

文章编号:1007-2780(2017)04-0275-06

触摸屏绑定用光学胶特性研究

严 乔,弓 欣,刘子学,冯奇斌*,吕国强

(合肥工业大学 特种显示技术教育部重点实验室 特种显示技术国家工程实验室

现代显示技术省部共建国家重点实验室 光电技术研究院,安徽 合肥 230009)

摘要:针对液晶面板和触摸屏绑定后容易出现显示 Mura 的问题,提出了不同液晶原屏需选用不同光学胶或者不同绑定工艺的方法。首先,对液晶屏的结构进行等效简化,将其等效为:上偏光片、CF 基板、液晶层、TFT 基板以及下偏光片,并对不同液晶原屏的各部分参数进行测试。接着,根据实际尺寸建立仿真模型并将光学胶的参数代入进行仿真分析。热分析结果表明,不同的液晶原屏需要采用不同热力学参数的光学胶进行绑定。通过仿真得出结论,文中所用的液晶原屏 1 需采用弹性模量为 1.65×10^8 Pa 以下、线膨胀系数为 1.2×10^{-3} m/°C 以下的光学胶,而液晶原屏 2 需采用弹性模量为 1.65×10^7 Pa 以下、线膨胀系数为 1.2×10^{-3} m/°C 以下的光学胶。本文提出的光学胶的选用方法可操作性强,对实际生产中的良品率提高具有重要的意义。

关键词:触摸屏;光学胶;弹性模量;线膨胀系数

中图分类号:O522+.2 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20173204.0275

Characteristics of optical adhesives in touch panel

YAN Qiao, GONG Xin, LIU Zi-xue, FENG Qi-bin*, LV Guo-qiang

(Key Laboratory of Special Display Technology of the Ministry of Education,
National Engineering Laboratory of Special Display Technology,
National Key Laboratory of Advanced Display Technology,
Academy of Photoelectric Technology, Hefei University of Technology,
Hefei 230009, China)

Abstract: Aiming at the problem of display Mura in touch LCDs, we put forward the method that different LCDs choose different optical adhesives or different bonding procedures. First of all, we put forward an equivalent simplification of the structure for the LCDs, the structure consists of up polarizer, CF substrate, liquid crystal equivalent layer, TFT substrate and down polarizer. and 2 LCDs are tested for mechanical characteristic parameters. Then, the simulation model is established according to the actual size. Furthermore, the simulation analysis based on the parameters of optical adhesive is performed. Results show that it is better to apply different optical adhesives with different thermodynamic parameters for individual LCDs. The simulation concludes that the optical adhesive

收稿日期:2016-09-19;修订日期:2016-10-07.

基金项目:安徽省科技重大专项计划项目(No.1603091001)

Supported by Anhui Science and Technology Major Projects(No.1603091001)

* 通信联系人, E-mail: fengqibin@hfut.edu.cn

with the elastic modulus under 1.65×10^8 Pa and the linear expansion coefficient under 1.2×10^{-3} m/°C is suitable for LCD 1. The optical adhesive with the elastic modulus under 1.65×10^7 Pa and the linear expansion coefficient under 1.2×10^{-3} m/°C is suitable for LCD 2. Such method to choose suitable optical adhesives for LCDs is feasible and provides a valuable reference for the improvement in actual production.

Key words: touch panel; optical adhesive; elastic modulus; linear expansion coefficient

1 引言

触摸屏通常包括具有触控功能的玻璃和液晶显示器(Liquid Crystal Display, LCD),两者通过光学胶贴合为一体,按照贴合方式可划分为框贴合和全贴合两种^[1-2]。

框贴合为简单地以双面胶将触摸屏与显示屏的四边固定,其优点在于工艺简单且成本低廉,但触摸屏和 LCD 边缘贴合后,中间的空气层会对光线产生折射,对显示效果影响较大^[3]。全贴合即是以光学胶将触摸屏和 LCD 贴合在一起,消除框贴合中存在的空隙,提升显示效果^[4]。全贴合技术使屏幕间无空气,有助于减少显示面板和玻璃之间的反光,增强屏幕的显示效果。这样可以极大地改善眩光和亮度不足的问题,从而满足用户的使用需求^[5-6]。但是全贴合触摸屏在长时间使用中,会出现显示不均问题。尤其在温度较高的环境中使用时,由于环境因素及内部发热的影响,整个模块的温度会升高,其显示边缘有可能会出黄色斑点状或条形状的显示不均。且当使用不同批次光学胶的时候,显示不均出现的情况会不同。因而,对全贴合技术使用的光学胶在高温下的分析研究就显得十分必要。

