

研究与试制

DOI:10.19453/j.cnki.1005-488x.2022.02.011

车载液晶显示器模组黑态均匀性改善研究

暴军萍¹, 郁信波^{2*}, 徐兵¹, 王超², 向西², 杨小飞², 李洋²,
罗宁¹

(1. 成都京东方汽车电子有限公司, 成都 611743; 2. 成都京东方光电科技有限公司, 成都 611743)

摘要: 基于减小模组应力, 系统的研究了工艺、材料、设计对黑态均匀性的影响, 确定出可满足70%面扫的方案。实验结果表明: 1) 模组设计上采用减薄至0.4 mm的液晶屏搭配1.3 mm厚度的盖板; 2) 材料选择使用上下材质一致的偏光片, 液态光学贴合胶, 低温各向异性导电胶; 3) 对盒工艺降低机械臂运行速度, 可将车载液晶显示器模组的面扫黑态均匀性提升到70%。

关键词: 智能驾驶; 车载液晶显示器; 黑态均匀性

中图分类号: TN141.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-488X(2022)02-0138-05

Research and Improvement of Black Uniformity in Automotive TFT-LCD Module

BAO Junping¹, YU Xinbo², XU Bing¹, WANG Chao², XIANG Xi², YANG Xiaofei², LI Yang²,
LUO Ning¹

(1. BOECD Automotive Electronics Co., LTD, Chengdu 611743, CHN; 2. Chengdu BOE Optoelectronics Technology Co., LTD, Chengdu 611743, CHN)

Abstract: Based on reducing module stress, the effects of process, materials and design on black uniformity were studied systematically, and the method was determined that could meet the specification of area-scan 70%. The experimental results showed that by 1) design adopted thinned panel (0.4 mm) and cover glass (1.3 mm); 2) the materials used polarizers that top and bottom materials were the same, liquid optical clear resin, and low temperature ACF; 3) VAS process reduced the running speed of the lift bar, in this way, the black uniformity on automotive TFT-LCD module area-scan could be increased to 70%.

Key words: intelligent driving; automotive TFT-LCD; black uniformity

引 言

当下是智能汽车盛行的时代, 车内的中控、仪

表、后排娱乐、空调、后视镜、扶手等均对显示屏需求增多, 且存在大屏化、高清化、交互化、多屏化、多形态化五大发展趋势^[1]。尤其对液晶显示模组的画

收稿日期: 2022-01-10

作者简介: 暴军萍(1984—), 女, 硕士研究生, 主要从事车载液晶显示模组方面的研究。(E-mail: baojunping@boe.com.cn)

郁信波(1989—), 男, 硕士研究生, 主要从事车载液晶显示模组方面的研究。(E-mail: yuxinbo@boe.com.cn)

徐兵(1987—), 男, 主要从事车载液晶显示模组方面的研究。(E-mail: xubingcd@boe.com.cn)

* 通讯作者

质要求较高,黑态均匀性60%的规格已作为高规车系必须达到的一个重要指标。

黑态均匀性是指在全黑画面(L0)下,整个显示区最低亮度与最高亮度的比值,可直接反映亮度不均匀的程度。此不良有着较为复杂的成因和解决方法^[2-6]。文中从工艺优化、材料选择、模组设计三个方面进行改善研究,确定出了可满足70%面扫黑态均匀性规格的实验方案。

1 L0漏光产生机理

1.1 玻璃的光弹效应

当玻璃内存在应力,其介电常数与折射率会发生变化,这便是光弹效应,产生的光学延迟量和应力关系式如下:

$$K = C \times t \times \sigma \tag{1}$$

其中:C为玻璃的光弹性系数,只与玻璃材质相关,t为玻璃厚度,σ为玻璃应力大小^[5]。根据关系式(1)可知,降低玻璃的光弹性系数、减小玻璃厚度或内应力,均有利于减小相位延迟量,从而改善因玻璃应力产生的漏光。

1.2 液晶特性变化

在玻璃与液晶无外力及内应力的情况下,经过下偏光片的线偏振光振动方向EY与液晶指向矢D垂直,无相位延迟产生,故不会发生L0漏光。

当存在内应力或受外力时,受力附近区域液晶排列与偏转受到影响,液晶分子的指向矢D的方向发生改变,且ADS模式的液晶各项异性会放大玻璃受压产生的相位差,线偏光振动方向发生变化,光线漏出即发生漏光现象,其发生机理如图1所示:

