

文章编号:1007-2780(2009)04-0518-04

点阵阴极寻址型三极场发射器件的制作

靳孝峰¹, 张琦¹, 李玉魁^{2*}, 武超²

(1. 焦作大学 机电学院, 河南 焦作 454100;

2. 中原工学院 电子信息学院, 河南 郑州 450007)

摘 要: 结合丝网印刷工艺, 通过制备绝缘层和布线层的层叠式, 在玻璃基底上实现了大面积的点阵阴极寻址结构。应用碳纳米管作为阴极材料, 研发了三极结构的场致发射平板显示器件样品。通过点阵阴极寻址结构, 可直接对发光像素进行逐点控制, 从而实现整体器件的图像显示。该器件可与现有的驱动集成电路相结合进行控制, 具备良好的场致发射特性和高的显示亮度。

关 键 词: 场致发射; 阴极; 寻址; 点阵; 碳纳米管

中图分类号: TN873+.95 **文献标识码:** B

1 引 言

场致发射显示器是一种具有高图像质量的新型平板器件^[1], 同时还是一种能够实现薄型化和大面积化的真空器件, 具有良好的发展前景。无论是在高亮度、低功耗、快响应速度, 还是在高分辨率、色彩丰富以及高对比度等技术指标方面, 场致发射显示器都有着其它显示器无法与之相竞争的优势和地位, 因而早已引起人们的高度关注^[2,3]。碳纳米管是一种具有小的尖端曲率半径以及高度化学稳定性和机械强度的新型材料, 在外加电压的情况下能够发射出大量的电子, 非常适合于用作平板显示器的阴极^[4,5]。碳纳米管阴极的出现, 极大地促进了场致发射显示器的发展。目前碳纳米管场致发射显示器的结构类型主要有二极管型和三极管型^[6]两种。为了和现有的集成驱动电路相结合以降低器件的总成本, 制作三极结构的场致发射显示器是一种必然的趋势^[7,8]。然而, 在三极场致发射显示器中, 也存在结构复杂、制作工艺难度大以及对制作材料要求较高等不利因素, 还需要不断进行探索、研究和技术创新^[9]。一旦这些技术难题被突破, 则碳纳米管场致发射显示器将会凭借其巨大的竞争优势而迅速实现产品化, 在平板显示器市场占据一席之地。

2 器件的基本结构和制备技术

2.1 器件结构

三极结构点阵阴极寻址型场致发射显示器件的纵向结构如图 1 所示, 其核心部分有发光层、栅极、隔离装置、碳纳米管阴极和点阵阴极寻址结构等, 都被装配在由阳极面板和阴极面板参与构成的真空中。阳极面板为厚度为 2 mm 的钙钠平板玻璃, 电极和引线均采用锡铟氧化物膜层(ITO膜), 在发光区的 ITO 膜层上印刷荧光粉, 形成发光层。隔离装置将阳极部分和栅极部分相互分开, 并控制阴极和阳极之间的距离。将碳纳米管制备在阴极面板的点阵阴极寻址结构上, 在栅极的控制下发射电子。最后, 用低熔点玻璃粉对真

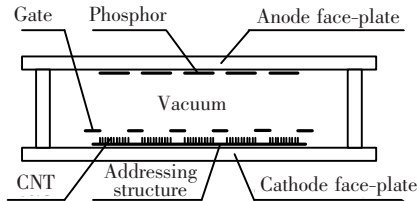


图 1 具有点阵阴极寻址结构的三极场致发射显示器的基本结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of triode field emission display with dot-matrix cathode addressing structure

收稿日期: 2008-12-02; 修订日期: 2009-02-19

基金项目: 河南省科技攻关计划项目资助(No. 082102210074, No. 082102210075)

* 通讯联系人, E-mail: lawsound@163.com

空腔进行密封。

2.2 器件制作

对基底玻璃内侧的 ITO 膜层进行刻蚀,形成阴极像素点。阴极像素点的形状为圆型,直径为 400 μm ,相邻阴极像素点之间的距离为 800 μm 。虽然丝网印刷工艺可以制作出更细的布线,从而得到更高分辨率的点阵图形,但是为了确保器件制作的成功率以及为器件制作工艺误差留有一定的余地,实验中并没有追求更高的显示分辨率。在相邻阴极像素点之间印刷银浆,经常规的烘烤、烧结工艺后形成第一层布线,该布线可以和部分阴极像素点相连接,以便于外部电压能够施加到该阴极像素点上,布线的形状可以根据掩模版来确定,设定布线的最小宽度为 200 μm ,每条布线仅仅能够和一个阴极像素点相连,相邻布线之间的最短间隔也设定为 200 μm ,布线的另外一端延伸至阴极面板边缘。为了便于安装引脚,在阴极面板边缘部分对每条布线都进行了加宽处理,其宽度为 2.54 mm。然后,结合丝网印刷工艺,将绝缘浆料制备在阴极面板上,经常规的烘烤、烧结工艺后形成绝缘层,绝缘层要完全覆盖住阴极区的第一层布线,但要露出阴极像素点。绝缘层的作用是将不同的布线层进行电学隔离。为确保器件布线之间的良好绝缘性能,进行了二次重复印刷,绝缘层的厚度大约为 50 μm 。之后,再依次制备第二层布线→绝缘层→第三层布线→绝缘层,其工艺与前述制备工艺相同。

