

文章编号:1007-2780(2011)04-0469-05

一种具有波形槽微结构的导光板设计

李世保, 吴大鸣*, 庄 俭, 张亚军

(北京化工大学 机电工程学院, 北京 100029)

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性。针对目前导光板的均匀性差和亮度低的问题, 通过光学工程软件 LightTools 对导光板进行了设计, 提出了一种新型的具有波形槽微结构的侧光平板式导光板的设计方法, 并对微结构的分布方式和其参数进行了设计。结果表明, 当矩形分布下的微结构按照规律在导光板上形成波形槽后, 能够得到均匀性在 80% 以上的高性能导光板。相对微结构呈点阵式矩形分布下的导光板的均匀性只有 60%~70% 而言, 这种高性能导光板的均匀性有了很大的提高, 且该导光板尺寸在 40~60 mm 范围内变动时, 导光板的均匀性均能达到 80% 以上。

关 键 词: 导光板; 波形槽; 矩形分布; 均匀性

中图分类号: TN873+.93

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20112604.0469

Design of Light Guide Plate with Waveform Slot Microstructure

LI Shi-bao, WU Da-ming*, ZHUANG Jian, ZHANG Ya-jun

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: The light guide plate is a key component of backlight units, which determines efficiency and uniformity of light emission. In view of the problem of poor uniformity and low brightness of light guide plate at present, a light guide plate was designed by the optical engineering software. A design method of the microstructure with waveform slot in the edge-lighting flat light guide plate was proposed, and distribution mode and parameters of the microstructure were designed. The results show that high-performance light guide plate could be designed when the microstructure with waveform slot distributed in the light guide plate according to regular pattern, and its uniformity is more than 80%. Compared to light guide plate with dot-matrix rectangular distributed macrostructure, whose uniformity is 60%~70%, this high-performance light guide plate uniformity increased very much. When this high-performance light guide plate size in 40 ~ 60 mm scope changes, its uniformity is more than 80%.

Key words: light guide plate; waveform slot; rectangular distribution; uniformity

1 引 言

导光板是液晶背光模组中的重要组件, 其设计与制造是背光模组的关键技术之一。导光板主

要功能在于引导光线方向, 控制亮度的均匀度, 其性能直接决定了导光模组的性能。而导光板表面微结构和对背光模组光线出射的角度, 决定了光线出射的均匀度。

收稿日期: 2011-03-03; 修订日期: 2011-04-06

基金项目: 中央高校基金(No. ZZ1011); 北京市教委共建资助项目

作者简介: 李世保(1981-), 男, 湖北武汉人, 博士研究生, 讲师, 主要从事光学设计与材料加工的研究。

* 通讯联系人, E-mail: wudm@mail. buct. edu. cn

近年来,各国科研人员对微结构的形状和分布方式做了大量的研究,谢洪波等^[1-2]的研究表明,矩形排列方式结构简单,通过两个参数改变导光板表面的微结构,设计出的导光板很难达到较高的亮度和均匀性。尹杰等^[3-5]的研究表明,均匀的网点分布结构最简单,其结果会产生叠栅干涉条纹,对改善出光均匀度没有作用,所以在进行网点设计时都采用非均匀分布。传统的矩形分布中,微结构点阵式均匀分布在导光板表面,导光板的均匀性较低。

本文使用光学工程软件 LightTools,在理论和大量模拟实验的指导下,提出了一种新型的微结构,该微结构采用矩形分布。在微结构形成波形槽后,导光板的均匀性有了大幅提高。在对微结构的形状和分布方式进行设计后,给出了最佳设计方法,这对导光板的实验室加工具有指导意义,同时也对导光板的实际生产具有重要意义。

2 导光板的工作原理和蒙特卡罗方法的基本思想

侧光式导光板的工作原理是光源位于导光板的端面,光从导光板的端面进入,大部分的光会利用全反射向另一端传导,当光线在底面碰到扩散点时,反射光会向各个角度扩散,破坏全反射条件而自导光板正面射出^[6]。

