

背光偏振特性对液晶显示器透过率的影响

王巧妮, 林雅宾, 张新宇, 黄建明, 吴洪江, 王宝强

引用本文:

王巧妮, 林雅宾, 张新宇, 等. 背光偏振特性对液晶显示器透过率的影响[J]. 液晶与显示, 2020, 35(11): 1127–1133.

WANG Qiao-ni, LIN Ya-bin, ZHANG Xin-yu, et al. Influence of polarization property of backlight unit on TFT-LCD transmission[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(11): 1127–1133.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203511.1127>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

TFT-LCD边缘暗带不良机理研究与改善

Mechanism research and improvement of edge dark band of TFT-LCD

液晶与显示. 2020, 35(11): 1134–1141 <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203511.1134>

液晶消色差偏振旋转器

Liquid crystal achromatic polarization rotator

液晶与显示. 2019, 34(12): 1131–1135 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193412.1131>

全染料系光刻胶在液晶显示器中的应用

Application of All Dye Blue photoresist in liquid crystal display

液晶与显示. 2020, 35(9): 933–937 <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203509.0933>

蓝相液晶的旋光特性与消除

Optical rotatory of blue phase liquid crystal and its elimination

液晶与显示. 2018, 33(2): 101–108 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183302.0101>

液晶显示器侧视角发红机理分析及改善

Mechanism analysis and improvement of reddish side-view on LCD

液晶与显示. 2018, 33(1): 38–42 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183301.0038>

文章编号:1007-2780(2020)11-1127-07

背光偏振特性对液晶显示器透过率的影响

王巧妮*, 林雅宾, 张新宇, 黄建明, 吴洪江, 王宝强

(福州京东方光电科技有限公司, 福建 福清 350300)

摘要:在液晶显示产品中,透过率是一个重要的光学特性指标。为了满足视角等光学指标要求,液晶显示产品会设计改变其偏光片透过轴的方向。在屏内部设计不变的条件下,不同偏光片方向对产品的透过率具有显著的影响。偏光片与背光存在匹配性问题。本文通过实验及理论研究,表明对于仅改变偏光片方向的产品而言,背光的偏振特性是影响相对透过率差异的主要因素,棱镜片是引起背光偏振特性的主要因素,背光主偏振方向与棱镜片方向近似垂直。在 3°棱镜片背光架构下,相对透过率差异与背光偏振度呈线性关系,线性度达 0.99 以上。

关键词:液晶显示;背光偏振特性;透过率

中图分类号:TN873.93 **文献标识码:**A **doi:**10.37188/YJYXS20203511.1127

Influence of polarization property of backlight unit on TFT-LCD transmission

WANG Qiao-ni*, LIN Ya-bin, ZHANG Xin-yu, HUANG Jian-ming,

WU Hong-jiang, WANG Bao-qiang

(Fuzhou BOE Display Technology Co., Ltd., Fuqing 350300, China)

Abstract: Transmission is an important optical parameter in TFT-LCD products. In order to reach some optical requirements, such as view angle, the transmission axis on polarizer film of TFT-LCD product is changed. However, there are obvious differences in the transmission of the TFT-LCD products which have the same bare cell design but different transmission axis on polarizer films. The polarizer film and the backlight unit should be matched. In this paper, the experimental and theoretical studies show that the polarization property of backlight unit is the primary factor on the obvious differences in the transmission. The polarization property is mostly influenced by the prism film. The main polarization direction is approximately perpendicular to the prism direction. In the condition of 3° prism backlight unit structure, the transmission difference and the degree of polarization of backlight unit are linear relations. The linearity is more than 0.99.

Key words: TFT-LCD; polarization property of backlight unit; transmission

收稿日期:2020-04-21;修订日期:2020-06-23.

