

文章编号:1007-2780(2011)04-0474-06

白光 LED 对直下式 TV 背光色域的影响

庄四祥¹, 钱可元^{2*}, 李旭亮¹, 黄冠志¹, 祝炳忠¹, 梁鸣娟¹
(1. 东莞勤上光电股份有限公司, 广东 东莞 523565, E-mail: fyang_1314@163.com;
2. 清华大学 深圳研究生院 半导体照明实验室, 广东 深圳 518055)

摘 要: 白光 LED 背光源具有光学特性好、功耗低、寿命长、对比度高、驱动系统简便等优势, 但并不是所有的 LED 产品都适合做背光光源。研究了液晶面板和不同的白光 LED 产品对色域的影响, 指出只有通过选择适当波长的 LED 和与之相匹配的彩膜, 才能得到较高的色彩还原性。一般照明用二波段 LED 产品由于形成混合峰, 相互之间的制约使得其最高只能达到 75.2% 的 NTSC 色域; 而对三波段 LED 产品, 三波峰相对独立, 故能实现较高的 84.2% 色域。

关 键 词: LED 背光; 白光 LED; TV 色域

中图分类号: TN942 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20112604.0474

Effect of White LEDs on Gamut of TV with Direct Illumination-type LED Backlight

ZHUANG Si-xiang¹, QIAN Ke-yuan^{2*}, LI Xu-liang¹,
HUANG Guan-zhi¹, ZHU Bing-zhong¹, LIANG Ming-juan¹
(1. Dongguan Kingsun Optoelectronic Co. Ltd., Dongguan 523565, China, E-mail: fyang_1314@163.com;
2. Graduate School at Shenzhen, Tsinghua University, Shenzhen 518057, China)

Abstract: Backlights based on white LEDs have significant advantages for liquid crystal display(LCD) such as good optical property, low power dissipation, long lifetime, high contrast, simple drive system and so on. However, not all LEDs are suitable for light source of backlights. The influence of liquid panel and different white LEDs on color gamut are investigated. Results showed that, to obtain high color gamut, LCD pannel and the corresponding LED light source are needed. Due to the mixed crest, 2-band LEDs which used for illumination only achieved 75.2% NTSC gamut. Then for 3-band LEDs, as its crests are independent relatively, it could obtained 84.2% color gamut.

Key words: LED backlight; white LEDs; TV color gamut

1 引 言

近年来, 平板显示技术发展迅猛, 其中液晶显示更是在众多领域迅速取代传统阴极射线管显示成为市场主流技术。但是, LCD 作为非自主发光显示器件, 需要背光模块作为光源实现透射或者反射显示。与其他光源相比, LED 背光源具有宽色域、高亮度、高动态范围、全固态、无重金属等突

收稿日期: 2011-01-11; 修订日期: 2011-01-20

基金项目: 广东省发展平板显示产业财政扶持资金项目(No. 20080902)

作者简介: 庄四祥(1983—), 男, 湖北荆州人, 工学硕士, 主要从事大功率 LED 封装及 LED 背光源的研究。

* 通讯联系人, E-mail: qianky@sz.tsinghua.edu.cn

出优势,占据了一部分 LCD 背光源市场,被认为是 LCD 背光源未来发展的主流方向^[1-2]。

通过选择适当波长的 LED 和与之相匹配的彩膜,RGB-LED 背光源色彩还原范围可以达到美国国家电视系统委员会(NTSC)标准的 105% 甚至 120% 以上^[3-6],现阶段的研究大多集中在追求 RGB-LED 背光的高色域。然而,与白光 LED 背光源相比,RGB-LED 背光存在一些明显缺点:首先,RGB-LED 会随工作时间增加产生色移,其波长随温度变化;其次,RGB-LED 背光的驱动系统远比白光复杂;其三,目前 RGB-LED 的混光效率低于白光 LED,导致同样亮度的 RGB 背光功

