

新型 LED 背光源技术及应用

汪 敏, 夏咸军

(中国电子科技集团公司第五十五研究所, 南京, 210016)

摘 要: 介绍了 LED 背光源的最新技术进展, 最新设计工艺, 并分析了侧光式与直下式 LED 背光源工艺设计中应注意的问题, 以及 LED 背光源相对于 CCFL 背光源在大尺寸 LCD 应用上的优势, 分析结果表明 LED 背光源将是 LCD 最理想的背光源。

关键词: 背光源; 侧光式; 直下式; 导光板

中图分类号: TN312⁺.8 **文献标识码:** A

文章编号: 1005-488X(2005)04-0267-04

Technology and Applications of the New LED Backlight

WANG Min, XIA Xian-jun

(No. 55 Research Institute of CETC, Nanjing, 210016, CHN)

Abstract: In this paper, we will discuss the technical progress and the most advanced designing technology of the LED backlight. Some caution aspects in designing and the predominant performance compared with CCFL backlight will be analyzed. It's showed that LED backlight would be considered as the perfect backlight for LCD.

Key words: backlight; edge-lit; direct; light-guide

引 言

近几年来,液晶显示器(LCD)的发展突飞猛进,在平板显示领域的地位举足轻重。背光源是透射式液晶的重要配件,液晶显示器的亮度、颜色、功耗等主要指标严重依赖于背光源的性能。研制高水平的背光源产品,一直受到国内外液晶行业人士的高度重视。传统上背光源产品有场致发光片(EL)、冷阴极管(CCFL)、发光二极管(LED)、白炽灯、荧光灯,以及有机电致发光板(OLED)等,前三种应用较普遍。在各类背光产品中,现阶段技术进展最

为突出的是 LED 背光源^[1]。在亮度、均匀性、颜色、使用寿命、轻、薄等方面较其它背光源产品更有优势,是目前中小尺寸多色及彩色 LCD 应用的主流产品。在中大尺寸 TFT-LCD 应用上也有尝试,是未来背光源模组的发展方向之一。

1 LED 背光源的技术进展

20 世纪 90 年代初,随着氮化物 LED 的发明,LED 的发光效率有了质的飞跃(目前 50 lm/W,预计 2008 年达到 100 lm/W,2010 年则有望达到 120 lm/W),而组成白光的重要原色蓝光,也在 1992 年

收稿日期:2005-08-25

作者简介:汪 敏(1971—),女,工程师。长期从事平板显示技术研究 with 工艺。

夏咸军(1968—),男,工程师。长期从事平板显示技术研究 with 工艺。

由日本著名 LED 企业日亚化学的中村修二发明。这样整个可见光领域的单色 LED 已经完整,能够满足各种单色发光的应用场所。近两年又开发出了能够制造白光 LED 的理化过程和工艺技术,为实现各种颜色 LED 背光源产品提供了可靠保证。高亮度 LED 晶片、导光板成型技术、光学薄膜(反射膜、散射膜、增亮膜)等新制作技术的发展,加上不断创新的 LED 背光模组光学系统设计,以及 LED 背光的巨大市场大大推动了 LED 背光源技术水平向前发展。东芝公司在其著名的 U100 笔记本 18.2 cm 液晶屏上,采用了 32 个 LED 的独立控制机构来实现背照光系统,功率却仅有 1.3 W。Sony 公司推出的采用了 LED 背光源的 QUALIA005 系列彩电,把液晶电视的色域范围扩展到 NTSC 标准的 105%,解决了 LCD 色饱和度不够的致命缺点。LED 背光源的最高亮度可达到 8 000 cd/m² 以上,工作寿命 10 万 h,最小厚度可达 1.5 mm,最大尺寸为 208 cm(德国 Osram)。