2 液晶原屏的测试

液晶屏利用液晶材料的电控双折射效应实现信息显示,其中液晶材料的厚度对显示性能有直接的影响。本文利用有限元分析软件深入分析高温环境下触控屏中液晶层厚度的变化。仿真时需要输入各部件的热力学参数。为了保证仿真结果的准确性,先对原屏的各部件参数进行分析测试。由于液晶屏内部元器件较多,无法对每个器件都进行实际测试,故对液晶屏进行了等效处理,将其等效为:上偏光片、CF 基板、液晶层、TFT 基板以及下偏光片^[7-9]。

本文选用性能参数完全相同、但来自不同生产

厂家的 IPS(In-Plane Switching, IPS)液晶原屏进行分析测试,分别记为液晶原屏 1 和液晶原屏 2。分别测试出两种屏的偏光片、CF 基板、液晶层、TFT 基板和实验中所用光学胶的参数,其中面内方向的弹性模量用拉伸机测得,垂直面内方向的弹性模量用位移计测得,线膨胀系数用高低温试验箱测得。测得的液晶原屏 1 和液晶原屏 2 的参数如表 1 和表 2 所示。测得的光学胶弹性模量为 1.65×10^7 Pa,线膨胀系数为 1.2×10^{-3} /m/°C。

表 1 液晶原屏 1 各部件热力学参数

Tab.1 Thermodynamic parameters of each component of LCD 1

parameters	elastic modulus (Pa)	linear expansion coefficient(m/°C)
POL	8×10^8	4.5×10^{-5}
CF	E_x/E_y	8.94×10^{10}
	E_z	8×10^9
LC	E_x/E_y	1.434×10^{12}
	E_z	1×10^5
TFT	E_x/E_y	8.62×10^{10}
	E_z	5×10^9

表 2 液晶原屏 2 各部件热力学参数

Tab.2 Thermodynamic parameters of each component of LCD 2

parameters	elastic modulus (Pa)	linear expansion coefficient(m/°C)
POL	8×10^8	4.5×10^{-5}
CF	E_x/E_y	8.44×10^{10}
	E_z	8×10^{10}
LC	E_x/E_y	2.379×10^{10}
	E_z	5×10^6
TFT	E_x/E_y	8.74×10^{10}
	E_z	5×10^9

3 仿真模型的建立与分析

本文建立的模型以测定的液晶原屏的热力学参数为材料参数,以在 LCD 的上偏光片上用光学胶贴合一块触控玻璃为仿真对象,建立相应的仿真模型进行分析^[10],仿真模型如图 1 所示。



图1 有限元仿真模型

Fig.1 Finite element simulation model

对光学胶厚度为 $200\ \mu\text{m}$ 的触摸液晶屏 1 和触摸液晶屏 2, 在 $70\ ^\circ\text{C}$ 的高温环境下进行仿真分析。图 2 和图 3 分别是基于表 1 和表 2 给出的仿真结果。X 轴表示显示区的不同位置, 单位为 mm, Y 轴表示液晶层的厚度变化, 单位为 mm。