耗要远高于白光 LED 背光功耗,而且 RGB-LED 背光与白光 LED 背光在成本上有 4~5 倍的价差。在环保和成本等因素考虑下,白光 LED 尽显优势。本文重点研究了白光 LED 背光对色域的影响,以获取更高色域的白光背光产品。

2 液晶面板对色域的影响分析

为了更好地理解光源对色域的影响,需对液晶面板的影响有所了解。因此,本文选取了两款液晶面板:1[#]为 TCL 显示器用面板(19 in),2[#]为奇美标清电视用面板(42 in)。采用相同背光分别贴合 1[#]、2[#]液晶面板进行测试,结果见表 1。

表 1 不同液晶面板下的色度坐标

背光+液晶面板后的色度坐标							
液晶面板	红光		绿光		蓝光		NTSC 色域/%
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	
1 [#]	0.529 8	0.379 3	0.277 1	0.642 7	0.144 3	0.124 5	52.4
2 [#]	0.619 4	0.314 7	0.287 8	0.651 9	0.162 7	0.061 6	75.2

数据结果显示,两者 NTSC 色域相差 22.8%。在此处采用不同的液晶面板匹配相同的背光模组,即光源的发射光谱是一样的,说明不同液晶面

板对色域影响很大,图 1 给出了两块液晶面板的彩色滤光片(CF)光谱曲线。

两块不同的液晶面板配备相同的背光模组,其色域相差巨大的原因主要是液晶面板 RGB 彩膜的透射光谱不同造成的,如图 1 所示。可分为 3 种情况:

- (1)不同液晶面板光谱透过率有所差别;
- (2)不同的制作工艺等因素导致了液晶面板的 RGB 彩膜 CF 光谱的宽窄不一;
- (3)不同液晶面板的 RGB 彩膜 CF 光谱间距不同,即重叠部分大小有所差异。

实验中采取的是同种背光源贴合不同的液晶面板,形成的色域却相差很大。这说明不同的液晶面板对同一背光源会具有不同的透过率,造成 RGB 三色光色彩饱和度有很大的差异。因此,当确定背光模组后,需选择与背光光谱相匹配的液晶面板,才能得到较高的色彩还原性。

3 白光 LED 背光对色域的影响分析

为了说明不同的 LED 背光对色域的影响,系统中采用不同的背光模组配合相同的液晶面板来测试各自的色域。而根据光源的种类,LED 背光

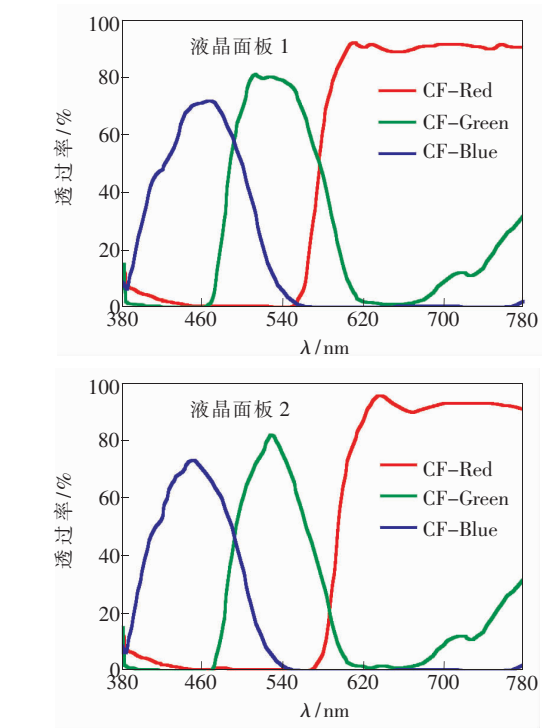


图 1 RGB 彩膜的透射光谱
Fig.1 Transmission spectra of RGB color film

源可划分为白光 LED 和 RGB-LED,其中白光 LED 又可分为两波段 LED 以及三波段 LED。本文主要讨论白光 LED 背光对色域的影响,暂且不考虑 RGB-LED。