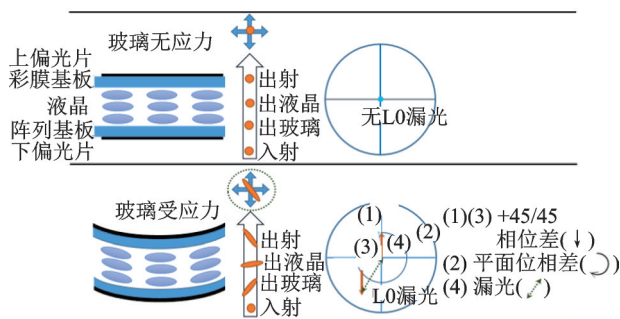


图1 黑态应力作用机理

Fig.1 Mechanism of dark stress

1.3 模组的L0漏光

在内应力和外力共同作用下产生玻璃相位差

和液晶相位差导致L0漏光发生,关系式如下:

$$\begin{aligned} \text{L0漏光} &= \text{玻璃相位差} \times \text{液晶相位差} \\ &= F \times Soc \times T \times Retardation \end{aligned} \tag{2}$$

其中

$$F = \mu \times S \times \frac{\Delta H}{H} \times E;$$

$$Retardation = \sin((\Delta n \times d / \lambda) \times 2\pi)$$

μ = PS&TFT 界面摩擦系数; S = PS 接触面积;

$\frac{\Delta H}{H}$ = PS压缩率; E = PS材料杨氏模量; Δn =

液晶折射率; d = cell gap; λ = 波长; F = 玻璃应力;

Soc = 玻璃光弹性系数; T = 玻璃厚度^[7]。

L0漏光发生原因总的来说与受力不均相关,文中主要从工艺、材料、设计方面减小应力以提升黑态均匀性。

2 实验

2.1 实验测试方法

2.1.1 黑态均匀性测试

文中采用专用的亮度测试系统 LMK, 通过 CCD 成像, 抓取黑画面足够多的单位模块亮度数据, 通过数据处理得到产品的光学特性数据, 见图2所示。

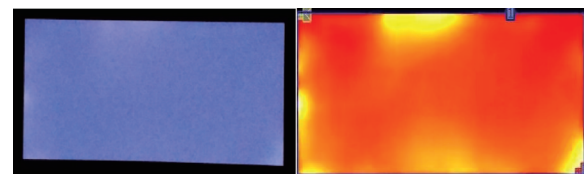


图2 CCD亮度成像

Fig.2 CCD intensity imaging

采集L0画面整面的亮度数据,使用德系评价标准处理数据,得出的最低亮度与最高亮度的比值便是黑态均匀性结果。

$$u = \frac{\min[Y_{\text{BOX}}(i,j)]}{\max[Y_{\text{BOX}}(k,t)]} \tag{3}$$

2.1.2 翘曲的测试

取待测样品放置于大理石平台,如图3所示,选用合适厚度塞规测试,一般选取产品不同位置的八点位进行测试,以最大能塞进缝隙面塞规数值为测试值。

2.2 实验过程

文中选择车载全贴合项目为研究对象,从影响

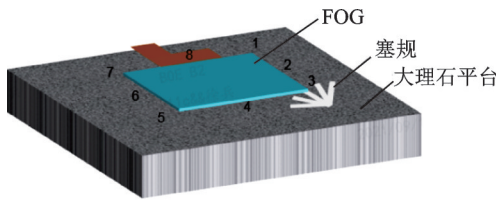


图 3 翘曲测试示意图

Fig.3 Schematic of warpage test

黑态均匀性的工艺优化、材料选择、模组设计三个方面进行研究,设置不同实验条件,做成模组成品并进行黑态均匀性测试。

3 实验结果及讨论

3.1 对盒机械臂运行速度

液晶屏本身漏光主要发生在周边,主要原因是在液晶滴注制程工艺中,通过机械臂将成盒基板抬升,由另一个机械臂取出,并搬运进UV固化炉进行框胶固化。在整个搬运过程中框胶尚未固化,其运行速度过快会造成玻璃内应力和翘曲。运行状态分为三个阶段:运行速度一(空载上升):机械臂位于对盒机台平面下方,上升接触到基板前的初始速度;运行速度二:机械臂接触到基板后,离开对盒机台后速度提升,将基板抬升;运行速度三:基板抬升至最高位置,如图4。

