

文章编号:1007-2780(2010)05-0709-04

三极场发射显示器件的发光优化制作

李玉魁¹, 刘云朋²

(1. 中原工学院 电子信息学院, 河南 郑州 450007, E-mail: lyksound@yahoo.com.cn;

2. 焦作大学 信息工程学院, 河南 焦作 454003)

摘 要: 结合低熔点玻璃粉密封工艺, 应用钙钠平板玻璃分别形成阴极面板、阳极面板和封装面板, 研发了三极结构的场致发射显示器件。阳极面板作为相互连通的发射腔和排气腔的公共端, 用于产生器件显示图像; 具有高平整度的阳极面板处于真空环境中, 不会出现形变现象, 确保了发光图像的显示均匀性。封装面板上不存在任何电极。整体封装器件制作工艺稳定、可靠且成本低廉, 具有较高的显示亮度、良好的栅控特性和图形显示功能。

关 键 词: 面板; 封装; 显示; 器件; 场发射

中图分类号: N873⁺.95 **文献标识码:** A

Lightening Optimization Fabrication for Triode Field Emission Display Device

LI Yu-kui¹, LIU Yun-peng²

(1. School of Electronic Information, Zhongyuan Institute of Technology,

Zhengzhou 450007, China, E-mail: lyksound@yahoo.com.cn;

2. School of Information Engineering, Jiaozuo University, Jiaozuo 454003, China)

Abstract: With the low-melting glass frit sealing process, the triode field emission display device was developed; the cathode faceplate, anode faceplate and packaging faceplate were respectively formed using the soda-lime glass materials. Used as the common part of connected emitting chamber and exhaust chamber, the anode faceplate was adopted to display the device image. The deformation phenomenon was avoided for the anode faceplate with high smoothness in the vacuum environment, and the lightening image possessed good display uniformity. There was no any electrode for the packaging faceplate. The whole packaging device fabrication process was stable, reliable and low-cost. The developed display device possessed high display brightness, better grid-controlled characteristics and image display performance.

Key words: faceplate; packaging; display; device; field emission

1 引 言

场致发射显示器(FED)是一种新型的真空电子器件, 被公认为是下一代理想的平板显示器件^[1-3]。FED 与阴极射线管显示器相类似, 都是

用高速电子对荧光粉进行轰击而发出可见光, 因此通常也被称为“薄型化的 CRT”。从阴极材料的角度而言, 当外加到阴极表面的电场强度足够大, 阴极就能够发射出大量的电子, 也就是所谓的“场致发射”模式^[4-5]; 从器件图像的角度来看,

收稿日期: 2009-10-19; 修订日期: 2009-11-05

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划资助项目(No. 2009B510019); 河南省高校青年骨干教师计划资助项目

作者简介: 李玉魁(1973—), 男, 辽宁锦州人, 博士, 副教授, 主要从事显示技术、平板器件制作、电子技术及应用等方面的研究。

FED 的图像具有色彩丰富、亮度高、视角宽、响应速度快等特性,并兼顾具有器件轻型化、低功耗化、完全平板化等优越之处^[6],是平板技术领域具有特有竞争力的新一代信息显示市场产品。随着器件显示面积的增大,阳极发光像素点数量的急剧增加,显示图像的非均匀性发光等问题迫切需要得到解决^[7-8]。器件结构非复杂化、器件低功耗化、制作工艺简单化、发光亮度均匀化既是显示技术不断追求的目标,也是显示器件应用的前提和基础^[9-11]。

2 器件结构及制作

2.1 器件结构

三极结构 FED 器件的纵向结构如图 1 所示, 整体器件主要由平板玻璃和玻璃条框来构成。3 块平板玻璃均为钙钠玻璃, 形状为矩形, 核心尺寸为 $40\text{ mm} \times 110\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ (宽 $\times$ 长 $\times$ 厚)。平板玻璃之间用厚度为 2 mm 的玻璃条框进行相互隔离, 分别形成阴极面板、阳极面板和封装面板。其中封装面板、阳极面板和玻璃条框所构成的空腔为排气腔, 而阳极面板、阴极面板和玻璃条框所构成的空腔为发射腔。阳极面板为两个腔体的公共部分。器件装配后, 阳极面板则悬浮在器件内部空腔当中, 四周由玻璃条框来支撑, 并延伸到器件外部。由于在阳极面板上有排气孔洞, 因此实际上发射腔和排气腔是相互连通的。

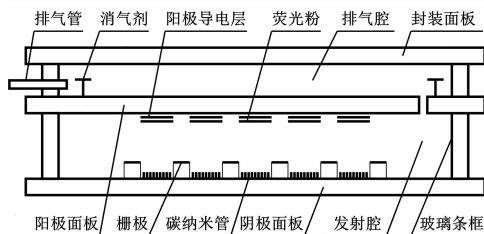


图 1 三极结构显示器件的剖面结构图

Fig. 1 Section plan of triode structure display device

整体 FED 器件由 3 套电极组成,分别为阴极、栅极和阳极。在器件制作时,将器件阳极制作在阳极面板上,其阳极引线通过阳极面板而延伸到器件外部。阴极和栅极都制作在阴极面板上,并通过阴极面板将阴极引线和栅极引线分别延伸到器件外部。消气剂和排气管等附属元件都位于排气腔当中。

