

高效透明导电膜荧光屏的研究*

白晓红^{1,2} 刘进元¹ 白永林¹ 刘百玉¹ 刘秀琴¹ 王琛^{1,2}

(1 西安光学精密机械研究所瞬态光学与光子技术国家重点实验室, 西安 710068)

(2 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要 介绍了一种新型荧光屏结构, 采用透明导电膜代替传统荧光屏中的铝膜作电极. 分别测试了新型荧光屏和传统荧光屏的加电特性. 实验结果表明新型荧光屏具有较高的耐压性能, 对提高 X 射线变像管的空间分辨率有重要作用, 而且能延长变像管的寿命. 采用透明导电膜制作荧光屏还具有工艺简单, 成本低和成品率高的优点.

关键词 透明导电膜; 荧光屏; X 射线变像管; 空间分辨率

中图分类号 TN248.1 **文献标识码** A

0 引言

荧光屏是很多信息显示器件, 由光纤面板, 荧光粉层和导电基底组成. 其作用是把电子图像转换成光学图像, 以供观察和记录, 是像管的主要组成部件之一^[1].

像管的使用越来越多, 所以提高像管的性能是必要的. 提高荧光屏的性能质量是延长像管寿命和提高性能的方法之一. 虽然现有的工艺改进提高了荧光粉层的牢固性和改变有机膜的配比^[2], 对荧光屏的性能改善起了一定的作用. 但是, 传统荧光屏的制作过程复杂, 而且成品率不高, 即使制作好的荧光屏装入像管后, 由于和微通道板近贴使用, 会发生打火, 铝膜容易被撕裂^[1,3], 像管的使用寿命短的问题仍然没有解决.

随着透明导电膜制作工艺的成熟和制作简便^[4~6], 使用透明导电膜代替铝膜作为荧光屏的电极. 由于透明导电膜在可见光波长范围的透过率比较高, 为了避免噪音误差, 新型荧光屏只能用于非可见光的变像管, 比如 X 射线变像管. 通过测试两种荧光屏的亮度增益和加电特性, 得出有价值的实验结果, 为提高 X 射线变像管的性能提供了可靠的实验依据.

1 荧光屏工作原理和制作工艺

在高速电子轰击下, 电子的动能转变为某种波长的电磁辐射能^[7]. 一般以可见光谱范围内的辐射形式表现出来, 从而保证清晰地显示信号和图像. 屏的发光亮度是指单位面积、单位立体角内所发出

的光通量, 即

$$L(\theta) = \frac{d\Phi(\theta)}{dS \cos \theta d\Omega} = \frac{I(\theta)}{dS \cos \theta} \quad (1)$$

式中 $d\Phi(\theta)$ 为立体角 $d\Omega$ 内的光通量, $I(\theta)$ 为 θ 方向的发光强度, 如图 1.

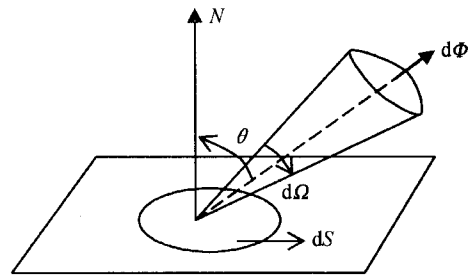


图 1 荧光屏发光亮度

Fig. 1 The photometric brightness of phosphor screen

屏的发光亮度 L 和电子束加速电压 V 及电子束电流密度 j 的关系如下

$$L = A j (V - V_0)^n \quad (2)$$

式(2)中, V_0 是荧光粉被激发发光的最低电压, 通常也称起始电压. 这是因为电子速度太低时, 电子停留于荧光粉表层而不能透入晶格中去, 因而发光效率低; A 和 n 是表征荧光屏性质的常量, 决定于荧光粉材料性质和制屏工艺等, 一般情况下约等于 2.

