

文章编号:1007-2780(2009)02-0199-05

LCD 体散射导光板的制备及其光学性能

陈永鹏, 叶 勤*, 栗万里, 唐振方
(暨南大学 物理系, 广东 广州 510632, E-mail: fzcyp@yahoo. cn)

摘 要: 采用体散射导光板模拟设计软件设计了 LCD 体散射导光板的有关参数, 根据设计要求制备了体散射材料及导光板样品, 对导光板样品的视角和光学均匀度进行了测试分析。研究表明, 所制备的体散射导光板样品的出射光主要分布在偏离出光面法线一定角度的方向上, 具有良好的光学均匀度。样品的实际测试结果和软件模拟的结果相近。

关 键 词: 体散射; 导光板; 视角; 均匀度

中图分类号: TQ320.72⁺2; TN141.9

文献标识码: A

1 引 言

目前, 液晶显示器在平板显示领域中处于主导地位。导光板作为液晶显示器背光系统中重要的组成部分, 其性能的优劣对液晶显示器的显示质量以及能耗有重要影响。传统导光板一般采用透明的光学材料, 需要扩散膜等其它辅助光学薄膜才能将点光源或者线光源有效地转换成均匀的面光源。这些光学薄膜增加了背光模組的厚度、加工的复杂性及液晶显示器的成本。由于传统导光板存在上述不足, 许多公司和研究机构正努力研究厚度更薄、亮度和光学效率更高和成本更低的新颖导光板, 以满足市场的需求^[1,2]。日本庆应义塾大学小池教授提出了新型体散射导光板的设想^[3], 通过在光学材料内部掺入高散射微粒子, 使得从侧面光源发出的光在导光板内部产生散射, 并从导光板正面均匀射出。这样既可减少扩散膜等光学薄膜的使用, 同时又提高了光学亮度。

本文采用自主研发的体散射导光板专用模拟设计软件^[4], 对导光板的尺寸和聚合物材料参数进行了优化设计。按照设计参数制备了体散射导光板实验样品, 对样品的出光视角和均匀度进行了测试分析。

2 实 验

2.1 体散射导光板样品设计

通过专用的模拟设计软件, 对体散射导光板

的尺寸(如图 1)及材料的参数进行了设计。根据设计要求, 散射粒子和基质材料分别选用 SiO₂ 球形粒子和聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)。其中, SiO₂ 粒子的平均粒径为 3 μm, 掺杂质量分数为 0.3%, 粒子在基质材料中呈单分散分布。

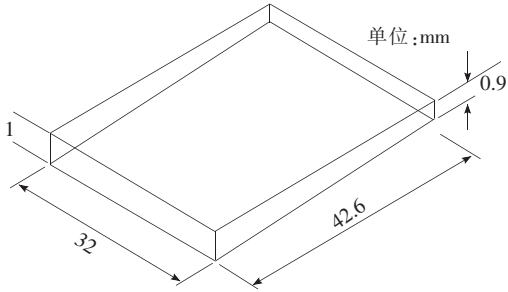


图 1 导光板尺寸示意图

Fig. 1 Schematic diagram of LGP geometry parameter

2.2 样品制备

分别将平均粒径为 3 μm 的 SiO₂ 球形粒子和 PMMA 粒料放置在干燥箱内, 干燥温度为 80 ℃, 干燥时间为 3 h。然后将 SiO₂ 粒子和 PMMA 粒料按设定的质量比混合均匀, 放入 SHJ-20 同向双螺杆挤出机(南京杰亚挤出装备有限公司)。挤出机各温控区温度分别设定为 140 ℃、190℃、220 ℃、240 ℃、260 ℃、260 ℃, 机头温度设定为 240 ℃, 主机转速设定为 120 r/min。在同向双螺杆的作用下, SiO₂ 粒子和 PMMA 粒料进行机械

收稿日期: 2008-10-07; 修订日期: 2008-11-28

基金项目: 广东省科技计划项目(No. 2005B10201055); 广州市科技计划项目(No. 2005Z3-D0041)

