

文章编号:1007-2780(2010)04-0527-04

碳纳米管场致发射平面背光源

游玉香,苏艺菁,叶芸*,汤巧治,张杰,张永爱,郭太良

(福州大学 物理与信息工程学院 光电显示技术研究所,福建 福州 350002,E-mail:xiangyuyou-003@163.com)

摘要:通过酸化、球磨、超声分散等工艺制备碳纳米管(Carbon Nanotubes,CNT)悬浮液,利用电泳沉积技术制备 CNT 阴极,并真空封装制备成 25.4 cm(10 in)的 CNT 场致发射平面背光源器件。采用扫描电子显微镜对 CNT 阴极样品的表面形貌进行表征,并对器件的场致发射性能进行测试。结果表明,当电场为 1.76 V/ μm 时,CNT 场致发射平面背光源器件的亮度为 6 500 cd/ m^2 ,亮度均匀性为 89%,可应用于液晶显示器的背光源。

关键词:碳纳米管;背光源;电泳;场致发射

中图分类号: TN873+.95 **文献标识码:** A

Planar Backlight Units Based on Carbon Nanotubes Field Emission Display

YOU Yu-xiang, SU Yi-jing, YE Yun*, TANG Qiao-zhi,

ZHANG Jie, ZHANG Yong-ai, GUO Tai-liang

(*Optoelectronic Information Technology, College of Physics and Information Engineering,*

Fuzhou University, Fuzhou 350002, China, E-mail: xiangyuyou-003@163.com)

Abstract: The carbon nanotubes (CNT) cathodes were obtained by electrophoretic deposition (EPD) and sealed into a prototype of 25.4 cm (10 in) field emission backlight units (FE-BLU). The electrophoresis suspension with CNT was fabricated by a series of processes which included acid-treating, ballmilling and ultrasonic dispersing, and so on. The morphology of CNT cathode sample was observed by scanning electron microscope (SEM). The field emission properties of FE-BLU were characterized in vacuum, which can be applied to LCD. Results showed that CNT FE-BLU demonstrated a good performance of luminance brightness 6 500 cd/ m^2 with electric field of 1.76 V/ μm , and the brightness uniformity was up to 89%.

Key words: carbon nanotubes; backlight units; electrophoretic deposition; field emission

1 引言

碳纳米管(Carbon Nanotubes,CNT)具有典型的层状中空结构特征,比表面积大,长径比

(>1 000)高,机械性能优异,化学稳定性良好,是一种场致发射阴极的理想纳米材料^[1]。场致发射显示(Field Emission Display,FED)技术不仅可以直接制作显示器件,还可用于制作新型液晶显

收稿日期:2010-01-14; 修订日期:2010-04-20

基金项目:“863”重大专项资助项目(No. 2008AA03A313);福建省自然科学基金资助项目(No. 2009J05145);福建省教育厅科技资助项目(No. JA08005)

作者简介:游玉香(1986—),女,福建漳州人,硕士研究生,研究方向为信息显示技术。

* 通讯联系人,E-mail: yeyun99@163.com

示背光源(Back Light Units,BLU)^[2-4],与传统背光技术相比,具有单色性好、成本低、效率高、稳定性好、反应速度快、符合环保要求等优点。Kim^[5]等人研制的碳纳米管场致发射背光源,发光亮度为 1 800 cd/m²,连续工作时间达 1 500 min。Fennimore^[6]等人采用丝网印刷法制备了后栅型碳纳米管场致发射器件,具有高稳定性特点,然而制作工艺相对二极管结构的场致发射器件而言工艺复杂、成本较高。

电泳法是制备碳纳米管薄膜阴极的一种有效且简易的方法^[7-8]。本研究小组在 CNT 场致发射背光源的研究领域上也取得了一定的进展^[9-10],研制出了亮度高、成本低、稳定性好的场致发射背光源。本文在以往研究的基础上采用电泳法代替丝网印刷法制备 CNT 场致发射阴极,提高了 CNT 分布的均匀性,经真空封装后获得了场致发射性能更佳的 CNT 场致发射背光源器件。