传统荧光屏制作工艺过程如图 2, 利用刷涂、离心或沉淀等方法制作荧光粉部分. 为了克服荧光粉本身的高低不平而容易出现空气间隙, 在荧光粉上做有机膜. 如果直接在荧光粉上蒸镀铝膜, 铝膜不能形成一层光滑的镜面, 会产生放电打火. 在有有机膜上真空蒸镀铝膜, 便得到光亮镜面. 荧光屏的镀铝工艺比较复杂, 它既要严格控制厚度, 又要保证整个屏面的均匀性. 涂敷有机膜也是制作荧光屏重要的一个环节, 有机膜要求光洁, 平整, 无裂纹和小孔, 以免造成透铝, 所以有机膜的配比, 滴膜以及厚度都会影响荧光屏的发光亮度. 在实际生产中, 刷涂有机膜层和真空蒸镀铝两个工艺过程如果处理不好,

* 国家 863 高技术研究发展计划(2003AA843130)资助
Tel: 029-83011478 Email: bxh@opt.ac.cn
收稿日期: 2004-12-12

整个荧光屏需要重新制作。

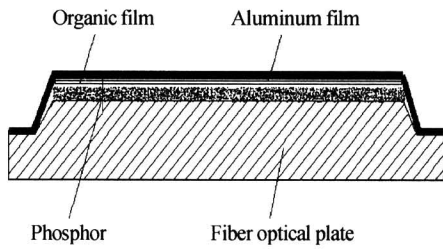


图 2 铝膜荧光屏
Fig. 2 The phosphor screen of the aluminum film

铝膜的作用主要是做电极,目的是消除荧光屏内积累的次级电子.由于荧光屏充电而产生拒斥场,使加速电子能量降低,影响屏的发光亮度.其次是防止光反馈,电子轰击荧光粉后,荧光粉向四周发光,其中部分荧光被铝膜反射,从而增加了荧光粉的输出亮度.

使用透明导电膜制作新型荧光屏工艺过程,如图 3,先把透明导电膜直接蒸镀在光纤面板上,在导电膜上采用离心法制作荧光粉层即可.透明导电膜的导电性很好,可以作电极使用.在非可见光变像管中,可以不考虑射向透明导电膜方向的荧光,这是因为变像管中的阴极对荧光不敏感.

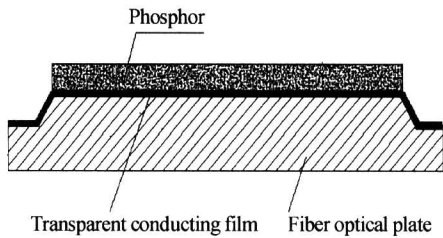


图 3 透明导电膜荧光屏
Fig. 3 The phosphor screen of the transparent conducting film

2 荧光屏实验结果

2.1 荧光屏制作过程

为了便于比较,在一块光纤面板上制作两种屏.首先在一半光纤面板上作透明导电膜,然后用离心法在整个光纤面板上做荧光屏粉层,再涂敷有机膜.在另外一半未做导电膜的部分蒸镀金属铝,厚度为 30 nm.真空处理荧光屏后,高温烘烤掉有机膜,这样就完成了两种荧光屏的制作.

2.2 实验测试及结果

把做好的荧光屏装入 X 射线变像管中,当真空度为 3×10^{-3} Pa 时,测试分幅变像管的静态特性.测试系统如图 4.紫外灯的紫外光通过真空靶室照在微通道板的阴极上,发生倍增的高能二次电子轰击荧光屏,把亮度计的探头和荧光屏近贴,用屏幕亮度计测试两种屏的亮度,其型号是 ST-86LA.