2.2 器件制作工艺

在阳极面板的内侧有锡锡氧化物膜层(ITO),经刻蚀后分别形成阳极引线和阳极导电层。阳极引线可用于施加外部阳极高电压,其最小宽度为 $200\text{ }\mu\text{m}$ 。考虑到细线条的阳极引线会造成过大的阳极压降,在器件阳极面板的非显示区域,对阳极引线进行了两方面处理:一是宽度加宽,最大宽度达到了 2 mm ;二是进行加厚处理,即在阳极引线的上面再次印刷银浆层。最后,在阳极导电层的上面制备荧光粉,形成阳极像素发光点。考虑到实际工艺水平,每个像素发光点的显示面积设定为 $0.4\text{ mm}\times 0.4\text{ mm}$,像素点之间的空间用于制作隐藏层。在阴极面板上,对内侧的ITO膜层进行刻蚀,分别形成阴极引线、栅极引线和阴极导电层;阴极引线和阴极导电层相连通,可用于对碳纳米管施加外部阴极电压;栅极引线是预留在阴极面板上的,和阴极引线分离且互不导通。栅极和阴极之间制作有绝缘层,在绝缘层上面印刷银浆并烧结后形成栅极,栅极导线将条状栅极和预留在阴极面板上的栅极引线相互连接,并通过阴极面板而延伸到器件外部,可用于施加外部栅极电压。最后,将碳纳米管制备在预留的阴极导电层上,形成以场致发射模式进行电子发射的阴极。

2.3 器件封装

对钙钠玻璃加工形成玻璃条框,用于构成密封的空腔;装配排气管,并将消气剂等附属元件装配到排气腔当中。在完成器件装配工艺后,用低熔点玻璃粉对整体器件进行密封。最后依次经过常规的玻璃粉烧结、烤消、管脚安装等常规工艺后形成器件。其中阴极和阳极之间的距离设定为 2.7 mm。

3 结果与讨论

3.1 图像显示

将碳纳米管阴极接地,作为栅极电压和阳极电压的公共端。当施加外部栅极电压和阳极电压后,碳纳米管在高电场强度下会发射出大量电子,电子在阳极高电压的作用下在器件发射腔加速向阳极运动,并轰击阳极面板的荧光粉而发出可见光,可见光经阳极面板、排气腔和封装面板后透射到器件外部。图 2 给出了器件显示的点阵式静态字符发光照片,能够非常清晰地显示“TFT”字符。

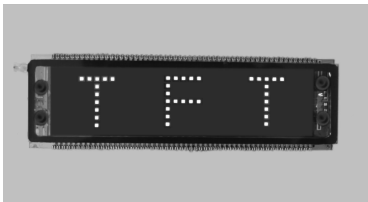


图 2 显示器件点阵式静态字符发光照片
Fig. 2 Dot matrix static character photo of display device

从显示图像可以看出：

(1)整体显示器的图像均匀性得到了很大的改善,在目测情况下各个像素点的发光亮度没有区别；

(2)显示器件的像素点发光串亮现象得到了有效抑制,当单独像素点发光时,其邻近像素点未出现连带发光现象；

(3)整体器件的发光亮度很高,在白天室内其发光图像清晰可见。

3.2 阳极面板

在三极结构的 FED 器件中阳极面板玻璃承担着双重重任:既要作为器件的阳极面板来产生显示图像,同时还要承担着器件内外的大气压力差。从机械强度方面而言,厚平板玻璃显然更适合于场致发射显示器的面板制作,但是厚平板玻璃的表面平整度较差,易使形成的图像发生形变,其固有缺陷也是显而易见的。

在研发的 FED 器件中,封装面板由厚度为 2 mm 的普通钙钠玻璃构成,用于抵抗器件内外的大气压力差。由于显示器件的图像并不在封装面板上产生,因此对其表面平整度的要求很低,只要不影响器件内部产生的可见光透射到器件外部即可。阳极面板则是专门用于产生器件图像,由碳纳米管阴极发射的电子经加速后对阳极面板表面的荧光粉进行高能量轰击,从而发出可见光并产生图像。由于阳极面板玻璃的表面平整度较高,所产生的图像质量很好,这对于进一步提高整体器件的显示图像技术指标是有利的,确保了器件发光图像的显示均匀性。在图 3 中给出了显示