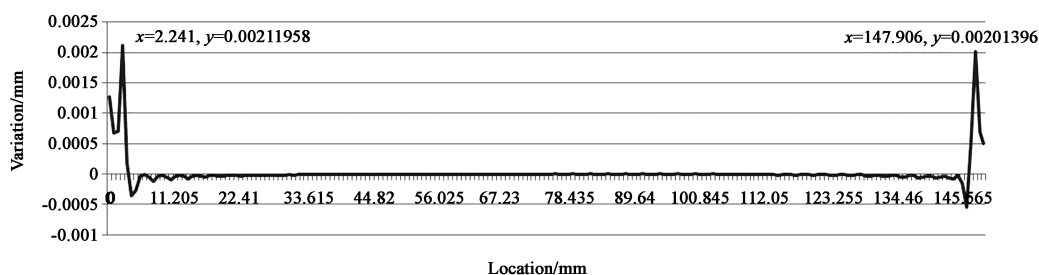


图2 触摸液晶屏 1 的液晶层厚度变化

Fig.2 Variation of liquid crystal layer in thickness of touch LCD 1

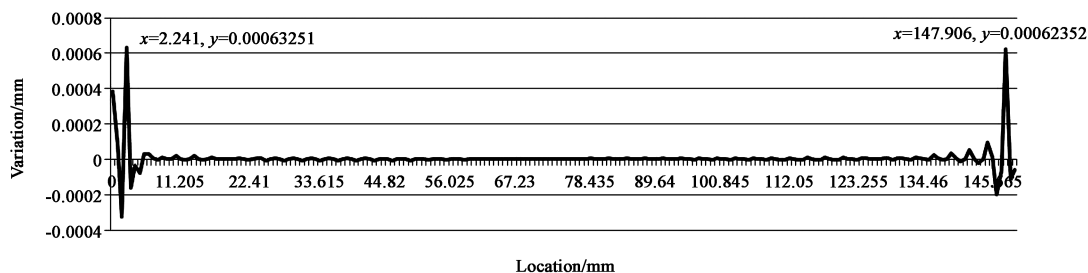


图3 触摸液晶屏 2 的液晶层厚度变化

Fig.3 Variation of liquid crystal layer in thickness of touch LCD 2

触控玻璃边缘为 $2\ \text{mm}$ 处和 $148\ \text{mm}$ 处。通过分析液晶层的形变发现, 在液晶层边缘有比较大的变化。而液晶层的厚度变化会直接影响显示效果, 故下面将针对液晶层的厚度进行进一步分析。

为了分析不同的光学胶、不同的固化工艺的影响, 下面分别改变光学胶的弹性模量和线膨胀系数这两个参数, 对液晶层厚度变化的影响进行分析:

将光学胶的线膨胀系数设为 $1.2 \times 10^{-3}\ \text{m}/^\circ\text{C}$, 而弹性模量从 $1.65 \times 10^5\ \text{Pa}$ 变化到 $1.65 \times 10^9\ \text{Pa}$, 每次变化一个数量级。触摸液晶屏 1 在光学胶不同弹性模量时液晶层厚度变化的仿真情况如图 4 所示, 其中 X 轴表示显示区的不同位置, 单位为 mm, Y 轴表示液晶层的厚度变化, 单位为 mm。图中 a 表示光学胶不同的弹性模量。

可以看出, 液晶层厚度变化较大区域主要出现在 $3\ \text{mm}$ 处和 $147\ \text{mm}$ 处, 即在加固玻璃的内侧。在 $x=147.906\ \text{mm}$ 时, 弹性模量为 $1.65 \times 10^5\ \text{Pa}$ 的液晶层厚度变化为 $459.2\ \text{nm}$, 弹性模量为 $1.65 \times 10^6\ \text{Pa}$ 的液晶层厚度变化为 $955.4\ \text{nm}$, 弹性模量为 $1.65 \times 10^7\ \text{Pa}$ 的液晶层厚度变化

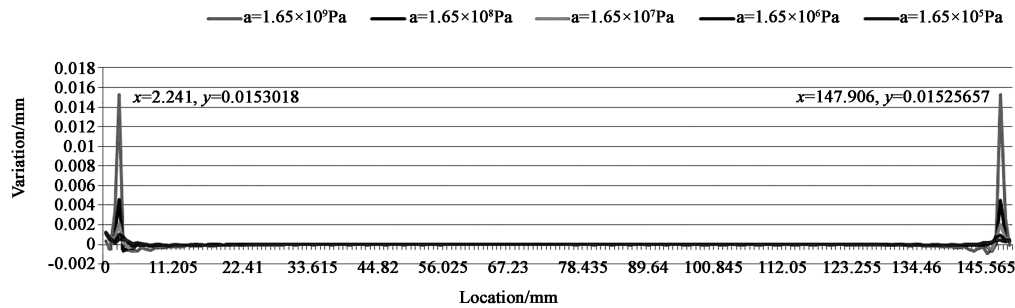


图 4 光学胶不同弹性模量时触摸液晶屏 1 的液晶层厚度变化

Fig.4 Variation of liquid crystal layer in thickness of touch LCD 1 based on different elastic modulus of optical adhesive

