

文章编号:1007-2780(2012)01-0047-04

半户外液晶显示用高亮直下式 LED 背光设计

范曼宁^{1,2}, 张国义¹, 郝茂盛², 陈云峰²

(1. 北京大学 物理学院, 北京 100871, E-mail: fmn@ch. com. cn;

2. 彩虹集团 上海蓝光科技有限公司, 上海 201210)

摘 要: 开发了一款用于半户外液晶显示的 117 cm(46 in)直下式背光结构,采用中功率、高显色指数的 LED 光源,在不使用发散透镜的情况下,使得光源阵列的混光距离在 25 mm 以内,中心亮度可达到 20 000 cd/m² 以上。通过对 LED 阵列的光学以及驱动和散热设计,实现了一种具有高亮度、高显色画质、散热好、低成本的直下式背光源的方案设计,为户外和半户外液晶展示屏应用提供了支持。

关 键 词: LED;背光源;直下式;高亮度;液晶显示

中图分类号: TN27

文献标识码: A

DOI: 10. 3788/YJYXS20122701. 0047

Design of High Light Direct Type LED BLU for Semi-Outdoor LCD

FAN Man-ning^{1,2}, ZHANG Guo-yi¹, HAO Mao-sheng², CHEN Yun-feng²

(1. *Physics Institute, Beijing University, Beijing 100871, China, E-mail: fmn@ch. com. cn;*

2. *IRICO Group Shanghai Epilight Ltd., Shanghai 201210, China)*

Abstract: A 117 cm(46 in) direct type BLU for semi-outdoor LCD is designed. Using 0.5 W High-Ra LED and without the packaging lens, the optical length can be within 25 mm and the centre lightness can be above 20 000 cd/m². By optical, drive and thermal design, a direct type BLU design is implemented with feature of high lightness, nice display quality, good heat dissipation and low-cost, giving strong support to outdoor and semi-outdoor LCD-Exhibit use.

Key words: LED; BLU; direct type; high lightness; LCD

1 引 言

近年来,中大型尺寸的液晶显示设备(Liquid Crystal Display, LCD),例如电脑显示屏、液晶电视等,在平板显示市场日渐成为主流^[1]。由于液晶本身是不发光的,需要依靠外部光源照射,即背光源来实现其显示功能,特别是中大尺寸的液晶显示,为其提供所有光源的背光源是十分重要的^[2]。

液晶用背光源,常见的主要有冷阴极管

(CCFL)与发光二极管(LED)两种,最初 LED 主要用于中小尺寸的液晶显示,例如手机、数码相机和 PDA 等。在中大尺寸的液晶显示领域,由于亮度和散热要求较高,传统上采用 CCFL 光源,随着背光技术的不断发展,特别是 LED 发光效率不断提升,以及对大尺寸液晶背光技术难度大、运用成本高等缺点的不断克服,LED 背光不仅广泛应用于小尺寸液晶,近几年来已逐渐替代传统的 CCFL,在笔记本电脑、电脑显示屏、液晶电视等中大型尺寸液晶显示背光领域崭露头角,并有逐

收稿日期: 2011-07-14; 修订日期: 2011-09-21

基金项目: LED 背光源技术开发及产业化(发改办高技[2009] No. 2223)

