

# 像增强器视场缺陷检测方法研究

许正光, 王霞, 王吉晖, 金伟其, 白廷柱

(北京理工大学 光电工程系, 北京 100081)

**摘要:** 在数字式像增强器性能综合检测系统的基础上, 研究了像增强器视场缺陷的检测方法。通过数字视频摄像机采集缺陷图像, 利用数字图像处理方法确定缺陷性质, 缺陷处理算法基于图像灰度特征而不是边缘特征提取。该方法适用于对检测对象有具体量化和定位要求, 而不是简单的只有数量和形状特征要求的场合。实验表明, 该检测方法能够较准确地检测像增强器的缺陷。

**关键词:** 像增强器; 视场缺陷检测; 区域标记; 图像阈值化; 小斑点去除

中图分类号: TN144

文献标识码: A

## Research of an Approach to Detect Field Defects of Image Intensifier

XU Zheng-guang, WANG Xia, WANG Ji-hui, JIN Wei-qi, BAI Ting-zhu

(Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Based on the digital image intensifier performance all-around detection system, the detection method of image intensifier field defects is researched. After capturing a image with a defect, its property is known with digital imaging processing method. The field defect processing algorithm is based on the image gray feature extraction but not on the edge feature extraction. This algorithm is suitable to the objects which have quantitative and localized requirements. The experiment results show that this method can accurately detect field defects of the image intensifier.

**Keywords:** image intensifier; field defect detection; zone mark; image threshold; small spot removal

### 引言

像增强器(Image Intensifier)是增强微弱光学图像的真空成像器件,是微光夜视技术的核心器件之一。像增强器的缺陷是评价增强器性能的重要指标参数,缺陷的测试是像增强器技术研究和产品出产检测的关键环节<sup>[1]</sup>。传统的像增强器图像缺陷检测方法借助于光学显微镜,通过目视方法在整个荧光屏进行人工统计,检测主要依靠操作人员的经验,在判断和统计的边界值上主观性较强,工作效率较低<sup>[2]</sup>。随着高性能CCD成像技术和计算机图像处理技术的迅速发展,引进CCD成像系统代替人眼采集图像,并通过计算机图像处理和判别统计,已成为测试技术发展的重要方向。

在像增强器处于稳定工作状态,光阴极无辐射输入的情况下,荧光屏输出图像出现明显的光斑、条纹、光脉动、发射点和比周围亮得多的其它各种形状的缺陷;(2) 打开标准光源(2 856 K),调整光阴极面输入均匀照度(输入照度  $5 \times 10^{-5} \pm 25\% \text{ lx}$ ),使观察到的缺陷获得最佳对比度,观测荧光屏图像各规定区域出现的亮斑、不透明斑以及超出规定对比度的暗斑。进行判别统计时,当两个斑点间的距离小于其中任一光点最大尺寸时,视其为一个光点(非圆形斑点按等面积的圆形光点计算);统计各个斑点的平均灰度,记录与荧光屏平均灰度之比大于或者小于10%的斑点个数,即为像增强器的图像缺陷个数。

像增强器的视场缺陷包含两个部分<sup>[3~4]</sup>:(1)

本文在数字式像增强器性能综合检测系统的

基础上, 研究基于 CCD 成像与计算机图像处理的像增强器的图像缺陷检测方法。

## 1 像增强器视场缺陷检测装置

图1为像增强器视场缺陷检测装置图。在平行光管物方焦平面处放置均匀磨砂毛玻璃, 形成轴向的均匀发散光(像增强器阴极面光照度符合军用标准, 输入照度  $5 \times 10^{-5} \pm 25\% \text{ lx}$ ); 调节摄像机直到荧光屏清晰成像, 采集有均匀光照时的图像和无光时图像。摄像机采用美国 PULNIX 公司 TM-1040 高性能数字视频摄像机(像元数:  $1024 \times 1024$ ; 像元尺寸:  $9 \times 9 \mu\text{m}$ ; 信噪比: 60 dB)。

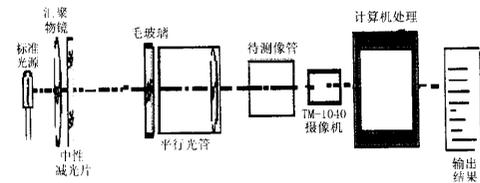


图1 像增强器视场缺陷检测装置

Fig. 1 Detection equipment for field defects of image intensifier

CCD 对于光谱的响应和人眼对于光谱的响应是不完全一致的。人眼的光谱响应范围为  $380 \sim 760 \text{ nm}$ , 而 Si-CCD 的光谱响应则截止在  $1100 \text{ nm}$  处。因此, 在检测系统中常常需要采集荧光屏的图像。由于 P20 或 P43 荧光屏的辐射主要是  $500 \sim 600 \text{ nm}$  的黄绿色光, 几乎没有近红外辐射, 因而系统未加光谱校正装置。

## 2 像增强器视场缺陷的检测算法

对于采集到的图像首先进行系统均匀性校正, 然后按照像增强器图像缺陷的定义, 进行阈值化处理和去除小斑点处理, 最后进行斑点识别和分类。

### 2.1 图像阈值化处理

像增强器的视场缺陷检测, 对于缺陷的大小和形状有明确的规定, 故应按照平均灰度上下  $10\%$  阈值的定义, 对经均匀化处理的图像进行阈值处理。

### 2.2 分离点及边界毛刺的处理<sup>[6]</sup>

由于图像噪声可能导致二值化图像的黑斑点区域极不规则, 因而需要进行矫正或整形, 消除不符合实际的边界形状(如黑区域中间有分离的白色像素点或者规则的区域边界的毛刺)。人眼是通过检测缺陷与周围的比较而判别缺陷的, 因此我们采

