

文章编号:1007-2780(2014)06-1106-05

改善显示品质的直下式 LED 背光技术

吴 丽*, 沈 健, 徐立国

(中航华东光电有限公司 安徽省现代显示技术重点实验室
国家特种显示工程技术研究中心 特种显示国家工程实验室, 安徽 芜湖 241002)

摘要:通过理论分析,在窄色域液晶屏的背光中选择合适谱线的 RGB 三基色 LED 背光,可以将显示器的色域从 40% 提升至 70%。试验结果与理论相符合,但是三基色直下式背光的混光比为 1.3 : 1,比全白灯背光的 1 : 1 大。在三基色 LED 背光中加入 LED 白灯,能够降低混光比。白光灯的亮度逐步增加时,色域会降低。当色域从 70.2% 下降到 63.7% 时,白灯发出的亮度占总亮度的 30%,混光比也降低为 1.1 : 1。

关 键 词:LED 背光;显示品质;混光比

中图分类号:TN141.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20142906.1106

Direct-lit LED backlight technology for improving the picture quality

WU Li*, SHEN Jian, XU Li-guo

(AVIC Huadong Photoelectric Co., Ltd.; Key Laboratory of Modern Display Technology, Anhui Province; National Engineering Lab of Special Display Technology; National Special Display Engineering Research Center, Wuhu 241002, China)

Abstract: Through theoretical analysis, RGB three primaries LED backlighting with appropriate line is chosen in a LCD backlight with narrow gamut, which can raise the color gamut from 40% to 70%. And the test fitted well with analysis, but the mixing ratio of three primaries direct-lit backlight is 1.3 : 1, larger than 1 : 1 of full white backlight. The white LEDs were doped into three primaries LED backlight, which can reduce the mixing ratio. As the brightness of the white light increases, color gamut will be reduced. When color gamut changes from 70.2% to 63.7%, the white luminance is 30% of the total luminance, and the mixing ratio is descended to 1.1 : 1.

Key words: high luminance; color gamut; LED backlight; mixing ratio

1 引 言

液晶显示器由背光和液晶屏组成。液晶屏内有多个像素,每个像素中包含了单独的 RGB 子像

素。在高亮度彩色液晶显示器中,背光灯通常为 LED 白灯。LED 白灯光效高,但是 LED 白灯的二波段光谱和液晶屏的 3 种色谱的匹配程度不够高,采用白灯的液晶显示器难以实现高色域。为了提升显示器的色域,可以采用合适的背光和液

晶屏的光谱进行匹配,这种匹配的方法分为时序和空间上的色彩匹配。在时序上进行色彩匹配,Lin^[1]提到,采用 RGB 三色 LED 背光,在需要显示某颜色的区域打开某颜色背光灯,再打开对应的像素单元,可以提升显示器的色域。这个方法存在两个问题:(1)现有的工业技术,难以让液晶的响应时间快到匹配此色彩的混合;(2)彩色 LED 背光的色彩控制非常困难。而进行空间上的色彩匹配,Ke^[2]提到,可以增加液晶屏单个像素中子像素的个数,但现有工业档液晶屏的像素依旧为 RGB 像素。Chang^[3]提到采用在背光中增加滤光片的方法,提升显示器的色域,但是这样在色域获得很大提升时,显示器亮度也会大大降低。

为了提升液晶显示器的色域,有以下两种途径:(1)调整白灯荧光粉的特性^[4]。这种方法,需要针对特定谱线的液晶屏,因此对于液晶屏原屏生产厂家来说较容易实施,但是周期较长、需要反复试验,对于小厂家来说从时间和价格上都不可接受。(2)选择主波长合适的 RGB 三色灯^[5-7],或者改变液晶屏透过谱,可以提升液晶显示模块的色域,但是,这种方法用于背光时,由于 RGB 三色灯光效较低,模块的功耗会较大,且 RGB 三色灯需要进行混光,模块厚度也较厚。Chen 采用软件仿真,在背光腔中采用新的光学膜可以提高光线利用率,并且降低背光腔的厚度,但是仿真后的均匀性并不好^[8]。采用二次光学元件器件进行导光,可以降低背光腔的混光比(混光距离/灯间距)。Chang 采用仿真和实际加工技术,提出采用其设计的二次元件可以达到更好的匀光效果^[9]。但是二次光学元件的加工会增加设计和成本上的压力。

