

纳米 SiO₂ 的粒度对新型投影显示屏亮度均匀性的影响

钱志勇 马莒生 崔建国 石教华 耿志挺

(清华大学材料科学与工程系, 北京 100084)

摘要: 研究了纳米 SiO₂ 的粒度对投影显示屏亮度均匀性的影响. 结果表明, 随着 SiO₂ 粒子粒度的减小, 投影显示屏样品的亮度均匀性得到提高, 并从纳米粒子的结构特点和散射机理方面进行了解释.

关键词: SiO₂ 粒度; 亮度均匀性; 缺陷结构; 散射

EEACC: 7260D

中图分类号: TN873 文献标识码: A 文章编号: 0253-4177(2003)S0-0213-04

1 引言

大屏幕显示技术的应用范围极广, 可用于大屏幕 HDTV、音乐厅、会议室、商场、飞机场、展览馆、餐厅、广告板、控制室幕墙、高分辨监视器等. 而随着 LCD、DLP、LCOS 等大屏幕显示技术的成熟, 传统的显示屏幕已经不能满足人们对大屏幕显示技术的需要.

光电子技术的发展使得越来越多的聚合物基复合材料应用到大屏幕平板显示领域. 由于有机聚合物的合成、加工、器件制备方面相对容易, 价格低廉, 而且它们有相对较低的介电常数^[1], 因此, 广泛用于光学显示屏、光纤材料、光电器件等领域. 纳米聚合物材料是近十几年来发展起来的新型材料. 纳米粒子由于粒径小、比表面积大、表面活性高而表现出多种特殊的功能特性^[2], 因而采用无机纳米粒子填充聚合物是制备高性能投影显示屏的重要手段^[3]. 亮度均匀性是投影显示屏一个重要的性能指标, 分散无机粒子的粒度直接影响投影显示屏的性能.

本文采用三种不同尺度的纳米级 SiO₂ 粒子, 分散在光纤材料中制得新型高亮度投影显示屏, 研究了纳米粒子的粒度对投影显示屏亮度均匀性的影响, 并进行了相关的理论分析. 本文的研究成果已成功运用于新型投影显示屏的开发, 经信息产业部技

术鉴定, 新型投影显示屏具有国际先进水平.

2 实验

把经表面去极性处理过的相同质量 1[#]、2[#]、3[#] 三种不同粒度的纳米 SiO₂ 粉分别加入有机光纤材料中, 充分混和, 制得厚度为 1mm 的新型投影显示屏样品 A、B、C.

亮度均匀性是反映边缘亮度与中心亮度差异的一个物理量. 本文采用 ST-Ⅲ 型照度计(照度计紧贴样品表面)和 LCD 背投影光机(样品处于投影光机的焦平面上)测试亮度均匀性, 测试条件为蓝光测试背景. 图 1 为测试位置示意图.

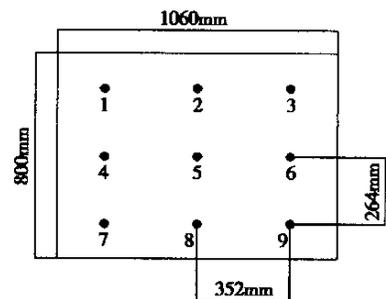


图 1 亮度均匀性测试区域示意图

Fig. 1 Scheme of test area for luminance-homogeneity

采用 JEM-200CX 透射电子显微镜进行 SiO₂ 粉粒度和形貌的观测^[4],采用 JSM-6301F 场发射扫描电子显微镜观察投影显示屏样品的结构和表面形貌.

3 结果与讨论

图 2 为透射电镜观察 SiO₂ 粒度所得到的结果. 由图可见,1[#] SiO₂ 粉的粒度约在 5~30nm 之间,2[#]

SiO₂ 粉的粒度约在 20~100nm 之间,3[#] SiO₂ 粉的粒度约在 200~700nm 之间.

表 1 列出了图 3 所示位置的亮度(光通量)测试结果.

由表 1 和图 3 可以看出,新型投影显示屏样品 A、B、C 的亮度均匀性依次变差. 随着填充 SiO₂ 粒子的粒度减小,投影显示屏样品的亮度均匀性变好(即中心区域的亮度到四周区域的亮度的变化程度减小),显示性能也变好.