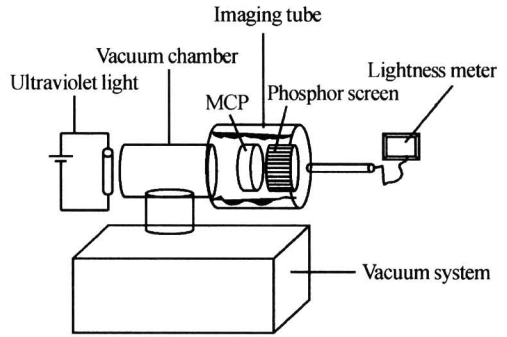


图 4 测试系统
Fig. 4 The graph of experiment system

图 5 表示两种荧光屏的亮度曲线及其对比值,其中 k 由式(3)得到. L_1 是透明导电膜荧光屏的亮

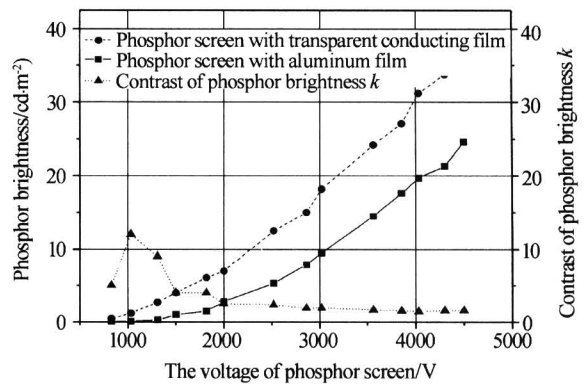


图 5 两种荧光屏的亮度曲线
Fig. 5 The graph of lightness of two kinds of phosphor screen

度值, L_2 是铝膜荧光屏的亮度值, L_0 是整个荧光屏的背景亮度.

$$k = \frac{L_1 - L_2}{L_0} \tag{3}$$

可以看出,在荧光屏电压较低时,使用透明导电膜的荧光屏的亮度比使用铝膜的高.随着电压的增加,两种屏的亮度增益逐渐接近.这是由于:在荧光屏上加低电压时,电子速度小,电子停留在荧光粉表层而不能透入到大量晶格中去,而且加速电子被铝膜阻挡后的激发速度更小,所以铝膜荧光屏亮度更低.当不断提高荧光屏电压时,电子的速度增加,轰击两种荧光屏的电子的能量和速度逐渐接近,所以两种荧光屏的亮度也逐渐接近.荧光屏加不同电压时,测试变像管的静态像如图 6,左半边是透明导电膜制作的荧光屏,右半边是铝膜制作的荧光屏.可以明显看出,在荧光屏电压为 2000 V 时,透明导电膜荧光屏亮度比铝膜屏的亮度高,当电压 4500 V 时,两种方法制作的荧光屏亮度差别不大(4500 V 左边有两处灰度不一样是拍摄时增益饱和导致).试验中,荧光屏所加电压大于 4500 V 后,透明导电膜荧光屏没有打火现象,铝膜荧光屏开始出现打火,而且面积较大.观察拆开后的变像管,透明导电膜屏没

有任何损伤,而打过火的铝膜荧光屏的铝膜已经被撕裂,并且堵塞这半边的微通道板,以至于变像管报废.

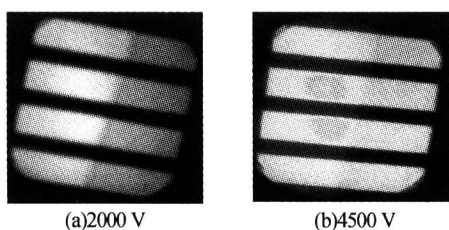


图6 变像管静态测试图像

Fig. 6 The graph of static state of imaging tube

3 结论

透明导电膜可以代替铝膜制作荧光屏. 其优点有:1)制作过程简单,省略了刷涂有机膜和蒸镀铝膜几个繁琐的工艺过程,成品率高,不受天气的限制;2)当荧光屏电压小于2500 V时,透明导电膜荧光屏的亮度比铝膜荧光屏的高,这是由于加速电子没有铝膜的阻挡. 随着进一步改进,如果能试制出荧光屏电压不需要加很高,荧光屏的增益亮度就能达到试验要求,这样将能大大提高变像管的寿命和降低近贴型变像管的制作难度;3)透明导电膜荧光屏加比较高的加速电压时,由于没有蒸镀铝膜时可能形成的孔洞和微小突起,所以不容易发生打火,这样可以继续提高加速电压或是减小近贴距离,从而提高变像管的空间分辨率,还可以提高变像管的质量和寿命.

