

## 加固液晶显示模块高温工作特性研究

冯奇斌<sup>1a,1b,1c,1d</sup>, 姚慧慧<sup>1e</sup>, 陈韬<sup>2</sup>, 吕国强<sup>1a,1b,1c,1d</sup>

(1. 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; e. 仪器科学与光电工程学院, 合肥 230009;  
2. 中航华东光电有限公司, 安徽 芜湖 241001)

**摘要:** 加固液晶显示模块需要通过高温环境试验, 以保证环境温度较高时仍能工作。建立了加固液晶显示模块的有限元分析模型, 测试了常温下的温度分布, 通过将仿真结果和实际测试数据相比较, 对模型进行了优化, 保证了仿真结果的精度。在此基础上, 仿真分析了不同环境温度、不同驱动电流下液晶屏和 LED 背光板上的温度分布。仿真结果表明: 当环境温度升高到 65 °C 时, 必须将 LED 驱动电流降低到 150 mA, 才能保证液晶屏温度不超过清亮点, LED 结温不超过最大限制值。

**关键词:** 加固液晶显示模块; LED 背光; 清亮点; 高温环境; 有限元分析

中图分类号: V271.4; TN956

文献标志码: A

文章编号: 1671-637X(2014)04-0026-03

## Operating Characteristics of Rugged LCDs at High Ambient Temperature

FENG Qi-bin<sup>1a, 1b, 1c, 1d</sup>, YAO Hui-hui<sup>1e</sup>, CHEN Tao<sup>2</sup>, LÜ Guo-qiang<sup>1a, 1b, 1c, 1d</sup>

(1. 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. Academy of Photoelectric Technology; e. School of Instrumentation and Opto-Electronics Engineering,  
Hefei 230009, China; 2. Huadong Photoelectric Co. Ltd, AVIC, Wuhu 241001, China)

**Abstract:** A rugged LCD has to pass the high-temperature environmental test to make sure that the LCD can still work even when the ambient temperature is high. A finite element analysis model of a rugged LCD was established in the paper. A rugged LCD was tested to get the temperature distribution. Based on the comparison of simulation results and practical results, the model was optimized and the precision of the simulation results were guaranteed. The temperatures of LCD and LED backlight board at different ambient temperatures and with different drive currents were simulated. The results show that when the ambient temperature reaches 65 °C, the drive current should be lowered to 150 mA to make sure that the temperature of the LCD is below the LC clear point and the joint temperature of LED is not higher than the maximum limited value.

**Key words:** rugged LCD; LED backlight; clear point; high ambient temperature; finite element analysis

### 0 引言

为适应温度、振动、冲击、电磁等环境的使用要求, 普通液晶显示器需要进行加固<sup>[1-4]</sup>, 一般采取的方式是用光学胶在液晶屏上粘贴氧化锡锡(Indium Tin Oxides, ITO)玻璃, 以起到屏蔽、减反的作用<sup>[5-7]</sup>。加固后

的液晶模块需要进行高温试验, 以保证环境温度达到 65 °C 时仍能正常工作。发光二极管(Light Emitting Diode, LED)正成为主流背光源<sup>[8-9]</sup>。LED 能耗的 70% ~ 80% 转换为热量, 大量的热量将导致模块内部温度上升, 当模块所处环境温度较高时, 如果其内部温度高于液晶的清亮点, 将导致液晶失去液晶态而无法正常工作。本文对加固液晶显示模块高温下的工作特性进行研究, 分析环境温度、LED 驱动电流、液晶屏温度之间的关系, 以保证加固液晶显示模块在高温环境下可靠工作, 并为背光及散热设计提供参考。

收稿日期: 2013-05-14

修回日期: 2013-07-03

基金项目: 安徽省科技计划项目(12010202017, 1206e0805007)

作者简介: 冯奇斌(1970—), 女, 天津人, 博士, 副教授, 研究方向为 LED 背光、液晶显示等。

## 1 加固液晶显示模块仿真模型的建立

加固后的某型号液晶显示模块包括:外框、散热片、LED背光板、光学膜系、加热器、液晶盒、滤光片、驱动电路板等,LED背光板上均匀分布多个LED光源。液晶盒一面粘接了加热器,另外一面粘接了滤光片以起到减反、屏蔽的作用。在有限元分析软件中建立了加固液晶显示模块仿真模型,如图1所示。

