

文章编号:1007-2780(2018)04-0271-06

液晶显示器模组黑态均匀性改善研究

李兴华, 暴军萍*, 徐 兵, 樊浩原

(成都京东方光电科技有限公司, 四川 成都 611731)

摘要:随着显示行业发展,市场对液晶显示品质提出了更高的要求,特别是车载等领域,背光亮度几乎在 10 000 cd/m² 以上,此时显示装置的细微缺陷可能被凸显进而影响画面显示品质。黑态均匀性是液晶显示模组显示画质的重要指标,为提升液晶显示模组黑态均匀性,改善显示画质,特对可能造成黑态漏光的相应结构及设计进行研究。从液晶面板受外力方向,针对机构干涉及柔性电路板(FPC)应力两方面的影响因素设计实验,确定出利于提升黑态均匀性的设计方法或管控标准。实验结果表明,通过对背光及铁框平整度的管控及缓冲胶带优化可减少机构干涉应力,通过对 FPC 结构及外形设计优化可减少 FPC 弯折应力,通过玻璃厚度减薄及增大下偏光片尺寸可提升液晶面板抗变形能力,从而将模组黑态均匀性提升到 80% 以上。

关键词:液晶显示器;黑态均匀性;机构干涉;FPC 应力

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20183304.0271

Improvement research of TFT-LCD module black uniformity

LI Xing-hua, BAO Jun-ping*, XU Bing, FAN Hao-yuan

(BOE Optoelectronics Technology CO., LTD, Chengdu 611731, China)

Abstract: With the development of display industry, market has the higher requirement of products quality. Especially for vehicle display field, the brightness of backlight is almost more than 10000 cd/m², which may enlarge small defects in display screen to impact display quality. As black uniformity is a crucial characteristic of image quality, the investigation of the structure and designing of liquid crystal display module which can generate black light leakage have been in progress for optimizing uniformity of black state to achieve best display quality. Those experiments were designed on the basis of external forces for Panel, mechanism interference and FPC stress to catch optimum methods or control standards for best black uniformity. The experimental results show, the module black uniformity has been increased more than 80% by decreasing interference stress, which was implemented by controlling the flatness of backlight and metal frame, optimizing the design of buffer tape, decreasing bend stress by optimizing structure and shape design of FPC, improving panel's stress resistance ability by reducing panel thickness and increasing dimension of Polarizer.

Key words: TFT-LCD; black uniformity; institutional interference; FPC stress

收稿日期:2017-11-06;修订日期:2017-12-20.

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

1 引言

黑态漏光,即液晶显示面板(TFT-LCD Panel)在黑态(显示灰阶为 0)的情况下,由于液晶模式、玻璃材料、机械结构等多方面原因造成的漏光现象。根据人的视觉系统,在亮度越低的状态下,人眼感觉到的亮度不均匀现象就越明显。黑态漏光直接导致黑态均匀性差,这不是仅解决工艺过程瑕疵就可以避免的,有着较为复杂的原因和解决方法^[1-3]。本文针对黑态漏光的影响因素及解决方案等进行研究,为后续项目中黑态漏光问题分析和改善奠定基础,有效提高液晶显示产品品质。

2 黑态漏光产生机理

液晶显示器的显示原理是通过施加电场,使液晶发生偏转并利用液晶的双折射效应使线偏振光分成两束线偏振光,并重新合成产生椭圆偏振光,在检偏片透过轴的平行方向上产生分量,形成灰阶。黑态漏光的机理主要表现在以下两个方面:

2.1 玻璃的光弹效应

有些光学各向同性的透明材料,如玻璃、塑料、环氧树脂等,当它们内部有应力时就会呈现出各向异性,便会出现双折射现象,这种现象称为光弹效应^[4],受力方向即为光轴方向,如图 1 所示。

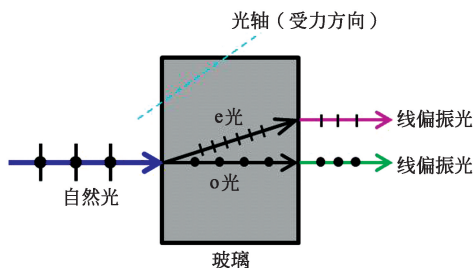


图 1 玻璃的光弹效应

Fig.1 Glass photoelasticity effect

2.2 液晶特性变化

在理想状态时,由于通过起偏片的线偏振光的振动方向与液晶指向矢垂直,其振动方向不会发生改变,液晶层的扭转角为 0° 。但是当液晶面板存在内应力或受外力时,液晶层会产