* 通信联系人, E-mail: wangqiaoni@boe.com.cn

1 引言

薄膜晶体管液晶显示器 (Thin film transistor liquid crystal display, TFT-LCD) 广泛应用于电视、显示器、笔记本电脑等产品中, 是人类生活中重要的显示器件。它具有制作工艺成熟、高清晰、价格低等优点。对于需要外加背光源的非主动式发光液晶显示器而言, 透过率是衡量其光学特性的一个重要参数。透过率高, 对背光亮度要求可降低, 则整体模组功耗降低。在某些产品中, 为了满足显示器标准 (例如 TCO 标准等) 左右视角、色偏等的要求, 通常会改变其偏光片透光轴方向来达到设计要求, 即不同偏光片模式产品^[1-2]。在相同背光架构及屏内结构下, 这两种模式的产品通常表现出不同的透过率水平。

LYU^[3] 等人研究指出背光膜片使背光产生部分偏振光, 不同偏光片模式的液晶显示产品应搭配不同架构的背光使用。Moon^[4] 等人发现棱镜片是背光产生偏振特性的主要因素, 并用偏振度衡量了背光的偏振效果。邵喜斌^[5] 等人发现在液晶显示器参数测量系统中光源的偏振特性会对液晶显示器参数测量造成影响。现有研究发现了背光具有偏振特性, 其对液晶显示器光学特性参数产生影响, 但未深入研究背光偏振特性对透过率的影响机制及影响程度。本文对背光的偏振特性进行深入探究, 研究表明, 偏振片透过轴方向改变所产生的相对透过率差异与背光偏振度呈线性关系, 为液晶显示产品设计提供了理论指导。

2 原理

2.1 部分偏振光对液晶显示器影响原理

自然光为各个方向光强相同的光。光可以分解为水平和垂直两个振动方向的光, 即 p 波和 s 波。当其中一个分量的光占优势时, 可称之为部分偏振光^[6]。光的偏振度 P 可由公式 (1) 进行衡量:

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \quad (1)$$

式中: P 为光的偏振度; $I_{\max}$ 为最大分量光的光强; $I_{\min}$ 为最小分量光的光强。

液晶显示产品需要使用上下 2 张偏光片来配

合实现灰阶调节。偏光片有一个透过轴, 只允许平行于透过轴方向的光通过。对同一裸屏 (不含偏光片及电路板的液晶屏结构) 的平行偏光片模式 (O-Mode) 或垂直偏光片模式 (E-Mode) 产品而言, 其下偏光片的透过轴刚好互相垂直。背光偏振特性对透过率的影响, 主要与下偏光片方向和背光的匹配性有关。以常黑模式产品为例, 本文定义平行偏光片模式产品下偏光片的透过轴平行于背光长边方向, 垂直偏光片模式产品下偏光片的透过轴垂直于背光长边方向。

当背光为部分偏振光, 经过不同方向透过轴的下偏光片时, 透射光光强不同, 即经过裸屏及上偏光片的光强不同。可定义经过平行偏光片模式产品下偏光片的光强为 L_0 , 经过垂直偏光片模式产品下偏光片的光强为 L_{90} , 则 $L_0 \neq L_{90}$ 。

假设平行及垂直模式的偏光片和裸屏的透过率 τ 一致, 则由于背光偏振特性引起的平行/垂直偏光片模式产品透过率 t 会存在差异, 可使用相对透过率差异 ΔT 进行衡量, 如公式 (2) 所示。

$$\Delta T = \frac{t_O - t_E}{t_O + t_E} = \frac{\frac{L_0 \tau}{L_{BLU}} - \frac{L_{90} \tau}{L_{BLU}}}{\frac{L_0 \tau}{L_{BLU}} + \frac{L_{90} \tau}{L_{BLU}}} = \frac{L_0 - L_{90}}{L_0 + L_{90}}. \quad (2)$$

2.2 背光偏振特性

现有显示器模组背光架构通常为发光二极管侧入式, 膜片从下至上依次为反射膜、导光板、扩散片、棱镜片。根据背光膜片的制作工艺, 背光膜片均具有微结构, 对光具有调制作用^[7-8]。扩散片具有均匀分散光的作用, 可认为从扩散片出射的光为近似自然光。棱镜片具有显著的周期性微结构, 棱具有方向性^[9-10], 图 1 所示箭头方向为棱镜片方向, 这对光的偏振态调制具有重要作用。

