

文章编号:1007-2780(2014)06-0901-05

高透过率透明液晶显示器研究与开发

王海宏,焦 峰,马群刚

(南京中电熊猫液晶显示科技有限公司研发中心,江苏 南京 210033)

摘要:为了提高透明液晶显示器的透明度,降低后置光源功率,对透明液晶显示器所使用的彩膜的色度与透过率关系进行研究。首先通过选择适当的透过谱 RGB 三色色阻,制作 10%NTSC 及 45%NTSC 的彩膜样品,测试其白光透过率,然后制作透明显示展示柜,比较搭配不同色度域的彩膜的透明显示柜的透明效果。实验结果表明,通过选择性降低彩膜色阻色度,提高彩膜透过率从而实现高透明液晶显示器,并采用此种方案制作色度域为 45%和 10%NTSC 的彩色透明液晶显示器样品,其白光透过率分别达到了 10%和 15%,制作的透明显示展示柜具有更好的透明效果。

关 键 词:透明液晶显示;彩膜;彩色滤光片

中图分类号: TN141.9;TN873+.93 **文献标识码:** A **doi:**10.3788/YJYXS20142906.0901

Research and development of high transmittance transparent liquid crystal display

WANG Hai-hong, JIAO Feng, MA Qun-gang

(Nanjing CEC PANDA LCD Technology Co., Ltd. R&D Center, Nanjing 210033, China)

Abstract: In order to improve the transparency of the transparent liquid crystal display and reduce the power of back light source, the relationship between chroma and transmittance of color filter in the transparent liquid crystal display is investigated. First, based on the appropriate spectrum of RGB color resistance, 10% NTSC and 45% NTSC color film samples are produced, and the white light transmittance is tested, then transparent display cabinets are produced. Comparison of transparency transparent display cabinets with different NTSC color filters is made. Experimental results indicate that the chromaticity of color in color filter is reduced selectively to improve the transmittance of color filter, and then high transparent liquid crystal display is achieved. With this solution, we produce color transparent display samples which have chromaticity field of 45% and 10% NTSC, and white light transmittance reach 10% and 15% respectively. The transparent liquid crystal display cabinets have better transparency.

Key words: transparent liquid; crystal display; color filter

1 引言

透明液晶显示器是指含有一定程度的穿透性,可显示画面后方的背景,适用于建筑与车辆窗户及商店橱窗。除原有的显示功能外,更具备提供资讯等未来显示器特色,因此受到市场关注,未来将取代部分使用显示器的市场,包括建筑用、广告用、公共用等,并带动整体显示器市场成长。

美国市场调研机构 Display bank 发表的“透明液晶显示器技术与市场展望”(Transparent Display Technology and Market Forecast)报告曾大胆预测,到 2025 年透明显示的市场规模将达 1.17×10^9 台,产值约 8.72×10^{10} 美元。透明液晶显示因其与现有液晶显示器的制程兼容,成本不高的特点,成为目前市场的主流^[1-2]。

透明液晶显示器最大的特点是透明,而透明度是人眼反应给大脑的感觉,这种感觉来源于显示器背后物体的亮度,所以现有的透明液晶显示器会在显示屏后方安装大功率的照明装置,这样的方式会造成显示器的功率极大。在本文中,通过选择性提高彩膜透过率,制作色度域为 10% 和 45% NTSC 的彩色透明液晶显示器样品,其透明度分别达到了 10% 和 15%。

2 主要原理及实验设备

透明液晶显示器主要由高透液晶显示屏,后置光源以及控制系统组成,观察者与展示品位于液晶显示屏的两侧,展示品通过反射光源的光线到达观察者的眼睛,让观察者看到显示屏后面的展示品,产生透明的感觉。进入观察者眼睛的光线越多,感觉越明亮,感觉透明度更高。液晶屏的透过率越高,则后置光源的功率则越小,透明液晶显示器的整体功耗就会降低^[3-4]。

由于液晶显示屏为被动发光模式,光线在通过液晶面板会依次经过下偏光板、阵列基板、液晶、彩膜基板和上偏光板,每一层都会有大量的光损耗,其中彩膜基板大约有 70% 的光损失,在所有材料中光线透过率最低,所以本次实验考虑提高彩膜透过率来增加透明液晶显示器的透过率,达到高透明面板的要求。