3.1 白光两波段 LED 背光对色域的影响分析

发光光谱中只有两个明显波峰(蓝光波峰与绿光红光混合波峰)的产品统称为白光两波段 LED 产品,其一般采用蓝光芯片+黄色荧光粉来实现。众所周知,即使选取相同波长的芯片,由于荧光粉的种类及激发效率不同,也可以封装出不同色温的白光两波段 LED 产品。

本文选取了 3 种 3528 白光两波段 LED 产品来分析其作为背光对色域的影响,一种为普通照明用冷白 3528 SMD LED 产品,另外两种为不同厂家的暖白 3528 SMD LED 产品,其发光光谱如图 2 所示。

表 2 三种白光两波段 LED 背光下 TV 的色度坐标

Table 2 Chromaticity coordinates of TV with three kinds of two-bands white LEDs

LED 参数			背光+液晶面板后的色坐标						NTSC 色域/%
色温/K	色坐标		红光		绿光		蓝光		
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	
6 400	0.314 0	0.334 0	0.619 4	0.314 7	0.287 8	0.651 9	0.162 7	0.061 6	75.2
3 300	0.430 6	0.423 0	0.647 3	0.310 7	0.310 8	0.624 9	0.162 5	0.132 2	67.1
3 000	0.444 5	0.415 8	0.653 0	0.306 0	0.336 2	0.616 8	0.171 8	0.119 3	66.0

为了更直观地体现 3 种白光两波段 LED 背光对色域的影响,将其所能达到的 NTSC 色域画于 CIE 1931 色度图中,如图 3 所示。

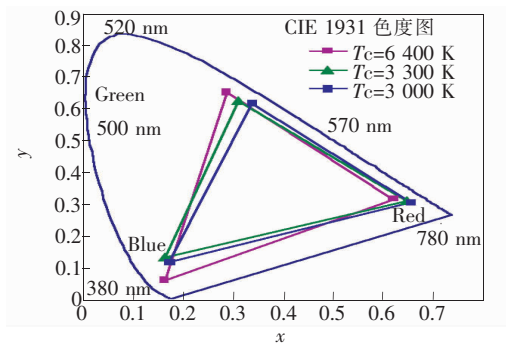


图 3 3 种白光二波段产品形成的色域图

Fig. 3 Color gamut map with two-band white LED products

由图 3 可以看出,3 种背光配合同一液晶面板后对色彩还原性不同,冷白 LED($T_c=6\,400\text{ K}$)背光能形成 75.2% 的 NTSC 色域,比暖白产品的 67.1% 和 66.0% 大一些,而两种暖白产品之间相

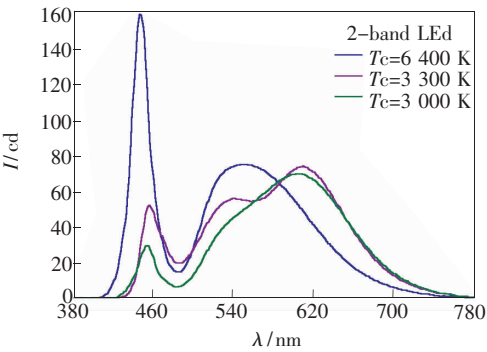


图 2 3 种白光两波段 LED 的发光光谱

Fig. 2 Emission spectra of three kinds of two-bands white LEDs

将上述 3 种 LED 产品分别贴合在同一液晶面板,测试其色彩还原性,结果见表 2。

差并不大。结合图 2 的光源发光光谱与图 1 RGB 彩膜的透射光谱,可知 $T_c=6\,400\text{ K}$ 产品采用了波长更短的蓝光芯片,这样透过液晶面板时,蓝光部分会向短波长方向移动。对于绿光部分,液晶面板对色温为 3 000,3 300,6 400 K 光谱的透过率依次增加;而两种暖白产品相比于冷白产品,红光部分有所增加。以上差异造成了图 3 中 3 种产品色域的不同。