2 实 验

实验所用的 CNT 是深圳纳米港公司制备的多壁碳纳米管(Multi-wall Carbon Nanotubes, MWNCT),其管径为 5~15 nm,长度为 5~15 nm,纯度>95%。将 CNT 原始粉末置于 100 ℃ 的 V(H₂SO₄):V(浓 HNO₃)=1:1 的溶液中酸化 4 h。取酸化过后的 CNT 粉末与实验室自制的有机浆料混合,利用球磨机(南京科析公司,XQM-2)对其进行 24 h 球磨分散处理。采用异丙醇(Isopropyl Alcohol, IPA)作为分散介质来配置 CNT 电泳液。将混有 CNT 的有机浆料、异丙醇、Mg(NO₃)₂·6H₂O 以一定比例混合后,室温下超声 5 h,形成 CNT 悬浊液,自然冷却至室温或用冰水浴加速冷却至更低温度。

采用电泳法将 CNT 转移到金属 CrCuCr 线状电极的玻璃基底上,电极宽度为 50~200 μm,间距为 500~3 000 μm。利用电泳法沉积 CNT,以整面 ITO 导电玻璃为电泳阳极基板,以 CrCu-Cr 线状电极作为衬底电极。阴极基板和阳极基板平行相对,阴阳基板间的距离为 1~5 mm。接通恒压电源,电压为 5~20 V,电泳时间为 5~15 min。CNT 电泳装置如图 1 所示。

丝网印刷法制备的银浆导电线状电极上丝印一层荧光粉,430℃下烧结制成阳极屏。将阳极

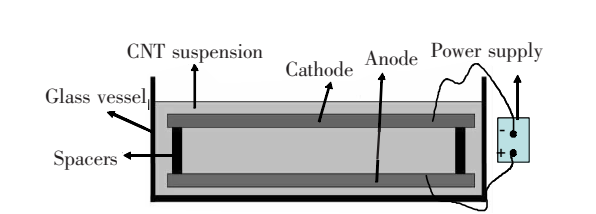


图 1 CNT 电泳装置原理图
Fig. 1 Schematic diagram of electrophoretic deposition carbon nanotubes

屏和 CNT 阴极屏进行消气剂设置,充氮气,低熔点玻璃封接,并通过真空系统封离,制得 25.4 cm (10 in) 二极管结构 CNT 场致发射平面背光源器件(CNT FE-BLU),主要由阴极屏、阳极屏、隔离柱、消气剂、排气管等组成,其结构示意图如图 2 所示。

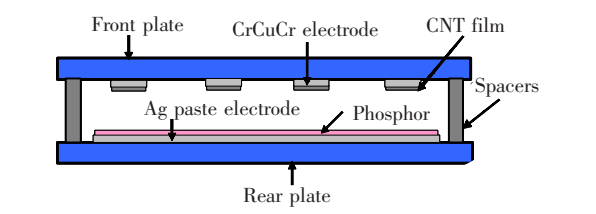


图 2 CNT 平面背光源结构示意图
Fig. 2 Schematic diagram of carbon nanotubes field emission backlight units

CNT 阴极样品的表面形貌由日本 HITA-CHI S-3000N 型扫描电子显微镜(SEM)进行表征。对 CNT FE-BLU 进行场致发射性能测试,用亮度计表征其发光亮度,并分析器件的亮度均匀性。

3 结果与讨论

通过电泳法将 CNT 发射材料转移到 CrCu-Cr 电极,并均匀地分布于电极衬底表面,其中图 3 为 CNT 阴极样品的表面 SEM 形貌图。CNT 原始粉末经过酸化、球磨、超声分散等工艺处理制备成 CNT 悬浊液,通过电泳工艺沉积到阴极的 CNT 长度较短且一致性较好,有利于提高背光源器件发光的均匀性。图 4 为封装后 CNT FE-BLU 的原型,由阴极屏、阳极屏、隔离柱、消气剂、排气管等构成。