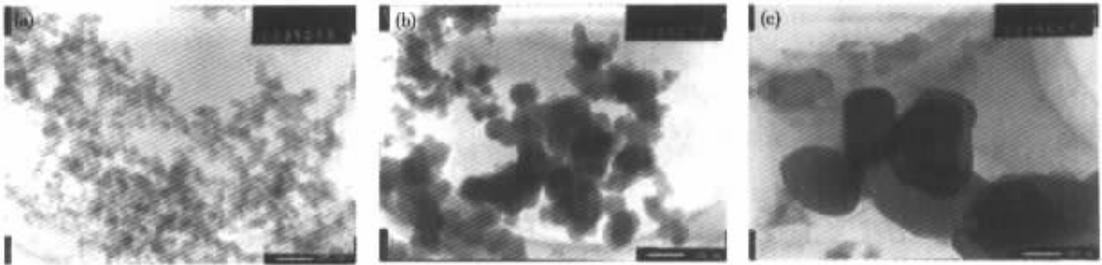


图 2 SiO₂ 粒度的观察 (a) 1[#] SiO₂; (b) 2[#] SiO₂; (c) 3[#] SiO₂

Fig. 2 TEMs of fineness of SiO₂ (a) 1[#] SiO₂; (b) 2[#] SiO₂; (c) 3[#] SiO₂

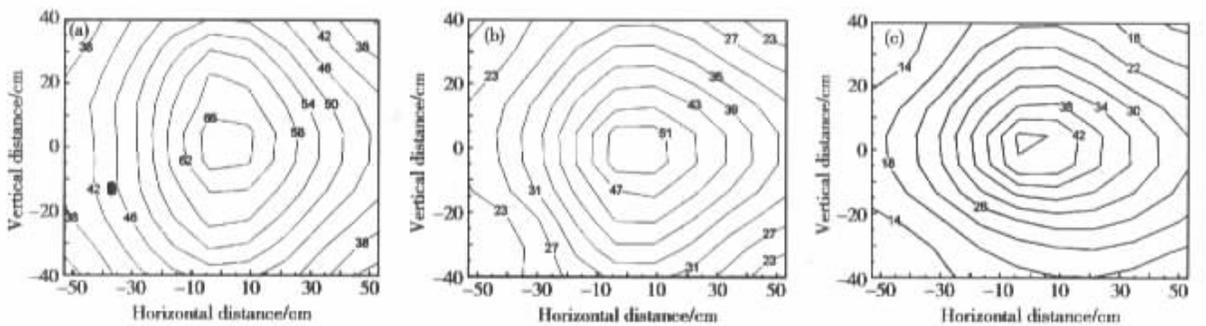


图 3 新型投影显示屏样品的亮度均匀性 (a) 样品 A 的亮度等高线图; (b) 样品 B 的亮度等高线图; (c) 样品 C 的亮度等高线图

Fig. 3 Luminance- homogeneity of samples (a) Luminance contour line of sample A; (b) Luminance contour line of sample B; (c) Luminance contour line of sample C

表 1 三种投影显示屏不同区域的光通量(亮度) 20lum

Table 1 Luminance of different area of samples

Sample	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5	Area 6	Area 7	Area 8	Area 9
A	42.5	64.5	44.0	43.5	74.0	53.0	42.0	60.5	43.5
B	23.3	40.5	30.0	30.0	60.0	43.5	20.0	40.5	30.0
C	13.5	31.5	20.2	22.5	55.5	34.5	12.7	22.3	23.2

散射出现的根本原因是媒质中出现光学不均匀性,或说是媒质中折射率有起伏^[5]. 在通常情况下,有机光纤材料具有较高的透明性和较强的光散射

性,而不同的有机光纤材料共混,利用它们之间折射率的差异,可以制备性能优异的光散射材料. 添加无机粒子,可以改善这种光散射材料的光学性能,制备出性能优异的投影显示屏.

由于 SiO₂ 粒子与有机基体材料的光学性质有一定的差异,而它对于光线基本上无吸收. 当 SiO₂ 组分的粒度等于或小于光波波长时,可以起到散射中心的作用,增加了光的散射^[6,7].

研究表明,纳米 SiO₂ 分散在聚合物时,与聚合

物间有较好的界面结合,可以带来较强的界面效应^[8].另外,纳米 SiO₂ 粒子投影显示屏样品分布的特点是有很大比例的原子处于缺陷环境中.大量的原子处于晶粒界面的最近邻二层原子面上,而且原子的位置偏离于正常点阵的位置.随着 SiO₂ 粒子尺度的减小,大量晶界产生,其他重要的结构性质,如气孔也随之增加,这些缺陷中富集的大量 SiO₂ 纳米粒子起到了散射中心作用,导致光的散射增加,从而亮度均匀性也增加.图 4 的 SEM 照片显示了在缺陷中富集的大量 SiO₂ 粒子.