生一定的扭转角,受力区域附近的液晶分子排列受到影响,液晶分子的指向矢的方向发生改变,线偏光振动方向发生变化,进而光线漏出形成漏光。

如图 2 所示,当玻璃受力时,射出起偏片的线偏振光会在阵列基板(TFT 玻璃)、液晶层、彩膜基板(CF 玻璃)发生双折射^[5],射出彩膜基板时表现为 4 对偏振方向相互垂直的线偏振光,这 4 对偏振光在穿出彩膜基板时,每对线偏光因光程差进而合成为 4 条椭圆偏振光且椭圆偏振光的波面平行于 XOY 平面,4 条椭圆偏振光经过检偏片后形成 4 条线偏振光,由于这 4 条线偏振光的振动方向平行,可合成为 1 条线偏振光,产生亮度,进而表现出漏光不良产生亮度,进而表现出漏光不良^[6]。

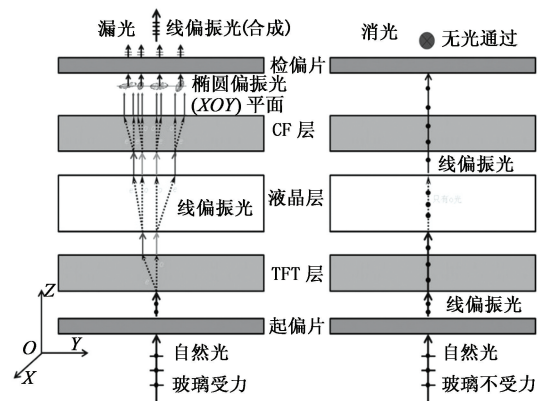


图 2 玻璃的双折射效应

Fig.2 Glass birefringent effect

3 实验

3.1 仪器及评价标准

在产品生产中一般采用专用的亮度测试系统,通过 CCD 成像,抓取显示画面足够多的单位模块亮度数据,呈现产品本身亮度分布状态,并通过处理得到产品的光学特性数据。

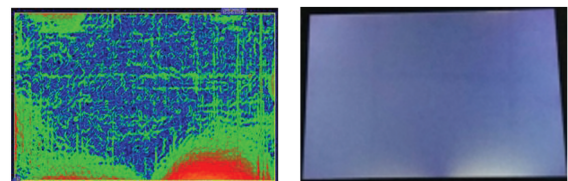


图 3 CCD 亮度成像

Fig.3 CCD intensity imaging

黑态均匀性为整个采集面最低亮度与最高亮度的比值,本文采用通用的德系评价标准,黑态均匀性管控下限为 50%,其计算方法如式(1):

$$u = \frac{\min[Y_{BOX}(i, j)]}{\max[Y_{BOX}(k, t)]} \quad (1)$$

3.2 实验过程

在各项目初期,根据黑态漏光的影响因素,设计不同实验条件,抽取各实验样品组成模组,研究其黑态均匀性随实验条件的变化趋势。黑态漏光原因可分为液晶面板本身显示不均^[7-9]、机构干涉应力、FPC 应力、COG Mura^[10]等原因,本文仅研究机构干涉应力和 FPC 应力对黑态漏光的影响及液晶面板抗应力能力提升。

4 实验结果及讨论

4.1 机构干涉

4.1.1 平整度

平整度主要为背光平整度和铁框平整度,异常时,可造成液晶面板受力,对应位置产生黑态漏光。背光来料时,检测出不同平整度的背光和铁框,采用单一变量(其他组件选取最优条件)组成模组,测试其黑态均匀性,图 4 为一款车载 7 in(1 in=2.54 cm)项目中不同平整度对应的黑态均匀性。

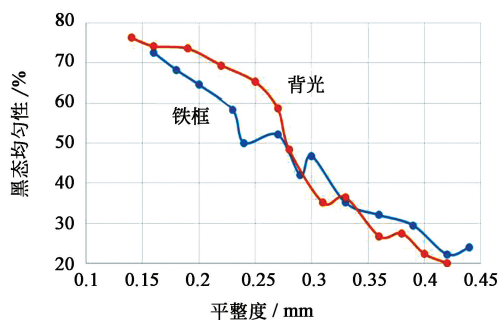


图4 平整度对黑态均匀性的影响

Fig.4 Influence of flatness on the black uniformity

从图 4 中可看出,当铁框平整度 ≤ 0.24 mm,背光平整度 ≤ 0.27 mm 时,黑态均匀性 $\geq 50\%$;为提升黑态均匀性,对背光平整度管控要求如下:一般 7 in 以下 0.2 mm,7~12 in 0.3 mm,12 in 以上 0.35 mm;通常铁框的平整度要求 0.2 mm~0.3 mm。实际使用中在平整度的规格制定时需同时考虑供应商的能力及液晶面板对平整度的敏感度。