图 4 为 CNT 阴极屏和阳极屏封接并排气封离后的 CNT FE-BLU 器件原型图,其中图 5 为 CNT FE-BLU 器件场致发射电流密度-电场的关

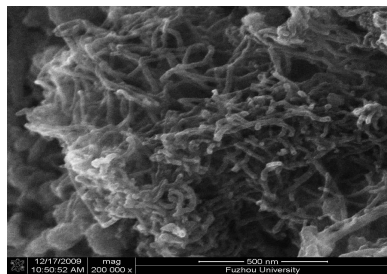


图 3 CNT 阴极 SEM 形貌图

Fig. 3 SEM image of carbon nanotubes cathode

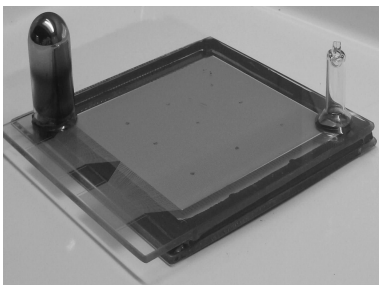


图 4 CNT 平面背光源器件

Fig. 4 Prototype of carbon nanotubes planar backlight units

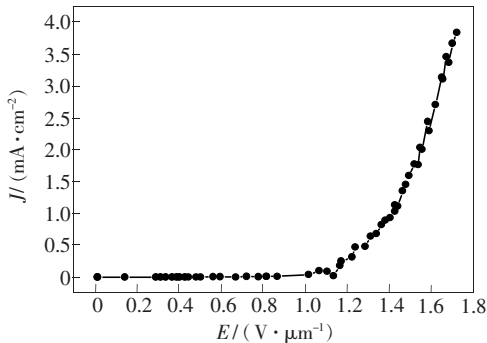


图 5 CNT 阴极场致发射 J - E 曲线

Fig. 5 J - E curve of carbon nanotube cathode

系曲线图。当器件外加电场强度 E 为 $1.76\text{ V}/\mu\text{m}$ 时,其电流密度 J 为 $3.84\text{ mA}/\text{cm}^2$,发光亮度可达 $6\,500\text{ cd}/\text{m}^2$ 。

亮度均匀性测量点示意图如图 6 所示,图 7 为 CNT-FE BLU 场发射发光效果图。亮度均匀性是显示屏各区域相互之间亮度一致性的程度,用百分比表示。用亮度计测量所示 1~13 点的亮度值 $L_1\sim L_{13}$,求出其中心区域 9 个点的亮度平均值 L_0 ,再从 13 个点的测试值中找出与 L_0 偏离最大的亮度值 L_i ,计算出 CNT 平面背光源的亮度

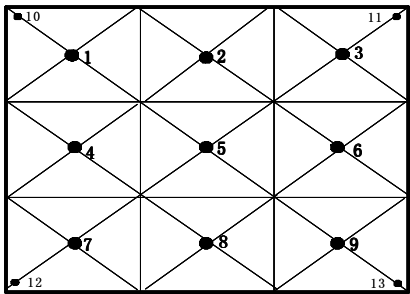


图 6 亮度均匀性测量点示意图

Fig. 6 Schematic diagram of measurement points brightness uniformity



图 7 电场为 $1.76\text{ V}/\mu\text{m}$ 时,CNT FE-BLU 的发光图.

Fig. 7 Luminescence image of CNT FE-BLU with electric field of $1.76\text{ V}/\mu\text{m}$

均匀性 N ,计算 N 为 89%。其中:

$$L_0 = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9; N = 1 - \left| \frac{L_i - L_0}{L_0} \right| \times 100\%$$

4 结 论

通过酸化、球磨、超声分散等工艺制备 CNT 电泳液,通过电泳法在 CrCuCr 线状电极沉积上一层 CNT 薄膜,与银浆导电引线状电极丝印荧光粉制得的阳极屏真空封装制备了 $25.4\text{ cm}(10\text{ in})$ CNT 场致发射平面背光源器件。采用 SEM 对 CNT 阴极样品的表面形貌进行表征,并对 CNT FE-BLU 的场致发射性能进行了测试。结果表明,当电场为 $1.76\text{ V}/\mu\text{m}$,CNT FE-BLU 的电流密度为 $3.84\text{ mA}/\text{cm}^2$,亮度高达 $6\,500\text{ cd}/\text{m}^2$,其器件的亮度均匀性可达 89%,可应用于 LCD 背光源。电泳法制备 CNT 阴极应用于二极管结构平面型背光源具有工艺简单、成本低、亮度高、均匀、稳定等优点。

参 考 文 献:

[1] De Heer W A, Chatelain A, Ugarte D. A carbon nanotobe field-emission electron source [J]. *Science*, 1995, 270 (5239):1179-1180.