* 通讯联系人, E-mail: yq@jnu. edu. cn

混合,再经过挤出、切粒,得到散射材料的粒料。将造好的粒料放置于干燥箱内,在 80℃ 下干燥 5 h,然后把粒料加入 HM7 DENKEY 注塑机(日精树脂工业株式会社)。注塑机的机头、中部及后部温度分别设定为 260℃、240℃、220℃,射出压力为 10 MPa。最后将粒料注塑成型,制成导光板样品。

2.3 样品测试

2.3.1 材料测试

采用 PHILIPS 公司的 ESEM XL-30 电子显微镜观察掺入的 SiO₂ 粒子及粒子在散射材料中的分布情况。

2.3.2 样品光学性能测试

导光板光学性能的主要指标是视角和光学均匀度。实验采用的检测仪器是拓普康 BM-7 亮度色度仪,光源采用两个发光主波长为 645 nm 的 LED。将两个 LED 固定于导光板一侧,导光板则固定于旋转平台上,亮度色度仪固定于轨道上。将导光板出光面中心点 O 作为测试点,分别绕 Y 方向和 X 方向旋转导光板,测试其在 XOZ 平面上的视角 θ 和 YOZ 平面上的视角 φ 。取导光板出光面中线上的等间距各点作为测试点,测试其光学均匀度。导光板测试示意图如图 2 所示。

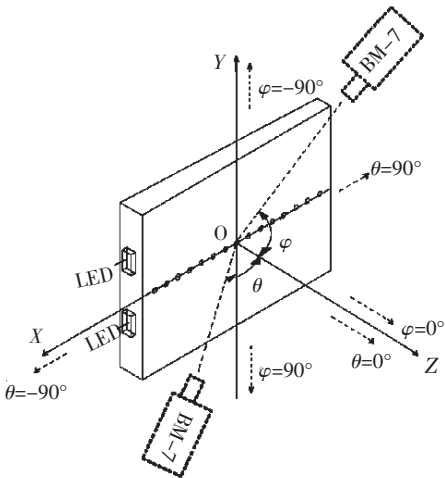


图 2 导光板测试示意图

Fig. 2 Scheme of examination for LGP

3 结果与讨论

3.1 体散射导光板原理

体散射导光板能够将点光源或者线光源转变为均匀的面光源,主要是因为入射光在掺杂了微

小粒子的聚合物介质中发生了多重光散射现象。体散射导光板模拟设计软件是基于米散射理论^[5],应用蒙特卡罗顺序抽样的方法编写的。根据米散射理论,当入射光强为 I_0 ,微粒周围介质中的波长为 λ 的自然光平行入射到直径为 D 的各向同性真球形粒子上时,在散射角为 θ ,距离粒子 r 处的散射光强 I 为^[6-9]

$$I = \frac{\lambda^2}{8\pi^2 r^2} I_0 (i_1 + i_2) \tag{1}$$

光散射函数为

$$\begin{aligned} i_1 &= s_1(m, \theta, \alpha) \times s_1^*(m, \theta, \alpha) \\ i_2 &= s_2(m, \theta, \alpha) \times s_2^*(m, \theta, \alpha) \end{aligned} \tag{2}$$

其中 $\alpha = \pi D / \lambda$, α 为粒子的尺寸参数, m 为粒子相对周围介质的折射率, s_1 和 s_2 为散射光的振幅函数。

蒙特卡罗方法是一种随机模拟的方法,先建立概率模型然后利用顺序抽样的方法跟踪大量光子,再通过统计来分析多重散射现象。多重散射光子的自由程抽样公式^[10]为:

$$L = -4 \ln(\text{random2}) / \pi D^2 CK \tag{3}$$

其中 L 为光子的自由程, C 为填充粒子的浓度。

3.2 SiO₂ 粒子在体散射材料中的分布

图 3 为平均粒径 3 μm 的 SiO₂ 粒子的电子显

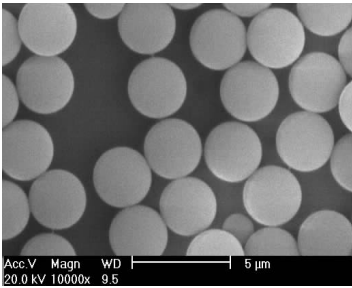


图 3 平均粒径 3 μm 的 SiO₂ 粒子

Fig. 3 SiO₂ particles with diameter of 3 μm

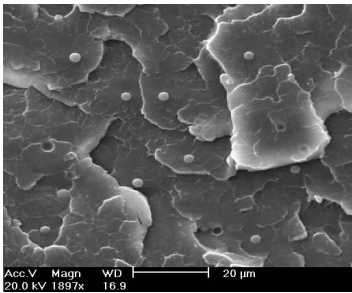


图 4 SiO₂ 粒子在掺杂质量分数为 0.3% 的散射材料中的分布

Fig. 4 0.3% of SiO₂ particles in scattering material

显微镜照片。从图 3 可以看到,所掺入的粒子呈球状,粒径均匀。图 4 为 SiO_2 粒子在掺杂质量分数为 0.3% 的散射材料中的分布的电子显微镜照片。

从图 4 可以看到,粒子在散射材料中呈单分散分布,没有团聚现象,且分布均匀。

3.3 视角

图 5 是体散射导光板出射光光强随视角 θ 变化分布图。其中,图 5(a)是样品实际测试的结果,图 5(b)是软件模拟的结果。从图中可以看到,在 XOZ 平面上,出射光光强的最大峰值出现在 $50 \sim 80^\circ$,有一较小的出射峰出现在 $-80 \sim -40^\circ$ 。软件模拟计算的结果与实际样品测试的结果相近。

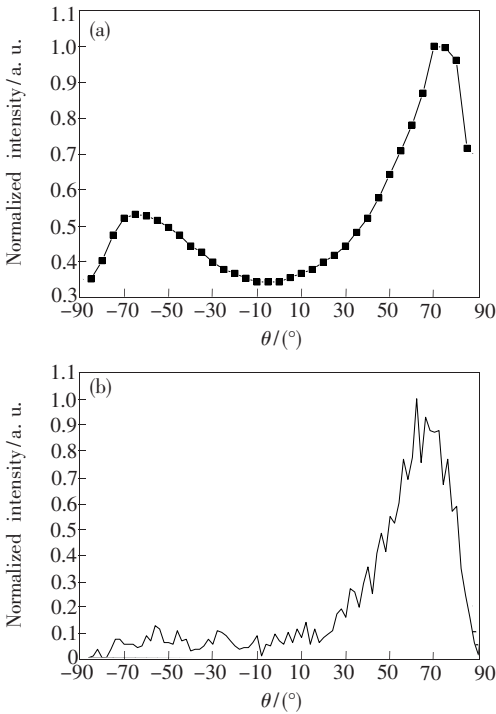


图 5 光强随角度 θ 分布。(a)实验结果;(b)模拟结果。
Fig. 5 Luminance distribution on angle θ . (a) Experimental result; (b) Simulated result.

根据米散射理论,各个方位角出射光的光强与粒子的尺寸参数 α 有关, α 大小是由入射光在介质中的波长和粒径决定的。经过计算可知,粒子对入射光的散射光强影响主要集中在前向,随着粒径的增大,前向散射光得到加强,其他方向的散射减弱,但是存在后向散射,且会出现一个散射峰^[11]。对于掺有一定粒径粒子的体散射导光板,

出射光的最大峰值分布在偏离出光面的法线方向 $50 \sim 80^\circ$ 的方向上。由于粒子对光存在后向散射,所以在 $-80 \sim -40^\circ$ 处出现较小的散射峰。

从图 6(a)可以看到,在 YOZ 平面上,出射光光强在角度上呈对称分布,两个对称的出射峰分别出现在 -70° 和 $+70^\circ$,而且两峰值的大小相近。出射光光强的最小值出现在 0° 左右,即出光面的法线方向上。对比图 6(a)和图 6(b),模拟计算结果与实际测试结果基本一致。由于导光板内部掺杂的粒子是各向同性的均匀球形粒子,粒子对光的散射强度在各个角度方向呈对称分布,因此,出射光光强随角度呈对称分布。