研究指出^[7]:蒙特卡罗方法的基本思想是当所要求解的问题是某种事件出现的概率时,可以通过某种“试验”的方法,得到这种事件出现的频率,或者这个随机变量的平均值,并用它们作为问题的解。它以概率模型为基础,按照这个模型所描绘的过程,用模拟试验的结果作为问题的近似解。

依据蒙特卡罗方法的 LightTools 是一个全新的具有光学精度的交互式三维实体建模软件体系,可以精确地定义各种实际光源的形状和发光特性,模拟过程利用蒙特卡洛法对光源发出的光线进行追踪。由于光线在导光板内任意传输的过程中,经与导光板界面或是微结构表面发生作用,被吸收、反射、折射,光线携带的辐射通量将发生变化,根据辐射通量的变化,可以确定某些指定表面上的光照度、强度或亮度,以便真实地反映导光板的实际导光情况。

3 导光板中微结构排布方式及其参数的确定

导光板表面的微结构形状有多种,如 Sphere 型、Prism 型、Pyramid 型、Cone 型、Cylinder 型以及软件库自带型。微结构的分布方式有 9 种:矩形分布、交错的矩形分布、蜂窝式分布、贝塞尔曲线排列方式(Bezier)分布、多项式分布、圆周式分布、圆周多项式分布、列表式分布和网格式分布。通过调整导光板表面微结构的形状和排布方式,可以实现光的均匀出射^[8-9]。另外,不同形状的微结构在导光板上的呈现形式又可分为孔洞型和隆起型,本文中选定 Sphere 形状的微结构作为研究对象,按矩形分布,其在导光板上的呈现形式为孔洞型。

3.1 微结构排布方式的设计方法

市场上广泛使用的导光板形状多为矩形,矩形分布下的微结构因为参数较少而使得加工更为简单。微结构的可变参数有 2 个,通过调整微结构在 X 和 Y 方向上的间距可改变导光板表面上微结构的排布情况。传统的矩形分布下,微结构呈现出的形式为点阵式,此时导光板的均匀性较低。按照特定的规律对参数进行设置,通过大量的模拟实验得出了波形槽的矩形分布规律。微结构在 X 方向上的间距相对 Y 方向对导光板均匀性的影响较大,并且当微结构在 X 方向上的间距小于微结构的半径形成波形槽后,导光板的均匀性较高。通过不断的调整和模拟,确定了微结构的最佳分布方式,当 X 方向上的间距为 0.05 mm,Y 方向上的间距为 0.6 mm 时,导光板的均匀性较高。图 1 为矩形分布下导光板中微结构局部结构图。

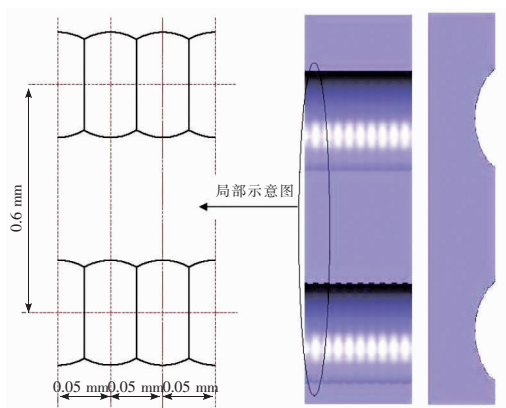


图 1 导光板中微结构局部结构图

Fig. 1 Local structure of microstructure in LGP

3.2 微结构参数的确定

确定导光板微结构按照矩形分布后,需要对微结构的参数进行设置。Sphere 型是导光板中一种常见的微结构形式,其主要参数有 2 个:球体半径 R 和球体高度 H 。他们对导光板均匀性的影响比较大。

图 2 所示为高度 H 对导光板光能利用率和均匀性的影响。在保持半径 $R=0.15\text{ mm}$ 不变的情况下,改变球体高度 H 。当 H 的取值在 $0.08\sim 0.15\text{ mm}$ 时,导光板的光能利用率呈持续上升的趋势,而其均匀性呈现出先增大后减小的趋势,当 H 的值为 0.10 mm 时出现峰值。