为 2 014.0 nm,弹性模量为 1.65×10^8 Pa 的液晶层厚度变化为 4 465.9 nm,弹性模量为 1.65×10^9 Pa 的液晶层厚度变化为 15 256.6 nm。说明,弹性模量从 1.65×10^5 Pa 变化到 1.65×10^8 Pa 时,液晶层厚度变化较小,而弹性模量从 1.65×10^8 Pa 变化到 1.65×10^9 Pa 时,液晶层厚度变化较大。当弹性模量较小时,液晶层厚度变化较小,所以对液晶原屏 1 来说,贴合建议选用弹性模量在 1.65×10^8 Pa 以下的光学胶。

触摸液晶屏 2 在光学胶不同弹性模量时液晶层厚度变化的仿真情况如图 5 所示。X 轴表示显示区的不同位置,单位为 mm,Y 轴表示液晶层的厚度变化,单位为 mm。

可以看出,液晶层厚度变化较大区域主要出现在 3 mm 处和 147 mm 处,即在触控玻璃的内侧。在 $x = 147.906$ mm 时,弹性模量为 1.65×10^5 Pa 的液晶层厚度变化为 184.8 nm,弹性模量为 1.65×10^6 Pa 的液晶层厚度变化为 288.2 nm,弹性模量为 1.65×10^7 Pa 的液晶层厚度变化为 623.5 nm,弹性模量为 1.65×10^8 Pa 的液晶层厚

度变化为 1571.2 nm,弹性模量为 1.65×10^9 Pa 的液晶层厚度变化为 5109.0 nm。说明,弹性模量从 1.65×10^5 Pa 变化到 1.65×10^7 Pa 时,液晶层厚度变化较小,而弹性模量从 1.65×10^7 Pa 变化到 1.65×10^9 Pa 时,液晶层厚度变化较大。当弹性模量较小时,液晶层厚度变化较小,故对液晶原屏 2 来说,贴合建议选用弹性模量在 1.65×10^7 Pa 以下的光学胶。

将光学胶的弹性模量设为 1.65×10^7 Pa,而线膨胀系数从 1.2×10^{-5} m/°C 变化到 1.2×10^{-1} m/°C,每次变化一个数量级。触摸液晶屏 1 在光学胶不同线膨胀系数时液晶层厚度变化的仿真情况如图 6 所示。X 轴表示显示区的不同位置,单位为 mm,Y 轴表示液晶层的厚度变化,单位为 mm。图中 b 表示光学胶不同的线膨胀系数。

可以看出,液晶层厚度变化较大区域主要出现在 3 mm 处和 147 mm 处,即在触控玻璃的内侧。在 $x = 147.906$ mm 时,线膨胀系数为 1.2×10^{-5} m/°C 的液晶层厚度变化为 1147.4 nm,线膨胀系数为 1.2×10^{-4} m/°C 的液晶层厚度变化为

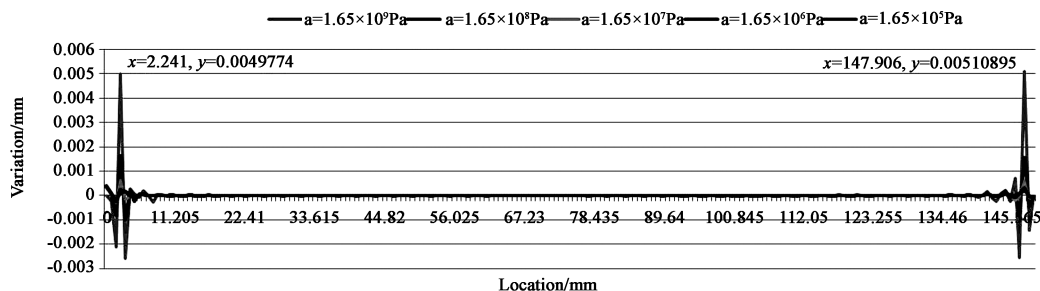


图 5 光学胶不同弹性模量时触摸液晶屏 2 的液晶层厚度变化

Fig.5 Variation of liquid crystal layer in thickness of touch LCD 2 based on different elastic modulus of optical adhesive