2.3 器件封离

阴极的制备材料为碳纳米管。在图 2 中给出了所制备的碳纳米管阴极表面形貌的 TEM 图像。需要对印刷后的碳纳米管阴极进行后处理^[9],使得碳纳米管能够暴露出表面便于电子发射,改善碳纳米管的场发射性能。

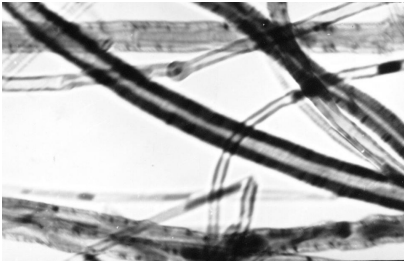


图 2 显示器件用碳纳米管阴极的 TEM 图像
Fig. 2 TEM photo of carbon nanotube cathode for display device

在安装了消气剂等附属元件后,对密封用低熔点玻璃粉浆烧结固化。为了防止碳纳米管在高温烧结过程中发生氧化反应,需要通入一定流量的保护气体,避免碳纳米管和 O_2 接触。实验中,保护气体采用的是 CO_2 。经过排气、封离和烤消工艺之后形成器件,器件内部的真空度约为 $6.5 \times 10^{-6} \text{ Pa}$ 。

3 实验结果与讨论

3.1 器件测试和显示

在样品的测试初期,部分阳极像素点有微小局部闪烁现象,估计是由于部分其它杂质颗粒在阳极高压作用下发光而导致的。为此,对所研发的器件样品进行了加压、过压和长时间点亮(持续工作 5 h)处理,使器件的发光达到稳定。图 3 给出了 TA-06 型三极结构场致发射显示器的发射特性曲线,可以看出器件具有良好的栅控特性。

图 4 给出了所研制的 TA-06 型三极结构场致发射显示器的受控单像素发光照片,而在图 5 中则给出了 TA-06 型场致发射显示器的显示发光图像,成功的显示了“ π ”字型。可以看出,三极

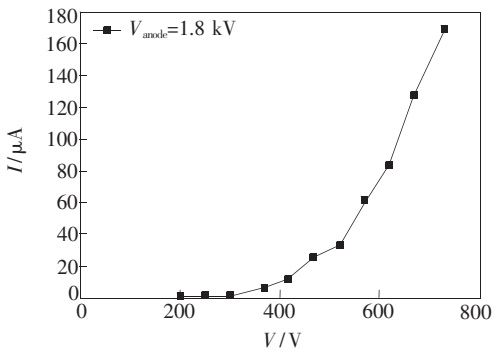


图 3 三极结构 TA-06 型显示器的场致发射特性曲线
Fig. 3 Field emission characteristics curve of triode TA-06 type display device

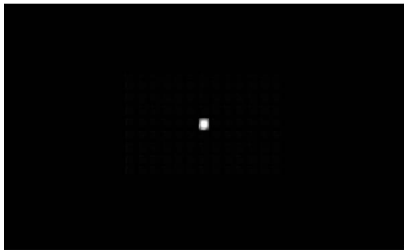


图 4 场致发射显示器的单像素发光照片
Fig. 4 Single pixel lighting photo of field emission display

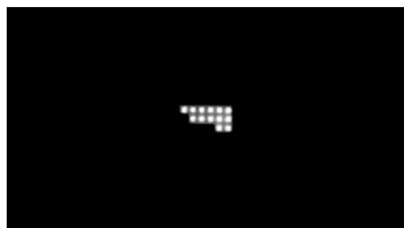


图 5 碳纳米管场致发射显示器的显示图像

Fig. 5 Display image of field emission display with carbon nanotube cathode

结构显示器可以实现点阵阴极寻址功能,这也证明了该封装及相应的布线技术的可行性。器件的发光亮度比较高,在白昼室内其图像清晰可见。

3.2 寻址方式

将阴极作为公共电极,在栅极和阴极之间施加栅极电压,用于控制碳纳米管的电子发射;在阴极和阳极之间施加阳极电压,用于进行发射后电子的加速。由于在点阵阴极寻址结构中,每一个阳极发光像素点都对应着一个独立的阴极像素点和阴极电极,因此在栅极电压和阳极电压都相对固定的情形下,依次连通对应的阴极电极就可以使阳极像素点发光显示图形,具备逐点控制功能。在这种新型的点阵阴极寻址工作方式中,阴极像素点的连通可以采用现有的集成驱动电路来控制。栅极电压的改变,可以控制碳纳米管发射电子以及电子发射的程度;阳极电压的改变,可以控制阳极像素点发光亮度等图像指标。显示器件与现有集成驱动电路的结合,减少了器件制作成本并降低了器件功耗。