作者简介: 范曼宁(1982—),女,山东滨州人,博士后,主要从事中大尺寸液晶显示用 LED 背光源的设计研究。

渐取代 CCFL 背光源的趋势^[3]。随着环保意识以及用户对画质要求的不断提高,具有环保、色彩还原性好、寿命长等优点的固体光源 LED 被看好^[4]。

采用 LED 背光的一个显著特点就是节能。针对节能降耗方面的国家标准,如能耗等级标示等政策的实施,中大尺寸的液晶电视产品已经在这方面进行了有益的尝试。

作为新型平板显示产品,采用 LED 背光的液晶显示设备,其性能优势毋庸置疑。特别是具有高显示色域、画质艳丽、节能环保、寿命长等优点,较之 CCFL 背光的 LCD,更容易实现轻薄化的外观。采用 LED 背光的另一个优点是高色彩饱和度,特别是采用三基色或多色 LED 混合白光的直下式背光 LCD,拥有卓越的显示画质和更为宽泛的显色范围。然而三基色 LED 背光功耗要远高于白光 LED,而且在成本上有 4~5 倍的价差^[5],目前考虑成本的原因,多采用蓝光芯片加红绿色荧光粉封装的新型背光用 LED 来取代三基色 LED,这种情况下液晶显示的颜色饱和度可以在 NTSC 标准的 72%~85% 范围,在低成本的同时拥有优于 CCFL 背光 LCD 的显色画质。

本文开发了一款用于半户外液晶显示的 117 cm(46 in)直下式背光结构,中心亮度可达到 20 000 cd/cm² 以上。具有亮度高、显色画质高、散热好、成本低的优点,为户外和半户外液晶展示屏应用提供了有力支持。

2 技术发展和市场前景

2.1 LED 背光技术的发展

从结构上分类,液晶背光主要采用侧光式和直下式两种结构^[6]。目前液晶显示市场正向薄形化发展,多采用侧光式结构,以达到超薄形设计的目的。2009 年三星推出侧光式 LED 背光的超薄液晶电视,自此 LED 侧背光作为一种新技术开始广泛应用于大尺寸液晶显示。侧光式的背光结构将 LED 光源侧面放置,可明显节省空间,从而较容易实现轻薄化。但光源在边侧入光,要实现正面均匀出光,LED 灯条和导光板设计的要求也有所提高。同时侧背光结构不可以采用三基色 LED 光源来混合白光,以及局部动态背光控制等技术,使得液晶显示在色彩还原性能和对对比度上表现有所逊色。

对于大尺寸液晶显示,特别是要求高显色画质和高亮度性能的大尺寸 LCD,侧光式背光源的均匀性和亮度都受到限制,同时导光板成本和加工难度也随之增加。因此多采用直下式背光结构,其制作工艺较为简单且不需要导光板,技术关键在于色彩和亮度均匀性^[7],是目前大尺寸背光源研发的主流。特别是采用高显色指数的白色 LED 光源的背光,较之侧光式背光在同等亮度下所用 LED 的数量要少,排布不太密集以有利散热,也较易达到出光均匀的目的。

2.2 LED 背光市场前景

照明应用和液晶电视背光应用是目前 LED 产业成长的两大动力。目前照明占 LED 产能的比例不是很多,主要还是 LED 背光液晶电视。水清木华研究中心研究报告指出,2010 年 LED 市场规模增长 58%,从 100 亿美元增长到 158 亿美元。其中受到 LED-TV 市场的驱动,应用在液晶电视背光的 LED 市场规模从 9.6 亿美元增加到近 39 亿美元。

Trend Force 旗下研究部门 WitsView 的调查显示,2010 年各尺寸液晶显示面板中,66 cm(26 in)以下中小尺寸液晶屏,以及 94 cm(37 in)以上的较大尺寸液晶显示屏,使用 LED 背光的比重达到 20% 左右,特别是 117 cm(46 in)、119 cm(47 in)和 132 cm(52 in)以上的大尺寸液晶电视面板,LED 背光的渗透率已在 45% 左右。预计到 2014 年,LED 将完全取代 CCFL^[8]。调查结果,如图 1 所示。

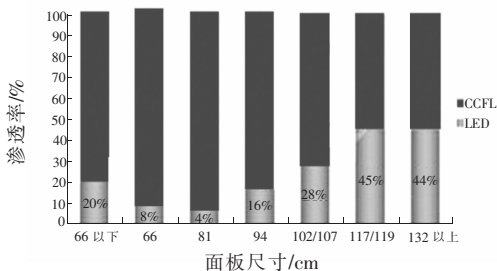


图 1 各尺寸电视面板 LED 渗透率(来源:WitsView 中国观察)

