

文章编号:1007-2780(2019)04-0361-05

ADS 类面板色偏关键影响因素

宋 聪*, 林丽锋, 宋文亮, 刘 炫, 张 鹏, 张洪林, 负向南
(福州京东方光电科技有限公司, 福建 福州, 350300)

摘要:色偏是评价面板显示性能的重要指标之一。为评估面板关键因素对色偏的影响,使理论模拟结果符合实际测试结果,本文研究了 ADS 类产品子像素状态和偏光片本征模式对面板色偏的影响。首先,基于 RGB & RGBW 产品的模拟和测试结果,理论阐述了两种彩膜方案对色偏的影响,在此基础上提出一种新的 ADS 类产品色偏评价方法,即考虑不同灰阶相邻子像素的相互影响,对目标子像素的三刺激值进行叠加运算,进而输出色偏模拟值。在超大视角($\theta = -80^\circ, 80^\circ$)下, ΔE 模拟值与实测值的差值由现有方法的 0.19 和 0.17 降低为 0.03 和 0.05。其次比较了偏光片本征模式对色偏的影响,结果表明 ADS 双畴设计下 O-mode 具有色偏优势。本文提出的色偏计算方法与现有方法相比,对面板色偏拟合效果更好,同时对于 ADS 类面板而言,偏光片 O-mode 模式是一种能够减轻色偏的设计。

关键词: ADS 液晶显示器; 色偏模拟; 偏光片本征模式

中图分类号: TP394.1; TH691.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20193404.0361

Key influence factors on the ADS panel color shift

SONG Cong*, LIN Li-feng, SONG Wen-liang, LIU Xuan, ZHANG Peng,
ZHANG Hong-lin, YUN Xiang-nan

(Fuzhou BOE Photoelectric Technology Co., LTD, Fuzhou 350300, China)

Abstract: Color shift is an important indicator for LCD panel's image quality. In order to accurately evaluate the key factors in panel color shift, situations of sub pixel and polarizer optical eigenmodes have been investigated. Firstly, after comparing the simulation and actual measurement of color shift on RGB & RGBW panels, the result shows that different types of color filters and the methodology used directly decide the color shift. Thus a new evaluation method of color shift is proposed to overcome the defects of existing one. In consideration of the interaction effect of adjacent sub pixel in different gray-scale, the tristimulus values of target pixels are superposed as a new color shift element. This method effectively reduced the gaps between simulation and measurement from 0.19 and 0.17 to 0.03 and 0.05 in wide view angle($\theta = -80^\circ, 80^\circ$). The impacts of E- and O-mode optical eigenmode on the color shift are also investigated. The result shows that O-mode is more advantageous to reduce the color shift in ADS two domain design. Method in this paper can accuracy fit the color shift results. O-mode optical eigenmode, on the other hand, is an alternative way to reduce color shift in LCD panel design.

Key words: ADS LCD panel; color shift simulation; polarizer optical eigenmode

收稿日期:2018-09-27; 修订日期:2019-01-07.

* 通信联系人, E-mail: songcong@boe.com.cn

1 引言

液晶显示器(TFT-LCD)以其体积小、重量轻、耗能少等优势成为当前市场主流。根据液晶的转动方式,可分为垂直电场式和水平电场式,前者包括扭曲向列相(Twisted Nematic, TN)和垂直配向(Vertical Alignment, VA)两种,后者以面内转动(In Plane Switching, IPS)和高级超维场转换(Advanced Super Dimension Switch, ADS)技术为主要代表。一般认为在没有额外补偿的情况下水平电场式液晶显示具有宽视角优势,各视角角下色偏性能优于垂直电场式液晶显示^[1-4]。这里所指色偏含义为:在相同条件下观看同一色彩,不同的 TFT-LCD 个体所表现出的颜色差异^[5]。由于消费市场对于面板色彩表现能力需求越来越高,色偏因此成为评价面板性能的重要指标;同时窄边框、超高透、高充电率等要求在 ADS 类面板像素设计上引起的色偏差异有所不同,因此讨论影响色偏的关键因素对指导面板设计具有重要意义。