综上所述,对于冷白产品,其红光部分相对缺失,导致其色域不会有很大的提升。而对于暖白产品,虽然红光部分有所增加,但增加量不多,相反其蓝光与绿光部分较冷白产品均有很大程度的减弱,造成其色域也不会很高。因此,一般照明用冷白和暖白 LED 产品均不适合用作 LCD 背光光源。

3.2 白光二波段 LED 与三波段 LED 对色域的影响比较

上述分析表明,只在一般的正白二波段 LED 产品中简单地添加一些红粉以补充红光效果是不够的,因为这是在削弱蓝光和绿光的基础上得到

的。如今,市场上已出现了专为背光源设计的广色域的白光三波段 LED 产品,许多研究工作也围绕其展开。为了对比三波段 LED 产品、用于一般照明的白光二波段 LED 产品和之前液晶电视中用到的 CCFL 光源,本文选取了一种 CCFL 产

品、一种白光二波段 3528 SMD LED 产品以及一种白光三波段 5630 SMD LED 产品分别作为背光光源,贴合于同一液晶面板,色彩还原性的测试结果如表 3 所示。

根据上述数据,为了更直观地体现 3 种不同

表 3 不同光源背光下 TV 的色度坐标

Table 3 Chromaticity coordinates of TV with different backlights

光源种类	背光+液晶面板后的色度坐标						NTSC 色域/%
	红光		绿光		蓝光		
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	
CCFL	0.585 5	0.290 9	0.201 7	0.607 1	0.156 4	0.048 6	72.2
二波段白光 LED	0.619 4	0.314 7	0.287 8	0.651 9	0.162 7	0.061 6	75.2
三波段白光 LED	0.621 5	0.286 7	0.241 0	0.663 4	0.158 0	0.046 0	84.2

光源作为背光对色域的影响,将其所能达到的 NTSC 色域同样画于 CIE1931 色品图中,如图 4 所示。

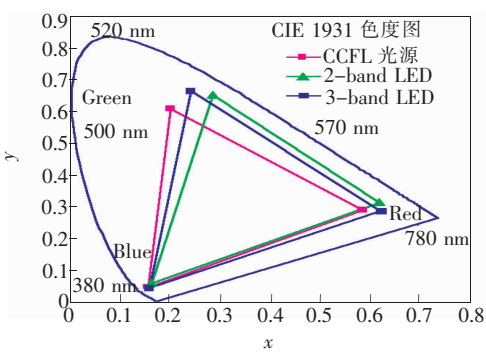


图 4 不同背光光源形成的色域图

间会分隔得比较开,极大地提高了绿光的纯度;同时,红色部分的发光光谱显著红移,导致了红光部分的纯度也得到提高。这些因素造就了三波段 LED 的色域范围较两波段 LED 有较大提高,从 75.2% 提升到 84.2%。

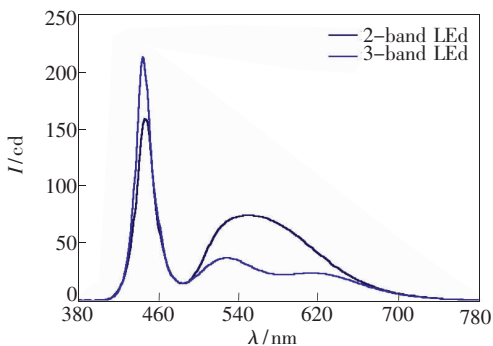


图 5 两波段和三波段 LED 发射光谱图

Fig. 5 Emission spectra of two-band and tri-band LED

从以上结果可以看出,液晶电视之前采用的 CCFL 光源仅能提供 72.2% 的 NTSC 色域,而采用一般的照明用白光二波段 LED 产品作为背光能提供 75.2% 的 NTSC 色域,而采用白光三波段 LED 产品作为背光,所能达到的 NTSC 色域较两者均有较大提升,达到了 84.2%。