4.1.2 背光卡扣设计

某些不良品中黑态漏光发生在角落,分析为角落卡扣开口及与角落距离过大引起的胶框翘起,形成漏光,因此需要按照图 5 方式采用闭口设计,同时卡扣与角落距离不易过大,在一款车载 9 in 项目中将距离由 15 mm 改为 8 mm,黑态均匀性变化如图 6;提升约 20%。

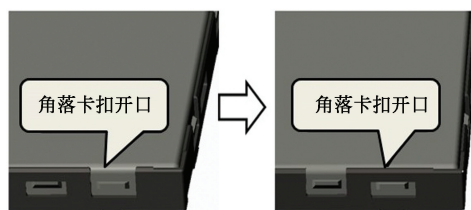


图5 卡扣设计方式

Fig.5 Method of buckle design

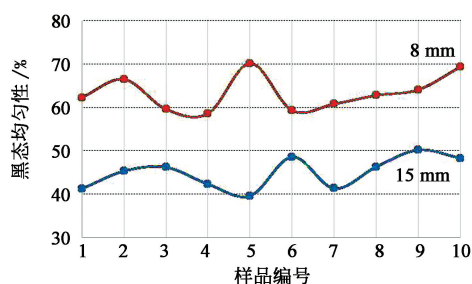


图6 卡扣设计对黑态均匀性的影响

Fig.6 Effect of buckle design on black uniformity

4.1.3 缓冲胶带设计

背光缓冲胶带可降低背光平整度异常对漏光的影响,设计相关性较大的为背胶方式、胶带压缩量及粘性。

背胶方式主要指与液晶面板接触面,可分为全背胶、不背胶、分段背胶(如图 7),配合 0.8 mm、0.6 mm、0.4 mm 厚的胶带,采用同一批平整度 0.35 mm BLU 分别组成模组,测试其黑态均匀性如图 8 所示:

实验表明泡棉压缩量越大,对平整度适应能力越强,为避免黑态漏光,压缩量应大于背光平整度管控上限,一般平整度管控 0.2~0.3 mm,根据泡棉压缩比计算,建议泡棉厚度管控 0.6 mm 以上。

泡棉背胶面积和粘性越大,背光平整度异常时形成的应力越大,漏光风险越大,因此背光设计中建议采用低粘性背胶或不背胶,若考虑异物风险,可采用分段背胶。

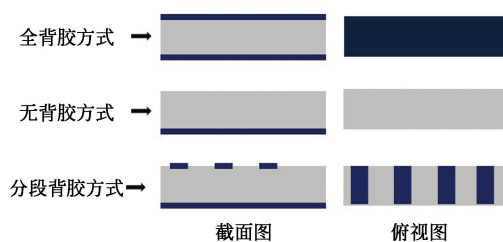


图 7 缓冲胶带正面背胶方式

Fig.7 Design method of viscosity on top of buffer tape

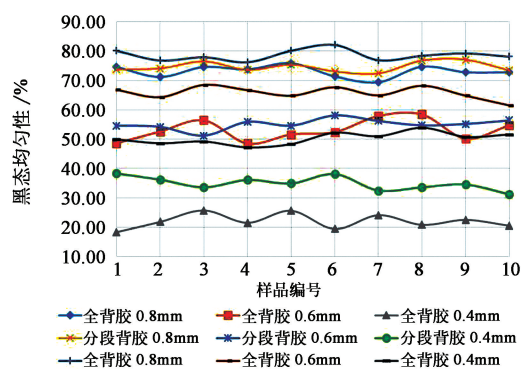


图 8 缓冲胶带对黑态均匀性的影响

Fig. 8 Effect of buffer tape on black uniformity

4.2 FPC 应力改善

4.2.1 FPC 外形

柔性电路板绑定(FPC Bonding)区域有较长的空白(Dummy)区,无实际线路连接,但弯折区过长,弯折后应力增大,分段设计应力较小,实际产品漏光也相对轻微。

4.2.2 PI (polyimide film) 厚度

FPC 在弯折区 PI 的厚度,直接影响 FPC 反折应力,现进行 PI 厚度为 $0\ \mu\text{m}$ 、 $25\ \mu\text{m}$ 和 $75\ \mu\text{m}$ 的黑态均匀性的研究,从图 9 可以看出:弯折区 PI 厚度越薄,其黑态均匀性更佳, $0\ \mu\text{m}$ 较 $25\ \mu\text{m}$ 黑态均匀性可提升约 4%。在实际使用时,需综合考试其 FOG bonding、FPC 抗弯折性能、FPC 本身线路保护,建议采用 $25\ \mu\text{m}$ 。