本文以实际面板设计为基础,通过比较不同视角下色偏变化,理论阐述了 RGB&RGBW 两种彩膜方案对面板色偏的影响,在此基础上提出一种新的 ADS 类产品色偏评价方法,克服了现有方法在模拟大视角色偏时与实测结果差异较大的问题。同时根据实际测试结果比较了偏光片两种本征模式对色偏的影响。

2 色偏的模拟方法和测试结果

由于人眼对不同色彩的敏感度不同,显示行业中普遍使用均匀色彩空间 CIE 1976 $L^* u^* v^*$ 表征色偏。当进行初步色偏评价时,可用该体系中的色坐标距离表示^[6]。CIE 1976 $L^* u^* v^*$ 与 CIE 1931 XYZ 色度系统的换算关系及色偏计算的数学表达式为:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad (1)$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}, \quad (2)$$

$$u' = \frac{4x}{-2x+12y+3}, \quad (3)$$

$$v' = \frac{9y}{-2x+12y+3}, \quad (4)$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta u')^2 + (\Delta v')^2}, \quad (5)$$

其中: u' , v' 表示色度,即从 XYZ 坐标系转变为 $L^* u^* v^*$ 坐标系。 ΔE 表示色偏量。在 ADS 类产品实际设计中,讨论相邻子像素灰阶状态和偏光片本征模式对色偏的影响。

2.1 相邻子像素灰阶状态

TFT-LCD 的色彩表现基于彩膜基板的基本单元 Red/Green/Blue 3 个彩膜子像素。子像素的不同灰阶状态决定了画面色彩。当观察视角发生变化时,相邻子像素的灰阶状态会影响目标子像素的灰阶表现,宏观上即目标子像素颜色“不纯”从而形成色偏。此外以 RGBW 为子像素单元的彩膜层是近年来为满足 LCD 超高透需求而出现的另一设计,W 透明层的加入可提高彩膜层 50%~70% 透过率^[7-8],但与 RGB 类彩膜产品相比,色偏值整体较大。

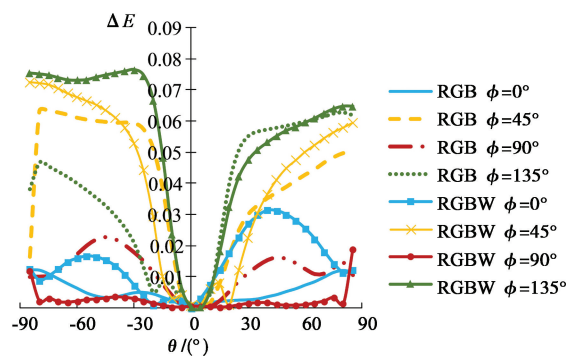


图1 彩膜类型、测试视角与色偏关系(L0 画面)

Fig.1 Color shift with color filter and view angle (L0 pattern)

图1为某 TV RGB & RGBW 产品的色偏实测结果。对比可发现,随着视角增大,面板色偏逐渐增大,且 RGBW 与 RGB 的色偏差异在大视角($\theta > 45^\circ$)下更为明显。同时实测发现,当面板画面为彩色时,两种类型的色偏均进一步加大(图2)。

一般认为,当 $\Delta E > 0.02$ 时即具有明显的色偏。比较图1、图2可知,随着观察视角的增大,彩色画面下面板色偏较 L0 画面大,RGBW 产品色偏较 RGB 产品大,色偏差异在大视角下更加明显。

这一现象可以使用偏光片非正交状态下像素漏光理论解释。如图3所示,正视状态时,面板上

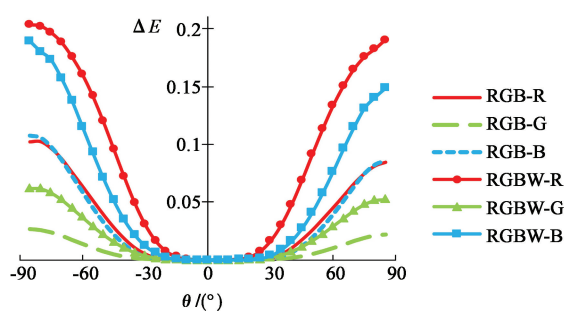


图2 彩色画面下 RGB 与 RGBW 产品色偏情况 ($\phi = 30^\circ$)

