

场发射阵列中聚焦电极制备的自对准技术

屈晓声¹, 李德杰¹, 田 宏², 姚保纶¹

(1. 清华大学电子工程系, 北京 100084; 2. 大连铁道学院电信分院, 大连 11602)

摘 要: 本文讨论了制造 Spindt 型聚焦场发射阵列 FFEA 过程中需要的对准技术, 提出了具有自对准能力的刻蚀方法, 满足了聚焦型发射阵列的聚焦极与门极的精确对准. 比较了传统方法与新方法的不同, 具体论述了整个工艺过程, 并对制备出的器件进行了 SEM 观测, 结果达到了预想的目标.

关键词: 自对准; 聚焦电极; 双门聚焦; 聚焦 FEA

中图分类号: TN376 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2000) 12-0029-02

Self-adjustment Technique in Fabricating FFEA

QU Xiao sheng¹, LI De jie¹, TIAN Hong², YAO Bao lun¹

(1. Dept. of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing, 100084, China;

2. School of Telecommunication Engineering, Dalian Railway Institute, Dalian 11602, China)

Abstract: This paper discussed the technique of self adjustment for focusing field emission arrays (FFEA). This method made etch gate and focus electrode in FEA very precise for fabrication of Spindt type FFEA. The difference between traditional way and self adjustment way is pointed in the paper. For ensuring that the hole of focus electrode is precisely made, we developed transparent resistor layer with Ni SiO₂. A typical device has been developed, with focus electrode made by the technique of self adjustment.

Key words: self adjustment; focusing electrode; double gate focusing; focusing FEA

1 引言

场发射显示器(FEDs)是下一代显示器中一种很有希望的平板显示器件. 由于它的发光机理也是用电子束激发荧光粉发光, 因此理论上它可以产生同阴射线管(CRT)一样的图像与色彩质量. 并且它还具有厚度薄, 冷阴极发射电子, 功耗低等优点, 这些都是 CRT 无法比拟的.

但 FED 显示也有其不足之处, 如制造工艺要求过高, 难以均匀显示等. 在 Spindt 型的场发射显示阵列(FEA)制作中, 经过发射微尖穿到真空中的电子束总是要有一定的发散, 一般发散角也有 40°~50°, 当微尖与阳极有 1mm 的间隔时, 投射到阳极上的电子束斑直径将达到毫米量级. 若减小阳极与阴极之间的距离, 当阴极阳极间距近到 0.2mm 以下时可避免电子束的发散, 但这样做就需降低阳极电压以避免真空放电的危险. 降低阳极电压的直接后果是影响了显示色彩. 因为目前显示效果最好的荧光粉是应用在 CRT 上的高压荧光粉, 在高屏压下(1000V 以上)可获得很高发光效率和逼真的色彩. 为了得到良好的显示效果又不致产生放电, 可采用的方法是对发射电子束进行聚焦^[1]. 本文讨论了在聚焦电极制作中遇到的光刻对准问题, 提出了精确对准的方法自对准法. 大大的改善对准光刻的准确性.

2 聚焦电极

图 1 是 FEA 中用到的一种垂直三极结构^[2]或双门聚焦结构, 这种结构有三个电极, 一个是发射电子的微尖阴极, 另外两个上下垂直的同心圆环(上门和下门). 下门即门极, 上门是聚焦极. 在门极电场的作用下, 金属微尖上的电子经隧道效应穿过金属表面势垒向空间发射, 而聚焦极上的负电压有类似静电透镜的作用, 控制电子束轨迹, 对电子束进行聚焦. 在制作 FEA 时, 上下两门原则上应该做到对准即同心.

在制作 FEA 中, 门极孔的直径一般在 1 微米量级, 而聚焦极孔直径在 2~3 微米量级. 在如此小尺寸下对整个发射阵列的大面积对准光刻, 是相当困难的, 已有人^[3]研究了基于硅型微尖的自对准技术, 然而当采用金属型微尖时, 情况完全不同.

图 2 所示的是对应于图 1 的聚焦极 FEA 各层, 除衬底以外, 整个单元共有六层结构, 图中虚线表示需要刻蚀出的发射微尖所在的圆孔, 以及门极和聚焦极圆孔. 发射微尖在绝缘层 1 对应的圆孔中. 这里需要刻蚀的有阴极网格, 门极, 聚焦极以及两个电阻层. 由于除阴极外其余的都在同一圆孔内, 因此只需两套掩膜. 当阴极、门极、聚焦极采用 Mo, 而绝缘层采用 SiO₂, 电阻层用 α -Si 材料. 当没有聚焦极时, 在门极层上光刻,

