

## 航空液晶显示模块加固优化分析

姚慧慧<sup>a,b,c,d</sup>, 冯奇斌<sup>e</sup>, 陆吕晨<sup>a,b,c,d</sup>, 弓欣<sup>e</sup>, 吕国强<sup>e</sup>

(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. 仪器科学与光电工程学院; e. 光电技术研究院, 合肥 230009)

**摘要:** 加固液晶显示模块在温度变化时, 由于光学胶、加固玻璃、偏振片等元件的热膨胀系数、弹性模量、泊松比的不同, 会对液晶产生额外的热应力。针对加固液晶显示模块建立有限元分析模型, 仿真分析了高温环境下不同光学胶厚度、不同光学胶工艺和不同加固玻璃厚度对液晶屏的影响。仿真结果表明: 当加固玻璃的厚度为 2.3 mm, 光学胶的厚度为 300  $\mu\text{m}$ , 采用固化后弹性模量为 1.65E7 Pa、热膨胀系数为 1.2E-3/ $^{\circ}\text{C}$ 、泊松比为 0.44 的光学胶固化工艺, 模块的变形量、应变和应力值最小, 有利于保证模块的显示性能。

**关键词:** 加固液晶显示模块; 加固玻璃; 光学胶; 有限元分析

**中图分类号:** V248.2; TN956 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2015)01-0076-04

## Optimization on Ruggedization Process of Aviatric LCDs

YAO Hui-hui<sup>a,b,c,d</sup>, FENG Qi-bin<sup>e</sup>, LU Lü-chen<sup>a,b,c,d</sup>, GONG Xin<sup>e</sup>, LÜ Guo-qiang<sup>e</sup>

(Hefei University of Technology, a. Key Lab of Special Display Technology, Ministry of Education; b. National Engineering Lab of Special Display Technology; c. National Key Lab of Advanced Display Technology; d. School of Instrumentation and Opto-Electronics Engineering; e. Academy of Photoelectric Technology, Hefei, 230009, China)

**Abstract:** Due to the different thermal expansion coefficients, elastic modulus, and Poisson ratio of the optical cement adhesive, rugged glass, and polarizer, some thermal stress will perform on a rugged LCD when the ambient temperature changes. The paper establishes the finite element analysis model of the rugged LCD in the high ambient temperature to simulate the possible thermal stresses with different adhesive thickness, different ruggedization processes, and different rugged glass thickness. The simulation results show that: When the rugged glass thickness is 2.3 mm, the adhesive thickness is 300  $\mu\text{m}$ , and the elastic modulus, thermal expansion coefficient, Poisson ratio of the adhesive is respectively 1.65E7 Pa, 1.2E-3/ $^{\circ}\text{C}$ , and 0.44, the displacement, the strain, the stress of the rugged LCD is the least, which helps guarantee the display performance.

**Key words:** rugged LCD; rugged glass; adhesive; finite element analysis

### 0 引言

经过 30 多年的发展, 液晶显示 (Liquid Crystal Display, LCD) 目前已经成为平板显示的主流技术。对于航空液晶显示模块, 在高空强光照射环境及强电磁环境下, 可能出现显示信息不清晰, 甚至根本不能正常工作的情况, 对航空器和人员造成安全隐患。故航空液晶显示模块通常采用光学胶在液晶原屏上粘贴具有屏

蔽、减反功能的氧化铟锡 (Indium-Tin Oxides, ITO) 玻璃 (通常叫做加固玻璃)。

加固工艺作为显示模块生产企业的核心机密, 国内外公开文献相对较少。国内主要集中在如何提高模块抗振动冲击、耐宽温、抗潮湿盐雾等方面<sup>[1-4]</sup>, 基本不涉及加固用光学胶。国外文献采用有限元分析方法开展研究, 如文献[5]建立了加固液晶显示模块的有限元分析模型, 分析不同类型的光学胶 (矽凝胶或硅橡胶) 对于加固效果的影响; 文献[6]分析了温度对于液晶屏漏光的影响; 文献[7]则试验测试分析了加固后液晶模块的机械性能; 文献[8-9]分析了温度升高后加固液晶显示模块的热变形, 但没有针对加固过程开展优化设计。

