迅猛^[1],每年都有新的线体、项目在建设,并加入投产的行列。从 10 年前屈指可数的几条低世代线体,目前已发展到多家国内企业都拥有 8.5 代以上线体,甚至同时拥有多条 10.5 代线在各地量产。过去 10 年可以说是国内 TFT-LCD 发展的黄金 10 年。以京东方发展为例,根据市场咨询机构 IHS 数据,2017 年 BOE(京东方)液晶显示屏出货数量约占全球 25%,总出货量全球第一。截至 2018 年第三季度,BOE 智能手机液晶显示屏、平板电脑显示屏、笔记本电脑显示屏、显示器显示屏、电视显示屏出货量均位列全球第一^[2-4]。

国内 TFT-LCD 行业蓬勃发展带来的是各类面板的定价权不再是日韩等国外企业为主导,也使手机屏、平板电脑、笔记本电脑到电视机显示器等各类面板的价格逐渐走低^[5]。

在 TFT-LCD 制造过程中,为了使液晶在聚酰亚胺膜上具有一定预倾角,并使聚酰亚胺膜具有液晶配向能力,在涂覆完聚酰亚胺膜后通常要进行摩擦工艺,以实现上述性能^[6]。摩擦工艺看似简单,却是为数不多直接与面板直接接触的工艺,稍有不慎产生的不良通常是批量性的,造成的损失也是重大的。对摩擦工艺容易产生的不良有深入了解并引起重视,对提前预防、解决摩擦相关不良具有重要意义。

本文就摩擦工艺中产生的常见不良进行相关研究。对摩擦工艺过程中不同类型的不良进行原因分析,并讨论了不良改善的方向,针对性地提出了不良改善措施。

2 摩擦配向力不足型不良

2.1 漏光型不良的产生

漏光型不良业内通常称为摩擦 Mura,现象为点灯 L0(纯黑)画面下,由密集的竖线或横线造成

的画面不均匀,如图 1 所示。在不同尺寸产品上表现为竖线或者横线的区别在于产品在进行摩擦工艺时,摩擦方向不同。通常摩擦方向与密集的不均匀线方向一致,这也是此种 Mura 与摩擦工艺相关的最直接表征。

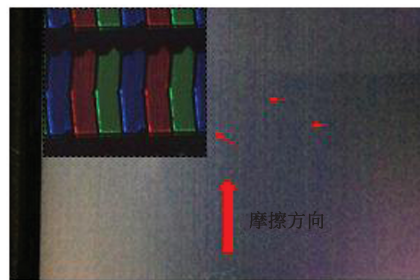


图 1 摩擦不均现象

Fig.1 Phenomenon of rubbing Mura

摩擦 Mura 发生机理为:摩擦辊沿着像素进行摩擦工艺时,由于像素 V 型设计,信号线摩擦方向与像素存在一定干涉。信号线较之像素区域为凸起状态存在,当摩擦辊摩擦经过信号线时,微观区域存在高点移至低点的变化,导致低点区域摩擦强度不够。摩擦强度较弱,表现为聚酰亚胺膜的配向力不足。当面板贴合后,液晶分子在聚酰亚胺膜上的站位就会紊乱,较之正常像素区域液晶分子以一定取向站位,信号线附近的液晶分子旋光程度就存在差异。在经过固定的盒厚,即一定的光程差后,表现为过旋或者少旋,面板表现为像素边缘漏光^[7-8],人眼识别为密集的竖向或横向的画面不均匀。

2.2 漏光型不良的工艺改善

如上所述,漏光型摩擦 Mura 引起的根本原因因为信号线干涉导致信号线附近摩擦强度不足,因而改善漏光型不良的重点在于提升摩擦强度^[9]。

在摩擦工艺中,多种因素可影响摩擦强度。换摩擦布是比较简单有效的措施,通常摩擦布分为棉质和尼龙布两大类。尼龙布质地较硬,摩擦强度要优于棉质摩擦布,在解决摩擦 Mura 时通常将棉质摩擦布换为尼龙布。而棉质摩擦布未被完全取代,重要的一个因素就是因其价格更低廉。另外摩擦效果同摩擦布的寿命相关

性大,随着摩擦布寿命延长,摩擦效果也将下降,所以摩擦 Mura 在摩擦布寿命后期呈现逐渐走高趋势。实际生产中一款产品发生摩擦 Mura 情况,如表 1 所示,201~300 张产品时,发生率明显升高。