3.3 器件的引线方式

考虑到器件封装和烧结等因素,选用钙钠平板玻璃作为点阵阴极寻址结构的基底,该基底同时也是器件的阴极面板。鉴于阴极引线的数量比较多,采用了分层外引和层叠式相结合的办法。采用分层外引和层叠式相结合的办法,可以允许更多的引线连接,并且不容易引起相邻引线短接现象的出现。显然,与常规栅极-阴极的 X-Y 矩阵

寻址方式相比,这种点阵阴极寻址工作方式具有独特的优越之处。

3.3.1 器件工作电压

在这种新型点阵阴极寻址结构的场致发射平板显示器中,栅极的作用仅限于施加栅极工作电压,用于控制碳纳米管阴极的电子发射,因此也就不需要对栅极部分进行电极分割,可以将栅极部分制作成一个整体电极。

3.3.2 器件成本

在这种场致发射平板显示器件中,鉴于点阵阴极寻址的特殊工作方式,首先依次连通对应的阴极工作电极就可以进行阳极像素点发光图形的显示,然后可以再利用栅极电压和阳极电压对像素点发光图形的亮度等技术指标进行调节。可以将常规的驱动集成电路应用于点阵阴极寻址型显示器件中,而不需要像 X-Y 矩阵寻址型显示器件中需要额外定制驱动电路,降低了驱动电路的造价,从而削减了整体显示器件的生产成本。

3.4 存在的问题

在器件测试过程中存在部分阳极像素点发光亮度较低且不均匀现象,这可以通过相应地提高这部分阳极像素点的阳极工作电压来解决。初步分析认为,受到阴极面板的面积因素制约,部分阴极像素点的引线过细过长而使引线上的电压降过大,造成该引线相连接的阴极像素点上碳纳米管的表面电场强度要低于预期值。关于这方面的改进措施还在进一步的研发当中。

4 结 论

场致发射显示器是一种很有开发前景和广阔应用领域的新型显示器件。在结合丝网印刷工艺的基础上,进行了带有点阵阴极寻址结构的三极结构碳纳米管场致发射显示器的器件研发,可以对像素进行逐点控制。采用这种技术研制的显示器能够进行高亮度的图像显示,已经具备了基本功能,且功耗很低。

参 考 文 献:

- [1] Sarangi D, Arfaoui I, Bonard J M. Carbon nanotube growth on borosilicate glass for flat panel displays [J]. *Phys. B*, 2002, 323(1-4):165-167.
- [2] 刘立军,张志勇,杨延宁,等. 一种类 OLED 驱动 FED 驱动电路的设计 [J]. *光电子技术*, 2007, 27(3):198-202.

[3] 李玉魁,郭艳清,朱长纯. 三极结构场致发射显示器的器件制作研究 [J]. 液晶与显示,2006,21(3):232-235.

[4] 顾广瑞,吴宝嘉,金逢锡,等. 石英管型 MWPCVD 法制备的纳米针状结构碳膜的场发射特 [J]. 液晶与显示,2007,22(5):535-546.

[5] 张哲娟,孙卓,张燕萍,等. 空气氧化法对纳米碳管场发射性能的影响 [J]. 液晶与显示,2007,22(5):547-551.

[6] 樊志琴,蔡根旺,王世建,等. 碳纳米管膜场发射三极管的制备及特性研究 [J]. 液晶与显示,2008,23(1):30-34.

[7] 郭平生,陈婷,曹章轶,等. 场致发射阴极碳纳米管的热化学气相沉积法低温生长 [J]. 物理学报,2007,56(11):6705-6711.

[8] Choi G S, Son K H, Kim D J. Fabrication of high performance carbon nanotube field emitters [J]. *Microelectronic Engineering*, 2003,66 (1-4): 206-212.

[9] 曾凡光,朱长纯,刘卫华,等. 碳纳米管场发射显示器及其全印刷制造技术 [J]. 西安交通大学学报, 2005, 39(10): 1139-1141 .

Fabrication of Triode Field Emission Display
with Dot-Matrix Addressing Structure

JIN Xiao-feng¹, ZHANG Qi¹, LI Yu-kui², WU Chao²

(1. Institute of Electrical and Mechanical, Jiaozuo University, Jiaozuo 454100, China, E-mail: lawsound@163.com;

2. School of Electron Information, Zhongyuan Institute of Technology, Zhengzhou 450007, China)

Abstract

Using the screen-printing process, the large-area dot-matrix cathode addressing structure was implemented on the glass substrate with the stack type for the preparation of insulating layer and wiring layer. The triode field emission display (FED) sample was developed with carbon nanotubes as cathode materials. With the dot-matrix cathode addressing structure, the lightening-pixel could be point-to-point controlled directly, and the better image display was confirmed for the whole device. The FED could be controlled by the existing drive integrated circuit, and possessed better field emission characteristics and high display brightness.

Key words: field emission; cathode; addressing; dot-matrix; carbon nanotube

作者简介:靳孝峰(1965—),男,河南商丘人,副教授,主要从事电子技术及单片机方面的研究工作。