根据棱镜片上微结构棱朝向与水平方向的夹角区分, 可分为 3° 、 45° 、 90° 等不同角度的棱镜片, 常用的为 3° 棱镜片, 如图 2 所示。

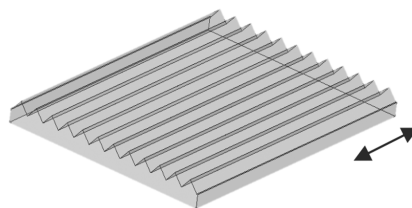


图 1 棱镜片微结构示意图

Fig.1 Micro structure of prism film

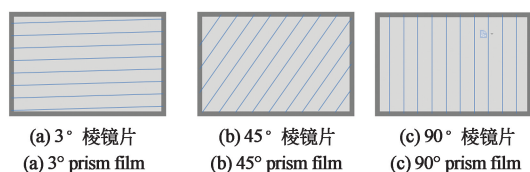


图 2 棱镜片角度示意图

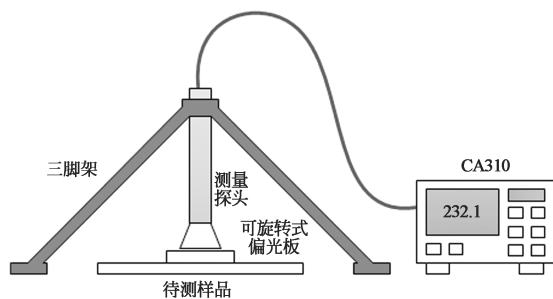
Fig.2 Angle of prism film

背光的偏振特性与棱镜片有关,具有方向性,可以用一条角度-光强曲线来衡量,即 $\theta-I_\theta$ 曲线。根据偏振度定义,可在背光偏振特性曲线上找到亮度的最大值 $I_{\theta 1}$ 和最小值 $I_{\theta 2}$,求得背光偏振度。亮度最大值最对应的角度,可定义为背光主偏振方向 α 。

3 实验设计

3.1 背光偏振特性实验

为了探究偏振特性,本文搭建了一个偏振特性测试平台,包括色彩分析仪(Color Analyzer, CA310)、三脚架、可旋转式偏光板、待测样品,如图 3 所示。



(a) 实验装置图

(a) Experimental setup



(b) 实物图

(b) Picture of real setup

图 3 偏振特性测试实验装置图

Fig.3 Measurement setup of polarization property

偏振测试平台中,用三脚架固定色彩分析仪测量探头,保证测量位置固定。测量探头遮光罩靠近可旋转偏光片,可旋转偏光片放置在待测样品上,偏光片与棱镜片距离 2~4 mm,模拟实际屏与背光源间距,减少外界环境光干扰。

将一片已知透过轴方向的偏光片粘贴在可旋转的圆盘内圈上,制成可旋转式偏光板。透过轴方向为内圈的起始角度 0° ,可旋转式偏光板内圈逆时针旋转与外圈的起始角度 0° 的夹角为旋转角度 θ ,如图 4 所示。

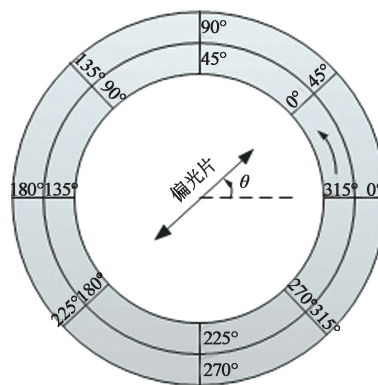


图 4 可旋转式偏振板示意图

Fig.4 Setup of rotatable polarizer

以 604.52 mm(23.8 in)产品为例,其背光的导光板是平板(无 Lenti),棱镜为 LGE 棱镜片(SOS-Y10LS, 3°)。测量其背光偏振特时,在背光中心点附近做好十字线标记,将可旋转式偏光板放在背光中心位置,外圈及内圈 0° 及 180° 刻度线对准平行于背光长边的标记线。旋转内圈,步长为 5° ,记录每个角度下的亮度值,绘制成角度-光强曲线,即可获得背光的偏振特性曲线。

选取 3° 、 45° 、 90° 棱镜片搭载在同一个背光上进行测试。测试多个背光有无棱镜片时的偏振特性曲线,计算偏振度,统计背光主偏振方向。目的在于探究背光偏振特性的影响因素及背光主偏振方向与棱镜片角度之间的关系。

3.2 平行/垂直偏振片模式产品透过率差异实验

以 604.52 mm(23.8 in)常黑模式产品为例,选取平行偏光片模式和垂直偏光片模式产品进行实验,其裸屏设计相同,仅偏光片透过轴方向不同。分别将平行/垂直偏光片模式产品旋转 90° 放置,则此时旋转 90° 的平行偏光片模式产品可以模拟垂直偏光片模式产品情况。旋转

