

·场发射与真空微纳电子会议专辑·

## CNT-FED 中光刻工艺的研究

陈 静,杨夏喜,雷 威,张晓兵

(东南大学 电子工程系,江苏 南京 210096)

### Investigation of Lithography Process in CNT-FED

CHEN Jing, YANG Xia-xi, LEI Wei, ZHANG Xiao-bing

(Department of Electronic Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

**Abstract :** The authors use lithography technology to fabricate all kinds of ITO and electrodes' patterns in diode - type CNT-FED. We mainly discuss the treatment of surface of ITO glass and process of lithography. We also discuss the factors of lithography, including the cleaning of substrate glass, the operating of lithography, the controlling of the exposure time, and the concentration of acid. By optimizing these processes, we have got the precise strips pattern required by the CNT-FED and also the best conditions of lithography technology.

**Key words :** Lithography ; CNT-FED ; ITO

**摘要 :** 在碳纳米管场致发射显示器件结构中,需要采用光刻的方法制备各种不同的 ITO 图案和电极图案。本文着重介绍了 ITO 玻璃的表面处理和光刻过程。实验中采用在紫外曝光条件下,对光刻工艺中影响其刻蚀结果分辨率的各种因素做出了系统分析。这些因素主要包括了对于感光胶的选择,玻璃表面的清洁度,丝网印刷工艺的操作,紫外光曝光时间的控制,酸腐蚀浓度。通过优化实验工艺,得到满足精度要求的精细条纹,得出最佳的光刻条件。

**关键词 :** 光刻 ; 碳纳米管场致发射显示器件 ; ITO

**中图分类号 :** TN27 **文献标识码 :** A **文章编号 :** 1002 - 8935(2006)01 - 0015 - 03

碳纳米管场致发射显示器件(CNT-FED)是一种新兴的平板器件,它将阴极射线管的高质量图像显示和液晶显示屏的轻薄优点聚集一身,有可能成为未来重要的大屏幕平板显示器件。最简单的二极管场致发射显示器由阴极板、荧光屏和驱动电路等组成。如果在阴极前施加一强电场,阴极产生场发射电子并轰击阳极荧光屏上的屏光粉而发光。通过控制扫描信号和数据信号可以使得阳极荧光屏按一定的规律自上而下逐行发光,由此显示出丰富多彩的图像。这种显示器件具有彩色、自然逼真、响应速度快、视角宽、分辨率高、功耗低等优点,可以广泛地应用于家用电视机和电脑显示器<sup>[1]</sup>。场致发射器件的技术难点在于器件结构复杂,对器件工艺要求较高。在器件的二极管结构和三极管结构中(图1,2)<sup>[2,3]</sup>,阴极和阳极的制备是必不可少的,而光刻在制备阴极和阳极的过程中起了重要作用,利用光刻可以做出阳极和阴极的电极图形,以此为基础,再在阳极上涂荧光粉,阴极上涂介质层等,因而光刻的质量会影

响到整个屏的质量。在CNT-FED二极管结构中电极图形的形成过程是将涂有感光胶的ITO玻璃,放在紫外光下,使感光胶中的感光物质重氮化吸收能量,形成重氮自由基,和感光胶中的酚醛树脂发生化学反应,使酚醛树脂的长链断开,形成了羧酸物质,使其能够溶于碱中,达到曝光显影的目的<sup>[4]</sup>。在ITO上形成所需要的电极图形,再用酸去除图形以外的ITO,得到所要的电极。图1即为CNT-FED的结构图<sup>[4]</sup>,矩形框内的即为所要应用光刻工艺得到的电极。在20世纪80年代,普遍认为光学光刻技术所能达到的极限分辨率为0.5 μm,但是随着一些新技术的应用和发展,包括光源、透镜、光致抗蚀剂、分步扫描技术以及光刻分辨率增强技术的发展,使其光刻极限已推进到目前的0.1 μm以下。在CNT-FED的制备中要求电极的条纹宽度大约为0.1 mm,采用丝网印刷工艺制备电极图案具有一定困难,因此目前大都利用光刻的方法才能保证图形的精度。本文着重研究不同光刻工艺条件对图案精度

