

文章编号:1002-2082(2008)05-0689-04

侧光式LED背光源的导光板网点设计

黄 翀¹, 姜言森¹, 沈 奕², 吴永俊²

(1. 汕头大学 物理系, 广东 汕头 515063; 2. 汕头超声显示器有限公司, 广东 汕头 515041)

摘要: 导光板是背光模组的关键组件,决定了出光效率以及出光均匀度。以2颗LED灯的侧背光为例,建立其相应模型,并运用光学理论推导出导光板网点排布规律,得到一个形式简约的公式,并将其进行扩展应用,推出了多颗灯情况下的导光板排布规律;另外将其进行等效应用,得到了线光源情况下的导光板的排布规律。

关键词: 背光源; 导光板; 网点设计; LED

中图分类号: TN27; TM923.01

文献标志码: A

Design of scattering netted dots on light guide plate of edge-lighting LED backlight

HUANG Chong¹, JIANG Yan-sen¹, SHEN Yi², WU Yong-jun²

(1. Department of Physics, Shantou University, Shantou 515063, China;

2. Shantou Goworld Display Co. Ltd., Shantou 515041, China)

Abstract: The light guide plate is a key component of backlight units, which determines efficiency and uniformity of light emission. Taking the edge-light from two LEDs as examples, a model was set up to derive the rule of scattering netted dot arrangement by the optical theory. A brief formula for dot arrangement was obtained. In order to achieve wider applications, the rule of the dot arrangement on the light guide plate was deduced for more LEDs. In order to achieve equivalent application, a rule of dot arrangement on the plate with linear light source was acquired.

Key words: backlight; light guide plate; design of scattering netted dot; LED

引言

背光模组(back light unit)是液晶显示器(LCD)光源的提供者,LCD本身并不发光,背光模组光源的表现便决定了显示器的视觉感。液晶显示器在亮度、色度方面的要求越来越苛刻,对背光模组的要求也越来越高,背光模组必须向低电力消耗、高亮度及高均匀性的方向发展。导光板是背光模组光源的传播媒介,其网点排布、形状及材料组成决定了出射光源的辉度,分布上的均匀性及出光效率等方面的表现^[1-2]。设计高效率,出光均匀的网

点是目前研究的重要课题。

LCD的背光分为底背光和侧背光2种方式。光源主要有LED,CCFL(冷阴极荧光管),HCFL(热阴极荧光管)。LED体积小,寿命长,可达10万h,在色彩表现力和色阶过渡方面,LED背光也有显著的优势。随着白光LED技术的发展与成熟,目前中小尺寸液晶显示器的背光源多采用LED灯作光源的侧背光方式^[3-4]。根据液晶显示器对亮度的不同需求,相应的设计不同数量的LED灯。本文着重分析在不同数量LED灯的情况下,导光板的网点排

收稿日期:2007-10-20; 修回日期:2007-11-20

基金项目:广东省自然科学基金资助项目(04010998)

作者简介:黄翀(1960—),男,广东揭阳人,副教授,主要从事光电材料与器件研究工作。E-mail:yuhuang@stu.edu.cn

布规律。

1 基本模型建立

本文主要研究LED侧背光的导光板网点排布规律,以2颗LED灯为例,建立相应的点光源模型^[5-6],如图1所示。

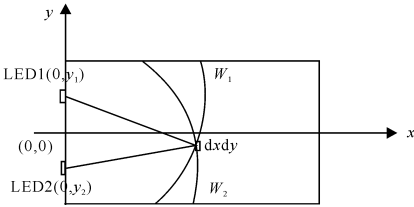


图1 2颗LED的侧背光模型

Fig. 1 Model of edge-lighting two-LED backlight

定义仅随 x, y 而变的网点填充率函数为

$$f(x, y) = s(x, y)/d^2 \tag{1}$$

式中: $s(x, y)$ 为 (x, y) 处一个散射点面积; d 为网格边长; d^2 为一个网格面积。网点填充率函数基本上反映了网点的排布规律。设点 (x, y) 处截面 A 上传导光的光通量为 $\varphi(x)$, 忽略导光板的吸收及两侧面和前后端面漏光等影响。由图2可以看出, 通过微元 $dx dy$ 后, 光通量的变化为