实验中阵列基板采用熊猫液晶 31.5 高透

阵列基板,彩膜基板由 DNP(大日本印刷株式会社)配合制作,考虑人眼对于绿色比较敏感,彩膜中绿色色阻并未变更,仅作膜厚变化,且白坐标基本保持不变。

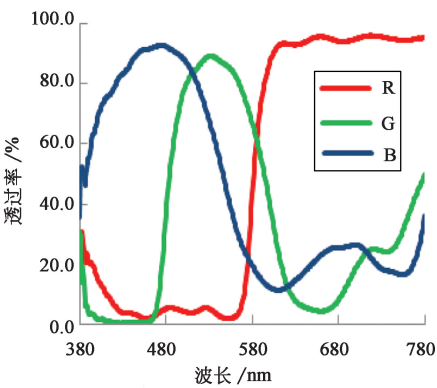


图 1 45% NTSC 彩膜透过谱

Fig. 1 Transmission spectrum of 45% NTSC color filter

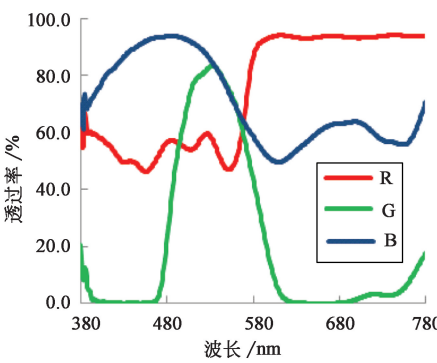


图 2 10% NTSC 彩膜透过谱

Fig. 2 Transmission spectrum of 10% NTSC color filter

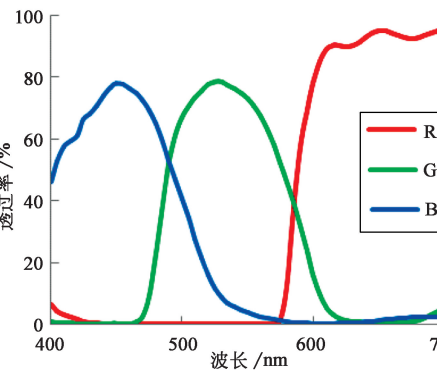


图 3 现用 72% NTSC 彩膜透过谱

Fig. 3 Transmission spectrum of 72% NTSC color filter

比较图 1、图 2 与图 3 中 45% NTSC、10% NTSC 以及 72% NTSC 彩膜绿色透过谱,可以看出绿色色阻透过率基本没有太大改动,而蓝色色

阻在长波长的透过率增加,红色色阻在短波长的透过率增加,本次实验的目的是通过增加红色和蓝色色阻的透过率,使得最终整个液晶屏的白光透过率得到提升。

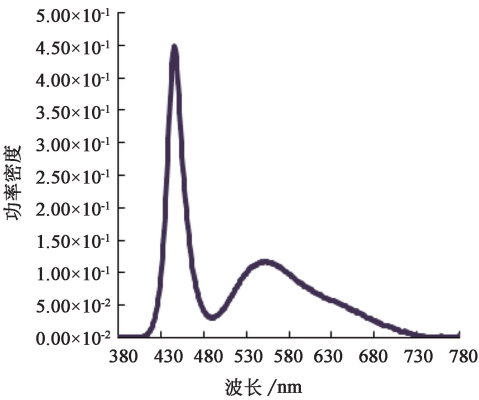


图 4 透明液晶显示器搭配 LED 光源频谱
Fig. 4 LED light source spectrum of transparent display

彩膜透过谱一般采用 C 光源进行测量,而在透明液晶显示器中,会使用常规光源。本次实验搭配的是 LED 光源,LED 光源频谱如图 4 所示,通过彩膜透过谱搭配 LED 光源,可以通过色度公式计算得到实际的透明液晶显示器的色度范围^[5-7],具体原理如式(1)~(4):

$$X = k \int_{400}^{700} p(\lambda) \rho(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda = k \sum_{400}^{700} p(\lambda) \rho(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda. \tag{1}$$

$$Y = k \int_{400}^{700} p(\lambda) \rho(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda = k \sum_{400}^{700} p(\lambda) \rho(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda. \tag{2}$$

$$Z = k \int_{400}^{700} p(\lambda) \rho(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda = k \sum_{400}^{700} p(\lambda) \rho(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda. \tag{3}$$

其中: $k = \frac{100}{\int_{400}^{700} p(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda} = \frac{100}{\sum_{400}^{700} p(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda}$

$\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$:色匹配函数
 $p(\lambda)$:光源频谱(LED,C,等)
 $\rho(\lambda)$:彩膜透过率