2 LED 的背光源的工艺设计

LED 背光源的工艺过程是将 LED 点光源转化为发光均匀的面光源。根据光源分布位置的不同,分为侧光式和直下式两种。

2.1 侧光式 LED 背光源

侧光式 LED 背光源结构紧凑。RGB LED 光源分布在导光板侧面,侧光式背光源的结构见图 1。导光板 1 的作用是将 RGB 入射光(TIR)进行耦

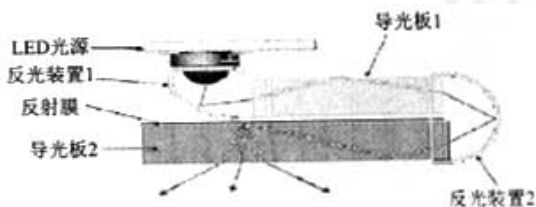


图 1 侧光式 LED 背光源结构

Fig. 1 Structure of LED edge-lighting

合,形成白光进入导光板 2。根据导光板材料与空气的折射率不同,光线反复反射,不断推进,最终导光板两侧与中间部位亮度一致。底部的反射膜将未被散射的光源反射再进入光传导区内。光线最终由导光板 2 正面射出。在光线射出面加上一散射膜,

光学参数包括透过率和雾面程度,主要作用为修正光行进的角度,可使射出光线更加均匀。为了修正射出光的指向一致性,还可在正面增加一增亮膜。导光板是侧光式 LED 背光模组的重要部件,入射光的损耗主要发生在导光板材料对光的吸收。实验证明聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)是目前最理想的导光板材料,TIR 的损耗几乎为 0^[2]。导光板扩散点的设计一般距光源距离从疏到密。侧光式背光源发光效率较高,但发光区域受限制,在尺寸超出极限范围时,发光均匀性大大降低。

2.2 直下式 LED 背光源

侧光式 LED 背光源应用在大中尺寸的 LCD 上时,导光板重量和成本会随着尺寸增加而增加,并且发光均匀性和发光亮度不理想^[3],而直下式 LED 背光源表现则比较好。直下式背光源工艺相对简单,不需要导光板,是将光源(LED 晶片阵列)及 PCB 置于背光源底部,光线从 LED 射出后,通过底部的反射膜,再通过表面的散射板、增亮膜均匀地射出。在底部光源上涂布一层含有散射剂的导光胶,导光胶厚度视腔体高度和导光胶特性而定,主要起两点作用:①提高亮度均匀性;②保护 LED 晶片,提高可靠性。背光源的厚度由反射膜与散射板之间的腔体高度决定。理论上在符合安装要求及发光亮度的前提下,腔体高度越大,光线从散射板射出的均匀性越好。直下式 LED 背光源的结构见图 2。直下式背光源技术关键是控制亮度均匀性,提高发光效率。散射膜与 LED 光源之间须预留一

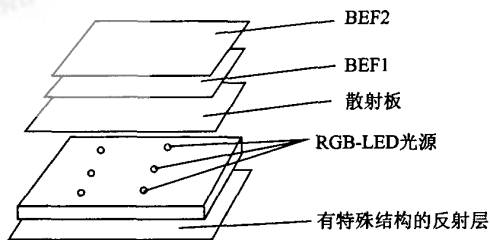


图 2 直下式背光源结构

Fig. 2 Structure of LED direct backlight

定的空间,提高亮度均匀性,故直下式背光源的厚度相对较厚。因光源数量多,发光亮度和功耗均大于侧光式背光源。LED 管芯工作状态下释放出的热能集中在腔体内,在大面积、高亮度的 LED 背光产品设计时,应考虑模块散热装置。

2.3 LED 背光源的工艺设计需考虑的问题

2.3.1 耦合效率与背光源薄型化

从 RGB LED 光源处射出的光需在介质中传播一定的距离才能达到理想的耦合效果,工艺设计主要考虑背光源的空间限制与耦合效率,最终得到亮度均匀性和安装尺寸均符合要求的背光模组。图 3~图 5 为背光模组中设计参数与发光效果的关系^[4]。