这说明对白光 LED 产品而言,三波段白光 LED 较二波段白光 LED 更适合作为背光光源。两种白光光源的发光光谱如图 5 所示,由于采用的芯片波长相同,当两种 LED 的发射光谱经过液晶面板彩色滤光片后,两者蓝光的色坐标点基本重合。而对于三波段 LED 产品,当经过彩色滤光片过滤后,红色荧光粉和绿色荧光粉发光光谱之

3.3 白光三波段 LED 对色域的影响分析

由以上分析可知:白光三波段 LED 较 CCFL 及白光二波段 LED 更适合作为背光光源。但由于每个产家所用物料、方法等不同,出产的白光三波段 LED 性能也不完全相同,也会对色域产生一定的影响。

为了弄清不同产品之间的差异,我们选取了两种白光三波段 LED 进行比较。LED1 为国内聚飞光电所开发的 5630 SMD 产品,LED2 为韩国三星的 5630 SMD 产品,将两种产品分别作为背光贴合同一液晶面板,测试其色彩还原性。结果如表 4 所示。

表 4 不同白光三波段 LED 背光下 TV 的色坐标

Table 4 Chromaticity coordinates of TV with different tri-band LED backlights

LED 种类	TV 色坐标						NTSC 色域/%
	红光		绿光		蓝光		
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	
LED1	0.641 1	0.281 8	0.251 1	0.630 2	0.156 8	0.060 7	80.5
LED2	0.621 5	0.286 7	0.241 0	0.663 4	0.158 0	0.046 0	84.2

根据上述数据,为了更直观地体现 2 种不同白光三波段 LED 作为背光对色域的影响,将其所能达到的 NTSC 色域画于 CIE 1931 色度图中,如图 6 所示。

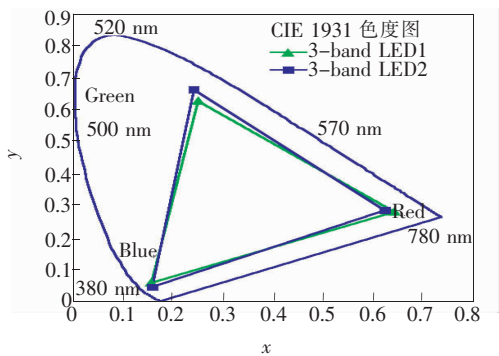


图 6 两种三波段 LED 形成的色域图
Fig. 6 Color gamut maps of tri-band white LED products

由以上结果可以看出,不同的白光三波段 LED 产品作为背光,所能达到的 NTSC 色域会有所不同,分别为 80.5% 和 84.2%,其原因是两者的光谱不同造成的。

LED1 和 LED2 的发射光谱如图 7 所示。两者的本质差别是两者采用的蓝光芯片波长不同,荧光粉种类和激发效率不同,导致了光谱中每个峰的峰值不同。LED1 的 RGB 3 个峰值出现在 456,540,634 nm 处,而 LED2 的 RGB 峰值出现在 445,528,611 nm 处。由于 LED2 较 LED1 采用的蓝光芯片波长更短,所以当两者透过液晶面板 2(图 1)的 RGB 彩膜时,LED2 形成的蓝光色坐标点较 LED1 形成的点向蓝光短波长方向移动。对于绿光部分,由于液晶面板 2 对波长为 530 nm 附近的绿光有最大的透过率,因此当由绿光峰值波长为 528 nm 的 LED2 构成的背光源贴合液晶面板时,绿光色域坐标点向绿光短波长方向移动。对于红光部分,LED1 的红光峰值波长