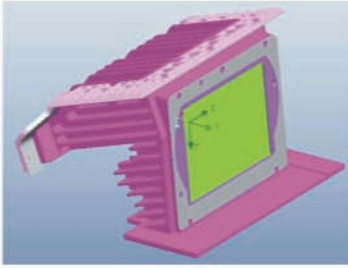


图1 仿真模型

Fig. 1 Simulation model of rugged LCD

根据热力学理论,加固液晶显示模块中存在传导、对流、辐射3种热量传递方式。当模型的几何形状确定后,需要设置的热学参数包括各部件的热导率 $\lambda$ 、辐射换热系数 $h$ 和辐射率 $\epsilon$ 。实际工作时,液晶模块是自然冷却,属于自然对流换热,只需设置各部件的热导率和辐射率,如表1所示。LED包括芯片、引线、框架、绝缘层等多层结构,具体见参考文献[10]。

表1 仿真参数设定

Table 1 Simulation parameters

名称	材料	导热率/( $W \cdot (m \cdot K)^{-1}$ )	辐射率
外框	铝合金	155	0.4
滤光片	玻璃	0.45	0.6
液晶层	玻璃	0.45	0.6
加热器	玻璃	0.45	0.6
光学膜	玻璃	0.45	0.6
光学胶	多晶硅	0.2	0.1
背光板	MCPCB	1.5	0.6
泡棉	PU	0.4	0.1

## 2 加固液晶显示模块仿真模型的优化

为保证仿真结果的正确性,对加固显示模块常温工作下的温度分布进行了测量,由此对仿真模型进行修正。图2为通过红外热像仪对液晶模块进行测量的温度分布图,实验环境为自然对流,其环境温度为 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,LED的工作电压为 $2.6\text{ V}$ ,工作电流为 $220\text{ mA}$ 。仿真时LED功率设定与实际相同,热电转换率设置为70%,辐射率设置为0.6。其他参数的设定与表1相同。

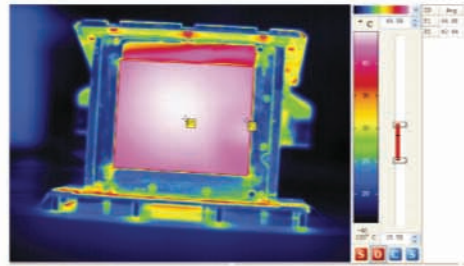


图2 红外热像仪测试温度图

Fig. 2 Temperature test image

选取以下几点对比实际测试结果与仿真结果:滤光片中心点、滤光片边界点、外框上部中心点、外框底部中心点,分别命名为点A、点B、点C、点D。表2给出了这些节点的仿真结果与实际测试结果的对比。

表2 测量结果与仿真结果的对比

Table 2 Practical and simulation results

位置	实验结果/ $^{\circ}\text{C}$	仿真结果/ $^{\circ}\text{C}$	修正后仿真结果/ $^{\circ}\text{C}$
点A	44.86	41.27	42.17
点B	43.44	45.46	44.56
点C	43.64	48.33	46.42
点D	41.44	51.80	44.31

从表2可以看出,仿真结果与实际测试数据存在一定的误差。分析仿真模型发现,仿真模型几何结构已经与实际比较相符,仿真参数则需要进一步优化。表1中有些常用材料(如玻璃)的参数可以通过文献获得,有些(如铝合金、MCPCB)可以在仿真软件材料库中得到,还有些(如加固用光学胶)则进行了实际测试,详见参考文献[7]。还有一些参数和实际工作状态有关(如辐射率),则很难获得准确数据。对于加固液晶显示模块仿真模块,LED是生热主体,其热电转换率和辐射率对仿真结果有较大影响。通过修改仿真模型中热电转换率和辐射率的设置,将仿真结果和实测结果进行比较,最终确定LED的热电转化率为78%,辐射率为0.8。优化后仿真结果如表2所示,可以看出,仿真误差已经由之前的25%降低到7%之内,保证了仿真结果的精确度。