$$d\varphi(x, y) = -B dx dy \tag{2}$$

式中 B 为导光板输出光的亮度。在此模型中, 认为 B 是恒定的。对(2)式积分:

$$\int \int d\varphi(x, y) = \int \int -B dx dy \tag{3}$$

得到:

$$\varphi(x, y) = \varphi_1 - BW_1 \sqrt{x^2 + (y_1 - y)^2} + \varphi_2 - BW_2 \sqrt{x^2 + (y_2 - y)^2} \tag{4}$$

式中: φ_1 为从 $(0, y_1)$ 处光源耦合进导光板的光通量; φ_2 为从 $(0, y_2)$ 处光源耦合进导光板的光通量。点光源以球面波的形式向前传播, 其传播的宽度应该是球面波被导光板截取的弧线部分。所以式中 W_1 和 W_2 分别为光源1和2发出的球面波被导光板截取的弧线长度。由公式可以看出, 离光源越远, 在导光板中传导的光通量就越小, 这和实际情况是相

符的。光在导光板中向前传播的过程中, 不断地被底部的散射网点散射, 光线由导光板的上底面射出, 因此, 光通量随距离的增大而减小。按此理论, 模型可以简化为, 光线在导光板中向前传播, 在传播的过程中, 不断有光线被散射出上底面, 要求散射出去的光通量是恒定的, 即出光亮度恒定。某点的出光亮度与该点的光通量成正比, 与底部散射网点的填充率也成正比。此处有2个光源, 光通量即为2个光源的光通量的耦合。3个及多个光源的情况与此类似。

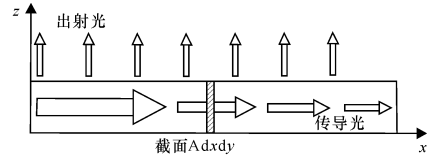


图2 光在导光板中传播的示意图

Fig. 2 Schematic diagram of beam propagation in light guide plate

对模型进行具体分析, 光线遇到底部散射网点即被散射, 而并非所有的散射光线都可以从上底面出射。导光板上底面的出射光亮度正比于其底部散射光亮度, 因此有

$$B = kB_1 \tag{5}$$

式中: B_1 为底部散射网点散射传导光所发出的散射光的亮度; k 为比例系数。由于要求导光板的出光亮度 B 恒定, 因此 B_1 也为恒定值。当光源一定、导光板尺寸一定时, B_1 应正比于 (x, y) 处每个散射网点面积占每个网格面积的比例(这正是网点填充率函数 $f(x, y)$), 以及正比于射到 (x, y) 处下底面上的传导光亮度, 而射到 (x, y) 处下底面上的传导光亮度可近似看成与通过 (x, y) 处截面 A 的传导光通量成正比, 即:

$$B_1 = k_1 \varphi(x, y) f(x, y) \tag{6}$$

式中: k_1 为一近似看作不随 (x, y) 而变的常数。由(5)式和(6)式可得到:

$$B = kk_1 \varphi(x, y) f(x, y) \tag{7}$$

则有:

$$f(x, y) = \frac{B}{kk_1 \varphi(x, y)} \tag{8}$$

$$f(x, y) = \frac{B}{kk_1 [\varphi_1 - BW_1 \sqrt{x^2 + (y_1 - y)^2} + \varphi_2 - BW_2 \sqrt{x^2 + (y_2 - y)^2}]} \tag{9}$$