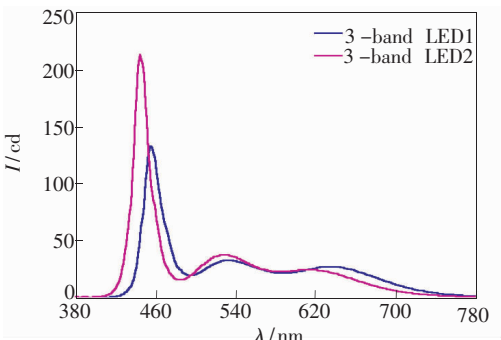


图 7 两种三波段 LED 的发射光谱图
Fig. 7 Emission spectra of two kinds of tri-band LED

为 634 nm,大于 LED2 的峰值波长 611 nm,由于液晶面板 2 对长波长的红光有更大的透过率,对红光波长大于 560 nm 的光透过率非线性增大,峰值出现在 630 nm 附近,所以图 7 中 LED1 背光所形成红光色域的坐标点较 LED2 的坐标点向红光波长方向移动。所以,光源的 RGB 发射光谱峰值不同,会造成色域的不同。

由以上可知,采用短波长的芯片能提供更好的色域,但芯片波长越短,对荧光粉的激发效率越低,对亮度会有所限制。在实际应用中,应综合考虑两者的影响来选取合适波长的芯片。

4 结 论

结合 LED 背光与液晶面板的光谱,研究了液晶面板与不同白光 LED 产品背光对色域的影响,得出了以下结论:

- (1)只有选择与液晶面板 RGB 彩膜具有相同峰值波长的 LED 光源,能得到较高的色彩还原性;
- (2)一般照明用正白与冷白 LED 产品不适合做 LED 背光,因为红光部分相对缺乏;而一般照明用暖白 LED 产品,虽然红光部分有所增加,但

红光与绿光形成的混合峰使绿光部分不匹配，因此也不适合作背光；

基色那样的高色域，但较 CCFL 与二波段白光 LED，色域会有较大提升，但也要求其 3 个峰的峰值波长与液晶面板的 RGB 彩膜的峰值相匹配。

(3)三波段白光 LED 虽然不能实现 RGB 三

参 考 文 献：

[1] Chang Jeegong, Liao Lunde, Hwang Chichuan. Enhancement of the optical performances for the LED backlight systems with a novel lens-cap[J]. *Proceedings of SPIE*, 2006, 6289:62890x(1-6).

[2] 李福文,金伟其,邵喜斌,等. 基于 LED 背光源区域控制的高动态范围液晶显示技术进展[J]. *光学技术*, 2009, 35(6):835-839.

[3] Sun Chingcherng, Moreno Ivan, Chung Shihhsun. Direct LED backlight for large area LCD TVs :brightness analysis [J]. *SPIE*, 2007, 6969:696909(1-10).

[4] Huang Minghsin, Tsai Yuehchang, Chen Kehong. Energy-recycling (ER) technique for a direct-lit intelligent power management backlight unit (BLU) [J]. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2010;25(10):2588-2590

[5] Ku J C S, Lee C. J. RGB-LED with smart control in the backlight & lighting[C]//*Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers*, San Jose, United States; SPIE, 2008, 6894:689400w(1-8).

[6] 刘波,章小兵. 使用多色 LED 补色的背光源[J]. *液晶与显示*, 2010, 25(5):699-701.

《液晶与显示》投稿指南

《液晶与显示》投稿方式为网上投稿。网上投稿便于您随时查询稿件的处理情况，方法为：登录本刊网站 <http://www.yjyxs.com>，进入“作者投稿”栏目，在线注册投稿。注册时“用户名”和“口令”由您设定，登录后按“提示”进行操作即可。稿件请用 Word 完成以便专家网上审理。

《液晶与显示》稿件发表的正常周期为 3~6 个月，缩短论文发表周期是学术论文的社会效益尽早实现的重要条件，而满足《液晶与显示》征稿简则，特别是第 3 项中(1)~(7)的要求，是稿件可以尽早编辑加工的必要条件。因此，您若希望论文能够早日发表，请您务必按“简则”写稿。

若您的稿件附有同行专家评语及单位推荐信，则您的稿件将优先发表，也欢迎您推荐 2~3 名审稿专家；同时，本刊更欢迎国家各重大科技攻关项目和基金课题产出的自主创新性文章。

《液晶与显示》稿件发表含印刷版、电子版和网络版，对版权有特殊要求者，请事先声明。