

文章编号:1007-2780(2009)05-0681-04

导光板中一种 V-Cut 槽结构的设计方法

谢洪波, 马若玉, 罗青青, 胡 兴, 宫仁敏

(天津大学 精密仪器与光电子工程学院 光电信息技术科学教育部重点实验室, 天津 300072, E-mail: ruoyu2607@163.com)

摘 要: 提出了一种 V-Cut 槽结构的液晶导光板表面微结构设计方法, 确定了 V-Cut 槽自身参数影响导光板性能的规律, 通过大量的实验工作对不同的微结构设计方式进行了对比, 确定了 V-Cut 槽的最佳排布方式即多项式排布方式。总结了多项式中各个参数所代表的含义, 确定了 V-Cut 槽结构按照多项式方式进行设计的规律。经检验, 此方法能够设计出光能利用率高、均匀性在 80% 以上的高性能导光板。

关 键 词: 导光板; V-Cut 槽; 光能利用率; 均匀性; 液晶背光源

中图分类号: TQ320.72⁺2 **文献标识码:** A

1 引 言

在平板显示领域中, 液晶显示器(LCD)已经成为主流产品, 拥有巨大的市场潜力。作为 LCD 的照明系统, 背光模组也得到了飞速发展。背光模组约占 LCD 面板材料成本的 16%, 主要由光源、导光板、反射膜、棱镜膜等部分组成^[1]。导光板是液晶背光模组中的重要组件, 也是背光模组的主要技术成本之一, 因此, 导光板的设计开发具有非常重要的意义。

导光板的主要功能是根据光散乱原理将点光源或线光源转换为面光源^[2], 目前已经历经了 4 代的发展^[3,4], 无论是制造工艺还是性能结构都发生了很大变化, 有了很大的进步。导光板的表面微结构决定了导光板的光能利用率、均匀性等重要的光学特性。针对导光板中的 V-Cut 槽结构, 本文通过详细的理论分析和实验验证确定了其最佳设计方法, 对提高导光板的光学性能具有重要意义。

2 导光板中 V-Cut 槽自身参数及其排布方式的确定

导光板表面的微结构有很多种, 如 V-Cut 槽结构、网点结构等^[5], 通过调整导光板表面微结构的分布, 可以实现光的均匀出射^[6]。V-Cut 槽结构是导光板中一种常用的微结构形式, 决定其性

能的参数主要有两个: V-Cut 槽的深度 D 以及“V”形截面顶角的角度 α 。通过设置这两个参数可以调整 V-Cut 槽的形状从而调节其导光效果。在前期研究中, 对于 V-Cut 槽自身参数的确定已经总结出了一些定性的规律: 选择较小的深度 D 可以增加导光板的均匀性, 但如果深度 D 过小会给加工过程带来困难且容易磨损, 因此通常选择槽深 $D < 50 \mu\text{m}$; 顶角 α 对导光板的拢光效果具有决定性的作用, 模拟试验表明, 当 α 的角度为钝角时导光板的亮度明显高于 α 为锐角时的亮度^[7]。

V-Cut 槽结构在导光板表面有多种排布方式, 如矩形排列方式、贝塞尔曲线排列方式(Bezier)、多项式排布方式等。其中矩形排列方式结构最简单, 仅通过两个参数改变导光板表面的微结构, 但采用这种方式设计出的导光板很难达到较高的亮度和均匀性; 贝塞尔曲线排列方式能够在坐标系中分别对 x 轴和 y 轴两个方向上的微结构进行调整, 提高了设计的精度, 能够设计出较为复杂的导光板表面结构, 同时能够使导光板的光能利用率和均匀性都有所提高, 然而贝塞尔曲线排列方式在自由度以及微小变化的设计方面仍然存在缺陷; 多项式排列方式具有较多的可调参数, 改变这些参数能够精确控制导光板表面的微结构设计, 无论是 V-Cut 槽整体的疏密分布还是疏密的渐变程度都能够得到精确的调整, 按照多项式方式排列导光板表面微结构可以使导光板的各项性能