参考文献

- 徐大纶. 变像管高速摄影. 北京:科学出版社,1990. 131~208
Xu D L. High Speed Camera of the Imaging Tube. Beijing: Science Press,1990. 131~208
- 朱国民,欧阳行仓,刘桂英,等. 高场强荧光屏的研制. 电子学通讯,1982,14(1):201~202
Zhu G M, OuYang X C, Liu G Y, et al. Acta Electronics Communication Sinica, 1982,14(1):201~202
- 常增虎,山冰,刘秀琴,等. 微通道板选通 X 射线皮秒分幅相机. 光子学报,1995,24(6):501~508
Chang Z H, Shan B, Liu X Q, et al. Acta Photonics Sinica, 1995,24(6):501~508
- 马瑾,李淑英,马洪磊,等. 有机薄膜衬底 ITO 透明导电膜的制备及光电特性的研究. 半导体与光电子学,2000,21(1):46~49
Ma J, Li SH Y, Ma H L, et al. Acta Semiconductor Photo Electricity Sinica, 2000,21(1):46~49
- Wang P C, Cang G. S. Optimization of phosphor screens for charge coupled device based detectors and 7-34 keV X-rays. J Appl Phys, 1997,81(3):1031~1041
- 邱孟通,张美,罗建辉,等. 微带像增强器的选通特性研究. 光子学报,2003,32(4):505~508
Qiu M T, Zhang M, Luo J H, et al. Acta Photonics Sinica, 2003,32(4):505~508
- 向世明,倪国强. 光电子成像器件原理. 北京:国防工业出版社,1999. 197~226
Xiang S M, Ni G Q. The Principle of Photo electronic Imaging Devices, Beijing: National Defense Industry Press, 1999. 197~226
- Yang G, Cheng J B, Chen W B, et al. A high-performance 5-in, polycrystal phosphor screen. Proc SPIE Int Soc Opt Eng, 2004,33(7):5289~5294
- 莫纯昌,陈国平. 电真空工艺. 北京:国防工业出版社. 1984. 222~258
Mo C C, Chen G P. Technics of Electricity Vacuum. Beijing: National Industry Press, 1984. 222~258
- 孙俊人. 电子工业生产技术手册 5. 北京:国防工业出版社,1991. 181~201
Sun J R. The Enchiridion 5 of Electronics Industry Production Technique. Beijing: National Industry Press, 1991. 181~201

Study of the Phosphor Screen with the Transparent Conducting Film

Bai Xiaohong^{1,2}, Liu Jinyuan¹, Bai Yonglin¹, Liu Baiyu¹, Liu Xiuqin¹, Wang Chen^{1,2}

1 *State Key Laboratory of Transient Optics and Photons Technology Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710068*

2 *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039*

Received date: 2004-12-15

Abstract A new type of phosphor screen is presented, in which the aluminum film is replaced by the transparent conducting film as electrode. When voltage is added in the electrode coated with transparent conducting film, the electric capability of this new type screen is much better than that used ones. And the X-ray imaging tube with this new type phosphor screen can obtain higher space resolution. Additionally, this technique also has some other virtues, such as more easier in operation, low cost and high rate of finished product.

Keywords Transparent conducting film; X-ray imaging tube; Phosphor screen; Space resolution



Bai Xiaohong was born in 1975 and received the B. S. degree from Physics Department of Northwest University in 1998. Now she is studying for her M. S. degree at the State Key Laboratory of Transient Optics and Photonics Technology, Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences. Her research interests are the image tube designing and production.