90°的垂直偏光片模式产品可模拟平行偏光片模式产品情况。屏旋转 90°放置时,在背光和屏上做好对位标志,保证测试位置在屏和背光的中心点附近。

选取偏振度不同的背光,通过测试平行/垂直偏光片模式产品正放和旋转 90°放置时的透过率情况,可以获得平行/垂直偏光片模式产品相对透过率差异与背光偏振特性的关系,排除了不同屏之间的差异影响。

4 实验结果与讨论

4.1 有无棱镜片对背光偏振特性的影响

选取 4 款 604.52 mm(23.8 in)产品的背光,其棱镜片均为 3°,测试其原始背光及移除棱镜片时的偏振特性曲线。根据图 5 结果,背光的偏振特性曲线近似“椭圆形”或“花生形”,曲线形状越“长”,其偏振度越高。根据表 1 统计,背光主偏振

方向 α_1 在 85~90°之间与棱镜片 3°方向近似垂直,误差在 10°以内。

当移除棱镜片时,如图 6 所示,BLU2 和 BLU4 的偏振特性曲线近似圆形,BLU1 和 BLU3 仍呈现出椭圆形曲线形状,但椭圆程度低于原始背光(含棱镜片)结果。结合表 1 可知,当移除棱镜片时,偏振度降低,主偏振方向不定。

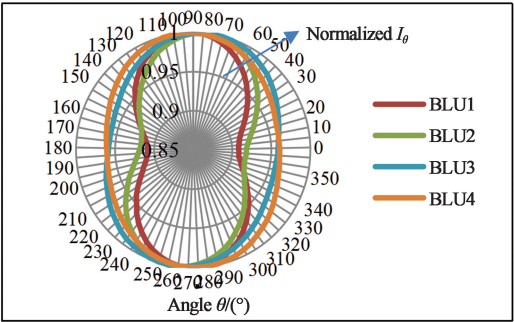


图 5 原始背光偏振特性曲线

Fig.5 Polarization property curves of original backlight units

表 1 原始背光及移除棱镜片背光偏振特性数据

Tab.1 Results of original and prism-less backlight units

分类	偏振度 $P_1/\%$	主偏振方向 $\alpha_1/^\circ$	移除棱镜片偏振度 $P_2/\%$	移除棱镜片主偏振方向 $\alpha_2/^\circ$
BLU1	4.82	90	1.22	155
BLU2	4.31	85	0.35	130
BLU3	2.19	85	1.03	160
BLU4	2.02	95	0.22	170

因此,棱镜片是使背光产生偏振特性的主要因素,其余背光膜片对背光偏振特性也有一定贡献,但程度较弱。

4.2 棱镜片角度对背光主偏振方向的影响

选取 3 个角度的棱镜片分别放在同一个 604.52 mm(23.8 in)产品背光上,测试背光的偏振特性曲线。结果如图 7 和表 2 所示。背光主偏振方向 α_3 随着棱镜片的角度变化而变化,近似与棱镜片方向垂直,误差在 10°内。

因此,根据背光主偏振方向的误差范围,背光偏振度 P 存在如公式(3)的近似关系:

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \approx \frac{I_{\alpha+90} - I_{\alpha}}{I_{\alpha+90} + I_{\alpha}}, \quad (3)$$