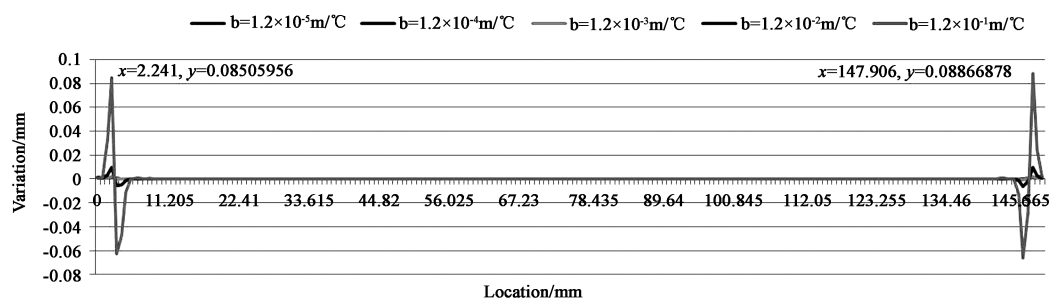


图6 光学胶不同线膨胀系数时触摸液晶屏1的液晶层厚度变化

Fig.6 Variation of liquid crystal layer in thickness of touch LCD 1 based on different linear expansion coefficient of optical adhesive

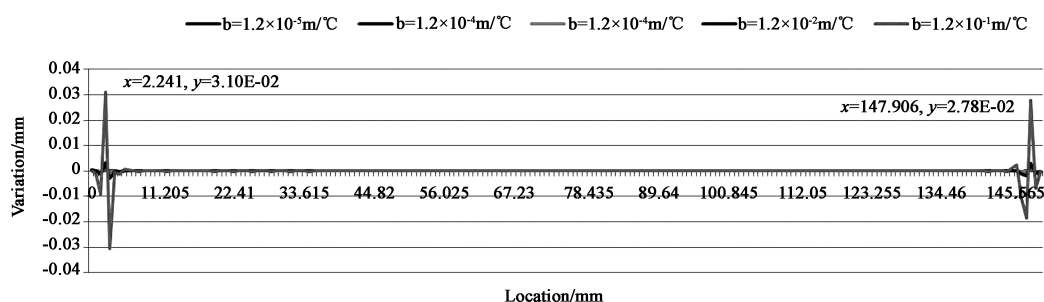


图7 光学胶不同线膨胀系数时触摸液晶屏2的液晶层厚度变化

Fig.7 Variation of liquid crystal layer in thickness of touch LCD 2 based on different linear expansion coefficient of optical adhesive

1 226.2 nm,线膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-3} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 的液晶层厚度变化为 2 014.0 nm,线膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-2} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 的液晶层厚度变化为 9891.6 nm,线膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-1} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 的液晶层厚度变化为 88 668.8 nm。说明,线膨胀系数从 $1.2 \times 10^{-5} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 变化到 $1.2 \times 10^{-3} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 时,液晶层厚度变化较小,而线膨胀系数从 $1.2 \times 10^{-3} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 变化到 $1.2 \times 10^{-1} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 时,液晶层厚度变化较大。当线膨胀系数较小时,液晶层厚度变化较小,所以,对于液晶原屏1来说,贴合建议选择线膨胀系数在 $1.2 \times 10^{-3} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 以下的光学胶。

触摸液晶屏2在光学胶不同线膨胀系数时液晶层厚度变化的仿真情况如图7所示。X轴表示显示区的不同位置,单位为mm,Y轴表示液晶层的厚度变化,单位为mm。

可以看出,液晶层厚度变化较大区域主要出现在3 mm处和147 mm处,即在触控玻璃的内侧。在 $x=147.906$ 时,线膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-5} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 的液晶层厚度变化为 351.3 nm,线膨胀系数

为 $1.2 \times 10^{-4} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 的液晶层厚度变化为 376.1 nm,线膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-3} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 的液晶层厚度变化为 623.5 nm,线膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-2} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 的液晶层厚度变化为 3 097.6 nm,线膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-1} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 的液晶层厚度变化为 27 800 nm。说明,线膨胀系数从 $1.2 \times 10^{-5} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 变化到 $1.2 \times 10^{-3} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 时,液晶层厚度变化较小,而线膨胀系数从 $1.2 \times 10^{-3} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 变化到 $1.2 \times 10^{-1} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 时,液晶层厚度变化较大。当线膨胀系数较小时,液晶层厚度变化较小,故对于液晶原屏2来说,贴合建议选择线膨胀系数在 $1.2 \times 10^{-3} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 以下的光学胶。