针对以上这些问题,本文提出一种新的方法,主要目的是在提升窄色域液晶屏色域的同时,改善全彩灯直下式背光的显示品质,同时降低混光比。通过理论分析,得出采用合适光谱的背光灯,匹配液晶屏的透过光谱,可以提升液晶屏的色域。通过实验证明,在背光中采用 RGB 彩灯和白光 LED 灯混合搭配,能够在提升液晶显示器的色域同时改善显示品质。

2 理论分析

色域是指某种设备所能表达的所有颜色在色

度图中所构成的区域。NTSC 色域选取 xy 坐标系中的 R(0.67,0.33)、G(0.21,0.71)、B(0.14,0.08)三点围成的三角形面积作为基准,用待测显示器的 R、G 和 B 三色场色坐标围成的三角形面积与基准面积的百分比。

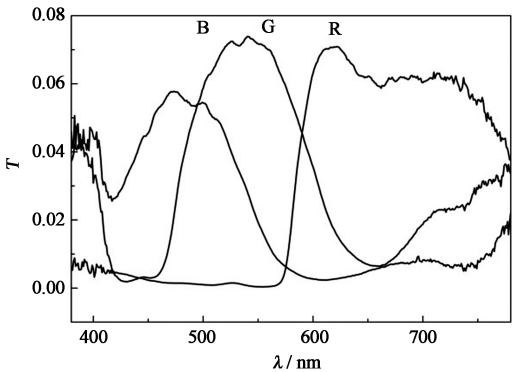


图 1 HV104X01-212 屏 RGB 彩色滤光片的透过率谱线
Fig. 1 Transmission spectra line of the RGB color filter for the LCD HV104X01-212

图 1 为 BOE Hydis 公司生产的 HV104X01-212 屏的透过率谱线。其中,R、G、B 曲线分别代表了红、绿和蓝色滤光片在 380~780 nm 范围内的透过谱线。

将背光灯的光谱和液晶屏 RGB 彩色滤光片的透过率谱线进行匹配时,显示器的色域可以采用以下方法进行计算。

$$X = \int_{380}^{780} \varphi(\lambda)kp(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda, \tag{1}$$

$$Y = \int_{380}^{780} \varphi(\lambda)kp(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda, \tag{2}$$

$$Z = \int_{380}^{780} \varphi(\lambda)kp(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda, \tag{3}$$

式中: $\varphi(\lambda)$ 为 LED 的光谱功率分布, k 为背光膜系的综合透过率, $p(\lambda)$ 为液晶屏的透过率谱线, $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 和 $\bar{z}(\lambda)$ 分别代表人眼的视觉响应函数。

X 、 Y 和 Z 分别代表三刺激值。通过三刺激值可以得到对应的色坐标:

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

液晶屏 RGB 三个单色场的色坐标(x,y)所围成的面积与基准面积的比值即为其 NTSC 色域。

图 2 为色温为 6 500 K 的典型白光 LED 灯在 380~780 nm 内的光谱功率分布^[10]。白光灯

芯片为蓝光(InGaN)芯片,荧光粉为黄色荧光粉。其在 $\sim 460\text{ nm}$ 和 $\sim 570\text{ nm}$ 有两个峰。白灯在 $380\text{ nm}\sim 780\text{ nm}$ 的可见光范围内都有光谱,而液晶屏的RGB各色滤光片的透过光谱间都有很大的重叠部分,因此RGB像素的液晶屏匹配该白灯背光时,显示器各个色场的色饱和度都比较低,所以色域会比较低,仅为 $\sim 40\%$ 。为了增加液晶显示器的色域,需要减少背光灯和液晶屏谱线的重叠部分^[6]。