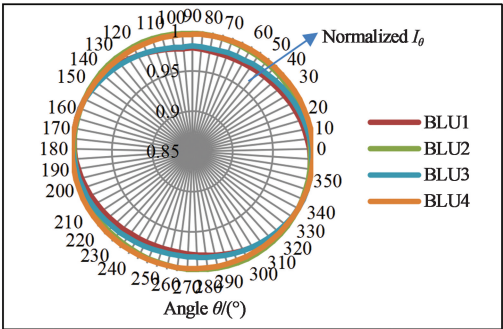


图 6 移除棱镜片背光偏振特性曲线

Fig.6 Polarization property curves of prism-less backlight units

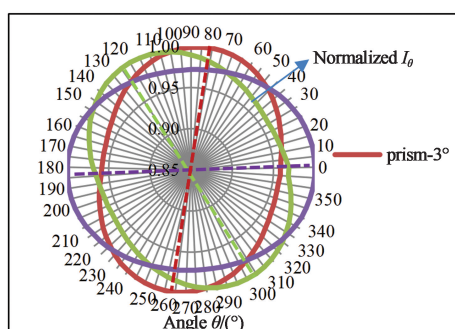


图 7 不同棱镜片角度背光偏振特性曲线

Fig.7 Polarization property curves of different angles of prisms

表 2 不同角度棱镜片背光偏振特性数据

Tab.2 Results of different angles of prism

分类	偏振度 $P_3/\%$	主偏振方向 $\alpha_3/(\circ)$
3°	2.19	85
45°	2.06	125
90°	1.45	180

以常用的 3°棱镜片背光为例,其偏振特性 P 存在如公式(4)的近似关系:

$$P \approx \frac{I_{93} - I_3}{I_{93} + I_3} \approx \frac{I_{90} - I_0}{I_{90} + I_0} \quad (4)$$

4.3 背光偏振度与相对透过率差异的关系

根据平行/垂直偏光片模式产品相对透过率差异公式(2)以及背光偏振度近似公式(4)可知,在 3°棱镜片的背光下,由于背光偏振特性引起的平行/垂直偏光片模式产品相对透过率差异 ΔT

与背光偏振度 P 成线性关系,如公式(5)所示。

$$\Delta T = aP + b \quad (5)$$

当背光棱镜片不为 3°时,公式(4)及(5)的近似公式不成立,则相对透过率需要根据实际的背光偏振特性 $\theta-I_\theta$ 曲线进行计算,如公式(6)所示:

$$\Delta T = \frac{L_0 - L_{90}}{L_0 + L_{90}} = \frac{I_0 - I_{90}}{I_0 + I_{90}} \quad (6)$$

为了研究背光偏振度与平行/垂直偏光片模式产品相对透过率差异的关系,选取偏振度不同的背光进行实验。选取含 3°棱镜片的 BLU1 和 BLU4,其偏振度分别为 4.81% 和 2.02%。由于现有含 3°棱镜片的背光样本偏振度范围不够大,因此选择 2 个不含棱镜片的 BLU1 和 BLU4 进行补充实验。由于不含棱镜片的背光不满足根据公式(4),因此根据公式(6)计算背光偏振特性影响下的相对透过率差异理论值,并将其当作是修正后的偏振度。则不含棱镜片的 BLU1 和 BLU4 的修正后偏振度分别为 0.85% 和 0.22%。

分别选取 604.52 mm(23.8 in)平行/垂直偏光片模式产品各 5 片,分别正放、旋转 90°放置在这 4 个背光上测试产品的透过率。测试镜头为 PR788,测试环境为暗室。测试结果如表 3 所示。则对于该批平行/垂直偏光片模式样品而言,其由于背光偏振特性引起的相对透过率差异实验值,应由公式(7)进行计算。为方便规律统一比较,平行偏光片模式产品公式(7)取“-”号,垂直偏光片模式产品公式(7)取“+”号。

$$\Delta T = \pm \frac{t_{\text{正}} - t_{\text{转}90^\circ}}{t_{\text{正}} + t_{\text{转}90^\circ}} \quad (7)$$

表 3 平行/垂直偏光片模式产品相对透过率差异实验结果

Tab.3 Results of transmission difference of O/E-mode products

分 类	偏振度 $P/\%$	透过率均值 $t_{\text{O-Mode 正}}/\%$	透过率均值 $t_{\text{O-Mode 转 } 90^\circ}/\%$	透过率均值 $t_{\text{E-Mode 正}}/\%$	透过率均值 $t_{\text{E-Mode 转 } 90^\circ}/\%$	$\Delta T_{\text{O-Mode}}/\%$	$\Delta T_{\text{E-Mode}}/\%$
BLU1	4.81	4.97	5.15	5.11	4.74	3.62	3.76
BLU4	2.02	4.92	5.05	5.02	4.90	1.3	1.21
BLU1 (无棱镜片)	0.85	5.07	5.10	5.01	5.02	0.29	-0.1
BLU4 (无棱镜片)	0.22	5.08	5.06	5.00	5.06	-0.2	-0.6