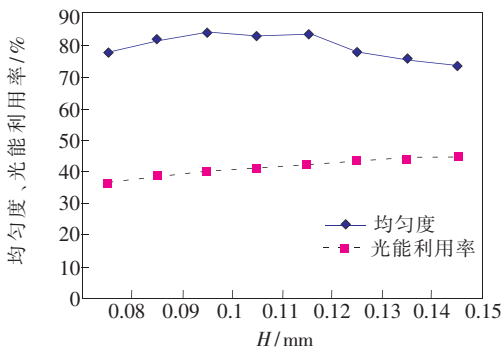


图 2 高度 H 对导光板光能利用率和均匀性的影响
Fig. 2 Diagram of uniformity and capacity usage ratio influenced by height

图 3 所示为半径 R 对导光板光能利用率和均匀性的影响。在高度 $H=0.10\text{ mm}$ 保持不变的情况下, R 的取值从 0.10 mm 增加到 0.2 mm 时,导光板的光能利用率呈持续下降的趋势,其均匀性先增大后减小,当 R 值为 0.15 mm 时出现峰值。

参数 R 和 H 对导光板的均匀性和光能利用

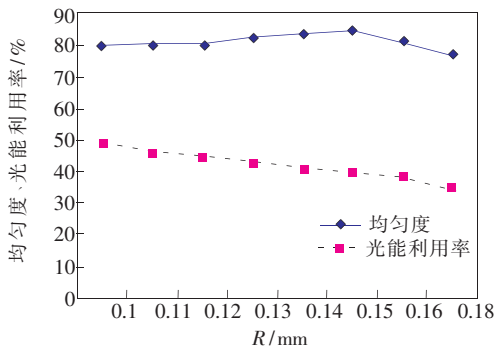


图 3 半径 R 对导光板光能利用率和均匀性的影响
Fig. 3 Diagram of uniformity and capacity usage ratio influenced by radius

率的影响程度不同,所以设计时要综合考虑这两个参数。

4 设计实例

根据上述分析,现给出一个导光板的具体设计实例。采用 ORA 公司的 LightTools 软件对导光板进行模拟分析,导光板尺寸 $L\times W\times H$ 为 $40\text{ mm}\times 30\text{ mm}\times 0.65\text{ mm}$,其中 L 为导光板长度, W 为导光板宽度, H 为导光板厚度,导光板材料为 PMMA,其折射率设定为 1.49。使用 4 个白光 LED 光源,每个 LED 的光通量为 100 lm ,发光面积为 $1\times 0.6\text{ mm}^2$,厚度为 0.2 mm ,发光角度为 120° 。LED 均匀分布在导光板宽度的同一端面,其与导光板之间的间距很大程度上影响了导光板的均匀性,经实验模拟得出最佳的间距为 0.05 mm ,追迹光线为 10 万条。

根据导光板的设计需求,按照上述导光板微结构的排布情况和结构参数的影响规律,不断调整各参数的数值,最终得到最佳的微结构设置。当微结构的半径 $R=0.15\text{ mm}$,高度 $H=0.10\text{ mm}$ 时,背光模组具有良好的光线出射率,导光板的均匀性比较高,可达 84% ,光能利用率为 40% ,对应的导光板照明模拟结果如图 4 所示。

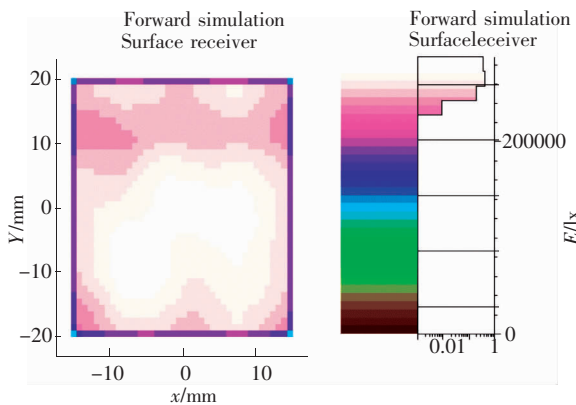


图 4 导光板的照明模拟结果图
Fig. 4 Raster chart of the light guide plate

在最佳的微结构设置的基础上,改变导光板的尺寸来讨论其对均匀度的影响,以此来分析波形槽微结构的适用性。

保持导光板的宽度不变,仅改变导光板的长度。当导光板长度为 45 mm 时,经模拟得出导光板均匀性达 86.4% ;当导光板的长度为 52 mm 时,经模拟可知导光板均匀性为 84.9% ;当导光