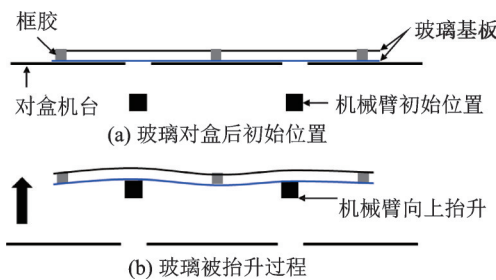


图 4 机械臂运动示意图

Fig.4 Diagram of lift bar movement

通过对大板上所有液晶屏翘曲监控测试,发现与机械臂接触的液晶屏翘曲更严重,测试数据如图5。机械臂在运行过程中会对基板施加应力,导致框胶固化后液晶屏存在内应力和翘曲,故研究机械臂的运行速度尤为重要。

如图6,降低机械臂第一阶段速度后,与其接触的液晶屏最大翘曲由0.20 mm降低到了0.15 mm;进一步降低第二、三阶段速度后,最大翘曲由0.15 mm降低到了0.10 mm,改善效果显著。

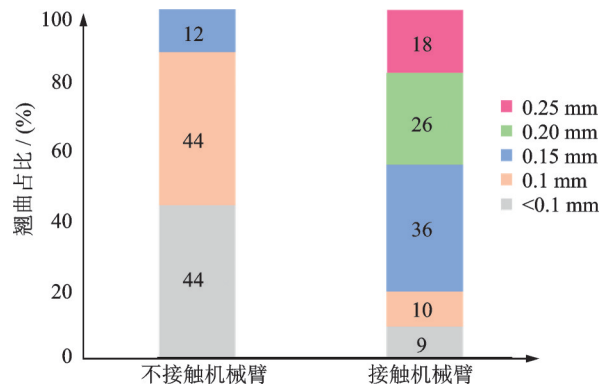


图 5 玻璃上不同位置液晶屏翘曲

Fig.5 Warping of panel at different positions on the glass

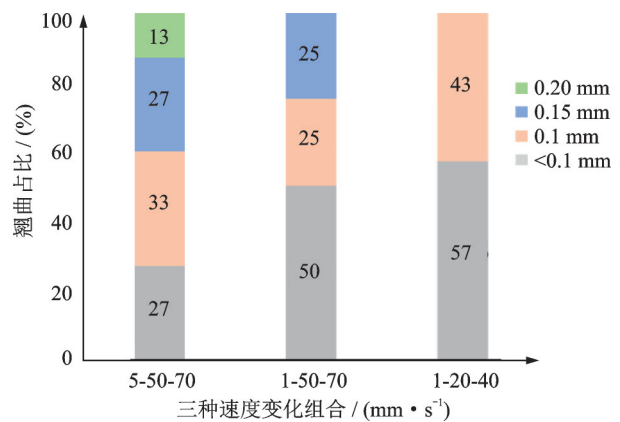


图 6 机械臂在不同运行速度下液晶屏翘曲情况

Fig.6 Warping of panel at different running speeds of lift bar

将机械臂不同运行速度的液晶屏做成模组进行黑态均匀性测试,实验结果如表1:

表 1 机械臂不同运行速度下黑态均匀性测试

Tab.1 The black uniformity of lift bar at different running speeds

实验	运行速度/(mm·s ⁻¹)			黑态均匀性/(%)
	阶段一	阶段二	阶段三	
1	5	50	70	52.2
2	1	50	70	59.8
3	1	20	40	60.6

从表1中可得出,降低第一阶段速度,黑态均匀性均值提高7.6%。降低第二、三阶段速度,黑态均匀性均值仅提高0.8%,说明机械臂运行第一阶段的速度对黑态均匀性的影响最为显著。

分析原因是因为阵列基板和彩膜基板在对盒腔体中真空对盒后,由于对盒基板会吸附在对盒机台上,若机械臂第一阶段运行速度过大,基板在抬升离开对盒台面过程中的形变会越大,导致框胶的应力分布不均,液晶屏的翘曲及漏光程度会加重。

3.2 材料选择

全贴合车载模组在材料选择方面最关键的是要承受高规的信赖性要求,在满足信赖性条件下,针对偏光片、玻璃材料、各向异性导电胶(ACF)、光学贴合胶的材料从黑态均匀性改善方面进行了研究。

3.2.1 偏光片

偏光片对不同方向的极化光吸收系数不同,对光起到偏振作用^[8]。因不同的叠层设计或采用的材质不同,偏光片在温度变化过程中的收缩率存在差异,因此在车载模组老化工艺(70℃ 4 h)中,液晶屏会产生翘曲,进而在后续组装和贴合工艺中产生内应力。