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, y = \frac{Y}{X+Y+Z}. \tag{4}$$

式(1)、式(2)、式(3)分别计算出 RGB 三色的三刺激值,将三刺激值再带入到式(4)可以计算出

三基色的 CIE 色坐标 (x, y) , $R(x, y)$ 、 $G(x, y)$ 、 $B(x, y)$ 形成的三角形占 NTSC 的面积比即为色度域范围,通过表 1 亦可计算出白色的色坐标^[4]。

表 1 色坐标与刺激值对应关系
Tab. 1 Corresponding relationship in color coordinates and tristimulus values

	Red	Green	Blue	White
x	式(4)	式(4)	式(4)	$W(X)/\{W(X)+W(Y)+W(Z)\}$
y	式(4)	式(4)	式(4)	$W(Y)/\{W(X)+W(Y)+W(Z)\}$
X	式(1)	式(1)	式(1)	$\{R(X)+G(X)+B(X)\}/3$
Y	式(2)	式(2)	式(2)	$\{R(Y)+G(Y)+B(Y)\}/3$
Z	式(3)	式(3)	式(3)	$\{R(Z)+G(Z)+B(Z)\}/3$

3 实验结果及分析

使用 SR-3 分光辐射度(美能达)计对本次试验试制的 10%NTSC 和 45%NTSC 彩色透明液晶面板进行光学测量,搭配图 2 所示的后置光源,测量面板的色度域以及透过率。

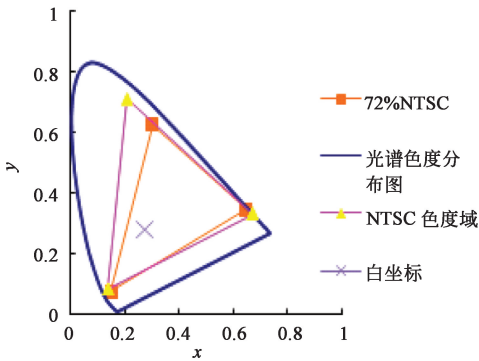


图 5 72% NTSC 色度图
Fig. 5 Chromaticity diagram of 72% NTSC

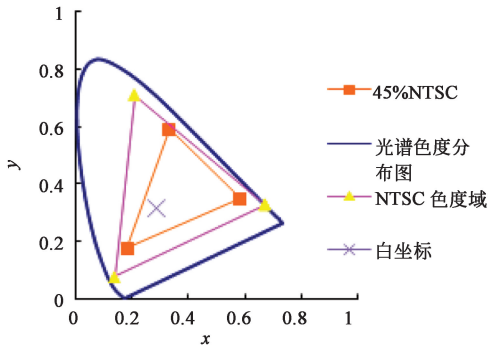


图 6 45%NTSC 色度图
Fig. 6 Chromaticity diagram of 45% NTSC

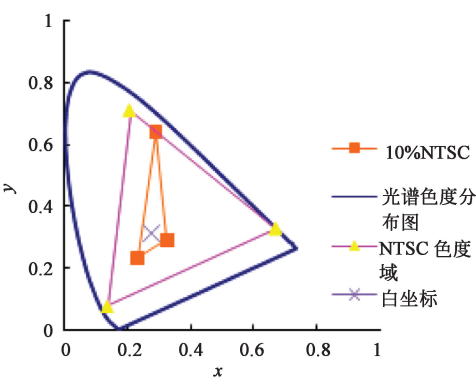


图 7 10%NTSC 色度图

Fig. 7 Chromaticity diagram of 10% NTSC

从图 5、图 6 与图 7 中 72% NTSC、45% NTSC 和 10% NTSC 色度图比较可以看出,不同 NTSC 的透明显示面板的绿色色坐标基本未动,保证对人眼敏感的绿色可以得到有效地显示,而红蓝两色的色坐标向内收缩,白坐标基本控制在同一位置与设计目标一致。使用 SR-3 分光辐射计测量透过率数值(如表 2 所示),比较透明液晶面板色度域与透过率的关系,可以看出随着色度域的降低,透过率会随之提升,而色度域主要由彩膜控制,说明在通过降低彩膜色度域的方式来提升透明液晶显示器的透过率是行之有效的方法。