的影响。

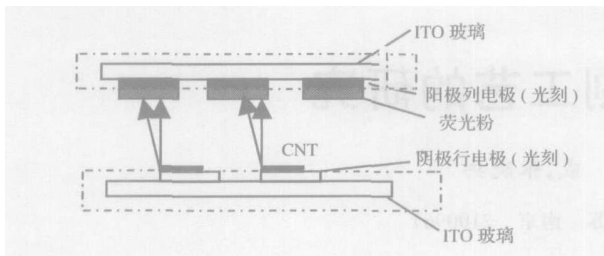


图1 CNT-FED 二极管结构

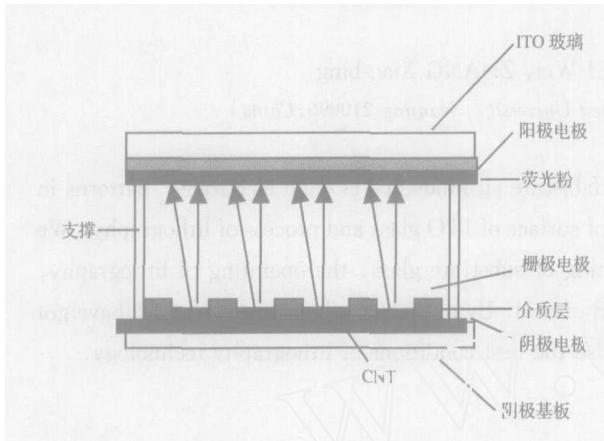


图2 CNT-FED 三极管结构

### 1 图案电极的制备

实验中所用的光刻胶是正胶,光刻胶型号为RZI-390PG,显影液为0.5% NaOH,刻蚀液为HCl和去离子水以1:1配制,去胶液为5%的NaOH。

本实验采用丝网印刷机进行涂胶,水银灯I线(365 nm),U2000-25型光刻机进行曝光实验,如图3所示。

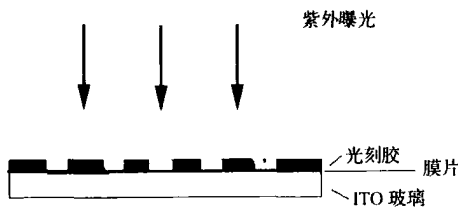


图3 曝光实验

实验步骤为清洗、涂胶、烘烤、曝光、显影<sup>[5]</sup>、坚膜、腐蚀、去胶、测量,现分别对几个步骤做详细说明。

玻璃表面的清洁用丙酮超声振荡15 min,再用酒精超声振荡15 min,最后用纯净水超声振荡15 min,烘干玻璃。丙酮洗去玻璃表面的有机物,酒精去除玻璃表面的无机物,去离子水清除表面的溶液<sup>[6]</sup>。玻璃干燥之后开始在玻璃上涂胶,使用丝印

机,用丝网印刷的方法,使胶印在玻璃上。静置片刻后放入烘箱开始烘烤30 min<sup>[7]</sup>,使膜坚固在玻璃上。玻璃冷却后进行曝光,将电极图形的膜片放在紫外灯台板上,烘好的玻璃有感光胶的一面放在膜片上,打开紫外灯进行曝光。曝光好的玻璃放入0.5%的NaOH中显影,图形出现后拿出用水冲洗,擦干。再将玻璃放入烘箱内坚膜30 min,使感光胶更牢固地黏附在玻璃上。将恒温水浴槽加热到50°,用稀盐酸去除玻璃上没有感光胶部分的ITO膜,形成ITO的电极条纹。最后配制5%的NaOH溶液,去胶,烘干。检查基板玻璃无图形处的电阻为无限大;图案电极上电阻达到要求值。