从而得到, 当输出光均匀分布时, 代表底部散射网点排布规律的网点填充率函数为 $f(x, y)$, 简化之, 认为 W_1 与 W_2 相等, 都等于导光板的宽度 W 。所以:

$$f(x, y) = \frac{B}{kk_1 \left[\varphi_1 - BW \sqrt{x^2 + (y_1 - y)^2} + \varphi_2 - BW_2 \sqrt{x^2 + (y_2 - y)^2} \right]} \quad (10)$$

亦即:

$$f(x, y) = \frac{B}{kk_1(\varphi_1 + \varphi_2) - kk_1BW \left[\sqrt{x^2 + (y_1 - y)^2} + \sqrt{x^2 + (y_2 - y)^2} \right]} \quad (11)$$

可以进一步简化为只有 2 个未知数的方程, 即

$$f(x, y) = \frac{1}{a - b \left[\sqrt{x^2 + (y_1 - y)^2} + \sqrt{x^2 + (y_2 - y)^2} \right]} \quad (12)$$

式中: $a = \frac{kk_1(\varphi_1 + \varphi_2)}{B}$; $b = kk_1W$ 。

由(12)式可知, 当光源及导光板结构一定时, 因 $k, k_1, \varphi_1, \varphi_2$ 及 W 为定值, 所以当亮度 B 指定时, a 和 b 均为确定的值。这时只要利用(12)式的形式来排布网点并进行仿真分析, 改变其中的 a 和 b 的参数进行搜寻, 就可以找到这 2 个确定的 a 和 b 值, 使得到的输出亮度分布均匀且亮度值为指定的 B ; 当输出亮度 B 不为确定值时, 则可任意指定其中一个参数, 然后通过模拟仿真来确定另一个参数, 可得到一个使输出亮度分布均匀的网点排布方法。

若底面散射网点的形状为圆形, 则由 $f(x, y)$ 的定义(1)式和(12)式及圆的面积公式可以得到:

$$s(x, y) = d^2 * f(x, y) \quad (13)$$

$$\pi r^2 = d^2 * f(x, y) \quad (14)$$

式中 r 即为位于点 (x, y) 处的散射网点的半径。当底面散射网点的网格间距 d 确定时, 使散射网点的半径 $r(x, y)$ 满足如下的近似公式:

$$r(x, y) = \frac{d}{\sqrt{\pi}} * \sqrt{f(x, y)} \quad (15)$$

$$f(x, y) = \frac{1}{a - b \left[\sqrt{x^2 + (y_1 - y)^2} + \sqrt{x^2 + (y_2 - y)^2} + \sqrt{x^2 + (y_3 - y)^2} \right]} \quad (17)$$

依次类推, 可得到多颗灯的导光板的填充率函数, 代入(15)式可以得到任意点的散射网点半径, 可以应用于多颗灯的导光板网点设计。

3 等效应用

若灯的数量较多, 且灯之间的间隔教小, 可以将其等效为线光源。线光源在 y 方向都是一致的, 可以认为其属于单颗灯的情况, 且此处 y 值为 0, 因此(12)式变为

$$f(x) = \frac{1}{a - bx} \quad (18)$$

相应的, $a = \frac{kk_1\varphi}{B}$, $b = kk_1W$ 。此公式即为线状光

根据需求, 网格可以为一般矩形, 即 x 和 y 方向的网格边长不等。散射网点也不一定非得是圆形, 可以根据需求换成其他图形, 只要符合填充率函数即可。

一般导光板为长方形, 而光以球形波的形式传播, 其形状的不匹配将会产生一定的设计误差; 另外, 在导光板边缘将会有一定的反射, 吸收以及漏光等现象, 从一定程度上影响了此模型的准确性。上述误差均可通过仿真分析时对 a 和 b 值的微调来消除。