4.2.3 FPC 长度

实际设计中 FPC 长度计算应考虑各部件公差,FPC 过紧或过松均有可能造成不良,因此实际 FPC 设计中须预留足够 FPC 弯折长度,避免公差波动,造成 FPC 与胶框干涉拉紧,形成应力,加重漏光。

在 FPC 长度设计时,保证 FPC 弯折半径在 $0.5\ \text{mm}$ 以上,FPC 弯折后拉扯应力会大大减小,实际

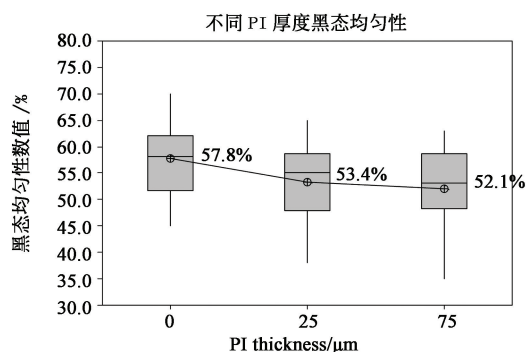


图 9 PI 厚度对黑态均匀性的影响

Fig. 9 Effect of PI thickness on black uniformity

一项目 FPC 贴附位置下调 $0.6\ \text{mm}$,FPC 在胶框角落弯折半径增大,拉扯应力减小,不良由 10% 降低到 1% 以内,图 10 是贴附后 FPC 边缘距离对位基准线(mark 线)不同距离的黑态均匀性。

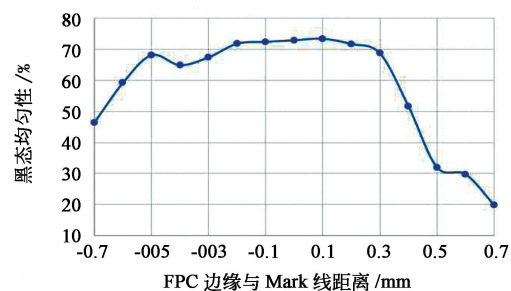


图 10 FPC 长度对黑态均匀性的影响

Fig.10 Effect of FPC length on black uniformity

4.3 抗应力能力提升

4.3.1 玻璃厚度减薄

玻璃厚度减少能减小液晶面板受力形变时内部应力,增强液晶面板对形变承受能力,有效改善黑态漏光;在相同形变情况下,薄玻璃较厚玻璃内部应力小。

图 11 表示的是一长 L 的杆件在受力时发生弯曲变形的示意图,杆件的截面为一宽 b 、厚 h 的矩形面,根据材料力学的相关理论分析知道,杆件的中心点挠度最大,设为 y ,则

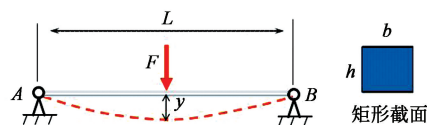


图 11 杆件受外力时发生弯曲变形示意图

Fig.11 Schematic diagram of pole bent by external forces

$$y = \frac{FL^3}{48EI}, \quad (2)$$

其中: $I = \frac{bh^3}{12}$, 代入到式(2), 得到:

$$y = \frac{FL^3}{4Ebh^3}, \quad (3)$$

则当变形量相同时, 即 $y_{0.4t} = y_{0.2t}$ 时, 有

$$F_{0.4t} = 8F_{0.2t}, \quad (4)$$

在变形量一样的情况下, 厚度减少一半, 玻璃受力变为原来的 $1/8$, 玻璃内部应力明显降低, 可以有效改善漏光的发生。

实际样品验证液晶面板厚度从 1.0 mm 减薄到 0.5 mm, 黑态均匀性提升约 13%, 如图 12 所示。

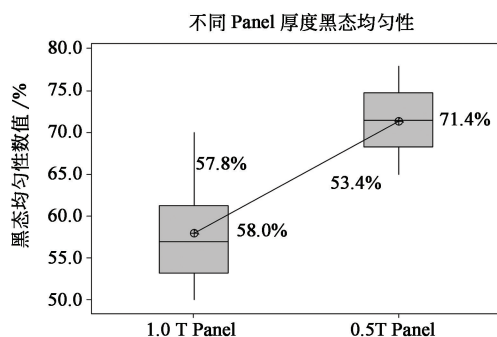


图 12 玻璃的厚度对黑态均匀性的影响

Fig.12 Effect of glass thickness on black uniformity

4.3.2 下偏光片(Polarizer)尺寸增大

泡棉直接与液晶面板接触, 形变时应力直接作用于液晶面板上, 应力集中且易造成面板盒内变化, 下偏光片和背光泡棉接触, 应力作用到偏光片上后被分散, 单位面积应力减小且偏光片本身也增强了液晶面板的强度, 进而利于改善黑态漏光。实际改善中下偏光片尺寸增大, 黑态均匀性数据会提升约 3%。