收稿日期: 2014-02-26

修回日期: 2014-10-24

基金项目: 安徽省科技计划项目 (1206c0805007); 国家“八六三”项目 (2012AA011901)

作者简介: 姚慧慧 (1988—), 女, 河南商丘人, 硕士生, 研究方向为液晶显示、光电检测等。

温度变化时,光学胶、加固玻璃、偏振片等元件的热膨胀系数、弹性模量、泊松比的不同,会对液晶屏产生额外的热应力。为保证加固后的航空液晶显示模块的显示性能,本文综合分析了加固过程中可能影响显示性能的因素,以期进行优化设置。

### 1 影响因素分析

图 1 所示为加固后航空液晶显示模块的层状结构,包括上/下基板、液晶材料、光学胶和加固玻璃。

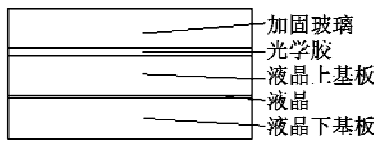


图 1 航空液晶显示模块层状结构示意图

Fig. 1 Laminated LCD

由液晶上/下基板及液晶层构成的液晶原屏通常是市场直接购买的商业屏,无法改变其性能。加固工艺中可以控制影响显示性能的因素包括:1) 加固光学胶厚度;2) 固化工艺,包括光学胶 A/B 组分配比、固化时间、固化温度都会影响固化后光学胶的热力学性能;3) 加固玻璃厚度,常见的 ITO 玻璃包括 0.55 mm,0.7 mm,0.9 mm,1.1 mm,2.3 mm,3 mm 等多种厚度。

### 2 有限元仿真模型

针对 10.4 in(1 in = 2.54 cm)、4:3 的航空液晶显示模块建立有限元仿真模型<sup>[10-11]</sup>,如图 2 所示。

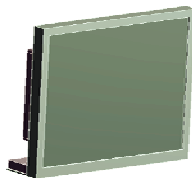


图 2 航空显示模块有限元分析模型

Fig. 2 FEA model of ruggedged LCD

实际的液晶原屏是非对称结构,即上下基板一端对齐,另一端则是下基板尺寸大于上基板,以便覆压驱动电路。本文据此建立了对齐端和非对齐端的模型,如图 3 所示。由于结构是非对称的,无法采取 2D 模型进行分析,故采取 3D 模型仿真该航空液晶模块高温下的变形与受力情况。

航空液晶显示模块进行高温环境试验时,其环境温度通常为 65 ℃。温度从室温上升到 65 ℃后,由于光学胶、加固玻璃、偏振片等热力学性能的不同,液晶原屏将受到额外的应力作用,影响显示性能。故本文对图 2 所示的航空液晶显示模块进行热力学仿真,分析环境温度为 65 ℃、不同影响参数下液晶上基板的变形和应力。仿真时各部件的热力学参数如表 1 所示。

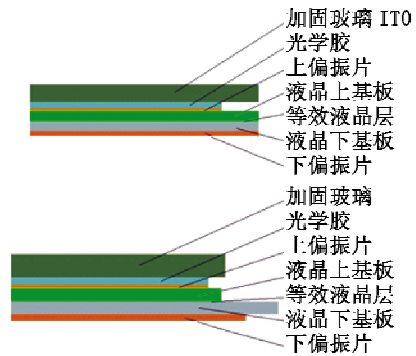


图 3 对齐端和非对齐端模型

Fig. 3 Model of flush edge (upper) and groove edge(lower)

表 1 各部件热力学仿真参数

Table 1 Simulation parameters

	弹性模量 $E/\text{GPa}$	热膨胀系数 $\alpha/(1/^\circ\text{C})$	泊松比 $\nu$
液晶	0.001	2.0E-4	0.30
ITO 玻璃	72	9.0E-6	0.20
偏振片	0.8	4.5E-5	0.24
边框胶	20	7.0E-5	0.30
光学胶	0.016 5	1.2E-3	0.44