2 扩展应用

此公式是根据 2 颗灯的模型推导出来的, 根据模型建立过程中光源耦合的规律, 可以对其进行扩展应用。1 颗灯的填充率函数为

$$f(x, y) = \frac{1}{a - b \sqrt{x^2 + (y_1 - y)^2}} \quad (16)$$

3 颗灯的填充率函数为

源的导光板网点排布规律^[6], 如使用 CCFL 灯的侧光式背光源的导光板网点排布规律。但是, 此公式的应用范围仅限于线状光源, 而随着 LED 灯的使用, 越来越多的导光板网点须要以点光源为模型设计, 本文的结论主要用于点光源的导光板网点设计, 也可以等效应用为线光源导光板网点设计, 适合现在的技术发展, 有着更广泛的应用。

4 结论

本文建立了 2 颗 LED 灯侧背光模型, 推导出了网点设计公式, 将其简化为格式简单, 物理意义明确的公式。进而将其扩展到单颗灯和三颗灯以及多

颗灯的情况。对于数量较多,密度较大的光源情况下,将公式做等效变换,变换成线光源的的导光板网点排布规律,同样可以应用。相比于已有的线光源导光板网点设计模型,本文所得的模型符合现在技术的发展,有着更广泛的应用。因此,基本解决了侧光式LED背光源的导光板设计问题,有很高的实用价值。

参考文献:

- [1] 邹跃军,任丁. 背光源结构分析及几种提高亮度的途径[J]. 液晶与显示,2002,17(6):465-469.
ZOU Yue-jun, REN Ding. Structure analysis of LCD backlight and some methods for improving its luminance [J]. Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays, 2002,17(6):465-469. (in Chinese)
- [2] 李海峰,杨柏梁,马凤雷. 高品质液晶显示器用轻薄背光源技术要点[J]. 液晶与显示,2003,18(1):58-62.
LI Hai-feng, YANG Bai-liang, MA Feng-lei. Main points of backlight technique for good performance TFT-LCD [J]. Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays, 2003,18(1):58-62. (in Chinese)
- [3] 季旭东. LCD用的LED背光源技术[J]. 照明工程学报,2003,14(3):19-25.
JI Xu-dong. The technologies for LCD backlight [J]. China Illuminating Engineering Journal, 2003, 14(3):19-25. (in Chinese)
- [4] 汪敏,夏咸军. 新型LED背光源技术及应用[J]. 光电电子技术,2005,25(4):267-270.
WANG Min, XIA Xian-jun. Technology and applications of the new LED backlight [J]. Optoelectronic Technology, 2005, 25(4):267-270. (in Chinese)
- [5] 沈永康,吴伟裕,洪荣宏. 微射出成型导光板的微结构分析[J]. 纳米技术与精密工程,2006,4(2):111-114.
SHEN Yong-kang, WU Wei-yu, HONG Rong-hong. Micro-structure of light guide plate for micro injection molding [J]. Nanotechnology and Precision Engineering, 2006,4(2):111-114. (in Chinese)
- [6] 骆健忠,陈哲,张永林,等. 侧光平板式导光板散射网点设计及仿真分析[J]. 液晶与显示,2006,21(3):206-213.
LUO Jian-zhong, CHEN Zhe, ZHANG Yong-lin, et al. Design and simulation analysis of scattering netted dots on edge lighting flat light guide plate [J]. Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays, 2006,21(3):206-123. (in Chinese)
- [7] 王小鹏,吴宝宁,袁良,等. 空间光强自动测试装置的研究[J]. 应用光学,2005,26(5):1-3.
WANG Xiao-peng, WU Bao-ning, YUAN Liang, et al. Research on automatical measuring system for spatial light intensity [J]. Journal of Applied Optics, 2005,26(5):1-3. (in Chinese)
- [8] 吴宝宁,李宏光,俞兵,等. LED光学参数测试方法研究[J]. 应用光学,2007,28(4):513-516.
WU Bao-ning, LI Hong-guang, YU Bing, et al. Measurement of optical parameters for LEDs [J]. Journal of Applied Optics, 2007,28(4):513-516. (in Chinese)