表 2 色度域与透过率对应表

Tab. 2 Corresponding table between chromaticity domain and transmittance

测试设备:SR-3	亮度					透过率/%
	中心点	红色	绿色	蓝色	白色	
72%	70.46	233.30	49.81	353.56	5249.46	6.74
45%	98.83	272.94	174.27	546.02	5249.46	10.40
10%	274.01	233.62	301.93	812.07	5249.46	15.47



图 8 72% NTSC 透明展示柜

Fig. 8 72% NTSC transparent display cabinet

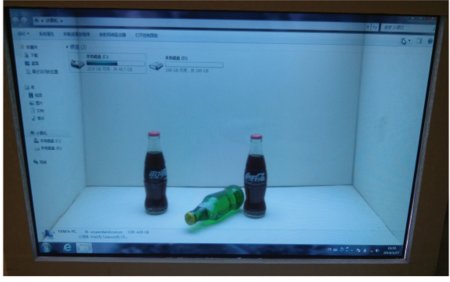


图 10 10%NTSC 透明展示柜

Fig. 10 10% NTSC transparent display cabinet



图 9 45% NTSC 透明展示柜

Fig. 9 45% NTSC transparent display cabinet

应用高透过率液晶面板制作透明展示柜(如图 8、图 9、图 10 所示)在同样功率的后置光源下 45% NTSC 和 10% NTSC 的透明液晶显示器相比于 72% NTSC 透明液晶显示器具有更高的透明度,内部物品轮廓更加清晰。而 10% NTSC 相对于 45% NTSC 具有更高的透过率,图 10 所示的 10% NTSC 相比于前两种色度域在照片颜色上的变化,并非显示屏白坐标发生改变,而是由于相对于前两种透明液晶显示器,10% NTSC 透明

液晶显示器透过率更高,表面的高亮度导致相机拍摄颜色失真。在直观下,白色与45%NTSC透明液晶显示器一致,但透明度更高,也就是说在同样透明度下,10%NTSC透明液晶显示器所需的后置光源功率更低,更具有节能效果。

4 结 论

综上所述,在设计透明显示显示器过程中,在

保证白坐标基本不变的情况下,可以通过选择性降低彩膜蓝色和红色色阻色度,提高彩膜透过率从而实现高透明液晶显示器。采用此种方案制作色度域为45%和10%NTSC的彩色透明液晶显示器样品,其白光透过率分别达到了10%和15%,制作的透明显示展示柜具有更好的透明效果,并且对于非专业人员观看时并未感觉颜色有明显差异。

参 考 文 献:

- [1] 王海宏,焦峰,马群刚.透明液晶显示器色度特性研究[J].现代显示,2013,1(4):13-16.
Wang H H, Jiao F, Ma Q G. Research on chromaticity characteristic of transparent liquid crystal display [J]. *Advanced Display*, 2013, 1(4): 13-16. (in Chinese)
- [2] 吴锦绣,李梅,柳召刚,等.光谱法研究稀土离子钇(Ⅲ)与牛血清白蛋白的相互作用[J].发光学报,2012,33(10):1153-1159.
Wu J X, Li M, Liu Z G, et al. Study on interaction of Y^{3+} and bovine serum albumin by spectrometry [J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 2012, 33(10): 1153-1159. (in Chinese)
- [3] 马群刚.非主动发光平板显示技术[M].北京:电子工业出版社,2013.
Ma Q G. *Non-emissive Flat Panel Display Technology* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2013. (in Chinese)
- [4] 姚军财.基于人眼对比度敏感视觉特性的彩色图像压缩技术[J].液晶与显示,2012,27(6):800-807.
Yao J C. Image quality assessment method based on contrast sensitivity characteristics of human vision system [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystal and Displays*, 2012, 27(6): 800-807. (in Chinese)
- [5] 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)
- [6] 于岚岚,杨冉,白希希,等.喜树碱与DNA相互作用的光谱学研究[J].发光学报,2011,32(11):1197-1203.
Yu L L, Yang R, Bai X X, et al. Spectroscopic study of the interaction between camptothecin and DNA [J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 2011, 32(11): 1197-1203 (in Chinese)
- [7] 董寅,沈冬,郑致刚.含偶氮基团的弯曲型分子的光谱特性研究[J].液晶与显示,2012,27(1):14-20.
Dong Y, Shen D, Zheng Z G. Spectral characteristics of bent-core azobenzene monomers [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystal and Displays*, 2012, 27(1): 14-20. (in Chinese)

作者简介:王海宏(1986—),男,江苏南通人,硕士研究生,主要从事 TFT-LCD 研发工作。E-mail: wanghaihongscut@163.com