达到最佳值。因此,本文中导光板的设计最终确定多项式排布方式为其表面微结构的排列形式。

图 2 和图 3 分别表示了按照 Bezier 函数方式和多项式方式对 V-Cut 槽结构进行布局的导光板,多项式布局方式在微结构的细节设计上具有更大的优势。

图 1 V-Cut 槽按 Bezier 曲线方式布局的导光板

Fig. 1 Light guide plate with arrangement of Bezier

图 2 V-Cut 槽按多项式方式布局的导光板

Fig. 2 Light guide plate with arrangement of polynomial

3 导光板中 V-Cut 槽排布结构的设计方法

确定导光板微结构按照多项式方式进行排布后,需要对多项式的各个参数进行设置,多项式的形式如式(1)所示:

表 1 多项式中参数 a 的变化对导光板光能利用率和均匀性的影响

Table. 1 Result of uniformity and capacity usage ratio influenced by parameter a					
a 的取值	均匀性 (%)	能量利用率 (%)	a 的取值	均匀性 (%)	能量利用率 (%)
M/4	19.45	36.86	5M/4	21.58	36.68
M/2	21.02	37.20	3M/2	22.90	36.13
3M/4	21.90	36.97	7M/4	19.51	36.50
M	21.86	37.48	2M	15.93	36.72

$$f(x)=a+bx+cx^2+dx^3+ex^4 \quad (1)$$

其中 a,b,c,d,e 为可变参数,通过调整其数值即可改变导光板表面微结分布的疏密以及渐变程度等设计情况。由于各种导光板的外形和几何尺寸各不相同,因此需要按照特定的规律对这些参数进行设置,并通过不断调整和模拟以确定导光板的最佳设计方案。导光板的实际导光效果可以通过 Light Tools 或其它光学模拟软件进行模拟,模拟过程利用蒙特卡洛光线追迹法对光源发出的光线进行追踪并得出导光板的光能利用率和均匀性等光学性能指标^[8,9],真实地反映导光板的实际导光情况。

通过大量的模拟实验以及对成品导光板性能的实际检测,得出了 V-Cut 槽结构的多项式排布规律。在多项式的 5 个参数中,参数 a 和参数 c 是影响导光板性能的主要参数,在导光板的设计中起着决定性的作用;参数 b,d 和 e 用于导光板微结构的细节调整,其中参数 b 主要受导光板的几何尺寸等外界客观因素影响。

参数 a 的取值由 V-Cut 槽的底部宽度 M 决定。当参数 a 的取值从 $0.25M$ 增加到 $2M$ 时,导光板的均匀性呈现出先增大继而基本保持平衡,最后开始减小的势态,当参数 a 的值为 $1.5M$ 时出现峰值,而导光板的光能利用率基本保持平稳,没有出现大的波动。因此,设计导光板时参数 a 需要与 V-Cut 槽的底部宽度 M 相匹配,在 $0.75M\sim1.5M$ 之间选取参数 a 的值,能够提高导光板的光学性能。表 1 给出的是当改变参数 a 的取值时,导光板均匀性和光能利用率变化的情况。

参数 c 调整导光板上从近光源端到远光源端 V-Cut 槽疏密分布的渐变程度,对导光板的性能有较大的影响。图 3 表示了参数 c 对导光板光能利用率和均匀性的影响。当改变参数 c 时,导光

板的光能利用率和均匀性的变化趋势并不相同:光能利用率曲线呈持续下降趋势,而均匀性曲线则有所起伏。因此,设计时需要综合考虑两个参数。此外,参数 c 的设置还受导光板的光源影响,当导光板的光源亮度较高时,应适当增加其数值以增加表面微结构由疏到密的渐变程度;而当光源亮度较低时,应相应减小其数值以减慢这一渐变趋势。参数 d 和参数 e 对 V-Cut 槽排布规律的影响与参数 c 基本相似,不同之处在于导光板微结构疏密渐变程度的变化率更大,多用于特殊结构导光板的设计。

图 3 多项式中参数 c 对导光板光能利用率和均匀性影响曲线图

Fig. 3 Curve diagram of uniformity and capacity usage ratio influenced by parameter c