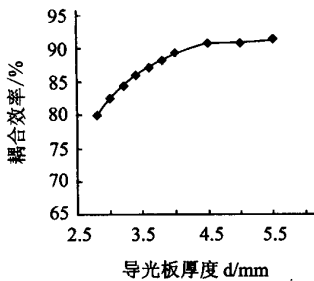


图 3 耦合效率和导光板厚度关系(侧光式)

Fig. 3 Coupling efficiency as a function of light guide (edge backlight)

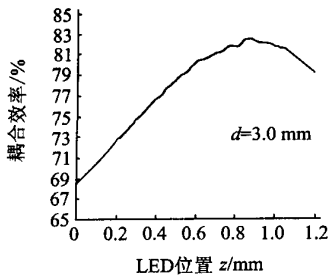


图 4 耦合效率和 LED 位置关系(侧光式)

Fig. 4 Coupling efficiency as a function of LED position(edge backlight)

2.3.2 散热系统设计

LED 本身在 150°C 时不会发生故障,但工作温度变化会引起其电流波动。白色 LED 背光源是由三色(RGB)LED 颜色混合而成,电流的细小变化会导致三种颜色混合成分变化,从而引起色坐标的飘移。另外,背光源其它组成部分如导光板、封装树脂等受热老化会影响其整体形能。最简单可行的解决途径是在 PCB 上连接散热片,如图 6 所示。在电路设计上,由驱动电路对探测所得的数据与预先设定值(工作温度不超过 70°C)进行比较,并在超过最大允许值时对光源电流进行调整。另外,减少 LED

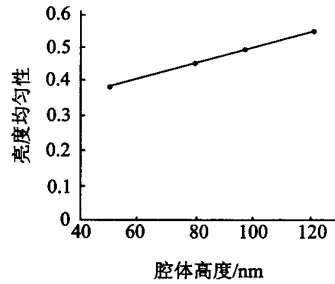


图 5 发光均匀性与背光源腔体高度关系(直下式)

Fig. 5 Luminance uniformity (min/max) as a function of light source spacing (direct backlight)

晶片数量,增加光源与光源、光源与屏之间的距离,都可有效地降低 LED 工作温度。在亮度要求较高的情况下,例如液晶电视最低亮度 400~500 cd/m²,光源密度必定增加,做好颜色、均匀性、亮度之间的平衡极为重要。

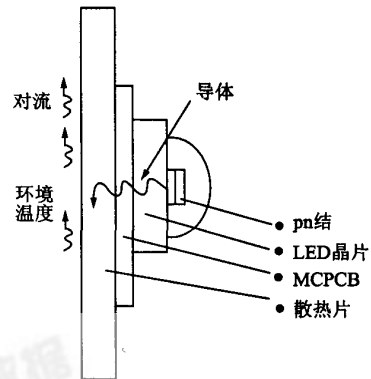


图 6 背光源散热途径

Fig. 6 Thermal model of LED backlight

3 LED 背光源的特点及应用

目前全球对 LED 背光源的应用处于稳定增长的阶段,LED 背光源垄断了中小尺寸彩色液晶显示器上的应用。作为中大尺寸的液晶模组背光源,虽然刚刚起步,但前景看好。

3.1 LED 背光源与 CCFL 背光源特点比较

目前大尺寸彩色 LCD(如手提电脑、液晶电视等)一般选用冷阴极管(CCFL)作为显示器背光源。CCFL 背光源模组工艺成熟,技术稳定,发光亮度高,但 CCFL 启动时需要有 1 000 V 以上的高

压,便携式锂电池供电产品中逆变线路(DC/AC)部分需占用一定的空间。高频交流工作会产生严重干扰。另外,冷阴极灯管受震动、冲击易碎裂。相比之下,LED背光源具有色彩还原好、省电、寿命长、污染小(无水银)、可靠性好等优点。使用LED背光源可使液晶显示器色阶提高将近一倍,背光源响应速度大幅提高,在低温环境中工作不受影响。由于LED具有这些优势,越来越多的厂商已着手研制大尺寸的LED背光源。大尺寸LED与CCFL背光源各项技术指标的比较见表1。