Fig. 1 Occupation ratio of LCD-TV panel with LED BLU of each size (from: WitsView)

3 实验设计及结果

图 2 所示为直下式背光结构。可以看出,

LED 光源位于背光结构的底部,由反射膜的反射作用后向上出光,经过一定的空间混光距离,再由扩散板等光学薄膜调制后出光,因此各光学组件的厚度及 LED 所需的空间混光距离决定了背光模组的整体厚度。特别是光源及其所需的混光距离,增加了背光结构的厚度,使得采用直下式背光的 LCD 外形结构较之侧背光的 LCD 要厚重一些。

一般通过使用直下式用的利于光线分散的透镜来改善 LED 阵列的混光效果,在一定程度上减小了背光模组的厚度,使得采用直下式背光的 LCD 结构薄型化。同时,较之侧背光结构需使用成本较高的导光板,采用直下式结构只需考虑透镜和扩散板成本,且同等亮度下所用 LED 数量较少,甚至可以实现超高亮度的性能要求。因此采用直下式背光结构,在成本和能耗上具有明显优势,特别是对于大尺寸的液晶电视,结构厚重的劣势更加不明显,而低成本和低能耗的优势更为突出。

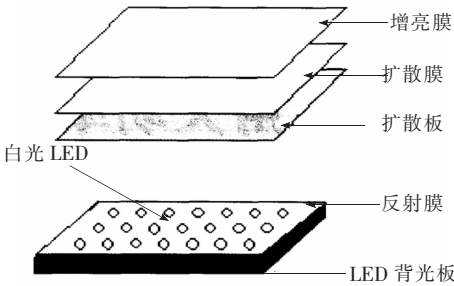


图 2 直下式背光源结构

Fig. 2 Structure of the direct type BLU

本文设计开发了一款用于半户外液晶显示用的高亮度 117 cm(46 in)直下式 LED 背光源。按照实际的环境要求,液晶屏的亮度要求在 $800 \sim 1\,200\text{ cd/m}^2$,考虑背光到液晶屏的光效利用率在 5.5%左右,则背光源的亮度要达到 $15\,000 \sim 21\,800\text{ cd/m}^2$ 。如果考虑外加增亮膜,按 1.2 倍的增亮效果计算,则背光亮度要求达到 $13\,000 \sim 18\,200\text{ cd/m}^2$ 。

背光源的有效发光面积为 $1\,040\text{ mm} \times 596\text{ mm}$,考虑产品所需的总体亮度、单灯 LED 的亮度以及经过背光组件后的光效利用率,可以算出所需 LED 数量。再使用软件模拟得出 LED 阵列的排布方式以及所需的理论混光距离。背光源采用 Sharp 公司生产的直下式用 2828 型白光 LED,功

率在 0.45 W 左右,典型电流为 120 mA,发光强度在 30 lm 左右。另外该款 LED 采用蓝光芯片加红绿荧光粉的封装方式,具有较高的显色指数,同时 LED 的芯片封装基座为陶瓷材料,易于快速有效地散热。

在背光有效区域,LED 使用数量为 1 008 颗,阵列确定为 42×24 的排布方式,如图 3 所示,将整个 LED 阵列分成 4 个驱动部分(由此也方便根据具体需要设计动态驱动控制),每个部分由 21 颗 LED 串联为一组,然后 12 组 LED 再通过并联驱动。经过最初的软件按模拟、样品测试及调试,最终确定各 LED 的排列间距为 $25\text{ mm} \times 25\text{ mm}$,光源阵列的混光距离为 25 mm。