## 3 加固液晶显示模块高温仿真结果及讨论

加固液晶显示模块需要进行高温环境试验,以保证在高达 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境中仍能正常显示,而且亮度没有较大程度的降低。由于显示亮度和背光发光亮度成比例,而背光发光亮度受到LED驱动电流的影响,故本文仿真了加固液晶显示模块在不同环境温度下、不同LED驱动电流的温度分布情况,以探究显示模块高温工作特性。

环境温度为 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、LED驱动电流为 $100\text{ mA}$ 的情况

下,液晶屏和 LED 背光板上的温度分布如图 3 所示。不同环境温度和不同驱动电流下的仿真结果如表 3 和表 4 所示,温度分布图不再一一给出。

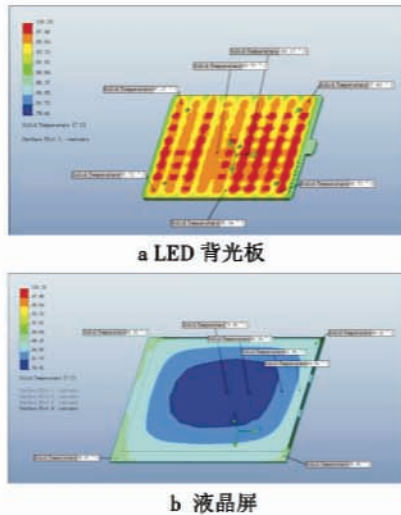


图 3 65 °C、100 mA 仿真结果

Fig. 3 Simulation results at 65 °C and 100 mA

表 3 不同温度不同驱动电流下的液晶屏表面温度仿真结果  
Table 3 Simulation results of LC cell under different conditions

环境温度/°C	驱动电流/mA	中间点温度/°C	边缘点温度/°C
45	100	52.58	56.32
	150	59.30	62.44
	200	64.91	69.25
	250	72.00	75.97
55	100	58.58	62.36
	150	65.79	68.84
	200	71.05	75.21
	250	77.18	82.03
65	100	79.86	82.38
	150	85.64	88.16
	200	90.81	95.05
	250	96.10	103.13

表 4 不同温度不同驱动电流下的 LED 结温仿真结果

Table 4 Simulation results of LED under different conditions

环境温度/°C	驱动电流/mA	中间点温度/°C	边缘点温度/°C
45	100	75.60	71.49
	150	90.50	84.65
	200	104.85	96.88
	250	120.55	108.48
55	100	83.29	81.71
	150	98.53	89.64
	200	113.20	101.32
	250	126.75	116.58
65	100	100.17	95.04
	150	114.85	107.04
	200	127.42	120.79
	250	142.41	129.52

从表 3 和表 4 可以看出,当环境温度为 45 °C、LED

驱动电流为 250 mA 时,液晶屏中心温度为 75.79 °C,低于液晶清凉点(90 °C),液晶屏可以正常工作,但 LED 结温达到 120.55 °C,基本达到产品手册规定的最高结温(120 °C),长期工作将严重影响 LED 使用寿命。驱动电流降低到 200 mA 时,LED 结温降低到 104 °C,LED 背光能够正常工作,但亮度下降为常温测试条件下的 72% (环境温度为 25 °C、驱动电流为 250 mA),液晶屏温度也远低于液晶清亮点,液晶模块能长期稳定工作。

当环境温度为 55 °C、LED 驱动电流为 250 mA 时,液晶屏中心温度为 82.03 °C,低于液晶清凉点(90 °C),液晶屏可以正常工作,但 LED 温度达到 126.75 °C,超过产品手册规定的最高结温(120 °C),必须降低驱动电流。驱动电流降低到 200 mA 时,LED 温度降低到 113.2 °C,LED 背光虽能够正常工作,但由于结温的升高导致亮度比 45 °C 时下降 4%。

当环境温度为 65 °C、LED 驱动电流为 250 mA 时,液晶屏中心温度为 96.10 °C,高于液晶清凉点(90 °C),液晶态消失,液晶模块无法正常工作。驱动电流降低到 150 mA 时,液晶屏温度降低到清亮点之下,此时 LED 结温降低到 114.85 °C,在规定最高结温以下。由于驱动电流的降低及结温的升高导致亮度下降,大概是常温测试条件下亮度的 60%。