Fig.2 Color shift of RGB & RGBW in color pattern ($\phi = 30^\circ$)

下偏光片光轴方向处于完全正交状态,两层偏光片达到最佳起偏和检偏效果。随着视角的增大,两层偏光片光轴处于非正交状态,从这一视角观察单色画面时,盒内 L0 子像素区域液晶预倾角的存在会引起相位延迟,该子像素发生漏光,因此大视角观察下面板色偏数值较大。

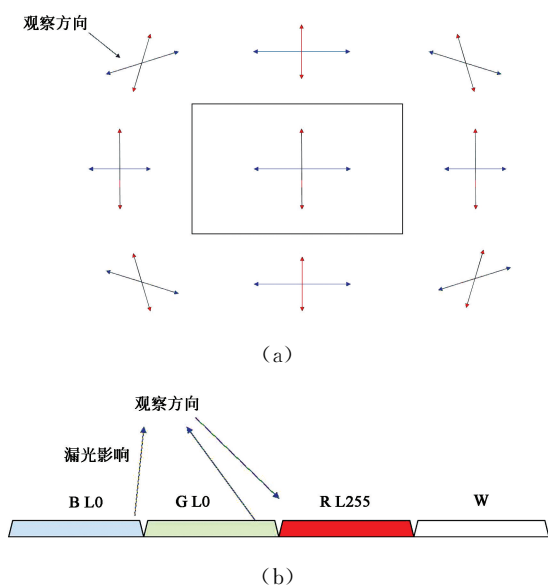


图3 大视角色偏观察示意图

Fig.3 Schematic picture of color shift in large view angle. (a) Polarization schematic; (b) Color filter schematic.

为准确表征非正视下面板的色偏情况,对原 $L^* u^* v^*$ 坐标系统中 ΔE 的计算进行修正。根据 CIE 1931 XYZ 系统定义,可以通过三刺激值 XYZ 的叠加表征不同灰阶相邻子像素的相互影响,进而计算色偏公式为:

$$\Delta E' = \sqrt{\left[\frac{4(X' - X_0')^2}{X' + 15Y' + Z'} \right] + \left[\frac{9(Y' - Y_0')^2}{X' + 15Y' + Z'} \right]}, \quad (6)$$

$$X' = X_R + X_G + X_B + X_W, \quad (7)$$

$$Y' = Y_R + Y_G + Y_B + Y_W. \quad (8)$$

使用该修正算法模拟的色偏结果与原算法、实测数据对比如图4所示。当考虑相邻子像素影响时,色偏模拟值与实测值较为接近,尤其在超大视角 ($\theta = -80^\circ, 80^\circ$) 下, ΔE 模拟值与实测值的差值由现有方法的 0.19 和 0.17 降低至 0.03 和 0.05,这表明新的计算方法可以提高色偏模拟的准确程度,有效表征不同视角下色偏的实际情况。

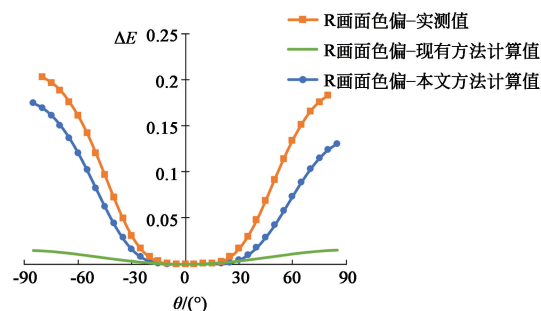
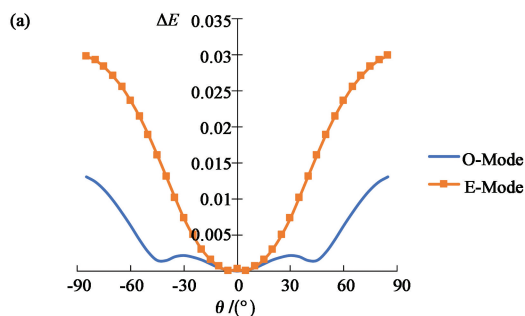