4 结 论

本文针对性能参数完全相同、不同生产厂家的两种液晶原屏绑定光学胶后的触控屏进行了仿真分析,得出结论,液晶原屏1需采用弹性模量为 $1.65 \times 10^8 \text{ Pa}$ 以下、线膨胀系数为 $1.2 \times$

$10^{-3} \text{ m}/^{\circ}\text{C}$ 以下的光学胶,而液晶原屏 2 需采用弹性模量为 $1.65 \times 10^7 \text{ Pa}$ 以下、线膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-3} \text{ m}/^{\circ}\text{C}$ 以下的光学胶。分析可得,同样的液晶屏在相同的环境温度条件下,若选用不同的光学胶,液晶层厚度变化不一样。而不同

的屏在相同的环境温度条件下,若选用相同的光学胶,所造成的液晶层厚度变化也不一样。这就要求不同的液晶屏需要选用不同特性的光学胶。本文所提出的方法有助于触控屏生产企业提高生产良率,降低生产成本。

参考文献:

- [1] 张逸.液晶屏 LOCA 全贴合工艺及改善[D].兰州:苏州大学,2013.
ZHANG Y. LCD LOCA full lamination process and improvement [D]. Soochow: Soochow University, 2013. (in Chinese)
- [2] 段青鹏,刘永力,赵乃辉.电容式触摸屏点胶贴合技术与设备研究[J].电子工业专用设备,2014(5):19-23.
DUAN Q P, LIU Y L, ZHAO N H. Studying of capacitive touch screen devices in the dispensing and laminating [J]. *Equipment for Electronic Products Manufacturing*, 2014(5): 19-23. (in Chinese)
- [3] 孙红彪,段青鹏,赵乃辉.从全贴合技术发展分析触控面板市场发展趋势[J].电子工业专用设备,2013(6):45-49.
SUN H B, DUAN Q P, ZHAO N H. Analysis of the touch panel market trends from the full-fit technology development [J]. *Equipment for Electronic Products Manufacturing*, 2013(6): 45-49. (in Chinese)
- [4] 刘瑞.触摸屏技术及其性能分析[J].装备制造技术,2010(3):69-70,76.
LIU R. Touch-screen technology and it's performance analysis [J]. *Equipment Manufacturing Technology*, 2010 (3): 69-70, 76. (in Chinese)
- [5] 单海云.手机屏幕的全贴合技术工艺改善[D].苏州:苏州大学,2015.
SHAN H Y. Full lamination process of the mobile phone screen and improvement [D]. Soochow: Soochow University, 2015. (in Chinese)
- [6] 李超.一种可用于电容式触控屏贴合用的液态光学胶水的制备与性能[D].广州:华南理工大学,2014.
LI C. The preparation and properties of one liquid optically clear adhesive for capacitive touch panels [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2014. (in Chinese)
- [7] 马群刚.TFT-LCD 原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2011.
MA Q G. *TFT-LCD Principle and Design* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011. (in Chinese)
- [8] 田民波,叶峰.TFT 液晶显示原理与技术[M].北京:科学出版社,2010.
TIAN M B, YE F. *Principle and Technology of TFT Liquid Crystal Display* [M]. Beijing: Science Press, 2010. (in Chinese)
- [9] 高鸿锦,董友梅.液晶与平板显示技术[M].北京:北京邮电大学出版社,2007.
GAO H J, DONG Y M. *Study the Key Technology of APS Star Sensor* [M]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunication Press, 2007. (in Chinese)
- [10] 周昊,马青,尹大根,等.大尺寸 LED 背光源的热分析[J].液晶与显示,2011,26(3):320-323.
ZHOU H, MA Q, YIN D G, et al. Thermal analysis of large scale LED back light unit [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(2): 320-323. (in Chinese)

作者简介:严乔(1993—),女,江苏扬州人,研究生,主要研究工作是液晶与显示。E-mail: 511045019@qq.com

冯奇斌(1970—),女,天津人,博士,副教授,1995 于华东工业大学获得硕士学位,2006 年于维也纳工业大学获得博士学位,主要从事立体显示、LED 背光等方面的研究。E-mail: fengqibin@hfut.edu.cn