老化时会引起上下偏光片的收缩,室温放置后吸湿膨胀,因上下偏光片材质不同,其收缩膨胀率存在差异,如图7所示。

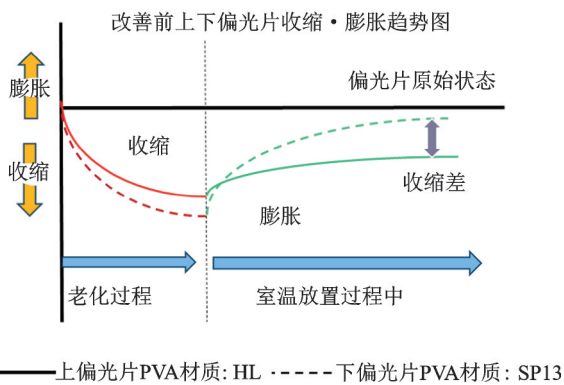


图7 偏光片收缩率随温度的变化

Fig.7 Variation of POL shrinkage with temperature

文中采用偏光层不同材质的偏光片贴附于液晶屏进行-40℃~85℃ 4H加严老化,测试产品翘曲,再将产品制作成模组测试黑态均匀性,如表2所示。上下偏光片材质一致,经过冷热冲击后,翘曲可降低约0.14 mm,且黑态均匀性可提升6.2%。

表2 偏光片收缩率对均黑和翘曲的影响

Fig.2 Effect of POL shrinkage on black uniformity and warpage

上偏光片	下偏光片	翘曲/mm	黑态均匀性/(%)
HL	SP13	0.3	57.2
HL	HL	0.17	63.1
SP13	SP13	0.16	63.4

3.2.2 玻璃材料

从公式(1)及公式(2)可知,玻璃的光弹性系数对其受外力的相位延迟量至关重要,故文中对不

同玻璃材料在车载模组黑态均匀性方面的表现进行了研究,材料特性如表3所示。

表3 不同玻璃材质物理参数

Tab.3 Physical parameters of different glass materials

特性参数	玻璃A	玻璃B
杨氏模量/GPa	73	83
光弹性系数	33.7	28

从公式(1)可知:光弹性系数越小,相位延迟量更小,抗漏光能力会更强。另杨氏模量越大,材料的刚度越强,自重弯曲量更小,抗变形能力会更强。从表3的基本参数得出,玻璃B在杨氏模量、光弹性系数方面均优于玻璃A,用这两种玻璃制作成模组并进行黑态均匀性测试,测试结果如表4。

表4 不同玻璃黑态均匀性测试结果

Tab.4 Black uniformity results of different glasses

玻璃类型	58%黑均良率/ (%)	55%黑均良率/ (%)	黑态均匀性/ (%)
玻璃A	86.91	92.25	66
玻璃B	96.25	97.86	71.5

从表4中可得出:低光弹性系数玻璃B黑态均匀性良率(58%基准)较普通玻璃良率提升9.34%,黑态均匀性均值提升5.5%,有明显的改善效果。

3.2.3 光学贴合胶

目前车载市场全贴合模组已是主流,与框贴相比,其显示效果更好,隔绝灰层和水,减少噪声干扰,且机身更薄,装配更加便捷。全贴合常用固态(OCA)、液态(OCR)两种材料,其材料硬度、粘度等特性不同,液晶屏产生的应力大小不同^[9]。

文中选择了三款车载模组进行全贴合对比验证,实验结果如图8 OCR vs OCA黑均箱线图所示。

从图8可得出选用液态光学胶贴合,黑态均匀

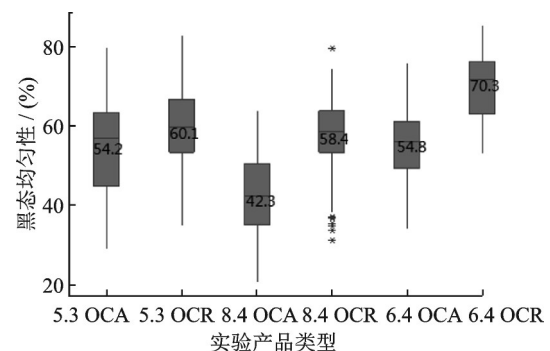


图8 光学贴合胶对黑态均匀性的影响

Fig.8 The influence of optical adhesive on black uniformity

性改善明显,其中 16.26 cm 为长条形,漏光主要来自 OCA 的贴合应力,黑态均匀性均值提高到了 70%;13.46 cm IC 至显示区距离仅 3.6 mm,COG Mura 占据了漏光的主要原因,黑态均匀性均值提升了 6%,故 OCR 液态光学胶贴合更能自动适应原材的翘曲及工艺中的应力。

3.2.4 各向异性导电胶

IC 邦定工艺主要参数是温度、压力、时间,邦定过程中,IC 和液晶屏受热膨胀,因两者收缩率不一致,导致邦定后玻璃发生翘曲与内应力,影响到显示区,通常会在 IC 附近发生漏光。

