

文章编号:1002-2082(2009)03-0482-04

微光像增强管离子阻挡膜质量测试技术研究

贺英萍^{1,2}, 张太民^{1,2}, 石峰^{1,2}, 朱宇峰^{1,2}, 拜晓锋^{1,2}

(1. 微光夜视技术国防科技重点实验室, 陕西 西安, 710065; 2. 西安应用光学研究所, 陕西 西安, 710065)

摘要: 鉴于通常制作的离子阻挡膜存在通孔, 在阴极低电压下, 经MCP电子倍增在荧光屏上显示为亮孔, 为测试出规则与不规则亮孔的大小和数量, 提出了一种像管的离子阻挡膜质量测试方法。该方法是在规定电压和光阴极照度的条件下, 使像管光阴极接收约2 lx的光照射, 给像管各极施加电压使像管荧光屏上离子阻挡膜亮孔清晰可见, 用10倍显微镜或相机拍照, 观察荧光屏所成的离子阻挡膜通孔图像。试验结果表明: 在相同的测试条件下, 离子阻挡膜的制作工艺不同, 离子阻挡膜质量亦不同。

关键词: 微光像管; 微通道板; 离子阻挡膜; 膜质量测试

中图分类号: TN15-34

文献标志码: A

Ion barrier film quality of LLL image intensifier tube

HE Ying-ping^{1,2}, ZHANG Tai-min^{1,2}, SHI Feng^{1,2}, ZHU Yu-feng^{1,2}, BAI Xiao-feng^{1,2}

(1. Key laboratory for Low-light-level Technology of COSTIND, Xi'an 710076, China;

2. Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

Abstract: Since there are through-holes on the ion barrier film prepared with the normal technique, a method to measure the quality of ion barrier film is put forward to test the quantity and size of the regular or irregular apertures which cause the bright apertures on the screen by MCP electron multiplication when the low voltage is supplied to the cathode. Under the condition of assigned voltage and illumination of cathode, about 2 lx light is illuminated on the photocathode, the voltage is exerted on each pole of the image intensifier to make the bright apertures on the screen to be seen distinctly, and then 10[×] microscope or camera is used to take pictures of the through-holes on the ion barrier film, which images on the screen. The experiment results show that under the same condition of testing, the quality of the ion barrier film is different if the craftwork of facture is different.

Key words: image intensifier tube; MCP; ion barrier film; testing of ion barrier film quality

引言

通常像增强器的重要性能参数指灵敏度、分辨力、亮度增益、视场质量、信噪比和传递函数等,但在像增强器的研制过程中,光阴极、微通道板和荧光屏组件的性能指标也同样重要。制作像增强器(以下简称像管)时需要在微通道板的输入面涂敷一层Al₂O₃防离子反馈薄膜,以保护像管的光阴极,使像管的寿命大大延长^[1]。

1 测试原理

1.1 离子阻挡膜的质量

微通道板是百万根平行通道电子倍增器集合的二维阵列式荷电粒子探测器和电子图像增强器,是微光像增强器的核心部件之一^[2],是一种高真空状态下工作的电子器件。像管通道内的剩余气体被吸附在阴极表面,使GaAs阴极表面的Cs-O层遭到破坏,电子亲和势升高,灵敏度下降^[3],加之剩余

收稿日期:2008-12-22; 修回日期:2009-01-28

作者简介:贺英萍(1977-),女,陕西澄城人,工程师,西安工业大学工程硕士研究生,主要从事微光像增强器检测技术研究工作。

气体被高速电子电离,电离产生的正离子反向运动形成离子反馈^[4],为使光电阴极免于正离子的轰击和气体吸附,在微通道板输入面粘附一层 Al_2O_3 超薄连续膜。该膜制作比较复杂,在微通道板的输入面先涂敷一层易于分解的有机膜材料作为临时衬底,后在有机膜上制作 Al_2O_3 膜,经燃烧氢将有机膜分解,则以实现致密和牢固的离子阻挡膜。