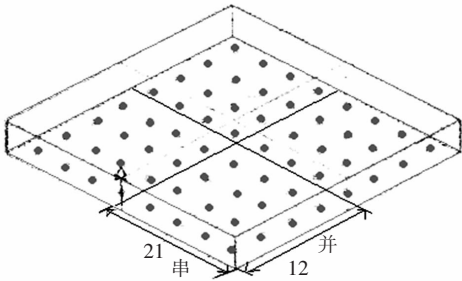


图 3 直下式背光 LED 阵列排布图

Fig. 3 LED array's assignment of direct type BLU

在 LED 阵列表面设置一层对应 LED 排布位置的反射膜,可以正面反射光源出光,使得亮度和出光效率大幅提高。LED 阵列出光经过反射膜向上反射后,再经过一层反射板和反射膜的散射作用,可以得到均匀性较好的面光源。如果再加一层双层增亮膜(DBEF),则可以获得更好的增亮效果。

此外,为实现高亮度背光,采用的 LED 数量较多,功率高达 450 W 以上,容易产生高温,影响 LED 光源和液晶屏的正常工作,因此需要较高要求的散热设计。采用的 LED 光源为陶瓷基座封装,有利于芯片的有效快速散热,电路板选用散热性较好的 PCB 板材,并在背光源的背板后外加散热片和散热风扇。另外,可以降额使用,在保证亮度前提下,尽量减小 LED 的工作电流和电压,在不满额的情况下工作,也可以有效缓解其热量过高的问题。

如表 1 所示,在有效发光区域内,LED 阵列的 4 个驱动部分,在电流 1.1 A 电压 68 V 的条件下,采用 9 点测量方式的测试结果(没有外加棱镜

表 1 9 点测量方式下背光源的亮度值
Table 1 BLU luminance value with 9-point measurement

位置坐标/mm	亮度/(cd·m ⁻²)
(198.7, -346.7)	21 520
(0, -346.7)	21 720
(-198.7, -346.7)	21 430
(198.7, 0)	21 700
(0, 0)	21 890
(-198.7, 0)	21 760
(-198.7, 346.7)	21 550
(-198.7, 346.7)	21 750
(-198.7, 346.7)	21 470

膜、DBEF 等增亮膜材)。

采用直下式结构的另一个优势在于,随着新型 LED 背光在中大尺寸液晶显示领域的广泛应

用,传统的 CCFL 背光的 LCD 产品面临淘汰,因此在本项目的高亮度直下式 LED 背光结构的研发中,可以直接使用市场现有的同类型尺寸的背光框架结构。一方面减少了产品开发所需时间,缩短了生产周期,同时可以降低结构设计和加工的成本。

4 结 论

采用中功率高显色指数的 LED 光源,在不使用透镜发散出光的情况下,通过设计 LED 阵列的排布方式,以及驱动和散热设计,获得高亮度、高显色画质、均匀性好、低成本、散热好的直下式背光结构。随着 LED 发光效率和背光技术的不断提升,直下式背光结构在大尺寸液晶显示,特别是具有高显色画质和高亮度要求的液晶显示领域,具有明显的优势和应用前景。

参 考 文 献:

[1] 季旭东. LCD 背光源产品的新发展 [J]. 液晶与显示, 2002, 17(2): 119-128.

[2] 赵申苓. 液晶显示器背光源驱动优化的探讨 [J]. 液晶与显示, 2006, 21(2): 165-168.

[3] 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.

[4] Harbers G, Hoelen C G A. High performance LCD backlighting using high intensity red, green and blue light emitting diodes, SID Intl Symp Digest Tech. Papers, 2001: 702-706.

[5] 庄四祥, 钱可元, 李旭亮, 等. 白光 LED 对直下式 TV 背光色域的影响 [J]. 液晶与显示, 2011, 26(4): 474-479.

[6] 汪敏, 夏咸军. 新型 LED 背光源技术及应用 [J]. 光电子技术, 2005, 25(4): 267-270.

[7] Kakinuma K. Technology of wide color gamut backlight with light emitting diode for liquid crystal display television [J]. *Jap. J. Appl. Phys.*, 2006(45): 4330-4334.

[8] 报告在线. 2010-2011 年全球及中国发光二极管(LED)行业研究报告[EB/OL]. [2011-8-11]. <http://www.51report.com/research/125995.html>.