

引用格式:薛亚萍,冯奇斌,严乔,等.加固屏高温显示特性分析[J].电光与控制,2017,24(11):105-108. XUE Y P, FENG Q B, YAN Q, et al. Analysis of high-temperature display characteristics of rugged LCD[J]. Electronics Optics & Control, 2017, 24(11):105-108.

加固屏高温显示特性分析

薛亚萍^{a,b,c,d}, 冯奇斌^d, 严乔^d, 洪纯^d, 吕国强^d

(合肥工业大学, a. 特种显示技术教育部重点实验室; b. 特种显示技术国家工程实验室;
c. 现代显示技术省部共建国家重点实验室; d. 光电技术研究院, 合肥 230009)

摘要:应用于高温环境下的加固液晶屏通常会出现显示不均问题,严重影响显示效果。针对这个问题,提出了利用试验和有限元仿真相结合的方法对加固液晶屏高温显示特性进行分析。首先利用有限元仿真软件对液晶原屏和加固液晶屏进行热力学仿真,分析液晶层厚度的变化,再对其进行热力学试验,并与仿真相对比,最后结合仿真和试验结果得出:出现显示不均(Mura)现象的位置处液晶层的厚度发生了明显的变化,并且随着液晶层厚度变化增大,Mura现象更明显;高温环境下加固液晶屏较容易出现Mura,且不同厂家的液晶屏出现高温显示Mura的概率不同。为了降低高温环境下Mura出现的机率,建议对原屏进行筛选。

关键词:液晶显示器;加固液晶屏;显示不均;液晶层;有限元仿真

中图分类号:O213.2 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-637X.2017.11.022

Analysis of High-Temperature Display Characteristics of Rugged LCD

XUE Ya-ping^{a,b,c,d}, FENG Qi-bin^d, YAN Qiao^d, HONG Chun^d, LYU Guo-qiang^d

(Hefei University of Technology, a. Key Lab of Special Display Technology; b. National Engineering Lab of Special Display Technology; c. National Key Lab of Advanced Display Technology; d. Academy of Photoelectric Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: The rugged LCD used in high-temperature environments is prone to present Mura, which severely worsens display quality. To solve the problem, the paper proposes a method based on experiments and finite-element simulation to deeply analyze the high-temperature display characteristics of the rugged LCD. Thermodynamic simulations of common LCDs and rugged LCDs are firstly performed using the finite-element simulation software, and then the thickness changes of the LC layer are analyzed. Thermodynamic experiments are finally performed. The practical and simulation results show that: 1) The liquid crystal layer has obvious change at the Mura position, and the Mura becomes severe with the change of the layer thickness; and 2) The rugged LCDs have higher possibility of Mura at high temperature, and Mura possibilities of LCDs from different manufacturers are different. To minimize the problem of Mura, more work should be done to screen the LCDs.

Key words: Liquid Crystal Display (LCD); rugged LCD; Mura; liquid crystal layer; finite-element simulation

0 引言

液晶显示(Liquid Crystal Display, LCD)以其体积小、能耗低、显示质量高、辐射小、抗干扰性好等显著优

点受到青睐,成为当今主流显示器^[1]。但在航空航天领域,普通液晶屏无法适应振动、强光、电磁、潮湿等恶劣环境^[2]。为了保证液晶屏在特殊环境下的显示质量,必须对其进行加固。通常采用的加固方法是通过光学胶将普通商用的液晶屏与加固玻璃进行绑定。而当加固屏长时间工作于70℃高温环境下时,由于加固玻璃、光学胶、液晶盒等原件的热膨胀系数和弹性模量的不同将对液晶盒产生额外的应力^[3-4],造成显示不均(Mura)。

收稿日期:2016-12-30

修回日期:2017-01-11

基金项目:安徽省科技重大专项计划项目(16030901001)

作者简介:薛亚萍(1992—),女,安徽宿州人,硕士生,研究方向为液晶显示。

但由于液晶屏内部的复杂结构,目前的测试技术和设备无法直接准确测得绑定了加固玻璃后的液晶屏在高温环境下的液晶层厚度变化。而近年来随着计算机运行速度的不断提高,有限元分析^[5-6]在工程设计和分析中得到了越来越广泛的应用。于是本文提出采用软件仿真和试验相结合的方法,针对不同厂家液晶屏展开研究,以期帮助生产厂家提高加固良好率。

1 有限元仿真分析

根据液晶屏显示原理^[7-8]可知 LCD 的光透过率 T 为

$$T = \frac{1}{2} \sin 2\psi^2 \sin^2\left(\frac{\pi \Delta n d}{\lambda}\right)^2 \quad (1)$$