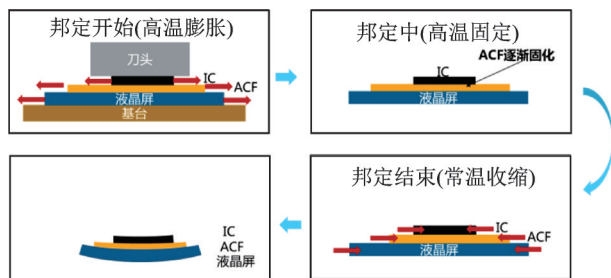


图 9 IC 邦定漏光产生机理

Fig.9 Mechanism of light leakage at IC bonding

邦定工艺温度范围主要是由 ACF 材料决定,ACF 是将导电镍粒子或外表镀有金属的塑胶空心小球混在树脂中,在受压力时于垂直的 Z 方向导电^[10]。文中选择两款不同温度的 ACF 进行研究,实验参数如表 5:

表 5 IC 邦定工艺参数

Tab.5 The parameters of IC bonding

ACF 类型	T/(°C)	压力/Mpa	t/s
型号 A	160	50	7
型号 B	130	50	7

选择三款 IC 邦定漏光风险高的项目,分别使用 ACF 型号 A、B 进行实验测试,实验结果如图 10,低

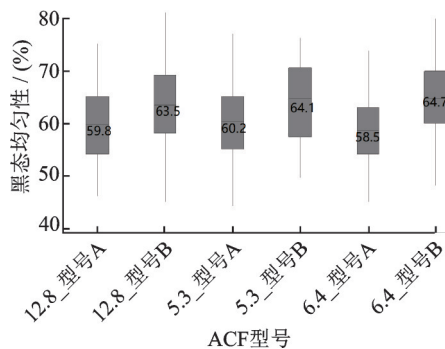


图 10 ACF 型号对黑态均匀性的影响

Fig.10 The influence of ACF model on black uniformity

温 ACF 型号 B 可提升黑态均匀性均值 4%~5.8%,低温 ACF 在邦定过程中 IC 和液晶屏受到的温度影响较小,收缩率差异较小,液晶屏产生的内应力小,故对黑态均匀性有明显的改善。

3.3 模组厚度搭配

从公式(3)得出关键影响因子:L0漏光程度与玻璃厚度正相关,由于应力的存在,导致玻璃相位差及液晶相位差发生变化,进而发生了 L0漏光。

盖板厚度影响翘曲及模组强度,液态光学贴合胶(OCR)厚度对应应力&翘曲的吸收能力不一样,故两者也直接影响玻璃相位差及液晶相位差,因此针对液晶屏厚度、OCR 厚度、盖板厚度三个因子进行全因子实验,结果见表 6。

表 6 厚度搭配的实验设计

Tab.6 Experimental design of thickness matching

实验因子	液晶屏厚度/ mm	盖板厚度/ mm	OCR 厚度/ mm
因子变量	0.4 0.6 1.0	1.1 1.3	0.4 0.6 0.8

从图 11 可知,黑态均匀性与盖板和 OCR 厚度成正相关,与液晶屏厚度成负相关:当 OCR 厚度增加到 0.6 mm 后,黑态均匀性改善较为缓慢,故选择 OCR 厚度为 0.6 mm;盖板厚度选择 1.3 mm;市场上常见的液晶屏厚度为 0.8 mm 或 1.0 mm,考虑减薄过程中的破片及车载项目强度需要,液晶屏厚度选择 0.4 mm。

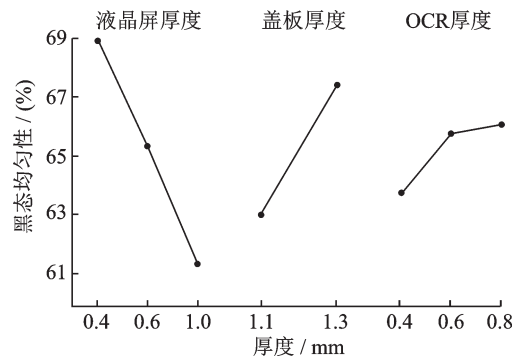


图 11 厚度对黑态均匀性影响的主效应图

Fig.11 Main effect diagram of thickness on black uniformity

3.4 黑态均匀性优化效果验证

综合以上所有工艺、材料、设计的有效改善措施,选择 25.65 cm 项目进行黑态均匀性改善有效性

(下转第 153 页)