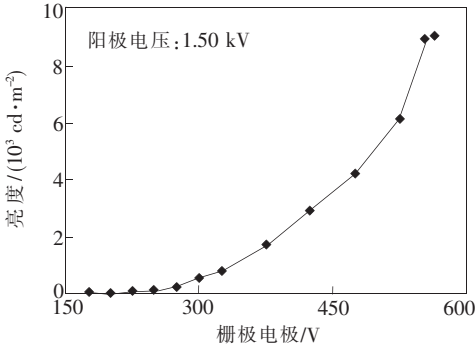


图 3 显示器件的典型像素点发光亮度曲线
Fig. 3 Typical pixel brightness curve for the display device

器件的典型像素点发光亮度曲线。为了保证器件的制作成功率,我们并没有采用厚度更薄、平整度更高的平板玻璃,这将在后续的研发工作中进行探讨和研究。

在阳极面板上设有排气孔洞,将发射腔和排气腔相互连通。当对器件进行排气密封后,排气腔和发射腔均处于真空状态,且由于排气孔洞的连通而导致两个腔体的真空度完全相同。因此,排气后阳极面板的上下表面均处于真空环境中,不存在大气压力差因素的影响,因而对其机械强度的要求也就随之有所降低。由于阳极面板是直接延伸到器件外部的,因而位于阳极面板表面的阳极引线也就随之而延展,不需要进行额外设置和制作,减少了器件引线的难度,也就降低了器件制作的复杂程度。阳极面板的固定则依赖于四周玻璃条框,用低熔点玻璃粉进行密封并维持内部高真空状态。

4 结 论

三极结构 FED 器件是一种具有高分辨率、高发光效率的自发光真空器件。本文利用钙钠玻璃分别形成封装面板、阳极面板和阴极面板,发射腔和排气腔通过阳极面板的排气孔洞而相互连通,从而避免了阳极面板形变现象的出现,改善了图像的显示均匀性,整体器件具有高显示亮度和良好的场致发射特性。

参 考 文 献:

[1] Matsuda T, Mesko M, Ogino A, et al. Synthesis of vertically aligned carbon nanotubes on submicron-sized dot-catalyst array using plasma CVD method [J]. *Diamond and Related Materials*, 2008, 17(4-5):772-775.

[2] Ni L, Kuroda K,Zhou L P, *et al.* Decomposition of metal carbides as elementary step of carbon nanotube synthesis [J]. *Carbon*, 2009, 47(13):3054-3062.

[3] Choi Y C, Lee N. Influence of length distributions of carbon nanotubes on their field emission uniformity in the paste-printed dot arrays [J]. *Diamond and related materials*, 2008, 17(3):270-275.

[4] 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.

[5] Kwo J L,Yokoyama M,Wang W C, *et al.* Characteristics of flat panel display using carbon nanotubes as electron emitters [J]. *Diamond and related materials*, 2000, 9(3-6):1270-1274.

[6] Zhang Z J, Sun Z, Chen Y W. Improve the field emission uniformity of carbon nanotubes treated by ball-milling process [J]. *Appl. Surface Science*, 2007, 253(6):3292-3297.

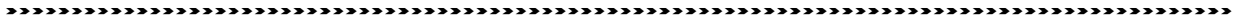
[7] Zeng F G, Zhu C C, Liu W H, *et al.* The fabrication and operation of fully printed carbon nanotube field emission displays [J]. *Microelectronics Journal*, 2006, 37(6):495-499.

[8] 朱长纯,皇甫鲁江,淮永进,等. 碳纳米管阴极场发射平板显示器的真空封装[J]. 西安交通大学学报,2000,34(6):102-104.

[9] 刘卫华,朱长纯. 丝网印刷三极 CNT FEA 的研制[J]. 液晶与显示,2008,23(2):178-183.

[10] 靳孝峰,张琦,李玉魁,等. 点阵阴极寻址型三极场发射器件的制作[J]. 液晶与显示,2008,24(4):518-521.

[11] 靳孝峰,赵峰,李玉魁,等. 高真空场发射三极显示器的制作[J]. 液晶与显示,2008,24(5):661-665.



SI 词头

代表的因素	词 头 名 称		符 号	代表的因素	词 头 名 称		符 号
	英 文	中 文			英 文	中 文	
10 ²⁴	yotta	尧[它]	Y	10 ⁻¹	deci	分	d
10 ²¹	zetta	泽[它]	Z	10 ⁻²	centi	厘	c
10 ¹⁸	exa	艾[可萨]	E	10 ⁻³	milli	毫	m
10 ¹⁵	peta	拍[它]	P	10 ⁻⁶	micro	微	μ
10 ¹²	tera	太[拉]	T	10 ⁻⁹	nano	纳[诺]	n
10 ⁹	giga	吉[咖]	G	10 ⁻¹²	pico	皮[可]	p
10 ⁶	mega	兆	M	10 ⁻¹⁵	femto	飞[母托]	f
10 ³	kilo	千	k	10 ⁻¹⁸	atto	阿[托]	a
10 ²	hecto	百	h	10 ⁻²¹	zepto	仄[普托]	z
10 ¹	deca	十	da	10 ⁻²⁴	yocto	幺[科托]	y