板的长度为 60 mm 时,经模拟可知导光板均匀性为 81.2%;当导光板的长度继续增加时,经模拟得知导光板的均匀性将显著降低,低于 80%,已不能

满足实际应用的需要。图 5 从左至右显示导光板长度分别为 45,52,60 mm 时导光板的照明模拟结果。

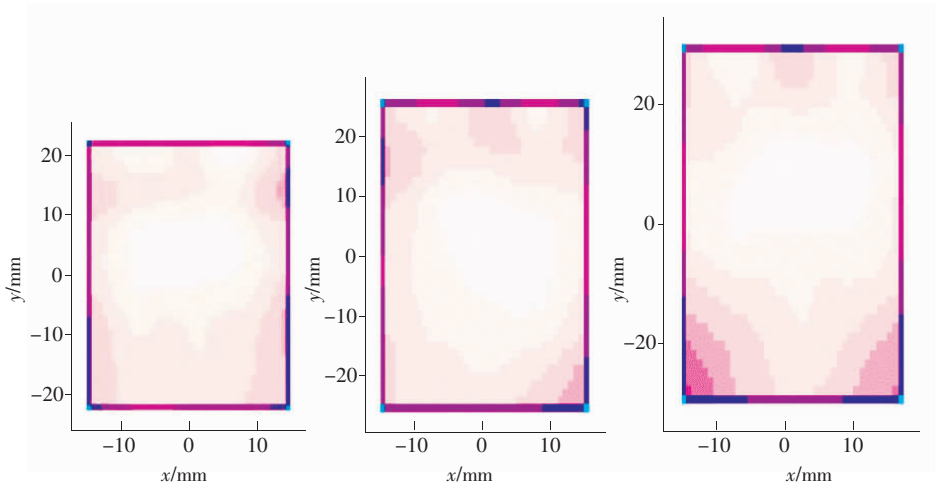


图 5 不同长度下导光板照明模拟结果

Fig. 5 Raster chart with different length of the light guide plate

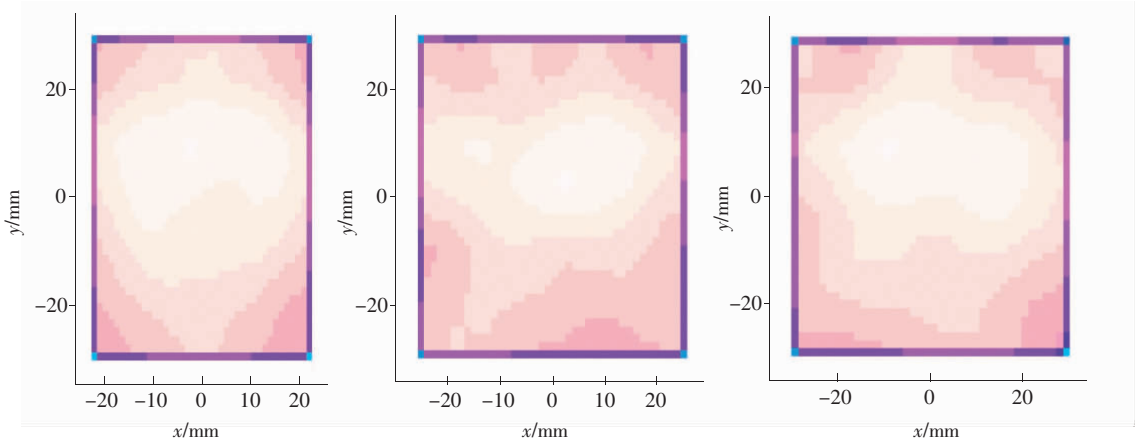


图 6 不同宽度下导光板照明模拟结果

Fig. 6 Raster chart with different width of the light guide plate

由上可知,保持导光板的宽度 30 mm 不变,当导光板的长度达到 60 mm 时,导光板的均匀性仍可达 80%以上。现保持导光板长度为 60 mm,仅改变导光板的宽度,以分析导光板宽度对其均匀性的影响。由于 LED 光源均匀分布于宽度的一端,随着宽度的增加,LED 光源的个数也随着增加。为了使光线均匀入射导光板,LED 光源仍均匀分布在导光板宽度的一端。当导光板宽度分别为 45,52,60 mm 时,经模拟得出导光板均匀性分别为 85.7%、85.8%和 84.2%。图 6 从左至右显示导光板宽度分别为 45,52,60 mm 时导光板的照明模拟结果。当导光板的宽度继续增加时,

经模拟得知导光板的均匀性有所下降,但仍可保持在 80%以上。根据这种设计方法,选用该波形槽微结构的导光板短边保持在 60 mm 时,长边随着 LED 光源的增加而增加,导光板的均匀性均可达 80%以上,由此可以设计出更大尺寸的导光板。

5 结 论

通过 LightTools 软件对侧光平板式 LED 导光板中的微结构进行了设计,提出了一种新型的波形槽微结构。模拟结果表明:

- (1)微结构按照矩形分布形成波形槽结构后,

导光板均匀性明显提高。

(2)微结构的半径和高度对导光板的均匀性有很大的影响,当半径为 0.15 mm 和高度为 0.10 mm时,导光板均匀性较高,可达 84%。

(3)采用波形槽为微结构的导光板的长度和宽度在 40~60 mm 范围内变动时,导光板的均匀性均可达 80%,由此可以设计出更大尺寸的导光板。

参 考 文 献:

[1] 谢洪波,马若玉,罗青青,等. 导光板中一种 V-Cut 槽结构的设计方法[J]. 液晶与显示,2009,24(5):681-684.