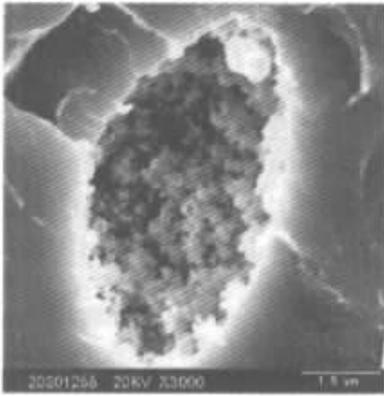


图 4 缺陷中富集的 SiO₂ 粒子

Fig. 4 SEM of SiO₂ enrichment in defects

另外,微粒面积与粒径的平方成比例,其体积与粒径的立方成正比,故其比表面积(表面积/体积)与粒径成反比,即随着微粒粒径的变小,比表面积会显著增大.这也会导致光的散射增加,从而使投影显示屏样品 C、B、A 的亮度均匀性依次增大.

研究发现,经过表面处理过的 SiO₂ 粒子可以降低其表面自由能,从而使得 SiO₂ 粒子在投影显示屏中分布较均匀.图 5 为 Si 元素的面扫描照片,说明 SiO₂ 粒子分布比较均匀.当 SiO₂ 粒子粒度减小时,表面处理过的 SiO₂ 粒子在投影显示屏中分布更加均匀,从而使亮度均匀性变好.

4 结论

研究表明,随着 SiO₂ 粉粒度的减小,投影显示

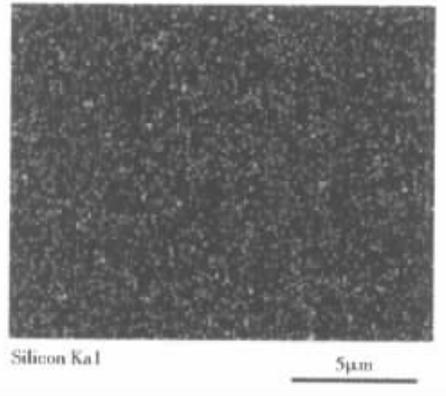


图 5 Si 元素的面扫描照片

Fig. 5 Field SEM of Si element

屏样品亮度均匀性增加,显示性能变得优异,其主要原因在于微粒的散射和纳米粒子的结构特点.

参考文献

- [1] Tian Qian, Mao Xianhui, Sun Liqun. J Appl Opt, 2002, 23(1):1[田芊,毛现辉,孙利群.光电子技术及其进展.应用光学,2002,23(1):1]
- [2] Zhu Tun, et al. Progress and application in foreign nano-materials and nano-technology. Beijing: Chemical Industry Press, 2002[朱屯,等.国外纳米材料技术进展与应用.北京:化学工业出版社,2002]
- [3] Wiczorek W. Temperature-dependence of conductivity of mixed-phase composite polymer solid electrolytes. Mat Sci Eng B-Solid, 1992, 11:108
- [4] Yan Jun. Methods for characterizing nano-materials. Materials Review, 2001, 4(15):53[阎峻.纳米材料的表征.材料导报,2001,4(15):53]
- [5] Lantz W J. Generating besel functions in mie scattering calculations using continued functions. Appl Opt, 1994, 15(3):10
- [6] Wiscombe W J. Improved mie scattering algorithms. Appl Opt, 1980, 19(9):1505
- [7] Lantz W J. Generating bessel functions in mie scattering calculations using continued fractions. Appl Opt, 1994, 15(3):10
- [8] Kim G G-M, Lee D-H, Holffman B, et al. Influence of nanofiller on the deformation process in layered silicate/polyamide-12 nanocomposites. Polymer, 2001, 42

Effect on Luminance-Homogeneity of New Type Projection Screen by Fineness of SiO₂ Nano-Particle

Qian Zhiyong, Ma Jusheng, Cui Jianguo, Shi Jiaohua and Geng Zhiting

(Department of Materials Science & Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Effect on luminance-homogeneity of projection screen by the fineness of SiO₂ nano-particle is studied. The results show that with the decrease of the fineness of SiO₂, luminance-homogeneity can be improved. Finally the reasons are discussed from the nano-structure point of view and the scattering principle.

Key words: fineness of SiO₂; luminance-homogeneity; defect-structure; scattering

EEACC: 7260D

Article ID: 0253-4177(2003)S0-0213-04