连续且致密的离子阻挡膜对低于一定能量的离子或电子可以起到很好的阻挡作用,同时研究发现轰击到阻挡膜上的离子能量都比较低,连续的阻挡膜可以阻挡这些低能的离子。所以,测试出阻挡膜的连续性就可以较客观评价离子阻挡膜对离子的阻挡作用。阻挡膜对离子的阻挡机理用实验方法难以测量,研究表明它与电子的阻挡机理是相同的,即通过测试离子阻挡膜对电子的阻挡作用就可知离子阻挡膜的连续性。这一测试方法的原理是:用一定能量(较低能量)的电子轰击MCP离子阻挡膜,如果离子阻挡膜连续,则电子不能通过,如果离子阻挡膜上存在通孔等质量缺陷,电子就会在这个位置穿过,最终穿过去的电子会经过MCP倍增后,显示于荧光屏上,形成亮斑,这些亮斑与MCP防离子反馈膜通孔相对应。

通常用膜的连续性、膜的通孔质量和通孔大小这几个因素来评价像管离子阻挡膜的质量,参考相关标准,要求离子阻挡膜亮孔的面积为直径不大于 $500\ \mu m$ 的圆孔,数量不多于 50 个,当离子阻挡膜圆孔大于 $500\ \mu m$ 时视为不合格产品,当孔直径较小时对亮孔数量不作要求。

1.2 像管离子阻挡膜质量的测试

像管离子阻挡膜质量的测试原理图如图 1 所示。离子阻挡膜在像管制成后(也就是没有封装电源前进行检验),给像管光阴极、微通道板和荧光屏施加电压,所加电压为测试亮度增益时所需的工作电压,阴极电压在 $(5\sim 20)V$ 之间调节,光源和毛玻璃形成一束较均匀光,经过平行光物镜,平行均匀光照射像管光阴极,使阴极端接收到不小于 $2\ lx$ 的均匀光照射。将像管调节到最佳的对比度和清晰

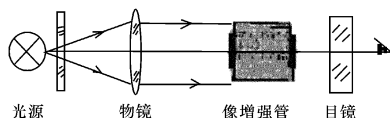


图 1 像管离子阻挡膜质量的测试原理图

Fig. 1 Testing principle for ion barrier film quality of image intensifier tube

度,用 10 倍目镜或显示器观察荧光屏,此时可以清楚地观察到离子阻挡膜通孔的质量,也可以用相机对输出荧光屏进行拍摄。

2 测试装置及其指标

本装置由光源部分、准直物镜部分、接收部分、被测器件支架、显示部分组成。

2.1 光源部分

该部分由光源、供电电源、光栏和毛玻璃组成。采用钨丝灯作光源,一是它的光谱范围比较接近像增强器光阴极;二是其光谱连续和稳定性好。光栏可控制入射光的口径大小,毛玻璃可产生均匀分布的辐射光。其中供电电源电压可以在使用范围内调节,使光源能够提供给光阴极约 $2\ lx$ 的照度。

2.2 准直物镜部分

该部分由平行光物镜组成,试验选择焦距为 $300\ mm$ 、有效口径为 $30\ mm$ 物镜。光源经物镜后产生均匀的平行光束照射整个光阴极,为像管光阴极提供了一束平行光,从而使阴极整个面能够接收到同照度的均匀光。

2.3 接收部分

主要完成接收部分的照度测量,宽量程光照度计测量仪可以对接收部位的照度进行准确测量,其测量范围为 $(1\times 10^{-3}\sim 1\times 10^3)\ lx$,不确定度为 $U=2.0\%(K=2)$ 。将照度计探头放置于像管光阴极位置,使光照充满探头,选择照度计的合适量程进行照度测量。读取照度计数,确定满足测试需要的光照,通过调节光源电源的电压量程,得到所需照度,并记录相应的电源电压值。