表 1 摩擦布寿命和不良关系

Tab.1 The correlation between Cloth life and Mura

布寿命	数量/片	发生率/%
1~100	100	0.2
101~200	100	1.1
201~300	100	3.4

实际生产中在选取摩擦布类型和管控摩擦布寿命时,成本和不良改善是需要同时考虑的。优选导入效果好的摩擦布并严格管控摩擦布寿命无法做为长期性改善措施导入。

在摩擦工艺条件中,调节摩擦辊的压入量、辊的转速、机台行进速度等工艺参数也能对摩擦强度进行相应调整。摩擦辊的下压量越大,摩擦强度将越大;提升辊的转速,从而提升单位时间内面板接受的摩擦回数,也能有效提升摩擦效果;而机台行进速度越缓慢,单位时间内面板接受的摩擦回数越多,摩擦强度也越大。

在改善摩擦 Mura,增强摩擦强度时,摩擦强度并非越大越好,Zara 是需要考虑的因素之一。通常随着摩擦强度的增加,摩擦辊对于聚酰亚胺膜的摩擦损伤程度也将增加,摩擦过程中损伤的碎屑未能彻底清洗部分,在成盒后就表现为 Zara。将摩擦强度分为 4 等级,随着摩擦强度增加摩擦 Mura 降低,Zara 却呈升高趋势,如表 2 所示。所以在向增强摩擦强度方向调整工艺时,选取适当的摩擦强度是必要的。

表 2 摩擦强度和不良关系

Tab.2 Correlation between rubbing strength and defect

摩擦强度	数量/片	Mura/%	Zara/%
I 级	300	2.6	0.1
II 级	300	1.2	0.3
III 级	300	0.4	0.5
IV 级	300	0.06	1.4

在厂内一款产品摩擦 Mura 改善中,为保证产品良率,短期内对摩擦布寿命进行控制(≤ 150),可将不良控制在 0.7% 以下。提升摩擦辊转速 800~1 000 r/min,增强摩擦强度后,摩擦 Mura 降低至 0.36%,同时 Zara 由 0.1% 增加至 0.25%。在评估并导入 BM 加宽 0.5 μm 后,像素边缘漏光可彻底遮住,摩擦 Mura 下降为 0%。

2.3 不良的相关设计对比

在进行摩擦 Mura 产生机理分析中,发现信号线对摩擦方向存在干涉,导致像素边缘漏光。信号线产生干涉是因为其折线设计,此种设计是为配合 V 型像素。现有产品中,V 型像素还存在众多长条形像素设计产品,如图 2 所示。对比发现,长条形像素设计产品无摩擦 Mura 发生。

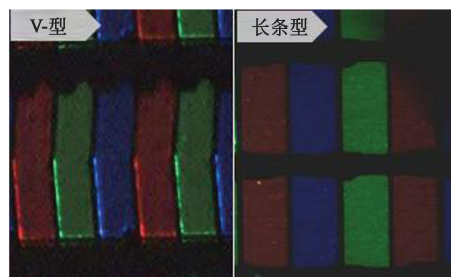


图 2 像素设计对比

Fig.2 Comparison of pixel designs

8.5 代线中玻璃基板尺寸为 2 500 mm $\times$ 2 200 mm;在设计产品时,不同尺寸产品在玻璃基本上排布主要考虑基板的利用率。因此面板在基板上排列因尺寸不同,横向、竖向排列均存在。摩擦工艺的摩擦方向需根据面板排布来确定,通常为垂直于面板电极边。对于基板而言,有的产品摩擦方向为垂直于基板场边,有的垂直于基板短边方向。

当摩擦方向垂直于短边行进时,摩擦辊辊实际利用最大长度为 2 200 mm;当摩擦方向垂直于长边行进时,辊实际利用最大长度为 2 500 mm。摩擦辊由于自身重力原因,由两端向中心位置存在一定下垂,因而摩擦辊在基板横向施加的摩擦强度由于辊下垂存在差异,摩擦强度由中心向两边递减。摩擦辊垂直于长边摩擦时,处于基板边缘的面板更容易因摩擦强度不足而产生摩擦 Mura。A-产品垂直短边进行摩擦工艺,A/H 列摩擦 Mura 发生率为 2.1%;B-产品垂直短边进行摩擦工艺,A/F 行摩擦 Mura 发生率为 0.5%,设