### 2 不同实验条件的影响

本文研究了不同工艺条件对图案电极精度的影响。

#### 2.1 洁净度的影响

如果清洁不净,将会造成玻璃和感光胶的黏附力不好,在清洁显影中胶易脱落,这样的玻璃与光刻胶的黏附性不好,因而玻璃表面的清洁对于光刻十分重要。

本文设计采用四种清洗方法,如表1所示。

表1 清洗实验

清洗方式	结果	分析
用去离子水清洗后烘干	烘干后的玻璃上发现水痕,玻璃上不洁净。	说明玻璃上有杂质
用酒精,去离子水清洗	玻璃上较为洁净,但形成的电极图形上有气泡形成的痕迹,有断路。	清洁不干净
用酒精,去离子水,烘干	玻璃上较为洁净,形成的电极图形上仍有断路。	清洁不干净
用丙酮,酒精,去离子水依次擦洗,后干燥	玻璃上很洁净,印膜后膜上平整,电极图形上断路很少,无气泡痕迹。	清洗干净
用丙酮,酒精,去离子水依次超声清洗15 min,后干燥	玻璃上很干净,平面光滑平整,形成图形无断路,无气泡。	清洗很干净

在涂胶过程中,玻璃表面上的颗粒杂质和水分将导致不平整的光刻胶涂布或在光刻胶中产生针孔,小气泡,表面不清洁,涂胶烘烤后可以看到表面有许多气泡形成,这会在显影和刻蚀中造成光刻胶的漂移问题,光刻胶漂移将导致ITO在刻蚀中出现钻蚀,最终影响图形的分辨率<sup>[8]</sup>。在电极光刻过程中,杂质和水分还会引起电路断路或短路,严重影响

实验结果。

采用第四种方法,因为丙酮是有机物,它虽然去除了玻璃上的有机物后,蒸发后在 ITO 表面会残留一些有机物,影响胶的铺展性和黏附性,所以用酒精和去离子水,去除无机物的同时,也去除表面的有机溶剂。烘干十分重要,去除了水分,及加速有机物质挥发。

## 2.2 曝光过程的影响

在 LCD 中,图形加工所用的光刻胶多为紫外正性胶,主要由感光剂碱性树脂及溶剂组成,是一种透明红色粘性液体,可用醇、醚、酯类等有机溶剂稀释<sup>[9]</sup>。该光刻胶遇水则产生沉淀,受热和光的作用会发生分解,是一种可燃性液体。光刻胶对基板粘附性好,具有较好的曝光宽度和显影宽度。显影后留膜率高,且具有良好的均匀性。目前使用的光刻胶成分有如下几种,如表 2<sup>[10]</sup>。

表 2 光刻胶的成分

光刻胶体系	成膜树脂	感光成分	曝光机	曝光波长
聚乙烯醇肉桂酸酯	聚乙烯醇肉桂酸酯	成膜树脂自身	高压汞灯	紫外全谱
环化树脂-重氮氮	环化橡胶	双叠氮化合物	高压汞灯	紫外全谱
酚醛树脂-重氮萘醌	酚醛树脂	重氮萘醌化合物	高压汞灯 G 线 Stepper I 线 Stepper	紫外全谱 436 nm 365 nm
248 nm	聚对羟基苯乙炔及其衍生物	光致产酸剂	KrF Excimer Laser	248 nm
193 nm	聚脂球族丙烯酸酯及共聚物	光致产酸剂	ArF Excimer Laser	193 nm

实验使用的是酚醛树脂-重氮萘醌类的,其感光机理:在紫外光照射下,重氮氮吸收能量,形成重氮自由基,和感光胶中的酚醛树脂发生化学反应,使酚醛树脂的长链断开,形成了羧酸物质,使其能够溶于碱中,达到曝光显影的目的<sup>[5]</sup>。