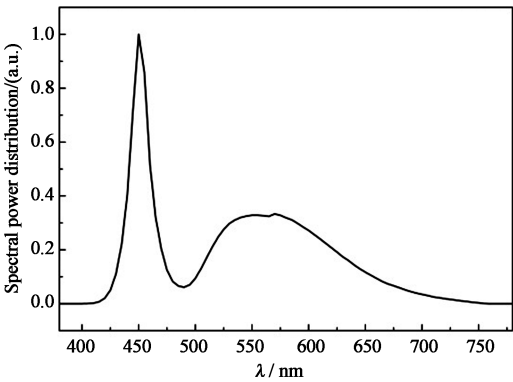


图 2 色温为 6 500 K 的白光 LED 灯在 380~780 nm 内的光谱功率分布

Fig. 2 Spectral power distribution in 380~780 nm of the white LED with color temperature of 6 500 K

当 RGB 三基色背光灯匹配液晶屏的透过光谱时,运用公式(1)、(2)、(3)和(4)进行计算,可以得出液晶屏三色场随着背光灯颜色主波长的变化。图 3 为典型 RGB 三基色 LED 灯在 380~

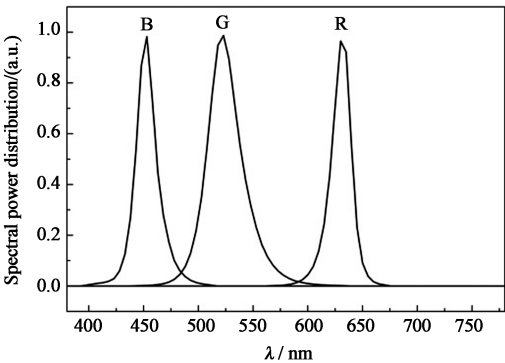


图 3 RGB 三基色灯在 380~780 nm 内的光谱功率分布

Fig. 3 Spectral power distribution in 380~780 nm of the RGB three primaries LED

780 nm 内的光谱功率分布^[10]。红光(AlInGaP)的主波长为 $\sim 630\text{ nm}$,半高宽为 $\sim 22\text{ nm}$;绿光(InGaP)的主波长为 $\sim 535\text{ nm}$,半高宽为 $\sim 43\text{ nm}$;蓝光(InGaP)的主波长为 $\sim 460\text{ nm}$,半高宽为 24 nm 。

固定 RGB 三基色灯的半高宽和其中两种光线的主波长,而改变另一种光线的主波长,配合 HV104X01-212 屏所能得到的色域变化如图 4 所示。

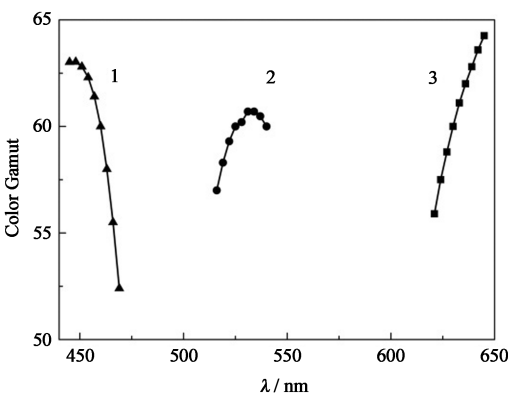


图 4 三基色灯中一种光的主波长变化时的显示器色域值变化。(1)改变蓝光主波长;(2)改变绿光主波长;(3)改变红光主波长。

Fig. 4 Change of color gamut in a display device when the dominant wavelength of one light in three primaries LED changes. (1) dominant wavelength of blue light changes; (2) dominant wavelength of green light changes; (3) dominant wavelength of red light changes.