式中: Δn 表示液晶的双折射率; d 表示液晶层的厚度; λ 表示光线的波长; ψ 为液晶分子的方位角。从式(1)可看出光透过率与液晶层厚度 d 有直接联系。所以本文试图通过热力学仿真和试验获得不同温度和力载荷下在液晶屏 Mura 显示区域的液晶层厚度变化趋势,以深入研究 Mura 显示现象与液晶层厚度变化之间的联系。

表 1 加固 LCD 各部件热力学参数

Table 1 Thermodynamic parameters of various components of rugged LCD module

		$E_x/E_y/\text{Pa}$	E_z/Pa	G_{xy}/Pa	$G_{xz}/G_{yz}/\text{Pa}$	$\alpha/^\circ\text{C}^{-1}$
LCD1	TFT 基板	8.62E+10	5E+9	3.38E+10	1.7E+7	1.26E-6
	LC	1.434E+12	3E+5	5.6E+11	5E+4	6.57E-5
	CF 基板	8.94E+10	8E+9	3.33E+10	2.7E+7	3.42E-6
LCD2	TFT 基板	8.74E+10	5E+9	3.49E+10	6E+6	4.83E-6
	LC	2.38E+10	3.5E+5	9.3E+9	2.5E+5	1.43E-4
	CF 基板	8.44E+10	8E+10	3.4E+10	2.1E+7	1E-6
	光学胶	1.65E+7		5.7E+6		0.0012
	加固玻璃	6.5E+10		2.7E+10		9E-6
	偏光片	8E+8		3.2E+8		4.5E-5

利用有限元仿真软件分别对液晶原屏和加固液晶屏进行热力学仿真,加载和约束方式如图 2 所示。

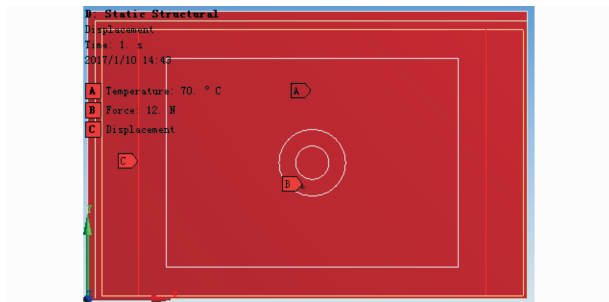


图 2 热力学分析模型

Fig. 2 Thermodynamic simulation model

以液晶屏 LCD1 为例。图 3 给出了 22 °C 环境下拉力为 12 N 时液晶原屏和加固液晶屏液晶层应力 (Mpa) 分布图及 70 °C 环境下拉力为 12 N,时加固液晶

加固 LCD 由液晶原屏与加固玻璃绑定获得,有限元仿真模型如图 1 所示。

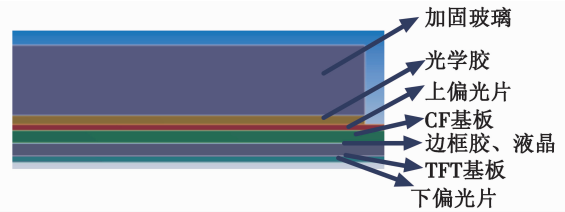


图 1 加固液晶屏仿真模型

Fig. 1 Simulation model of rugged LCD

模型主要包括加固玻璃、光学胶、上偏光片、CF 基板、液晶层、TFT 基板以及下偏光片。由于各部件的热力学参数很难独立测得,故对各部件进行等效并利用试验测量与有限元仿真分析获得各部件的热力学参数^[9-10]。表 1 给出了仿真模型中各元件的热力学参数,其中,LCD1 和 LCD2 是性能参数完全相同,来自不同厂家的液晶原屏。 E_x, E_y, E_z 分别为 x, y, z 方向的弹性模量; G_{xy}, G_{xz}, G_{yz} 分别为 xy, xz, yz 面的剪切模量; α 为热膨胀系数。

屏液晶层应力 (Mpa) 分布图,发现在液晶原屏加力环周围及加固屏加固玻璃边缘区域出现应力集中,并且高温环境下应力值明显增大。

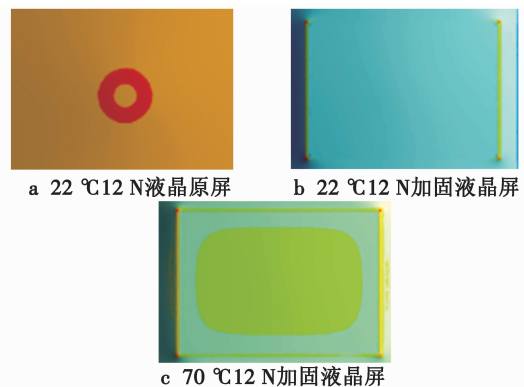


图 3 液晶层应力分布

Fig. 3 Stress distribution of liquid crystal layer

由式(1)可以看出,液晶层厚度的变化直接影响各波长光线的透过率。取 70 °C 环境下,12 N 拉力作用下液晶原屏 LCD1 和加固液晶屏 LCD1 液晶层厚度变化值如图 4 所示。