本文改变曝光时间以研究其对电极图案的影响。将涂过胶的 ITO 玻璃放在光刻机上进行光刻,紫外灯下曝光:1.5,2.0,2.5 min。将曝光后的样品进行显影,可以看出,曝光时间为 1 min 时,显影后还存在大量光刻胶,刻蚀后测电极的电阻,发现 ITO 没有完全刻蚀,电极处发生短路;曝光时间为 2.5 min 时,显影后电极上的 ITO 变得断断续续,条纹深浅不同,刻蚀后电极上出现断路,特别是两端处发现缺口,说明曝光时间过长;曝光时间为 2.0 min 时,光刻效果最好,没有图形处的 ITO 被完全除净,且线条完整连续,如图 4,可见清晰的条纹。原因是

在涂相同厚度光刻胶的情况下曝光时间越长,曝光量就越强,通过光刻胶的曝光量即使衰减了一部分,到达最下层时所剩曝光量仍然很强,使得不应发生化学反应的光刻胶也发生了反应生成羧酸,显影后周边这些光刻胶被显影掉而导致图形边缘线条变细,严重的时候图形变形,尺寸减小,获得的电极图形线条变细,原来线宽为 0.54 mm,现可能小于 0.54 mm。所以要得到垂直侧墙图形,光刻胶必须只吸收入射辐射光强的一小部分,一般小于 20%,如果吸收的入射辐射光强太少,即曝光时间太短,则无法使上层光刻胶发生完全化学反应,而最下层光刻胶要么没有发生化学反应或者也发生部分化学反应,要么显影过程中显影液无法洗净不需要的光刻胶,这样 ITO 表面就会有大量光刻胶,影响电极的形成<sup>[11]</sup>。

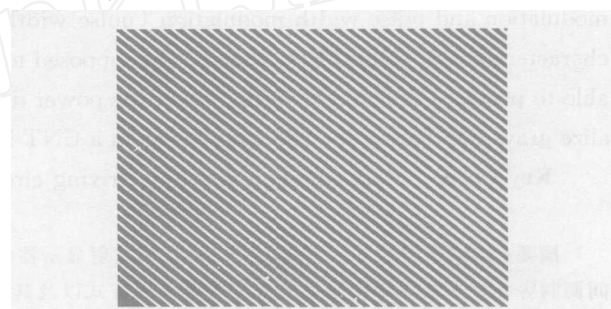


图 4 清晰的电极条纹

## 3 结论

本文研究了不同工艺条件下对图案精度的影响,首先是玻璃洁净度的影响,它对光刻起很重要的作用。因为玻璃表面的杂质和水分将会使光刻胶中产生针孔和气泡,会产生光刻胶的漂移问题,使 ITO 在刻蚀中出现钻蚀,影响图形的分辨率;其次是曝光过程的影响,曝光时间过长,刻蚀后的电极上会出现断路,曝光时间不足,光刻胶残留。选用合适的曝光时间才能获得图案良好的电极。

## 参 考 文 献

- [1] 郭太良,林志贤,吴新坤,等. 新型可印刷 FED 场发射显示器的研制[J]. 中国有色金属学报,2004,14:404.
- [2] 王小菊,林祖伦,祈康成. 场发射显示器阴极的制备方法及研究现状[J]. 现代显示,2005,49:46.
- [3] 张军,袁璟,杜秉初,等. 场发射显示器件中真空获得和维持工艺的改进[J]. 真空科学与技术,2002,(6):447.
- [4] 邓江. 场发射示器研究现状[J]. 现代显示,2005,(4):8.