2.4 被测器件支架部分

该部分由像管和支架构成,此支架具有二维方向移动的功能,能够保证被测三代像管牢固放置,且夹具绝缘性能应良好,支架各方向的移动量为 $\pm 50\ mm$ 。

2.5 显示部分

将 10 倍读数显微镜或照相机对准荧光屏端,找到像管离子阻挡膜亮孔图像最清晰的位置后进行锁定拍照和读数。照片应足够清晰地反映出离子阻挡膜上亮孔的大小和多少。

3 测试试验及结果分析

通常制作的离子阻挡膜都会存在通孔,在阴极低电压下,低能电子穿过通孔进入通道,经过 MCP 电子倍增后,在荧光屏上显示为亮孔。打开光源使

像管光阴极接收到约 2 lx 的光照射, 将像管放置于测试夹具中, 给像管各极施加电压并调节夹具使像管荧光屏上离子阻挡膜亮孔清晰可见, 用 10 倍显微镜或相机拍照, 对多个像管的离子阻挡膜进行测试, 其离子阻挡膜质量如图 2 所示。

1) 由于光的均匀性对被接收件的影响较大, 直接影响成像质量。因此, 选择同一只像管, 采用不均匀光束和均匀光束照射光阴极, 其离子阻挡膜质量如图 2(a) 和图 2(b) 所示。由图 2(a) 和图 2(b) 可

以看出, 对于同一只像管, 很明显不均匀光束所测的膜质量没有均匀光束所测膜质量清晰, 因而采用图 2(b) 均匀光束可以较好地评价离子阻挡膜的质量。

2) 由于像管光阴极输入面的光照足够才能够看得清, 但光照又不能太大, 否则光阴极无法承受。因此, 选择同一只像管, 改变光阴极接收照度值: 0.5 lx 和 2 lx 和 5 lx, 其离子阻挡膜质量如图 2(c)、图 2(d) 和图 2(e) 所示。

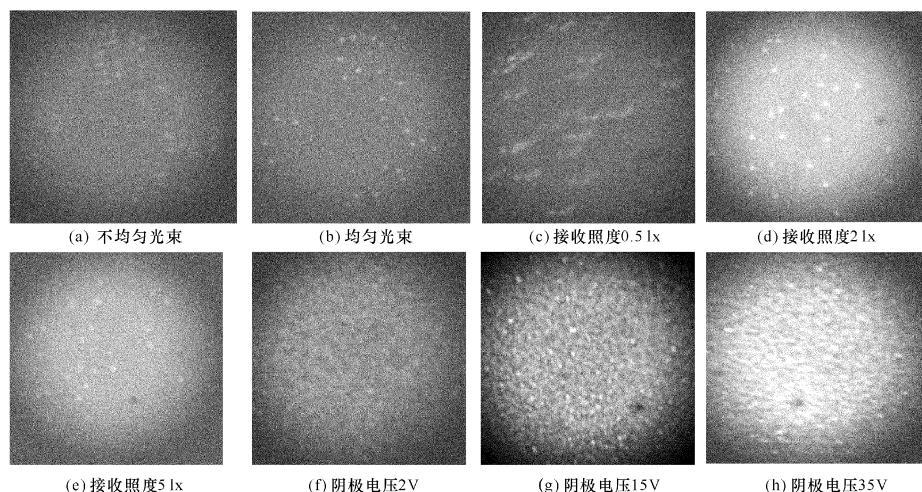


图 2 不同测试条件下的离子阻挡膜质量

Fig. 2 Quality of ion barrier film under different condition of testing

从图 2 可看出, 对于同一只像管, 3 种照度下的离子阻挡膜质量是不一样的。当保证光阴极接收照度量足够 (约 2 lx), 此时图 2(d) 离子阻挡膜质量测试图像最清晰。图 2(c) 为光阴极加较低的光照度 0.5 lx, 此时看不清荧光屏图像, 图 2(e) 为加大光阴极照度到 5 lx 时, 因荧光屏太亮, 同样也看不清图像, 因此这 2 种照度对像管的离子阻挡膜测试质量均不好。

3) 由于 MCP 离子阻挡膜具有死区电压特性, 低能量输入电子无法透过, 而只有大于死区电压的电子才能穿过^[5], 因此, 选择同一只像管, 针对不同阴极电压 2 V、15 V 和 35 V, 其相应的离子阻挡膜质量如图 2(f)、图 2(g) 和图 2(h) 所示。

