

场致发射显示器的现状与发展

朱长纯, 史永胜

(西安交通大学 电信学院, 陕西 西安 710049)

Status and Development of Field Emission Display

ZHU Chang-chun, SHI Yong-sheng

(*Electronic and Information Engineering school, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049 China*)

Abstract: The development status and application future of field emission display (FED) are compared and analysed. Field emitters, array fabrication technology and variant key technique are discussed emphatically. Study and developing of famous corporation in world is introduced, development trend of FED is showed.

Key words: Field emission display (FED); Field emission array; Carbon nanotube (CNT)

摘 要: 通过对场致发射显示器 (FED) 发展现状及其应用前景进行系统的比较与分析, 着重讨论了场致发射体及其阵列制备工艺以及各种关键技术的优缺点。并介绍国外著名公司的研究动态, 展望 FED 的发展趋势。

关键词: 场致发射显示器; 场发射阵列; 碳纳米管

中图分类号: TN141 文献标识码: A 文章编号: 1002-8935(2002)05-0015-03

众多平板显示器件研究的热潮此起彼伏, 继 LCD 和 PDP 之后, 未来哪种显示器件可望主导 21 世纪的显示器市场呢? 就显示器图像的质量及前景来看, 场致发射显示器 (FED) 最适合电视特性。它具有 CRT 高画质和 LCD 薄型低耗的双重技术优势, 称作显示器的“未来之王”。

1 FED 显示特点

对于 FED 而言, 它具有 CRT 的高图像质量, LCD 的超薄型以及 POP 的大面积等特性。在发光效率、亮度、视角、功耗等方面具有和 LCD 和 PDP 相当的优势。其 FED 还具有分辨率高、色再现性好、对比度好、响应速度快, 耐严酷的高低温、抗振动冲击, 电磁辐射极微, 生产成本较低, 易于实现数字化显示等特点^[1]。如表 1 所示。

2 场致发射阵列

FED 的基本结构如图 1 所示, 它由两块平行的交叉电极构成可寻址的电子场致发射阵列基板与靠支撑体支撑涂有三基色荧光粉像素阵列的前板组

成, 最后真空封装构成。场致发射显示是在强电场作用下, 阴极表面势垒高度降低, 宽度变窄, 电子通过隧道效应穿过势垒发射到真空中, 轰击三基色荧光粉发光^[2,3]。

表 1 平板显示器性能比较

特性	LCD	PDP	FED
视角/ (°)	±60	±80	±80
亮度/ cdm^{-2}	200	400	> 600
响应时间/ ms	30 ~ 60	1 ~ 10	10 ~ 30 μs
对比度	> 100 : 1	100 : 1	100 : 1
发光效率/ lmW^{-1}	3 ~ 4	1.0	15 ~ 20
功耗/ W	3	200	2
像素点	1024 × 768	852 × 480	640 × 480
工作温度/	0 ~ +50	- 20 ~ +55	- 45 ~ +85
平板厚度/ mm	8	75 ~ 100	10
尺寸/ cm	26.4	107.6	26.4

要得到足够大的发射电流, 应采用 提高栅极工作电压; 采用低表面逸出功的发射材料或阴极表面涂敷低逸出功材料; 改变阴极的几何形状以增大几何因子。可寻址的场致发射阵列是 FED 器件的基础和核心, 发射均匀、稳定, 长寿命、高可靠性、低成本的场致发射体及其阵列制备工艺就成为 FED 研究的关键。下面四类发射体成为人们关注的焦点。

收稿日期: 2002 - 02 - 04

作者简介: 朱长纯, 教授, 博士生导师, 中国场致发射与真空微电子学系专委会主任。

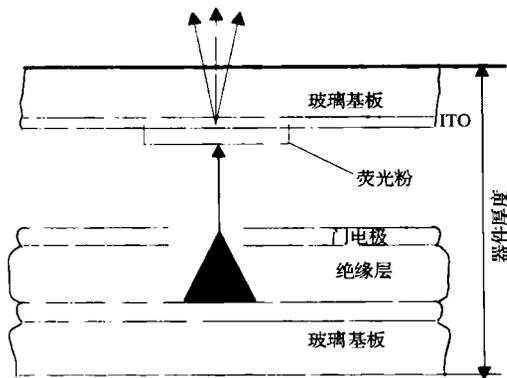


图1 FED工作原理

2.1 微尖型阵列

这是一种通过增加发射体曲率以提高发射体附近的场强,进而降低工作电压,即减小功耗与成本的发射体。材料可以为物理、化学特性较稳定的各种金属、半导体和介质(金刚石)或它们的复合体。如钨尖、硅尖和 Spindt 微尖等。据此,Candescent 公司