由上面的分析可以看出,当环境温度升高时,为了将液晶屏温度控制在清亮点以下并限制 LED 结温,需要降低 LED 驱动电流,由此会使发光亮度降低。为保证高温下加固液晶显示模块仍能可靠工作,做到 LED 驱动电流为 150 mA 时仍能满足亮度要求,需要通过选择导热性能更好的导热胶、重新设计散热外壳、选择散热性能更好的外壳、选择光效更高的 LED 等多项途径提高散热性能。

## 4 结论

加固液晶显示模块需要通过高温环境试验以保证在 65 °C 的环境温度中仍能正常工作。本文针对某型号的加固液晶显示模块建立了有限元分析模型,通过实际测试该模块的温度分布,对仿真模型进行了优化,保证了仿真结果的精度。在此基础上,仿真得到了不同温度和不同 LED 驱动电流下液晶屏温度、LED 温度,分析了对于亮度的影响,为 LED 背光、散热设计等提供了设计参考依据。

## 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.

(下转第 85 页)

- [4] 邓晶. 头盔瞄准系统中电磁发射接收误差的修正原理[J]. 火力与指挥控制, 1990, 15(2): 53-56.  
DENG J. Correct error of electromagnetic transmitter and receiver[J]. Fire Control & Command Control, 1990, 15(2): 53-56.
- [5] 殷勤, 陈彬, 汪莹, 等. 六自由度电磁跟踪系统位置参数求解算法的改进[J]. 解放军理工大学学报: 自然科学版, 2010, 6(11): 613-616.  
YIN Q, CHEN B, WANG Y, et al. Improvement of position parameters calculation arithmetic in six-degree-of-freedom electromagnetic tracking system[J]. Journal of PLA University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2010, 6(11): 613-616.
- [6] 张朝阳, 肖昌汉, 高俊吉, 等. 磁性物体磁偶极子模型适用性的试验研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2010, 18(10): 862-868.  
ZHANG Z Y, XIAO C H, GAO J J, et al. Experiment research of magnetic dipole model applicability for a magnetic object[J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2010, 18(10): 862-868.
- [7] 殷勤, 陈彬, 熊润, 等. 六自由度电磁跟踪系统定位模型与近场校正[J]. 北京邮电大学学报, 2011, 34(2): 64-68.  
YIN Q, CHEN B, XIONG R, et al. Position model of six-DOF electromagnetic tracker and near-field calibration technique[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2011, 34(2): 64-68.
- [8] 王永年, 祝梁生, 孙隆和. 头盔显示/瞄准系统[M]. 北京: 国防工业出版社, 1994.  
WANG Y N, ZHU L S, SUN L H. Helmet-mounted display and sight system[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1994.
- 
- (上接第28页)
- 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] GILLESPIE R S, BANDEL W. LCD ruggedization in displays with optically bonded AR glass lamination[C]//Proceedings of Americas Display Engineering and Applications Conference, 2006: 23-26.
- [6] LEE Y B, BAILEY C B, LU H, et al. Analysis of the thermal mechanical effects on packaging process of performance enhanced AMLCS's and the optical performance of the display[C]//Proceedings of Electronics System Integration Technology Conference, 2006: 5-7.
- [7] FENG Q B, HUA Y K, LÜ G Q, et al. Thermal stress analysis of laminated LCDs for aircraft cockpits[C]//Proceedings of Advanced Optical Manufacturing and Testing Technologies, 2012: 25-27.
- [8] ENGELSEN D D, 童林凤. 背光源的发展趋势[J]. 光电子技术, 2006, 26(2): 73-79.  
ENGELSEN D D, TONG L S. Trends of backlights[J]. Journal of Optoelectronic Technology, 2006, 26(2): 73-79.
- [9] WU S T. Next generation LCD technology[J]. Journal of Information Display, 2010, 26(1): 3-4.
- [10] LIU T, LÜ G Q, FENG Q B, et al. Thermal design of LED backlight in high ambient temperature[J]. Journal of Solid State Phenomena, 2012(181/182): 208-211.