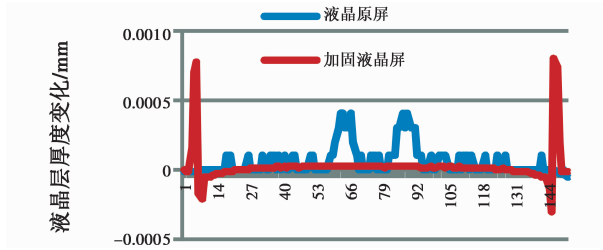


图 4 液晶层厚度变化

Fig. 4 Thickness variation of liquid crystal layer

根据仿真结果可以看出,液晶原屏和加固液晶屏分别在加力环周围、加固玻璃边缘区域出现应力集中,且液晶层厚度有明显的变化,导致各波长的透过率变化不一致,从而出现 Mura。下文通过有限元仿真分别获得在常温和高温环境中随拉力增大,其加固玻璃边缘液晶层厚度变化值,如图 5 所示。

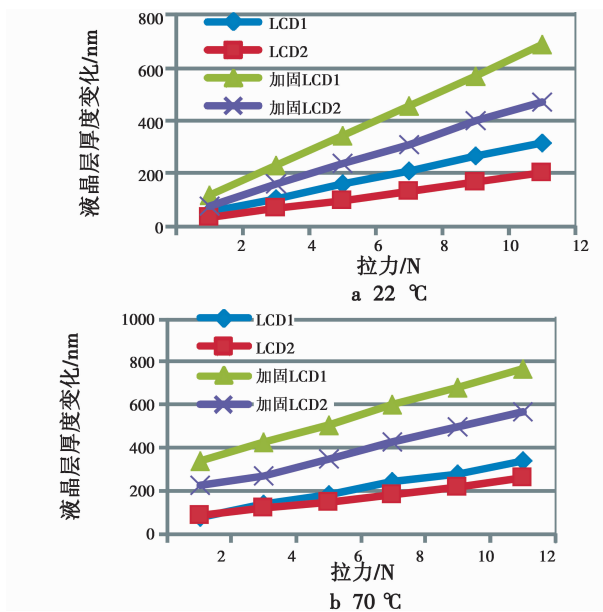


图 5 22 °C 和 70 °C 不同拉力作用时液晶层厚度变化值

Fig. 5 Thickness variation of liquid crystal layer under different forces at 22 °C and 70 °C

根据以上仿真结果可以看出,液晶层厚度变化值随着拉力的增大而增大,并且通过图 5 可以看出,相同的外界条件下,液晶原屏 LCD1 的液晶层厚度变化大于液晶原屏 LCD2 的液晶层厚度变化,并且加固处理和高温环境会使液晶层厚度变化明显增大。

为探究相同的温度变化对不同液晶屏的影响所存在的差异,将 70 °C 下的液晶厚度变化与 22 °C 下的液晶层厚度变化值相减得到图 6 所示数据。

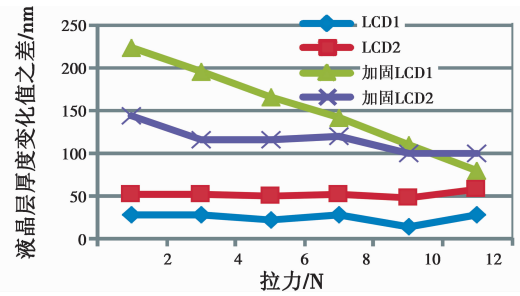


图 6 70 °C 和 22 °C 下液晶层厚度变化值之差

Fig. 6 Difference of thickness variation of liquid crystal layer at 70 °C and 22 °C

液晶原屏在常温和高温环境下的液晶层厚度变化值之差在 14 ~ 58 nm 之间,而加固屏液晶屏在常温和高温环境下的液晶层厚度变化值之差在 80 ~ 223 nm 之间。所以与液晶原屏相比较,加固屏对外界环境变化更敏感,并且不同的液晶原屏对外界环境变化的敏感程度也不同。

2 液晶原屏试验

在 LCD1 和 LCD2 的中间粘贴加力环,对其施加垂直拉力,观察液晶屏 Mura 显示现象。显示现象如图 7 所示。



图 7 液晶屏 Mura 显示现象

Fig. 7 Mura of LCD

使用高低温试验箱给液晶原屏提供 22 °C 和 70 °C 恒温环境,并通过加力装置分别对液晶原屏 LCD1 和液晶原屏 LCD2 施加 2 ~ 12 N 拉力,观察并记录白场下是否出现 Mura 现象,结果如表 2 所示。