(下转第 29 页)

$B_{ref}$  基色分别占有的分量系数;  $C_{ref-crt}^{rb}$ ,  $C_{ref-crt}^{gb}$ ,  $C_{ref-crt}^{bb}$  是 CRT 显示器件的  $B_{crt}$  中该参考显示器件  $R_{ref}$ ,  $G_{ref}$ ,  $B_{ref}$  基色分别占有的分量系数。

根据以上分析在原有硬件的基础上增加了色度

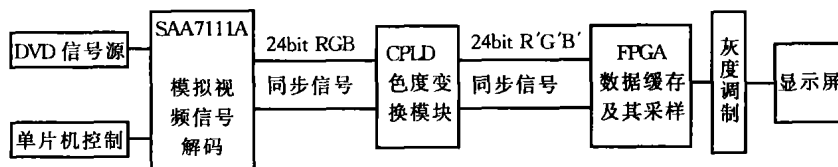


图7 改进后的硬件框图,增加了色度变换模块

### 3 结论

本文研究了 FED 驱动电路的一般性结构,该电路具有结构简单、性能稳定等特点,在实际制备中,用集成芯片取代了以前的分立器件,使得电路体积和功耗大大减少。当然它也有不足之处,由于阴极和阳极都是移位寄存器,因此该移位寄存器的传输速度是就一个很重要的参数,如果要求在生成比 256 级更高以上的高阶灰度时,移位寄存器能否满足实际需求还得具体分析。另外作者还讨论了从 CRT 色度转向平板显示色度的问题,在实验过程中,已经初步得到了一些数据,但是就一些细节方面仍然需要进一步研究和完善。

### 参 考 文 献

[1] Shin Hong-Jae, Kwack Kae-Dal. A Novel System for High

变换模块(图7),该模块主要负责将 CRT 色域转换成平板显示色域,转换公式如式(4),这一部分可以用 CPLD 来完成,用 VHDL 或者 verilog 即可实现。

Performance True Color FED[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2001, 47(4).

[2] 张宇宁,雷威,张晓兵. 场致发射显示驱动系统研究与发现[C]. 东南大学硕士学位论文, 2005.

[3] CORTEWDE. Color Solid of CRT Phosphors when Ambient Illumination Is Present[J]. Display, 1977, (8).

[4] 陈宇,丁铁夫. 显示量化误差对色域转换得影响[J]. 发光学报, 2004, 25(1): 98 - 102.

作者简介:陈樟强(1980 - ),男,硕士,联系地址:东南大学电子工程系金东飞显示中心,邮编:210096,电话 025 - 83792650, E-mail: chzqh325@hotmail.com  
基金项目:国家 973 项目(2003CB314706)和教育部博士点基金(20030286003)资助项目。

收稿日期:2005 - 12 - 15

(上接第 17 页)

[5] 李佐邦,朱普坤,冯威,等. 光敏聚酰亚胺的研究进展[J]. 高分子材料科学与工程, 1994, (6): 6.

[6] 孙加兴,叶甜春,陈大鹏,等. 用三层胶工艺 X 射线光刻制作 T 型栅[J]. 半导体学报, 2004, (3): 358.

[7] 蒋玉蓉,薛唯,喻志农. ITO 表面处理对有机电致发光器件光电特性的影响[J]. 北京理工大学学报, 2005, 25: 79.

[8] 李淑红,杜春雷,董小春. 光刻胶烘焙特性研究[J]. 光电工程, 2005, 32: 17.

[9] 张麦丽,王秀峰,牟强,等. ITO 玻璃光刻工艺的研究[J]. 液晶与显示, 2005, (1): 22.

[10] 杨会然,柳君,孔诰,等. 光刻胶在 LCD 生产中的应用[J]. 现代显示, 2004, (2): 59.

[11] 郑金红,黄志齐,侯宏森. 248 nm 深紫外光刻胶[J]. 感光科学与光化学, 2003, 21: 346.

基金项目:国家 973 项目(编号 2003CB314702)和教育部博士点基金(20030286003)项目。

作者简介:陈静,女(1982 - ),硕士,主要研究工作为场致发射显示器件工艺。

收稿日期:2005 - 12 - 15