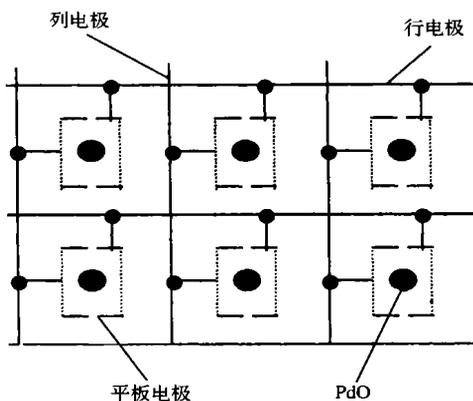


图2 SED器件像素单元与工作原理

2.3 碳纳米管发射体

碳纳米管具有许多独特的优点:场致电子发射性能极好、工作电压低、发射电流大、电子逸出功低、发射特性十分稳定;化学稳定性好、使用寿命长、可靠性高;原材料来源广泛,制备工艺相对简单,易于大批量生产;大面积、均匀 CNT 阴极制作技术已有较大突破。因此,CNT 阴极被认为是最有希望的理想场发射体,成为国内外 FED 阴极研究的热点。

Samsung 公司已据此于 2000 年 6 月推出了 15 英寸的 FED 全彩色显示器件。日本伊势电子公司已开发出 14.5 英寸 CNT FED,并正在试制 40 英寸 FED,准备于 2004 年投放壁挂电视。日本 NEC 希望 2004 年初实现 76 cm 以下电视和个人电脑的显示 FED 商品化。

下一步 CNT 阴极发展重点是更好地控制 CNT 制

先后推出了 4.4 英寸到 13.2 英寸显示器,命名为薄型 CRT;微尖的代表 Motorola 公司推出了 15 英寸 FED 全彩色显示器件,其阴极寿命大于 10000 h。但是微尖阵列的缺点是加工精细、工艺复杂、难于制造。

2.2 表面导电发射体

表面导电发射体(SED, Surface Conduction Emitters)是 Canon 公司研发的并拥有多项专利技术。该公司继 1997 年推出 10 英寸样机后,目前已研制出 30 英寸样机。为实现大面积显示 Canon/ Toshiba 合资研发 SED。SED(如图 2)发射体用喷墨技术涂敷,平面电极采用印刷技术。两平面电极间距 $10\ \mu\text{m}$,中间用喷墨头涂敷一层 PdO 薄膜,电极间加高压,击穿 PdO 薄膜,形成 10 nm 缝隙,平面电极电压 15 V,电流流过 PdO 薄膜,其阳压 500 V,1%电子击发荧光发光,消耗电极功率仅占 23%。SED 的优点是响应时间短、频率高、成本低,亮度达 $590\ \text{cd}/\text{m}^2$,大面积显示。其缺点是电子离散角大,分辨率低。

造工艺,保证大批量、高纯度、无缺陷、稳定地生产 CNT,制造出大面积均匀场发射稳定的 CNT 阴极。

2.4 其它类发射体

金刚石薄膜发射体(Diamond Thin Film)。金钢石薄膜场发射的阈值电场强度约为 $2 \times 10^5\ \text{V}/\text{cm}$,阴极电流密度 $100\ \text{A}/\text{cm}^2$ [15]。金刚石呈电负性、逸出功低,物理与化学稳定性高,其薄膜导热性能比钨大 5 倍。制造廉价、工艺简单、易于大面积发射体及批量生产,是替代微尖的较理想发射体。

金属-介质-金属夹层结构(MIM)和金属-绝缘体-半导体-金属结构(MISM)发射体[6]。日本先锋公司 MISM 阴极发射比达到 28%,但发射均匀性差。日立 MIM 阴极发射比达到 10.5%,但器件电容很大,限制大面积使用。MISM 类型阴极结构优点:寻址电压

低,约20V;制作工艺简易;发射的电子具有自聚焦特性,大面积工艺相对简单。MISM多年来一直没有达到实用化的主要问题是发射比小。

3 国外发展现状

第一代 FED 基于薄膜技术与半导体加工方法,采用高熔点金属作发射体,尽管色纯、亮度及寿命等性能接近 CRT,尺寸也达到 15 英寸,但高成本仍困扰着 FED 研发人员。