图4 R255 画面下现有方法、本文方法与实测色偏值比较

Fig.4 Color shift comparing of existing method, new method and actual measurement

2.2 偏光片本征模式的影响

偏光片的本征模式是影响面板色偏的另一重要因素。定义偏振光入射方向与下层液晶取向方向平行时称为 E-mode (extraordinary-ray mode), 垂直则称为 O-mode (ordinary-ray mode)^[9]。本征模式对面板光学特性的影响见于不同研究中^[10-11], 有观点认为, 单畴 FFS 模式中 2ITO 电极边缘液晶光调制机理为偏光效应, 而电极中心处为相位延迟, 因此 E-mode 色偏情况较 O-mode 好^[12]。对于目前业内普遍使用的双



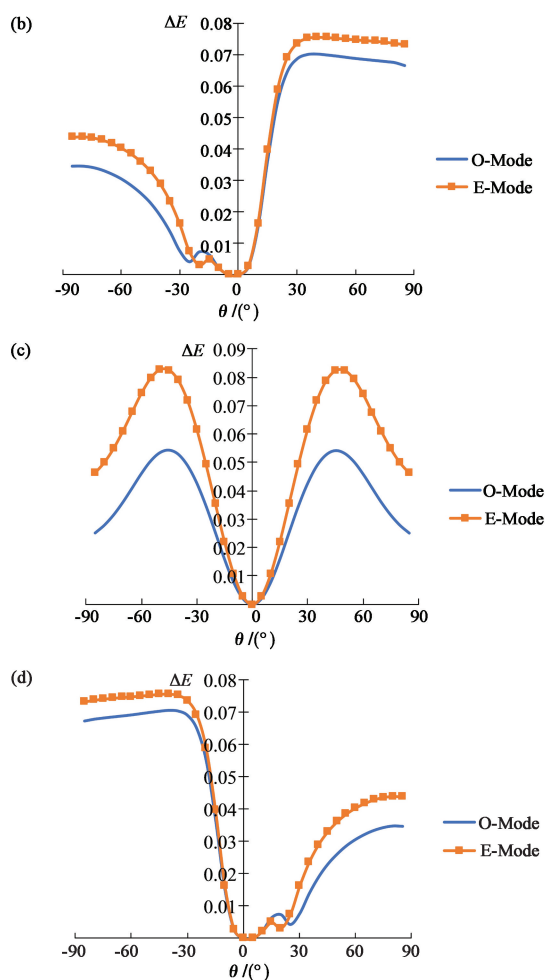


图 5 不同视角下偏光片本征模式实测色偏。(a) $\phi = 0^\circ$; (b) $\phi = 45^\circ$; (c) $\phi = 90^\circ$; (d) $\phi = 135^\circ$ 。

Fig.5 Polarizer optical eigenmode impacts on color shift in different view angle. (b) $\phi = 0^\circ$; (b) $\phi = 45^\circ$; (c) $\phi = 90^\circ$; (d) $\phi = 135^\circ$.

畴或多畴设计,开态时畴之间液晶呈一定夹角,因自补偿效应使得色偏水平较低。实测两种本征模式 L0 色偏情况如图 5 所示。

结合图 6 可知,偏光片本征模式对面板色偏

有一定影响, $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 方位角下,O-mode 均具有较好的色偏优势。 0° 方位角下由于 ΔE 绝对值较小,直观上两种模式色偏宏观表现相当。因此在实际产品设计中,用户对色偏性能有较高的需求时,往往采用 O-mode 作为对应方案。

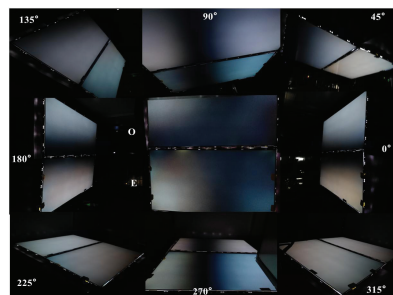


图 6 某 TV 产品实测 L0 画面下色偏比较。上: O-mode; 下: E-mode。

Fig.6 Color shift comparing of O/E mode in L0 image. Up: O-mode; Down: E-mode.