5 结 论

本文针对各个黑态漏光影响因素进行实验, 从机构干涉及 FPC 应力分析了对黑态漏光的影响, 并结合实际验证及改善效果, 对相关因素逐一提出了改善方案及管控建议。总体而言, 可从平整度管控、卡扣和缓冲胶带设计减小机构干涉; 从 FPC 长度、外形及其 PI 厚度设计减小 FPC 应力; 减小玻璃厚度及增大下偏光片尺寸来增加液晶面板抗应力能力; 从而降低了液晶面板周边形变量, 增加了液晶面板抗压强度, 将模组黑态均匀性提升到 80% 以上, 提升产品品质。

参 考 文 献:

- [1] 张鹏, 马婷婷, 杨叶花, 等. 液晶显示器 Mura 缺陷及测量方法浅析[J]. 电子测试, 2017(6): 50-52.
ZHANG P, MA T T, YANG Y H, et al. Mura defect and measurement method of liquid crystal display [J]. *Electronic Test*, 2017(6): 50-52. (in Chinese)
- [2] 郭程杰. 液晶显示模组漏光不良现象的解决策略研究[J]. 商品与质量, 2017(14): 14.
GUO C J. Study on resolutions of LCM light leakage defect [J]. *The Merchandise and Quality*, 2017(14): 14. (in Chinese)
- [3] 王志龙, 郑英花, 马亮, 等. L0 周边 Mura 分析及其改善研究[J]. 液晶与显示, 2014, 29(5): 668-673.
WANG Z L, ZHENG Y H, MA L, et al. Research and improvement of L0 side Mura [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(5): 668-673. (in Chinese)
- [4] 胡伟, 穆洪杨, 谈宝权, 等. 散射光弹性技术在化学钢化玻璃表面应力测量中的应用[J]. 玻璃与搪瓷, 2017, 45(5): 29-33.
HU W, MU H Y, TAN B Q, et al. Measurement of surface stress of chemically strengthened glass by scattered light photoelasticity [J]. *Glass & Enamel*, 2017, 45(5): 29-33. (in Chinese)
- [5] 廖红波, 王婷, 何琛娟, 等. 液晶盒双折射效应的测量与应用[J]. 大学物理, 2016, 35(8): 44-47.
LIAO H B, WANG T, HE C J, et al. The measurement and application of the birefringence effect in liquid crystal cell [J]. *College Physics*, 2016, 35(8): 44-47. (in Chinese)
- [6] 王永超, 张志东, 周璇. 向列相液晶弹性各向异性诱导液晶盒产生漏光的研究[J]. 液晶与显示, 2015, 30(6): 949-959.
WANG Y C, ZHANG Z D, ZHOU X. Study of light leakage induced by the elastic anisotropy of the nematic liquid

- crystal [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(6): 949-959. (in Chinese)
- [7] YANG Y F, KIMAN K, QIN G K, *et al.* Simulation and experimental study on light leakage in ADS mode LCDs [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2014, 45(1): 1251-1254.
- [8] WANG Y C, ZHANG Z D, ZHOU X. Light leakage induced by spontaneous distortion of the nematic director in bulk defect structures [J]. *Journal of Display Technology*, 2016, 12(4): 402-411.
- [9] YOU J, JIA Q, YANG Y F, *et al.* Improvement of dark state light leakage in ADS mode LCDs [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2015, 46(1): 1544-1547.
- [10] CHANG C C, LEU J, LIN M H, *et al.* Effects of localized warpage and stress on chip-on-glass packaging induced light leakage phenomenon in 13-inch TFT-LCD [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2009, 40(1): 838-841.

作者简介:李兴华(1967—),女,辽宁鞍山人,1990年毕业于哈尔滨科技大学(现更名为哈尔滨理工大学)应用物理专业,高级工程师,现任职于成都京东方光电科技有限公司,主要从事液晶显示器方面的研究。E-mail:lixinghua@boe.com.cn

暴军萍(1984—),女,陕西宝鸡人,硕士研究生,2010年于北京化工大学获得硕士学位,现任职于成都京东方光电科技有限公司,主要从事液晶显示器方面的研究。E-mail:baojunping@boe.com.cn