由图 2(g) 可看出, 在 15 V 的阴极电压条件下, 此时的电子达到一定穿透能量, 阻挡膜成像质量最佳。图 2(f) 的 2 V 阴极电压太小还没有达到电子穿透 MCP 离子阻挡膜的能力, 图 2(h) 为加大阴极电

压到 35 V, 此时输入电子能量太多致使离子阻挡膜亮孔被淹没, 因而看不清图像。

4) 给定相同的照度和相同的电压, 对 2 个不同膜层的像管施加电压, 其离子阻挡膜质量如图 2(b) 和图 2(d) 所示。

由图可看出, 2 只像管因离子阻挡膜制作工艺的差别, 即使在相同的测试条件下, 也显示出 2 种不同的离子阻挡膜质量, 能够测试出规则和不规则亮孔的大小和数量, 较准确地反映膜的制作质量。

4 结束语

通过建立像管离子阻挡膜测试装置, 使像管在阴极接收约 2 lx 的均匀光照, 在阴极电压 15 V 的条件下, 进行多个数据测试, 试验结果表明该装置能够清晰地反映像管的离子阻挡膜通孔, 可以实现对膜质量的评定。通过该装置, 发现离子阻挡膜制作工艺产生的各种现象, 包括孔的不连续和稠密

性、小孔分布的不均匀,出现的不规则孔以及黑点、亮暗程度不等,超出标准大小的亮孔和数量密度,所有这些均反映膜制作中存在的问题。通过本测试技术研究,不但解决了像管离子阻挡膜质量的测试,而且向工艺制造者反馈了明确的信息,为工艺改进提供了依据。

参考文献:

- [1] 向世明,倪国强. 光电成像器件原理[M]. 北京:国防工业出版社, 1999.
XIANG Shi-ming, NI Guo-qiang. The principle of photoelectricity imaging devices [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1999. (in Chinese)
- [2] 田景全,姜德龙,富丽晨,等. 微通道板非晶态 Al_2O_3 电子透射膜[J]. 电子学报, 1996, 24(8):1-5.
TIAN Jing-quan, JIANG De-long, FU Li-chen, et al. Amorphous state Al_2O_3 electron transmission film at the input of MCP [J]. Acta Electronica Sinica, 1996, 24(8):1-5. (in Chinese with an English abstract)
- [3] 李晓峰,张景文,高鸿楷,等. 三代管MCP离子阻挡膜研究[J]. 光子学报, 2001, 30(12):1496-1499.
LI Xiao-feng, ZHANG Jing-wen, GAO Hong-kai, et al. Research on MCP preventing ion feedback film [J]. Acta Photonica Sinica, 2001, 30(12):1496-1499. (in Chinese with an English abstract)
- [4] 方如章,张保民. 夜视器件[M]. 南京:华东工程学院, 1988.
FANG Ru-zhang, ZHANG Bao-min. Night vision devices [M]. Nanjing: China East Institute of Engineering, 1988. (in Chinese)
- [5] 朱宇峰,张太民,聂晶,等. 低磁控溅射率MCP防离子反馈膜工艺研究[J]. 应用光学, 2008, 29(3):360-363.
ZHU Yu-feng, ZHANG Tai-min, NIE Jing, et al. Preparation of ion-feedback barrier film on MCP[J]. Journal of Applied Optics, 2008, 29(3):360-363. (in Chinese with an English abstract)

English abstract)

- [3] 向世明. 双近贴聚焦微光像增强器分辨力理论极限问题研究[J]. 应用光学, 2008, 29(9): 351-353.
XIANG Shi-ming. Theoretical resolution limit of double-proximity focusing image intensifiers [J].

Journal of Applied Optics, 2008, 29(3): 351-353. (in Chinese with an English abstract)

- [4] ESTRERA J P, SALDANA M R. Gated power supply technologies for advanced image intensifiers [J]. SPIE, 2003, 4796: 60-70.