3 结 论

本文根据液晶面板设计的模拟与实测结果,比较了 ADS 产品中子像素状态、偏光片本征模式对面板色偏的影响。结果表明,随着视角增大,面板色偏逐渐增大,且相同测试条件下 RGBW 型彩膜产品色偏略大于 RGB 型。考虑大视角下,液晶面板上下两层偏光片光轴处于非正交状态,不同灰阶相邻子像素存在相互影响,本文提出的一种新色偏计算方法,克服了现有方法在模拟大视角色偏时与实测结果差异较大的问题,在超大视角 ($\theta = -80^\circ, 80^\circ$) 下, ΔE 模拟值与实测值的差值由现有方法的 0.19 和 0.17 降低为 0.03 和 0.05。同时比较了偏光片本征模式对面板色偏的影响:对于 ADS 双畴模式而言 O-mode 相比 E-mode 具有较好的色偏表现。

参 考 文 献:

- [1] 邵喜斌,吴声,郭建新,等.负性双折射膜补偿的扭曲向列液晶显示器的视角[J].液晶与显示,1996,11(3):165-172. SHAO X B, WU S, GUO J X, et al. The viewing angle characteristics of TN-LCD compensated with negative birefringence film [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 1996, 11(3): 165-172. (in Chinese)
- [2] TAKEDA A, KATAOKA S, SASAKI T, et al. A super-high image quality multi-domain vertical alignment LCD by new rubbing-less technology [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 1998, 29(1): 1077-1080.
- [3] LU R B, WU S T, LEE S H. Reducing the color shift of a multidomain vertical alignment liquid crystal display using dual threshold voltages [J]. *Applied Physics Letters*, 2008, 92(5): 051114.

- [4] 罗秉,詹长安.CRT与LCD技术的视觉刺激显示性能评价[J].液晶与显示,2017,32(11):934-942.
LUO S, ZHAN C A. Assessment of CRT and LCD technologies for the presentation of visual stimuli [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(11): 934-942. (in Chinese)
- [5] 马群刚.TFT-LCD原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2011:275-276.
MA Q G. *TFT-LCD Principle and Design* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011: 275-276. (in Chinese)
- [6] 廖燕平,宋志勇,邵喜斌,等.薄膜晶体管液晶显示器显示原理与设计[M].北京:电子工业出版社,2016:146-147.
LIAO Y P, SONG Z Y, SHAO X B, *et al.* *Thin Film Transistor Liquid Crystal Display* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2016: 146-147. (in Chinese)
- [7] YANG Y H. Liquid crystal display to have an RGBW 4-color structure: US, KR20040090298 [P]. 2004-10-22.
- [8] PYOH M, YONG K C, DEOK L S, *et al.* RGBW LCD for improving luminance: US, KR20040083648 [P]. 2004-10-06.
- [9] TAKANO H, SUZUKI S, HATOH H. Cell design of gray-scale thin-film-transistor-driven liquid crystal displays [J]. *IBM Journal of Research and Development*, 1992, 36(1): 23-42.
- [10] KIM T H, KIM B S, PARK W S. Optical compensation of IPS-LCD for symmetric-high-contrast at off-axis oblique view [J]. *Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers*, 2016, 29(3): 175-180.
- [11] 马红梅,孙玉宝.蓝相液晶的旋光特性与消除[J].液晶与显示,2018,33(2):101-108.
MA H M, SUN Y B. Optical rotatory of blue phase liquid crystal and its elimination [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(2): 101-108. (in Chinese)
- [12] 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*, 2007, 7(2): 160-167.

作者简介:



宋 聪(1991—),男,福建福安人,硕士,2016年于四川大学获得硕士学位,主要从事 TFT-LCD 相关研发工作。E-mail:songcong@boe.com.cn