表 1 直下式 LED 背光源与 CCFL 背光源特性对比
Tab. 1 Characteristics of LED direct backlight and CCFL backlight

| 背光源类型 比较项目 | LED 背光源 | CCFL 背光源 |
|---------------------------------------|---------|-----------------------|
| 光源形式 | 点光源 | 线光源 |
| 发光亮度/ $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ | 1 000 | 1 000 |
| 工作寿命/h | 100 000 | 20 000 |
| NTSC 色阶/% | >100 | 70 |
| 驱动电压 | 直流低压 | 交流高压 (600~1 000 V) |
| 功 耗 | 高 | 较高 |
| 响应速度 | 快 | 慢 |
| 环保要求 | 符合 | 不符合(含水银) |
| 模组厚度/mm | 4~6 | 8~12 |
| 低温启动 | 正常 | 低于 15°C 左右需启动加热装置 |

3.2 LED 背光源取代 CCFL 背光源还需解决的问题

除了发光效率和成本问题,LED背光源其它性能明显优于CCFL背光源。LED本身的发展极其迅速,发光效率提升相当之快。2005年5月,美国Cree公司宣布其试验阶段产品,用于LCD监视器和电视的LED背光源,亮度 300 cd/m^2 ,功耗40 W,比传统CCFL背光源(45 W)节省了12%。由此看来,LED背光源性能完全超越CCFL背光源指日可待。目前,LED背光源对于对角线为18 cm以下的面板价格占优势,而在大尺寸范围价格则是CCFL背光源的4~5倍,预计随产业规模扩大和工艺成熟,成本问题也会得到解决。

3.3 LED 背光源应用实例^[5]

近几年来部分知名企业LED背光源产品的应

用实例见表2。

表 2 近几年部分知名企业的 LED 背光源产品应用
Tab. 2 LED backlight of some famous manufacturer

| 制造商 | 背光源类型 | 产品 | 典型指标 |
|------------------|-------|------------|--|
| 德国 Osram | 直下式 | LED 背光源 | 208 cm |
| 日本 Sony | 直下式 | LCD TV | 102 cm 和 117 cm, sRGB,色域 150%,色 阶 105% |
| 韩国 Samsung | 直下式 | LCD TV | 117 cm, sRGB,色域 150% |
| 日本 NEC | 侧光式 | LCD 监视器 | 54 cm,亮度 250 cd/m^2 |
| 日本 Mitsubishi | 侧光式 | LCD 监视器 | 58 cm,色阶 119% |
| 台湾友 达公司 | 侧光式 | LCD 面板 | 58 cm |

4 结 束 语

在未来几年内,LED背光源由于其轻、薄、长寿命、颜色丰富、低功耗、快响应速度、无汞污染、无需DV/AC转换电路等优点,毫无疑问还将在中小尺寸显示领域大放光彩。在PDA、MP4、DC、DV、移动电话等便携式产品中,LED背光源已取得绝对优势。大尺寸尤其是56 cm以上的LED背光源,取代CCFL背光源在LCD监视器和LCD TV上应用,只是时间问题。同时,LED背光源的技术进步及普及将给LCD带来全新的色彩显示。

参 考 文 献

- [1] 周晶晶、张永利、李 阳,等. 场序彩色液晶显示器用LED背光源的研究[J]. 光电子技术, 2004, 24(3): 174~176.
- [2] Yourii Martynov, Huub Konijin, Nicola Pfeffer. High-efficiency slim LED backlight system with mixing light guide [A]. SID 2003 Digest [C], Battimore, MD, 2003: 1 259~1 261
- [3] Wiep Folkerts. LED backlighting concepts with high flux LEDs [A]. SID 2004 Digest [C], San Jose, CA, 2004: 1 226~1 229
- [4] West R. High brightness direct LED backlight for LCD-TV [A]. SID 2003 Digest [C], Battimore, MD, 2003: 1 262~1 265
- [5] 王晓明. LED用于LCD背光源的前景展望[J]. 现代显示, 2005(7): 24~28