[2] Kim Y C, Kang H S, Che E, *et al.* Building a backlight unit with lateral gate structure based on carbon nanotube field emitters [J]. *Nanotechnology*, 2009, 20(9): 095204-095209.

[3] Jeong J W, Kimd D J, Kang J T, *et al.* Development of highly bright field emission lamp for dynamic back light unit in LCD [C]//*IDW'07 Proceedings of the 14th International Display Workshops*, Sapporo, Japan; Inst. of Image Information and Television Engineers, 2007:2189-2190.

[4] Jung Y J, Son G H, Park J H, *et al.* Fabrication and properties of under-gated triode with CNT emitter for flat lamp [J]. *Diamond and Related Materials*, 2005, 14(11-12): 2109-2112.

[5] Kim J M, Chol W B, Lee N S, *et al.* Field emission from carbon nanotubes for displays [J]. *Diamond and Related Materials*, 2000, 9(3-6): 1184-1189.

[6] Fennimore A M, Cheng L T, Roach D H. A stable under-gate triode CNT field emitter fabricated via screen printing [J]. *Diamond and Related Materials*, 2008, 17(12):2005-2009.

[7] 王莉莉,冯涛,林丽锋,等. 电泳工艺制备阵列场发射阴极及其性能的研究[J]. 液晶与显示,2008,23(2):195-199.

[8] 梅山孩,冯涛,孙卓,等. 电泳电压对碳纳米管沉积薄膜及阴极场发射特性影响[J]. 液晶与显示,2008,23(4): 473-478.

[9] Ye Y, Guo T L, Lin Z X, *et al.* Fabrication of carbon nanotubes field emission backlight unit applied to LCD [C]// 2009 *Symposium on Photonics and Optoelectronics*, Wuhan, China; IEEE Computer Society, 2009: 1-3.

[10] 陈秀云,叶芸,郭太良. 应用于液晶显示器的场发射背光源制备[J]. 液晶与显示,2009,24(3):399-402.



《中国光学与应用光学文摘》重要启示

经国家新闻出版总署批准,《中国光学与应用光学文摘》自 2008 年 7 月起更名为《中国光学与应用光学》。该刊为学术技术类期刊,由中国科学院主管,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所主办,双月刊,A4 开本,国内外公开发行,刊号:ISSN 1674—2915 / CN22—1389/O4。

《中国光学与应用光学》为中国光学学会光电子技术专业委员会会刊,国家自然科学基金核心期刊,吉林省科技类一级刊物;被中国学术期刊(光盘版)、中国科学引文数据库等检索系统收录。

《中国光学与应用光学》以反映国内外光学与应用光学领域的最新动态、高新成果和前沿技术,提供主流技术研究、战略策划、综合评述,跟踪光学领域的最新科技水平和发展动向,为国内外相关学科领域的科研人员提供学术交流和学术积累的平台,促进光学和应用光学学科的发展为办刊宗旨。

《中国光学与应用光学》以光学研究和光学技术为主体,动态设置当期栏目,主要涉及的专题内容有:基础光学、光度学、色度学、发光理论与发光技术、光谱学与光谱技术、激光与激光技术、集成光学与器件、纤维光学与器件、光通信、薄膜光学与技术、光电子技术与器件、信息光学、新型光学材料、现代光学仪器与光学测试、光学工艺、光学在其他领域的应用等。

《中国光学与应用光学》主要报道光学与应用光学领域学术价值显著、实验数据完整的原创性论文;研究前景广阔,具有实用、推广价值的技术报告;有创新意识,能够反映当前先进水平的阶段性研究成果;对当前学科领域的研究热点和前沿问题的综合评述,以及国内外光学产业的发展动态及走向等。

《中国光学与应用光学》热忱欢迎广大读者、作者关心和支持本刊的发展,及时订阅、踊跃赐稿;同时欢迎社会各界洽谈广告业务,合作组织技术交流和信息发布活动等。

投稿邮箱:吉林省长春市东南湖大路 3888 号《中国光学与应用光学》编辑部,邮编:130033
E-mail:opticsdb@ciomp. ac. cn;gxyygx2007@126. com