第二代 FED 采用两种降低生产成本、增大显示尺寸的方法。选择更优秀的低成本冷场致发射体,或低逸出功或内在场增强发射体;不采用光刻技术与薄膜技术制造场发射体。在 15 英寸以下以低廉成本与 TFT-LCD 竞争占优,TFT-LCD 利用光刻技术和薄膜加工,成本高又不易制作大尺寸显示器。

第二代大尺寸 FED 强调使用新的厚膜工艺来加工冷发射源,摒弃昂贵的光刻方法,使之有条件迎接能耗与成本不断降低的 PDP 和 CRT 背投影机市场的压力与挑战^[7,8]。场发射体印刷技术能降低大尺寸 FED 显示的制作成本,适合大量生产。美国 PFE 公司开发了发射体浆料,此技术最有希望降低成本。Samsung, Motorola 用各种技术沉积发射体,如电泳及屏幕打印,他们正在利用开启电压极低的 CNT 来制作全彩色 FED,采用三极管类型结构,其基本结构示意图如图 3 所示。^[9,10]

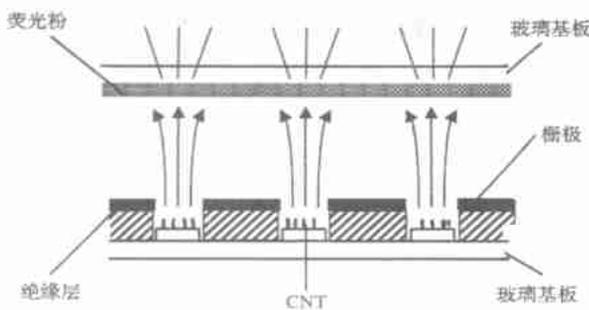


图3 FED基本结构示意图

4 国外市场发展动态

首先,三极管型 CNT-FED 在 5~7 英寸市场占据了统治地位,如彩色视频显示的 PDA、游戏、导航、潜水艇用;其次,中小尺寸屏已着手商品化。Pixtech 公司已批量生产 FED,其产品交付 Audi 公司做为便携式医学显示器件,如 12.1 英寸交付美国“国防高级研究项目局”。双叶电子工业在生产单色、低电压彩色车载用 FED 已达到实用化。以 Sony/Candescent 为代表, Sony5.3 英寸 VGA FED 寿命大于 10000 h,亮度高达

1000 cd/m²,此外,全彩色高亮度的 13.2 英寸 SVQA,最近又有新的改进并制造出 13.2 英寸 XGA。Candescent 开发了 34 cm(13.3 英寸) FED 显示器(分辨率 800 × 600),并将在 2002~2003 年批量生产。不久的将来,以 Canon/Toshiba 为代表 FED 将在 2002~2003 年批量生产。以 Canon/Toshiba 为代表 FED 的大屏幕 24~40 英寸监视器及 TV 产品将与 PDP 形成对抗。其 SED 产品会在 2003 年前面世,尺寸在 76~127 cm 范围,技术成熟后有望成为 PDP 的替代品;Samsung SDI 已开发出 15 英寸 FED,灰度 64,分辨率 640 × 640,成本为 20 \$/英寸,采用印刷方式,2004 年该印刷方式将大量生产;2006 年达到灰度 260、分辨率 1280 × 1024 的 32 英寸的高水平,力争实现 81 cm 彩色电视机 FED 实用目标。

5 展望

尽管 FED 的研究在高效低压荧光粉、抗大气压支撑体、显示寿命等方面已取得可喜的进步。但要实现商品化,仍存在诸多急待解决的问题:发射体发射机制的研究;优化器件参数结构,尤其是阳极电压的设计;真空封装工艺;扩大显示面积,改善发射稳定性和均匀性;提高寿命、降低制造成本。

因此,要实现理想的显示器,FED 研究仍有一段探索之路^[2,7]。不过,纳米技术给 FED 带来强大的生机,被发达国家首选推崇的、最具商品化的 CNT-FED,业已形成“群雄逐鹿”的研究热点,并取得长足的进展。它即充分发挥 FED 固有的优良品质,又具有极低的制造成本,在与小尺寸 LCD 及大尺寸 PDP 日益加剧的竞争中凸显其诱人优势和前景。高画质、低成本、大面积将是 FED 的发展趋势。当今最有希望实用化的 FED,一是印刷碳基发射体薄膜尤其是 CNT 发射体。二是采用厚膜技术大尺寸低成本的 SED^[11-14]。