[2] 李保安. 导光板微结构型式的设计与模拟验证 [D]. 天津:天津大学,2008.

[3] 尹杰,邱云峰,刘桥,等. 大尺寸 LED 超薄灯箱的导光板设计[J]. 激光与光电子学进展,2010,12(47):120801(1-4).

[4] 陈永鹏. 体散射导光板的蒙特卡罗模拟研究和样品试制 [D]. 广州:暨南大学,2009.

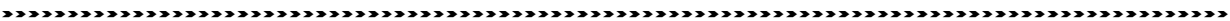
[5] 曹保柱,王晓蕊.LCD 导光板自由曲面微型槽结构设计与优化[J]. 液晶与显示,2010,25(6):817-821.

[6] 高雁飞,喻志龙. 一体化导光板中微结构的设计与仿真[J]. 光学技术,2008,34(5):690-692.

[7] 郑晓东,汪扬春,秦文红. 非序列光线追迹程序照度分布计算的随机误差分析[J]. 光子学报,2008,37(10):1970-1974.

[8] 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.

[9] 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.



可与国际单位制并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时间	分	min	1 min=60 s
	[小]时	h	1 h=60 min=3 600 s
	日,(天)	d	1 d=24 h=86 400 s
	[平面]角	[角]秒	1 ''=(1/60) '=(π /648 000) rad
		[角]分	1 '=(1/60) °=(π /10 800) rad
质量	度	°	1 °=(π /180) rad
	吨	t	1 t=10 ³ kg
	原子质量单位	u	1u≈1.660 540×10 ⁻²⁷ kg
旋转速度	转每分	r/min	1 r/min=(1/60) s ⁻¹
体积	升	L,(l)	1 L=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
能	电子伏	eV	1 eV≈1.602 177×10 ⁻¹⁹ J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1 tex=10 ⁻⁶ kg/m=1 g/km
面积	公顷	hm ²	1 hm ² =10 000 m ²
长度	海里	n mile	1 n mile=1 852 m(只用于航行)
速度	节	kn	1 kn=1 n mile/h=(1 852/3 600) m/s(只用于航行)