为了对仿真结果进行定量的对比分析,截取了横跨液晶上基板中心线这一路径,截取路径如图 4 所示。

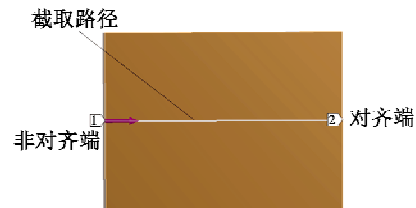


图 4 液晶上基板仿真结果路径

Fig. 4 Data path on the upper LCD glass

### 3 仿真结果及讨论

#### 3.1 光学胶厚度影响

为了验证光学胶厚度对显示性能的影响,依次改变光学胶厚度,即 100  $\mu\text{m}$ ,150  $\mu\text{m}$ ,200  $\mu\text{m}$ ,250  $\mu\text{m}$ ,300  $\mu\text{m}$ ,350  $\mu\text{m}$  和 400  $\mu\text{m}$ ,观察液晶上基板的变形、应变和应力的变化情况,分别如图 5 ~ 图 7 所示。

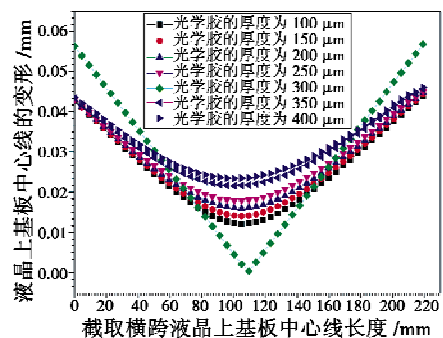


图 5 光学胶厚度对液晶上基板变形影响  
Fig. 5 Adhesive thickness vs. displacement of LCD upper glass

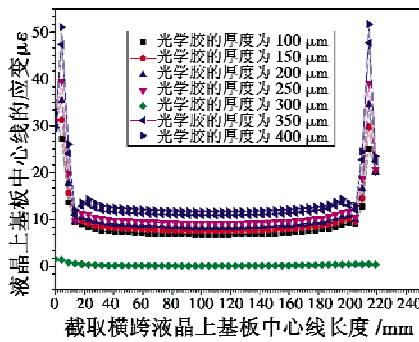


图6 光学胶厚度对液晶上基板应变影响

Fig.6 Adhesive thickness vs. strain of LCD upper glass

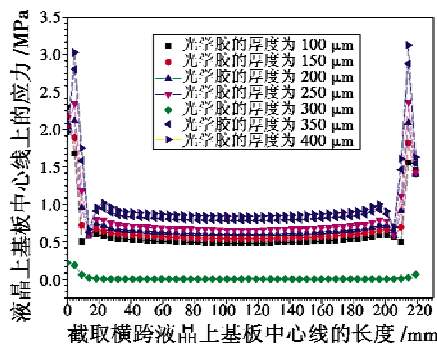


图7 光学胶厚度对液晶上基板应力影响

Fig.7 Adhesive thickness vs. stress of LCD upper glass

从仿真模型看,光学胶和液晶上基板的上层直接接触,温度变化带来的线膨胀直接作用于液晶上基板。从仿真结果看:液晶上基板的变形和受力随着光学胶厚度的增加而增加。但光学胶的厚度为300 μm时,液晶上基板的变形在中心位置最小,虽然两端变形较其他厚度都大(12 μm左右),考虑光学胶厚度为300 μm时液晶上基板的应变和应力都明显小于其他厚度,故光学胶厚度选为300 μm。

### 3.2 光学胶固化工艺影响

目前,为了提高加固液晶显示模块的各种性能,光学胶的固化工艺出现多样化,不同工艺导致固化后光学胶的热力学参数不一样,本文通过改变光学胶的热力学参数模拟不同的固化工艺。表2给出了不同固化工艺下固化后的光学胶热力学参数,液晶上基板的变形、应变和应力的仿真结果分别如图8~图10所示。

表2 不同固化工艺的光学胶仿真参数

Table 2 Simulation parameters of different curing processes

	弹性模量 $E/\text{Pa}$	热膨胀系数 $\alpha/(1/^\circ\text{C})$	泊松比 $\nu$
工艺1	2.80E7	2.9E-3	0.44
工艺2	4.50E7	3.5E-4	0.44
工艺3	1.68E7	1.9E-3	0.44
工艺4	1.65E7	1.2E-3	0.44