根据表 3 数据绘制偏振度 P -相对透过率差异 ΔT 关系曲线,并进行线性拟合,结果如图 8 所示。实验结果表明,相对透过率差异与背光偏振

度具有显著的线性关系,线性度 R^2 达 0.99 以上,与理论分析一致。实验选用平行/垂直偏光片模式两种产品互为佐证,满足相同的规律。

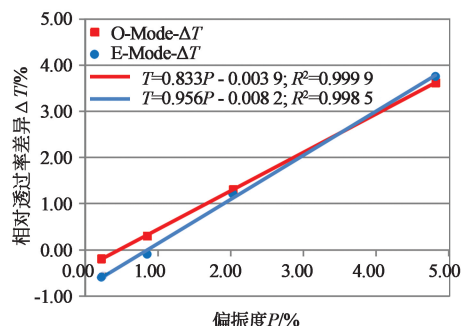


图 8 偏振度-相对透过率差异关系曲线

Fig.8 Curves of polarization degree and transmission difference

5 结 论

本文主要对液晶显示产品的背光偏振特性以及其对平行/垂直偏光片模式产品相对透过率差异进行研究。棱镜片是引起背光偏振特性的主要因素,背光主偏振方向近似垂直于棱镜片方向。在通用的 3° 棱镜片背光架构下,相对透过率差异与背光偏振度成显著线性关系;在其他背光架构下,相对透过率差异可以根据实际使用的背光偏振特性曲线进行理论计算,为后续有此需求的设计者提供支持。

参 考 文 献:

- [1] KIM H Y, SONG I S, BAIK I. S, *et al.* Color characteristics of the fringe-field switching liquid crystal mode depending on E- and O-modes[J]. *Current Applied Physics*, 2006, 7(2):246-251.
- [2] 张凤翔. LCD用亮度增强型背光源 [J]. 真空电子技术, 2001(1):44-49.
ZHANG F H, The luminance enhancement of the backlighting units for LCDs [J]. *Vacuum Electronics*, 2001(1): 44-49.
- [3] LYU J K, QU Y Y, LU K, *et al.* Analysis of backlight structure based on different LCD eigenmode[J]. *Society for Information Display International Symposium Digest of Technical Papers*, 2014, 45(1): 1298-1300.
- [4] MOON J, LEE S, LEE S, *et al.* The influence of inhomogeneous birefringent medium on the polarization properties of the LCD backlight unit [C]//2013 Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim. Kyoto: IEEE, 2013.
- [5] 邵喜斌, 内田龙男. LCD 参数测试系统中的偏光响应[J]. 液晶与显示, 2002, 17(2):77-83. (in English)
SHAO X B, UCHIDA T. Eliminating the polarization response in a system for measuring LCD parameters [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2002, 17(2): 77-83.
- [6] 郁道银, 谈恒英. 工程光学[M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2011.
YU D Y, TAN H Y. *Engineering Optics* [M]. 3rd ed. Beijing: China Machine Press, 2011. (in Chinese)
- [7] 张益民, 吴庆富. TFT-LCD 背光模组光学膜关键件的开发研究 [J]. 现代显示, 2010(4):49-54.
Zhang Y M, WU Q F. Development & mass production of key components of BLU for LCD [J]. *Advanced Display*, 2010(4):49-54. (in Chinese)
- [8] 柏祥. 一种改善亮度均匀性的背光设计方案 [J]. 电子产品世界, 2019, 26(4):84-87.
BAI X. A backlight design scheme for improving brightness uniformity [J]. *Electronic Engineering & Product World*, 2019, 26(4):84-87. (in Chinese)
- [9] 吴美瑞. 集光型增亮膜微结构专利技术综述 [J]. 中国科技信息, 2018(15):21-23.
WU M R. Review of patent technologies for microstructure of light collecting brightening films [J]. *China Science and Technology Information*, 2018(15):21-23. (in Chinese)
- [10] 马群刚. TFT-LCD 原理与设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011:1~7.
MA Q G. *Principle and design of TFT-LCD* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011:1~7. (in Chinese)

作者简介:



王巧妮(1991—),女,福建石狮人,硕士,高级研究员,2016 年于北京航空航天大学获得硕士学位,主要从事 TFT-LCD 产品评价相关研究。E-mail:wangqiaoni@boe.com.cn