曲线 1 代表了蓝光主波长在 445~470 nm 范围内变化时的液晶屏色域值。其中,红光的主波长为 630 nm,半高宽为 22 nm;绿光的主波长为 535 nm,半高宽为 43 nm;蓝光的半高宽为 24 nm。曲线 2 代表了绿光主波长在 515~540 nm 范围内变化时的液晶屏色域值。其中,红光的主波长为 630 nm,半高宽为 22 nm;绿光的半高宽为 43 nm;蓝光的主波长为 460 nm,半高宽为 24 nm。曲线 3 代表了红光主波长在 620~645 nm 范围内变化时的液晶屏色域值。其中,红光的半高宽为 22 nm;绿光的主波长为 535 nm,半高宽为 43 nm;蓝光的主波长为 460 nm,半高宽为 24 nm。

图 4 显示,减小蓝光主波长、增加红光主波长

或者控制绿光主波长在特定范围内,都能提升液晶屏的色域。

当红光主波长为 640 nm,半高宽为 24 nm,绿光的主波长为 530 nm,半高宽为 43 nm,蓝光主波长为 450 nm,半高宽为 22 nm 时,液晶显示器的色域可以达到~70%。理论分析采用特定谱线的 RGB 三基色 LED 灯作为背光灯,能够将液晶显示器的色域从~40%提升至~70%。

3 试验结果与分析

图 5 为 HV104X01-212 屏采用典型白光 LED 灯、普通 RGB LED 灯和特定谱线 RGB LED 灯的色域。

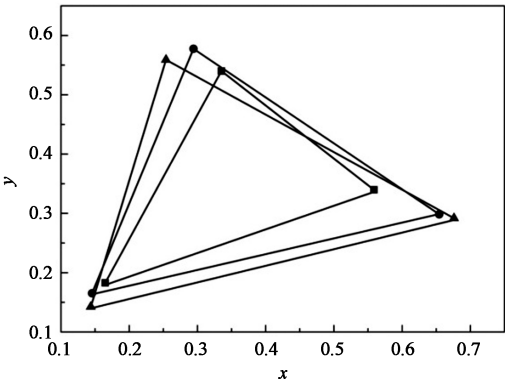


图 5 HV104X01-212 屏在 3 种不同背光下的红绿蓝单色场的色坐标图

Fig. 5 Color coordinate map of the RGB single color field of LCD HV104X01-212 in three different backlight

3 种 LED 灯的光谱色坐标如表 1 所示。测试仪器为 CS-2000 (Konica Minolta),色度测试精度为±0.001。

图 5 中,正方形代表白光 LED 背光的显示器的 3 个单色场的色坐标,圆形代表普通 RGB 灯背光的显示器的 3 个单色场的色坐标,三角形代表特定谱线 RGB 灯背光的显示器的 3 个单色场的色坐标。

从图 5 中测试结果可以看出,相比白光 LED,RGB 背光能够将显示器的色域从 39.4%提升至 60.0%;而采用特定波长的 RGB 背光,色域可以增加至 70.2%。这与理论分析一致。

但是,在显示器的背光中,对于同样的扩散材

料和混光距离,全彩色背光与白色背光相比,容易产生色彩上的不均匀^[11]。要想改善这种色彩不均匀性,可以增加背光的混光距离^[12]。

表 1 三种 LED 灯的光谱色坐标
Tab. 1 Spectral color coordinates of three kind of LEDs

色坐标	<i>x</i>	<i>y</i>
白光 LED	0.312±0.001	0.333±0.001
普通 RGB 灯	R	0.685±0.001
	G	0.200±0.001
	B	0.145±0.001
特定谱线 RGB 灯	R	0.720±0.001
	G	0.168±0.001
	B	0.158±0.001

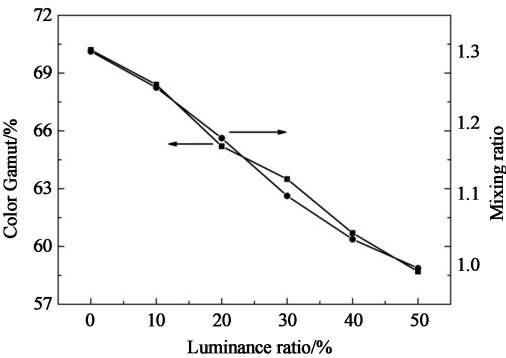


图 6 显示器色域和背光混光比随着白光 LED 灯亮度比的变化值

Fig. 6 Change of the color gamut and mixing ratio with the luminance ratio of the white LED