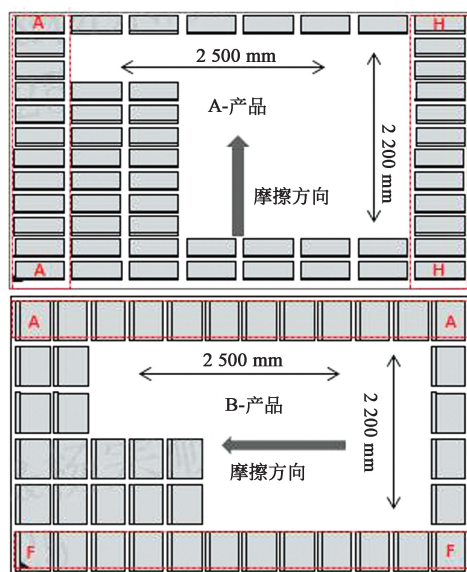


图 3 基板布局对比

Fig.3 Comparison of glass layout

计差异如图 3 所示。

3 条形不均不良

3.1 条形不均的产生

摩擦工艺制程产生的条形不均,一般为 L0 画面下可见,如图 4 所示。条形不均方向与摩擦方向一致,并存在上下或左右视角反转。L0 条形不均属于 Mura 类型,现象存在轻重差异;发生现象严重条形不均时,可在水蒸汽状态下观察到聚酰亚胺膜面存在异常。



图 4 条形不均现象

Fig.4 Phenomenon of block

L0 条形不均发生机理为条形不均对应位置的聚酰亚胺膜,与其他显示区域存在差异,导致配向时存在差异,宏观显示为条形不均型不均匀。

3.2 条形不均的改善

导致 L0 条形不均发生的原因,通常为摩擦辊对应位置摩擦布存在损伤,导致摩擦后摩擦效果与其他地方存在差异而导致显示不均一。在条形不均延伸方向存在金属块干涉时,摩擦辊经过金属块后布毛发生损伤、紊乱而导致条形不均发生。通常检讨产品设计时,尽可能将金属块放置于非显示区域延伸位置,并尽量减小金属块的尺寸。而无对应性的偶发时,同批次基板投入不同摩擦辊间发生情况存在明显差别,更换摩擦辊通常可解决,关键在于产线及时、有效监控,防止批量发生。

另一类 L0 条形不均与面板绑定 IC(Integrated Circuit)对应,IC 绑定时需挖一定深度开口,并与面板的引线相连接,引线通常为信号层或开关层金属。当引线为信号层时绑定的开口深度为 $0.4 \sim 0.6 \mu\text{m}$,不太容易造成摩擦布毛损伤;当引线为开关层时绑定的过孔深度为 $1.1 \sim 1.3 \mu\text{m}$,开口过深容易导致摩擦布损伤。因此,以信号层作为绑定的引线对条形不均预防有更好的效果。

4 划伤型不良

4.1 划伤不良的产生

摩擦工艺相关摩擦划伤,现象为密集发亮点状亮线,微观观察为像素存在无数点状划伤,如图 5 所示。通常为存在于摩擦辊上的异物、损伤性布毛划伤配向膜导致。



图 5 摩擦划伤现象

Fig.5 Phenomenon of rubbing scratch

在摩擦制程中,摩擦辊相对位置固定不动,摩擦辊以一定转速进行转动,机台上放置的基板同机台一起以一定速度经过摩擦辊下方,如图 6 所示。因此,相邻点划伤间距离是与摩擦辊转速及机台行进速度相关的一定值,通过此规律可区分

摩擦划伤与其他类划伤(划伤两点间距离=辊转动一周的时间×机台运动速度)

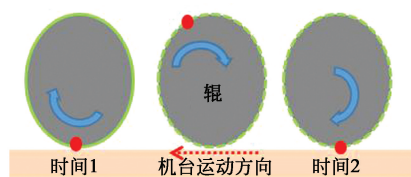


图 6 摩擦辊运动示意

Fig.6 Motion graphic of rubbing roller

4.2 划伤不良的防止

原材上在对棉质摩擦布进行剪裁时,尤其是对棉籽时需细心谨慎,避免过长的棉籽未剪裁掉,造成划伤。其次应当重点清除摩擦过程中引入的异物,加强摩擦机台的清洗频率和清扫细致度,持续保证摩擦机台的清洁度。而基板来料的清洁,主要靠进出摩擦设备加装的超声波清洗单元。在三方面都得以保证情况下,可有效防止划伤不良的发生。