仿真结果表明:采用工艺4固化光学胶后,液晶上

基板受到的应变和应力都较其他固化工艺的小,变形值在中心处明显小于其他工艺,对齐端变形略大于其他工艺,非对齐端的变形比其他工艺大10 μm左右。可以看出,不同工艺对应的曲线较不同光学胶厚度的曲线分散,说明固化工艺对于显示性能的影响较光学胶厚度大,应该给予充分关注。

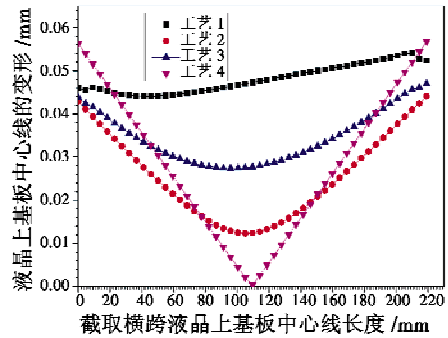


图8 固化工艺对液晶上基板变形影响

Fig.8 Curing processes vs. displacement of LCD upper glass

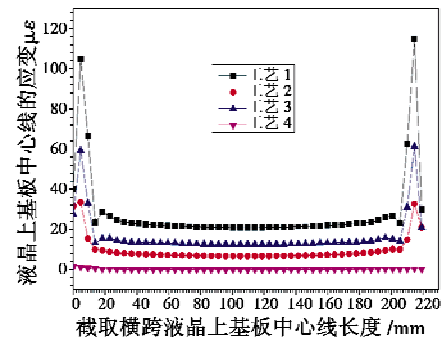


图9 固化工艺对液晶上基板应变影响

Fig.9 Curing processes vs. strain of LCD upper glass

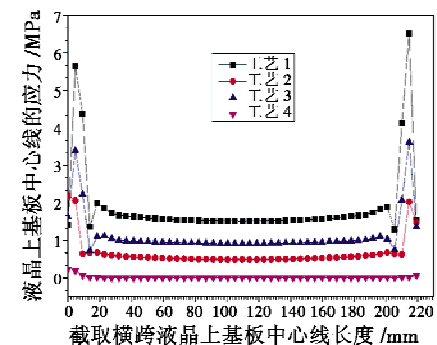


图10 固化工艺对液晶上基板应力影响

Fig.10 Curing processes vs. stress of LCD upper glass

### 3.3 不同厚度加固玻璃影响

除了光学胶厚度、加固工艺外,加固过程中还存在的一个变化因素就是加固玻璃的厚度。常见的加固玻璃的厚度为0.55 mm,0.7 mm,0.9 mm,1.1 mm,2.3 mm和3 mm。针对不同厚度的加固玻璃建立仿真模型,液晶屏上基板的变形、应变和应力的变化分别如图

11~图13所示。

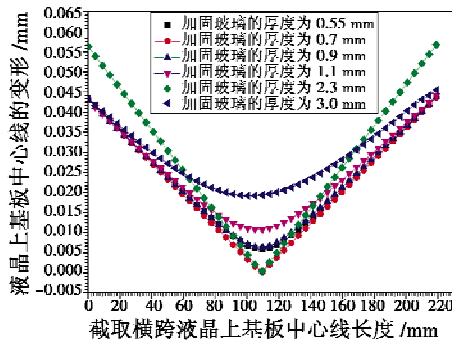


图11 加固玻璃厚度对液晶上基板变形影响  
Fig. 11 Rugged glass thickness vs. displacement of LCD upper glass

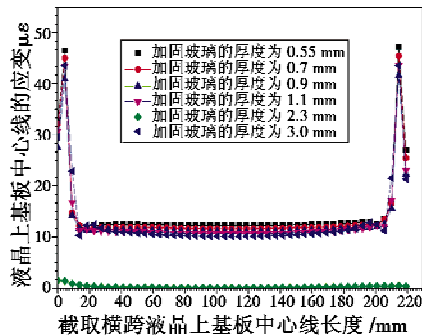


图12 加固玻璃厚度对液晶上基板应变影响  
Fig. 12 Rugged glass thickness vs. strain of LCD upper glass