4 设计实例

根据上述规律,现给出一个导光板的具体设计实例。本例中导光板选用的材质为 PC(聚碳酸酯),折射率 $n=1.5$,导光板底面及侧面的反射率为 90%。选用 12 个贴片式白光 LED 作为光源进行照明。之所以选择 LED 作为光源,是因为与管状的冷阴极荧光灯(Cold Cathode Fluorescent Lamps,CCFL)相比^[10],平面状的贴片式 LED 更容易组合成即定面积的面光源,具有更出色的亮度和均匀性。LED 的亮度变化大约是 CCFL 的 5 倍,颜色变化为 CCFL 的 5~7 倍。此外,以 LED 作为光源还可使导光板的设计更轻薄。利用 LED 逐渐取代 CCFL 作为 LCD 的背光源已经成为一个可预期的发展方向。

根据导光板的设计需求,按照上述导光板微结构排布规律不断调整多项式中参数 a, b, c, d 和 e 的数值,最终得到最佳的微结构设置。设计结

果如图 4 所示,图中为采用贴片式 LED 作为光源、以 V-Cut 槽作为表面微结构的导光板。所设计的导光板光能利用率高,且无明显的暗区和亮区,均匀性超过 80%。图 5 所示为该导光板光照度分布图。

图 4 以贴片式 LED 作为光源的导光板

Fig. 4 Light guide plate using LED as illuminance

图 5 导光板光照度分布图

Fig. 5 Surface chart of the light guide plate

5 结 论

通过理论分析和程序模拟确定了导光板表面微结构的设计方法并得出了相关规律。设置 V-Cut 槽自身参数后,确定 V-Cut 槽的排布规律如

下:确定多项式排列方式对导光板的微结构进行设计,通过改变多项式中各个参数的数值对微结构的布局情况进行调整。设计时,参数 a 的设置需要与 V-Cut 槽底部宽度相匹配;参数 b 由导光板的几何尺寸决定;参数 c 调整导光板上从近光源端到远光源端 V-Cut 槽疏密分布的渐变程度,

对导光板的性能有较大的影响。
所提出的 V-Cut 槽设计方式可广泛应用于电脑、手机以及各种仪器的液晶显示面板等多种尺寸的液晶屏幕。根据导光板制作材料的性质并结合实际加工情况,就能够设计出符合技术要求的高性能导光板。

参 考 文 献:

[1] 李海峰. 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.
[2] 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):465-470.
[3] 鄢泽林. 背光照明系统导光板[J]. 激光杂志,2006,27(3):5-7.
[4] 高德省. 中国 TN/STN-LCD 产业现状[J]. 现代显示,2004,(2):61-64.
[5] 蒋炳炎. 微特征结构对导光板翘曲变形的影响[J]. 光学精密工程,2007,15(2):119-127.
[6] 季旭东. LCD 用的 LED 背光源技术[J]. 液晶与显示,2003,14(3):22-25.
[7] 谢洪波. 液晶背光组中棱镜膜结构参数影响显示效果的模拟分析与验证[J]. 液晶与显示,2008,23(5):549-554.
[8] Ping X U, Yan Zelin. Designing new integrated LGP of backlight system using binary optic technique[J]. SPIE, 2005,5636:66-72.
[9] Masaru Suzuki. Two approaches to the luminance enhancement of backlighting units for LCDS[J]. J. SID,1999,7 (3):157-161.
[10] 季旭东. 几种液晶显示背光源[J]. 灯与照明,1996,20(4):1-4.

Design Method of Light Guide Plate with V-Cut Slot Microstructure

XIE Hong-bo, MA Ruo-yu, LUO Qing-qing, HU Xing,GONG Ren-min
(Key Laboratory of Opto-Electronics Information Science & Technology, Ministry of Education,
College of Precision Instrument and Optoelectronic Engineering, Tianjin University,
Tianjin 300072,China, E-mail: ruoyu2607@163.com)

Abstract

A design method of the light guide plate microstructure with V-Cut slot was proposed, the principle that the V-Cut slot parameters effected the performances of the light guide plate was summarized. Then, different kinds of design methods of microstructure were compared through simulation and verification, and a prime arrangement was achieved, that was an arrangement of polynomial, the meanings of the parameters in the polynomial were summarized also and a design method of the V-Cut slot was concluded. Using this design method,high-performance light guide plate could be designed, the light utilization is high and the uniformity is more than 80%.

Key words:light guide plate; V-Cut slot; capacity usage ratio; uniformity; LCD backlighting system

作者简介:谢洪波(1969—),男,湖南石门人,博士研究生,副教授,主要从事成像与显示技术的研究。