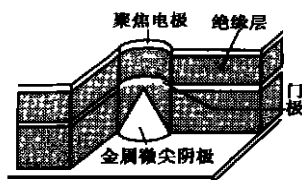


图 1 双门聚焦结构的 FEA

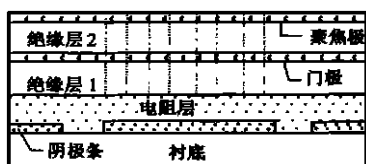


图 2 聚焦极 FEA 的断面

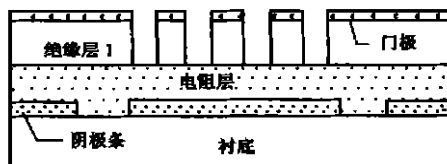


图 3 无聚焦极 FEA 的断面

一次可形成门极与发射微尖锥室。如图 3。但再加上聚焦极后,第二次刻蚀聚焦极时与门极孔对准就很困难。

3 自对准刻蚀聚焦极

由于以传统方法无法实现门极孔与聚焦极孔的精确对准,需开发新的自对准刻蚀。如图 4 所示。首先选衬底为 ITO 光学玻璃,以 ITO 膜为透明阴极层,电阻层为掺 Ni 的 SiO_2 ,因 NiSiO_2 层对近紫外透明,这样就可以从背面,以门极孔为掩膜刻蚀聚焦极孔如图 3 表示的。具体做法在 ITO 膜上刻好方形网格和阴极条。溅射一层厚约 $0.2\mu\text{m}$ 透光 NiSiO_2 电阻层,以形成分布电阻层结构。在该结构上依次溅射厚 $1\mu\text{m}$ 的 SiO_2 绝缘层和厚 $0.25\mu\text{m}$ 的门极 Mo 膜后,用干法在门极 Mo 膜上刻蚀直径约 $1\mu\text{m}$ 的微孔,形成门极孔。接着

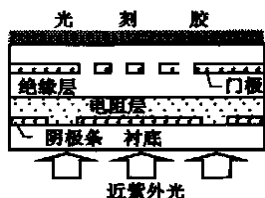


图 4 自对准刻蚀聚焦极



图 5 自对准刻蚀聚焦极 FEA

着溅射厚约 $1\mu\text{m}$ 的 SiO_2 绝缘层。甩胶后,从基片背面曝光光刻,以门极孔为掩膜。因为光衍射效应,通过延长曝光时间,在一定范围内可控制光刻胶的曝光区大小,直径达到 $2-3\mu\text{m}$ 。显影后,以光刻胶为掩膜干法刻蚀 SiO_2 聚焦极孔,之后继续以 Mo 门极孔为掩膜刻蚀 SiO_2 栅极孔,直至电阻层。至此,所有孔均已刻好,可开始用 Spindt 法制作微尖。首先以 45° 角旋转斜蒸一层 Al 作为牺牲层,应使牺牲层覆盖住 Mo 门极孔但又不盖住门极孔底。然后垂直蒸 Mo 层封口,同时在栅极孔内形成微尖。剥离牺牲层后,以掠角斜蒸导电聚焦极 Mo 。最终刻蚀聚焦极电极条引线。制作的 FEA 局部如图 5 所示。

4 结论

图 6 表示的是采用横向网格分布电阻层结构的 FFEA 样品的 SEM 图,由图 6(a) 所示,所有孔内都有微尖,孔大小比较均匀。落于电阻层之上的微尖,栅极孔和聚焦极孔都清晰可

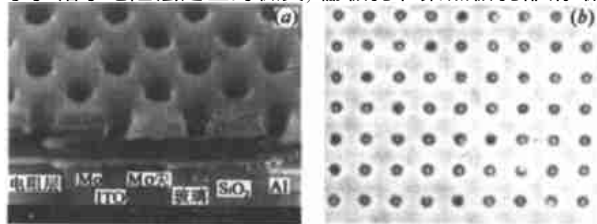


图 6 (a) 用自对准技术制备的 FFEA; (b) 制备的 FFEA 表面 SEM

见。由图 6(b) 可见,孔大小比较均匀。每个孔周围的圆环表明聚焦极孔呈漏斗状。所有孔都处在阴极方孔内,说明自聚焦光刻对准技术是有效的。每个孔周围的圆环表明聚焦极孔呈漏斗状。孔内情况是聚焦极孔径比栅极孔径大,栅极孔口的 Mo 台阶明显可见。栅极孔口直径约 $1\mu\text{m}$,聚焦极孔口直径约 $2\mu\text{m}$ 。这是一种比较理想的结构形式。这种对电子发射和聚焦都有利的 FFEA 结构图像在以往的文献报道中从未出现过。在栅极孔内的微尖其高度在栅极 Mo 层附近。从图 6(a) 的左下方一个剖开的孔内,可看到栅极孔已被刻透,微尖恰好落在电阻层上。

5 结束语

采用自对准方法在聚焦型 FEA(FFEA) 中可以实现 FFEA 的门极与聚焦极比较精确的对准,部分的解决了 Spindt 金属 FFEA 制作中多层刻蚀对准困难的问题。制作出的 FFEA 达到了较好的结果。

参考文献:

- [1] Y. Yama, S. Kanemaru, and J. Itoh. Fabrication of silicon field emitter arrays integrated with beam focusing lens [J]. Jpn. J. Appl. Phys., 1996, 35(12B) Pt. L: 6626-6628.
- [2] W. D. Kesling, and C. E. Hunt. Beam focusing for field emission flat panel displays [J]. IEEE Trans. Electron Devices, 1995, 42(2): 340-347.
- [3] S. Itoh. New structure of field emitter arrays [J]. J. Vac. Sci. Technol., 1996, B14(3): 1977-1981.

作者简介:



屈晓声 1994 年毕业于西安交通大学,获微电子专业硕士,1999 年获电子物理与光电子专业博士,现在清华大学作博士后工作。主要从事显示器件的研究。

李德杰 教授,博导,清华大学电子工程系,物理电子教研室,主要从事光电阴极,电子显示器件的研究。