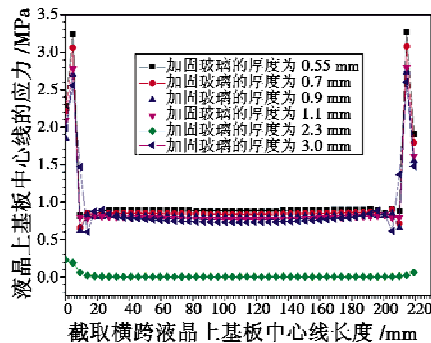


图13 加固玻璃厚度对液晶上基板应力影响  
Fig. 13 Rugged glass thickness vs. stress of LCD upper glass

从仿真模型看,加固玻璃通过光学胶和液晶上基板发生作用,即加固玻璃随温度变化的影响要通过光学胶才能传导到液晶上基板。对比图7和图13可以看出,通过光学胶后,不同加固玻璃厚度对于液晶上基板应力的影响基本相同(除了2.3 mm),而图7中不同厚度光学胶的曲线则存在一定的分散,说明光学胶厚度比加固玻璃的厚度影响大。仿真结果可以看出:加固玻璃厚度为0.55 mm,0.7 mm和2.3 mm时,液晶上基板中心变形最小,2.3 mm厚度时两端的变形较其他厚度都大。但加

固玻璃厚度为2.3 mm时,液晶上基板受到的应变和应力都明显小于其他厚度。单纯从受力角度看,建议选取2.3 mm的加固玻璃,但加固玻璃厚度的增加将导致整体模块重量的增加,需综合考虑各方面因素。

#### 4 结论

本文针对某航空液晶显示模块建立了有限元分析模型,通过改变加固过程中可控的影响显示性能的因素,仿真得到高温环境下液晶上基板的变形、应变和应力。对比分析了不同情况下的仿真结果,得到最优化的光学胶厚度、最佳加固工艺对应的光学胶热力学参数和加固玻璃的厚度。本文的仿真结果有助于优化航空液晶显示模块的加固工艺和元件的选择。

#### 参考文献

- [1] 蒋爱国,夏显忠,胡元刚. 液晶显示器加固技术探讨[J]. 液晶与显示,2002,17(4):292-296. (JIANG A G, XIA X Z, HU Y G. Discuss on rugged LCD technology[J]. Journal of Liquid Crystal and Display, 2002,17(4):292-296.)
- [2] 曹允,王勇,范彬,等. 加固液晶显示器关键技术[J]. 光电子技术,2011,31(2):74-79. (CAO Y, WANG Y, FAN B, et al. Key techniques for rugged liquid crystal display[J]. Journal of Optoelectronic Technology, 2011, 31(2):74-79.)
- [3] 刘昌禄. 综合显示与加固平板显示器的技术发展[J]. 情报指挥控制系统与仿真技术,2004,26(2):68-71. (LIU C L. Technological development of integrated display and reinforced flat indicator[J]. Journal of Information Command Control System & Simulation Technology, 2004,26(2):68-71.)
- [4] 王连坡,吕清海. 抗恶劣环境加固显示器设计技术[J]. 舰船电子工程,2012,32(9):163-165. (WANG L P, LÜ Q H. Design on rugged display in the severe environment[J]. Journal of Ship Electronic Engineering, 2012, 32(9):163-165.)
- [5] LEE Y B, YIN C, BAILEY C. Modeling of laminated displays for performance enhancement in ruggedised applications [C]//Proceedings of Euro Display, 2005:249-252.
- [6] CHEN Y K, LIN M H, HUANG K F, et al. Analysis of the light leakage phenomenon at corners of LCD panel [C]// Proceedings of SID Digest, 2009:1438-1441.
- [7] GILLESPIE R S, BANDEL W. LCD ruggedization in displays with optically bonded AR glass lamination [C]//

(下转第83页)