5 结 论

摩擦工艺为 TFT-LCD 行业中重要制程工序,

在进行摩擦配向过程中,容易引起多种面板不良。本文就摩擦工艺引起的摩擦 Mura、L0 条形不均、摩擦划伤三种常见不良进行探究,深入解析了不良发生原因、机理,并就改善和防止措施进行讨论。

通过长期工艺及验证发现:摩擦 Mura 发生与信号线干涉摩擦方向,造成信号线附近聚酰亚胺膜配向力不足而引起像素漏光相关。优选摩擦效果好的尼龙布,控制摩擦辊寿命都可保证摩擦强度,一定程度控制摩擦 Mura;提升摩擦辊转速、加大摩擦辊压入量、降低机台运动速度可直接提升摩擦强度,降低摩擦 Mura 发生率,但同时需考虑 Zara 的发生情况;摩擦辊垂直基板短边设计,可一定程度降低摩擦 Mura 发生,长条型像素设计可从源头防止漏光产生。

防止 L0 条形不均需避免摩擦方向显示区延伸区域大块金属的干涉,以信号层作为绑定 IC 引线对预防条形不均有更好的效果。摩擦划伤可根据点间距离计算,与其他种类划伤进行区分。棉布的棉籽剪裁、摩擦设备机台的及时有效清洁、基板来料的超声波清洗是防止摩擦划伤发生的有效保证。

参 考 文 献:

- [1] 刘建党,刘攀,肖子凡,等.TFT-LCD 基板玻璃的市场现状及发展趋势[J].玻璃,2018,45(2):16-20.
LIU J D, LIU P, XIAO Z F, et al. The market present situation and technology development prospects of TFT-LCD substrate glass [J]. *Glass*, 2018, 45(2): 16-20. (in Chinese)
- [2] 马丽,邵云飞.二次创新中组织学习平衡与联盟组合网络匹配对技术能力的影响——京东方 1993—2018 年纵向案例研究[J].管理学报,2019,16(6):810-820.
MA L, SHAO Y F. The influence of the matching of the organizational learning balance model and alliance portfolio network on technical capability in secondary innovation: a case study on BOE in 1993 ~ 2018 [J]. *Chinese Journal of Management*, 2019, 16(6): 810-820. (in Chinese)
- [3] BOE Technology Group Co Ltd. "Circuit structure, display device and driving method" in patent application approval process; USPTO 20180247596 [P]. Computer Weekly News, 2018.
- [4] Chongqing BOE Optoelectronics Technology Co Ltd. Researchers submit patent application, "display apparatus, drive circuit, and drive method", for Approval: USPTO 20180240425 [J]. Computer Weekly News, 2018.
- [5] 赵汉青,曹明路.我国液晶面板产业智能制造发展现状总结与差距分析[J].工业技术创新,2018,5(5):94-97.
ZHAO H Q, CAO M L. Development summarization and gap analysis on the intelligent manufacturing of LCD industry in China [J]. *Industrial Technology Innovation*, 2018, 5(5): 94-97. (in Chinese)
- [6] 杨庆祥,张凤翔.聚合物的表面取向与液晶预倾角之间的关系[J].真空电子技术,1999(1):18-24.
YANG Q X, ZHANG F H. The relation between surface orientation of polymers and liquid crystal pretilt angle [J]. *Vacuum Electronics*, 1999(1): 18-24. (in Chinese)
- [7] YAROSHCHUK O V, KRAVCHUK R M, POGULAY S S, et al. The rubbing supplemented atmospheric plasma process for tunable liquid crystal alignment [J]. *Applied Surface Science*, 2011, 257(7): 2443-2447.

- [8] 王旭东,陆建钢,朱健.摩擦工艺对产品预倾角的影响[J].数字化用户,2013,19(9):55-56.
WANG X D, LU J G, ZHU J. Influence of friction process on predip angle of products [J]. *Digitization User*, 2013, 19(9): 55-56. (in Chinese)
- [9] 李海燕,陈亮,李晋红.液晶玻盒结构中 PI 层摩擦定向的实现[J].现代显示,2012(6):50-52.
LI H Y, CHEN L, LI J H. Implementation of the PI layer friction orientation in LCD glass box structure [J]. *Advanced Display*, 2012(6): 50-52. (in Chinese)

作者简介:



杨宗顺(1989—),男,云南迪庆州人,学士,高级工程师,2012 年于中国地质大学(北京)获得学士学位,主要从事液晶、半导体相关研究及改善工作。E-mail: yangzongshun@boe.com.cn