参 考 文 献

- [1] 朱长纯. 纳米显示器件及其未来的发展. CV & F2000, (1): 4.
- [2] 吴祖培. 光电显示器件应用的现状及展望. 2000:43-44.
- [3] 牛憨笨. 浅谈我国显示器件技术的发展. 科技导报, 1999, 6:34-36.
- [4] Yamaguchi E et al. A 10in Surface-conduction Electron Display. J of SID, 1997, 15(4):345-348.
- [5] 高利珍. 碳纳米管的生产及其应用. 科技导报, 2001, 6: 16-19.

(下转第 26 页)

- Surface Science, 1997, 111:99.
- [2] Wang Jinshu, Zhou Meiling, Nie Zuoren et al. A Study of Diffusion Behavior of Elements Lanthanum and Oxygen in Mo-La₂O₃ Cathode. Journal of Alloys and Compounds, 2000, 311:82-85.
- [3] Wang Jinshu, Zhou Meiling, Zhang Jiuxing et al. A Study of function Mechanism of Carbonized Layer at the Surface of La₂O₃-Mo Cathode. Tran Nonferrous Met Soc China, 2001, 11(1):26-29.
- [4] Wang Jinshu, Zhou Meiling, Zuo Tiejong et al. Advances in Thermionic Cathode of Tungsten and Molybdenum. Rare Metals, 2001, 20(3):1-4.
- [5] 侯建平, 王亦曼, 聂祚仁等. 电子发射性能的自动测量将发表.
- [6] Catteling, M J. Miram G V. Practical Workfunction Distribution. Conference Record. 1992 Tri-Service/ NASA Cathode Workshop, 19.
- [7] 王成, 陈其略, 王亦曼. 实用合金次级电子发射体的表面研究. 真空科学与技术, 1991, 11(5):341.
- [8] 刘学恂. 阴极电子学. 北京: 科学出版社, 1980.

(上接第 17 页)

- [6] 李德杰. 用于平面显示的 MISM 结构阴极. 真空科学与技术, 2001, (3):143-146.
- [7] Talin A A. Field Emission Display—a Critical Review. Solid-State Electronics, 2001, 45:963-976.
- [8] Ed secheibler, Theodore Fahlen. Candescents Vision for Field Emission Flat Panel Displays. 14th IVMC 2001: 175.
- [9] Taylor W. Printed FEDs Technical Advances and Manufacturing Cost Modelling. 14th IVMC 2001:177.
- [10] Tuck R A. Printable Large-area FEDs. Inform Display 2000;16:14-6.
- [11] Lee N S, Kang J H, Choi WB *et al.* Triode Structure Field Emission Displays Using Carbon Nanotube Emitters. 13th IVMC 2000. p. 193.
- [12] Jo S H. Carbon Nanotube Cathode with Low Operating Voltage. 14th IVMC 2001:31-32.
- [13] Robert H. How Do FEDs Really Fail. Information Display, 2001, 7:28-31.
- [14] Peter Seats. Is There a Future for Flat Panel Cathode-Ray Tube. Information Display, 2001, 7:22-26.
- [15] 梅遂生. 光电子技术. 北京: 国防工业出版社, 253.

国际微波与毫米波技术会议简讯

2000年第3届国际微波与毫米波技术会议(ICMMT)于2002年8月17~19日在中国北京梅地亚中心召开。各国代表踊跃参与,会议议题广泛,且先进性倍受关注,学术报告内容丰富,讨论非常活跃。大会的学术报告大致包括如下内容:SiGe器件(8篇)、真空器件(18篇)、微波测量与实验(9篇)、RF集成电路及RF微机电系统(21篇)、通信系统(9篇)、微波效应与应用(7篇)、传播和散射及全球定位系统和雷达(36篇)、天线及智能天线和天线阵(64篇)、电磁场理论及CAD技术(48篇)、电磁兼容及电磁感应(7篇)、微波和毫米波元件(43篇)以及光子学和光学(17篇)等等。

会议全部学术报告已制成相应的论文集和光盘,有意者可以联系购买。

(欧阳勤)