表 2 液晶原屏在不同温度和不同拉力下 Mura 现象
Table 2 Mura of LCD under different temperature and different forces

		拉力/N					
		2	4	6	8	10	12
22 °C	LCD1	否	否	否	是	是	是
	LCD2	否	否	否	否	否	是
70 °C	LCD1	否	否	是	是	是	是
	LCD2	否	否	否	是	是	是

可以看出,随着拉力的增加,在拉力环附近逐渐出现黄色 Mura,并且结合仿真结果可以得出,随着拉力的增大,液晶层厚度变化值增大,Mura 越明显。即液

晶层厚度变化大小与 Mura 显示明显程度呈正相关。常温环境试验中, LCD1 在 8 N 拉力下开始出现 Mura, LCD2 在 12 N 拉力下开始出现 Mura, 对应的液晶层厚度变化值分别为 213 nm, 200 nm。而在 70 °C 高温环境下, 液晶屏 LCD1 在 6 N 作用力下开始出现 Mura, 液晶屏 LCD2 在 8 N 作用力下开始出现 Mura, 对应的液晶层厚度变化值分别为 181 nm, 182 nm。可见当液晶层发生 181 nm 的厚度变化时, 液晶屏开始出现 Mura, 并且在高温环境下更是容易出现 Mura, 且 LCD1 较容易出现显示不均现象。

3 加固液晶屏试验

使用光学胶将 LCD1 和 LCD2 与加固玻璃进行绑定得到加固液晶屏 1(加固 LCD1)和加固液晶屏 2(加固 LCD2), 然后在加固液晶屏的中间粘贴加力环, 使用相同的加力装置对加固液晶屏施加垂直拉力, 加固液晶屏 Mura 显示现象如图 8 所示。



图 8 加固屏 Mura 显示现象

Fig. 8 Mura of rugged LCD

同样将加固 LCD1 和加固 LCD2 放置在 22 °C 和 70 °C 恒温环境中, 并施加 2 ~ 12 N 拉力, 观察并记录白场下是否出现 Mura 现象, 结果如表 3 所示。

表 3 加固液晶屏在不同温度和拉力下 Mura 现象

Table 3 Mura of rugged LCD under different temperature and different forces

		拉力/N			
		2	4	6	8 ~ 12
22 °C	加固 LCD1	否	是	是	是
	加固 LCD2	否	否	是	是
70 °C	加固 LCD1	是	是	是	是
	加固 LCD2	是	是	是	是

可以看出, 液晶原屏经过加固后, Mura 显示区域由原先的中间加力环周围区域变成了加固玻璃边缘区域, 与仿真中液晶层厚度变化区域吻合, 而且高温环境

下 Mura 更容易出现。LCD1 经加固后依然较容易出现显示不均现象。而与液晶原屏相比较, 加固后的液晶屏更容易出现 Mura。

4 结论

本文利用试验测试与软件仿真相结合的方法分析了加固液晶屏在 70 °C 高温环境下的显示特性, 首先利用有限元仿真软件并结合理论分析, 最后通过试验验证, 获得其 Mura 出现位置处液晶层厚度变化值与 Mura 显示明显程度呈正相关; 高温下液晶层厚度变化明显增大, 即高温环境下更容易出现 Mura 显示现象; 加固液晶屏对温度的变化更敏感, 即相同的温度变化下加固屏会产生较大的液晶层厚度的变化, 进而引起 Mura 显示; 不同厂家的液晶屏经过相同的加固处理后, 会产生不同的高温变形, 即 Mura 出现的临界值不同。建议加固液晶屏生产厂家加强对液晶原屏的质量控制, 以便提高加固屏的生产良好率, 降低生产成本。

参考文献

- [1] 毛学军. 液晶显示技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [2] 王元庆, 侯昌忠. 航空级加固型有源液晶显示器及其现状[J]. 电子器件, 2001, 24(4): 331-337.
- [3] 华懿魁, 冯奇斌, 牛红林. 加固液晶显示器高温环境下热应力探究[J]. 现代显示, 2012, 23(7): 38-44.
- [4] 冯奇斌, 姚慧慧, 陈韬, 等. 加固液晶显示模块高温工作特性研究[J]. 电光与控制, 2014, 21(4): 26-28, 85.
- [5] 刘英魁. 有限元分析的发展趋势[J]. 中国新技术新产品, 2009(6): 157.
- [6] 王俊栖. 有限元分析发展现状及在优化设计领域的应用[J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2015(26): 231.
- [7] 黄子强. 液晶显示原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
- [8] 田民波, 叶锋. TFT 液晶显示原理与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [9] 陆吕晨. 液晶显示屏热力学等效参数研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2016.
- [10] 傅永华. 有限元分析基础[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003.