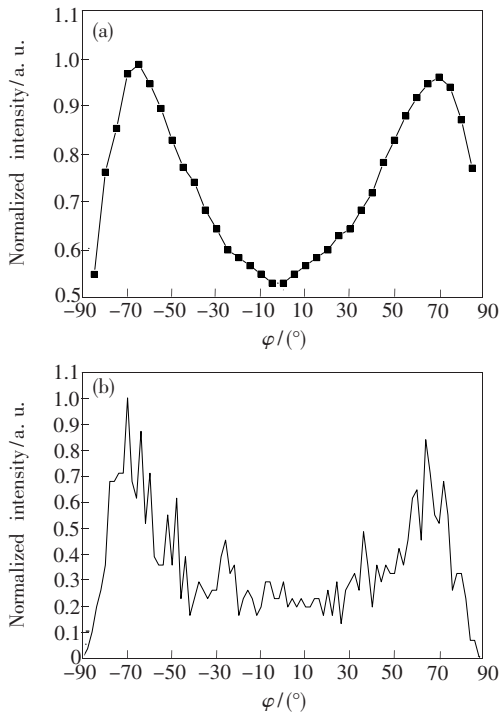


图 6 光强随角度 φ 的分布。(a)实验结果;(b)模拟结果。
Fig. 6 Luminance distribution on angle φ . (a) Experimental result; (b) Simulated result.

3.4 均匀度

从图 7(a)可以看出,在 X 方向上,出射光光强随着离光源距离变化的分布较为均匀,均匀度达 85% 以上。体散射导光板材料中掺入的粒子浓度是影响出射光在 X 方向距离上光强分布的主要因素。当浓度太大时,光强随着距离的增大而迅速减小;当浓度太小时,光强随着距离的增大而有所增大^[12]。通过软件的优化设计,得到较为合适的掺杂质量分数为 0.3%,此时光强的分布比

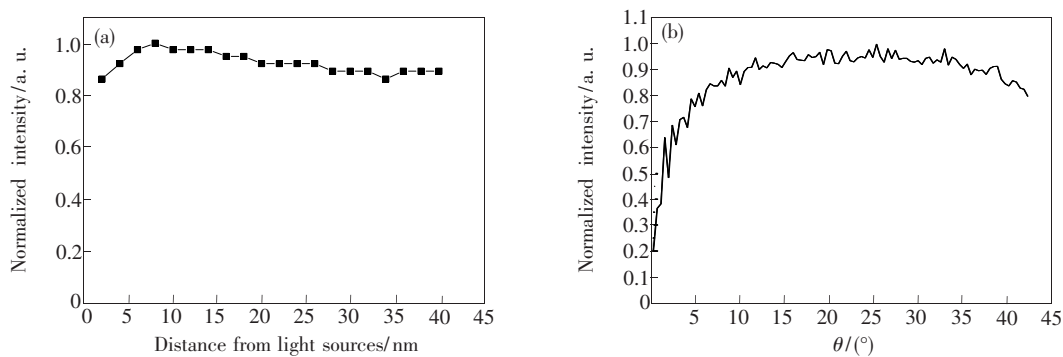


图 7 光强随距离变化的分布。(a)实验结果;(b)模拟结果。

Fig. 7 Luminance distribution dependent on distance. (a)Experimental result; (b)Simulated result.

较均匀。对比图 7(a)和图 7(b),可以看到实际测得的结果和模拟的结果相近。

4 结 论

体散射导光板模拟设计软件的计算结果和样品实际测得的结果基本相近,从一定程度上表明该软件对体散射导光板前期的设计具有指导意义。通过该软件,可以从理论上设计掺杂粒子的粒径、掺杂浓度以及体散射导光板的尺寸,从而指导实验制备出具有良好光学均匀度的导光板。体

散射导光板相对于传统的网点印刷式导光板,在整个背光模组中可以减少扩散膜的使用,降低模组成本。由于体散射导光板是非均一结构,出射光具有很强的指向性,最大峰值出现在偏离出光面法线一定角度的方向上。这一结果表明,仍然需要简单的棱镜片或者直接在导光板表面刻上微棱镜结构来矫正光路,使得出射光从法线方向射出。我们将在这一工作上继续做深入的研究,直至全部取消光学薄膜及棱镜片等。

参 考 文 献:

- [1] Feng Di, Jin Guofan, Yan Yingbai, *et al.* High quality light guide plates that can control the illumination angle based on microprism structures [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2004, 85(24):6016-6018.
- [2] 陈祥贤,徐平,万丽丽,等. 新型背光系统导光板技术 [J]. *液晶与显示*, 2007, 22(5):576-582.
- [3] Horibe A, Izuhara M, Nihei E, *et al.* Brighter backlights using highly scattered optical-transmission polymer [J]. *J. of SID*, 1995, 3(4):169-171.
- [4] 暨南大学. 体散射导光板模拟设计软件 V1.0[CP]. 中国计算机软件著作权:2005SR15802,2005-10-15.
- [5] Vande Hulst H C. *Light Scattering by Small Particles* [M]. New York:Dover Publications, 1981.
- [6] 刘建斌,吴健. 大气中球形粒子的散射特性研究 [J]. *应用光学*, 2005, 26(2):31-33.
- [7] 盛京,张丁浩. Mie 散射研究聚合物合金相结构的形成及相尺寸分布 [J]. *光散射学报*, 2003, 14(4):252-256.
- [8] 叶勤,唐振方,张杰,等. 体散射液晶导光板的光线追迹模拟 [J]. *光学学报*, 2006, 26(11):1627-1631.
- [9] 栗万里,叶勤,唐振方,等. 光散射聚合物导光板的模拟分析 [J]. *液晶与显示*, 2007, 22(3):325-329.
- [10] 王凌,徐之海,冯君华. 多分散高浓度介质偏振光后向扩散散射的 Mont Carlo 仿真 [J]. *物理学报*, 2005, 54(6):2694-2698.
- [11] Okumura T, Tagaya A, Koike Y. Highly scattering optical transmission polymer and its application for LCD display [J]. *Proc. SPIE*, 2002, 4918:44-51.
- [12] 张楠,唐振方,栗万里,等. 光散射聚合物导光板的材料参数设计 [J]. *光散射学报*, 2007, 19(1):55-59.

Preparation and Optical Properties of
Volume Scattering Light Guide Plate for LCD

CHEN Yong-peng, YE Qin, LI Wang-li, TANG Zhen-fang

(Department of Physics, Jinan University, Guangzhou 510632, China, E-mail: fzcyp@yahoo.cn)

Abstract

The relevant parameters were designed by the volume scattering light guide plate (LGP) simulation software. According to the values of the relevant parameters, the volume scattering LGP samples were prepared. The view angle and the distribution of the output light were measured and analyzed. The results show that the output light mainly distributes in deviation from the normal of LGP at certain angle direction and a good uniformity of intensity can be achieved. In addition, the measured results are close to the simulated results.

Key words: volume scattering; LGP; view angle; uniformity

作者简介:陈永鹏(1983—),男,福建福州人,硕士研究生,研究方向为光电材料与器件。

学术论文英文摘要写作质量标准(试行)

为了让中文学术期刊学术论文以更高的质量走向国际,以利于国际科技界对中国科技事业的了解和交流,有必要规范英文摘要的质量标准:

一、英文摘要要是应用符合英文语法的文字语言,以提供文献内窗口梗概为目的,不加评论和补充解释确切地论述文献重要内容的短文。

二、英文摘要必须符合“拥有与论文同等量的主要信息”的原则。为此,英文摘要应重点包括 4 个要素,即研究目的、方法、结果和结论。在这 4 个要素中,后 2 个是最重要的。在执行上述原则时,在有些情况下,英文摘要可包括研究工作的主要对象和范围,以及具有情报价值的其他重要的信息。当前学术期刊上英文摘要的主要问题是要素不全,繁简失当。

三、英文摘要的句型力求简单,通常应有 10 个左右意义完整、语句顺畅的句子。

四、英文摘要不应有引言中出现的内容,也不要对论文内容作诠释和评论,不得简单重复题名中已有的信息;不用非公知公用的符号和术语,不用引文,除非该论文证实或否定了他人已发表的论文,缩略语、略称、代号,除了相邻专业的读者也能清楚理解的以外,在首次出现时必须加以说明;科技论文写作时应注意的其他事项,如采用法定计量单位,正确使用语言文字和标点符号等,也同样适用于英文摘要的编写。