在显示器白场的亮度和色坐标保持一致的条件下,将白光加入到 RGB 光中,可以降低全彩灯背光的混光距离。图 6 为白光 LED 灯亮度比依次增加时,显示器色域和背光混光比的变化值。从图 6 中可以看出,随着白光 LED 灯的亮度比从 0 增加到 30%,显示器的色域也从 70%减小到 63%,混光比从 1.3 : 1 减小到 1.1 : 1。显示器色域的下降是由于白光的掺杂使得显示器红绿蓝单色场饱和度下降造成的。

本文中白彩色光混合的方法,可以实现背光腔混光比的降低和显示器色域的提升。和全白灯或者全彩灯背光腔的对比如表 2。

表 2 几种背光腔的对比

Tab. 2 Comparison between some backlight modules

色域/%	背光腔 LED 灯	膜组	灯间距/mm	混光距离/mm	背光腔总厚度/mm
70	全彩灯	都为一张	10	13	18
40	全白灯	扩散板和	10	10	15
~63	白彩灯搭配	一张增亮膜	10	~11	~16

4 结 论

通过理论分析和试验,采用 RGB 三色 LED 背光能够将窄色域液晶屏的色域从~40%提升

至~70%。本文提出了彩色和白光 LED 灯混合搭配的方式。通过试验证明,在彩色背光灯中加入白灯,当白光灯亮度比从 0 增加到 30%时,能够将混光比从 1.3 : 1 降低到 1.1 : 1,同时显示器的色域会从 70%下降到 63%。

参 考 文 献:

[1] Lin W P, Yang T H, Sun C C. Method of increasing color gamut of a color display : American,7995014 [P]. 2011-08-09.

[2] Ke H C, Chan C C, Uei G F. Multi-primary color display; American,7771098 [P]. 2010-08-10.

[3] Chang C L, Huang C J, Kao H C *et al.* Backlight module of a liquid crystal display, display device, method of improving color gamut of a color gamut of a display device: American, 7486354 [P]. 2009-02-03.

[4] Chang G S, Jong H Y, Jin S G,*et al.* Improvement of color and luminance uniformity of the edge-lit backlight using the RGB LEDs [J]. *Journal of the Optical Society of Korea*, 2011, 15 (3): 272-277.

[5] Kakinuma K. Technology of wide color gamut backlight with light emitting diode for liquid crystal display television [J]. *Japanese Journal of Applied Physics*, 2006, 45 (5B): 4330-4334.

[6] Lu R B, Hong Q, Ge Z B,*et al.* Color shift reduction of a multi-domain IPS-LCD using RGB-LED backlight [J]. *Optics Express*, 2006, 14 (13): 6243-6252.

[7] Anandan M. LED backlight: enhancement of picture quality on LCD screen [C]. *Proc. Of ASID '06 (New Delhi, India, Oct. 2006)*: 130-134.

[8] Chen C F, Lu L M, Jhou Y F. A novel optical sheet with microstructures design in the LED direct-lit backlight module [J]. *Applied Mechanics and Materials*, 2012, 130-134: 4106-4109.

[9] Chang R S, Tsai J Z, Li T Y,*et al.* LED backlight module by lightguide-diffusive component [J]. *Journal of Display Technology*, 2012, 8 (2): 79-86.

[10] Winston R, Miñano J C, Benítez P. *Nonimaging Optics* [M]. Elseiver, 2005.

[11] Lu Y H, Tien C H. A novel direct-led-backlight unit using grooved hexagonal light-guide plate [C]. *Proc. SID ' 06 Digest, San Francisco, USA*, 2006: 1513-1516.

[12] Kim B, Kim J, Ohm W S, *et al.* Eliminating hotspots in a multi-chip LED array direct backlight system with optimal patterned reflectors for uniform illuminance and minimal system thickness [J]. *Optical Express*, 2010, 18 (8): 8595-8604.

作者简介:吴丽(1984—),女,安徽濉溪人,学士,工程师,主要从事液晶显示器光学方面的研究。E-mail:wuli19840403@163.com