用常规的膨胀/腐蚀处理算法<sup>[6]</sup>, 通过膨胀、开、腐蚀、闭等过程, 消除分离点和边界毛刺。

### 2.3 区域标记算法

小斑点去除之前, 需要进行区域(二值图像中相互连接的黑像素或者白像素连成的区域)标记, 将各个相连接的黑区域标记成为相同标志。

(1) 将所有的黑像素变成  $-1$ , 并设置搜索序号初始值  $a=1$ 。

(2) 从左上角往右下角搜索黑区域的初始像素(第一个值为  $-1$  的像素)。扫描整幅图像, 直到找到初始像素并且设置为  $a$ ; 如果没有初始像素, 则认为没有黑区域,  $a=a-1$ , 退出整个黑区域标记程序。区域标记结果  $a$  为黑区域个数。

(3) 设置标记  $\text{chg1}=0$ ,  $\text{chg2}=0$ ,  $\text{chg1}=1$ ,  $\text{chg2}=1$ , 标记本轮搜索找到黑区域点, 否则认为没有找到黑区域点。

(4) 从左上角第 2 行第 2 列向右下角倒数第 2 行最后 1 列正方向扫描传播。搜索整幅图像, 搜索到像素值为  $-1$  的像素, 用 4 连接判断  $(x, y+1)$  或  $(x, y-1)$  是否为  $a$ ; 若是, 则标记该像素值为  $a$ , 并且设置  $\text{chg1}=1$ 。整个图像扫描结束后, 判断  $\text{chg1}$ , 如果  $\text{chg1}=0$ , 到步骤 6; 若  $\text{chg1}=1$ , 继续步骤 5。

(5) 从最右下角倒数第 2 行倒数第 2 列往左上角第 2 行第 1 列反方向扫描传播。搜索整幅图像, 搜索到像素值为  $-1$  的像素, 采用 4 连接判断  $(x+1, y)$  或  $(x, y+1)$  是否为  $a$ ; 若是, 标记为  $a$ , 并且设置  $\text{chg2}=1$ 。判断  $\text{chg2}$ , 如果  $\text{chg2}=0$ , 到步骤 6, 若  $\text{chg2}=1$ , 跳到步骤 3。

(6) 该轮搜索结束后, 搜索序号  $a=a+1$ ; 返回步骤 2。

标记处理后, 图像的所有区域按照  $1, 2, 3, \dots$  标上编号, 进行下一步处理。

### 2.4 区域面积、位置统计

对每一个标记的区域进行重心和实际面积的计算, 并按照等面积圆折算为半径  $R_i$

$$R_i = \left( \frac{S_i}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

若区域  $i$  总数为  $N_i$ , 区域  $i$  的重心定义为

$$X_i = \sum_{j=1}^{N_i} x_j / N_i$$

$$Y_i = \sum_{j=1}^{N_i} y_j / N_i \quad (2)$$

获得半径  $R_i$  和重心  $(X_i, Y_i)$  的统计数字后,逐点比较两个区域重心之间距离和半径之和,如果重心间距离大于区域半径之和,则认为两个区域是独立的两个缺陷;如果重心距离小于或者等于区域半径之和,则将两个区域的数字统一,总数目中去掉一个区域,重新计算面积和重心位置。

### 2.5 小斑点去除

通常荧光屏上直径小于  $75 \mu\text{m}$  的斑点,认为不是图像缺陷,不计为缺陷个数。通过测试系统的标定(标定当量为  $51.03 \mu\text{m}/\text{像素}$ ),该区域相当于 2 个像素所占的面积,即区域大于像素数目 2 就判定为缺陷。

小区域去除的算法如下:按照标号统计各区域占有的像素数目  $A_1, A_2, A_3, A_4 \dots$ ;将斑点占像素小于 2 的区域设置为 0;将大于或等于 2 的区域设置为 -1;调用上面的区域标记函数,重新进行区域标记操作。

## 3 实验处理结果

采用以上处理算法,对实际像增强器进行测试和计算。图 2 为超二代管 1XZ18/18WHS-1(NN-

VT, No. 030226) 的测试图像与处理图像。表 1 给出了对 NNVT 二代像管 1XKZ18/18WHS-1 (No. 5315506, No. 030226) 和 ITT 三代管 F9800C (No. 9738/320971) 以及俄罗斯二代管的检测结果。

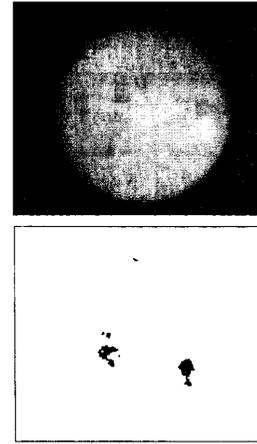


图 2 像增强器荧光屏图像以及阈值化处理和小区去除后缺陷图像

Fig. 2 Screen image of image intensifier and field defects after threshold processing and small zone removal

表 1 像增强器视场缺陷检测结果表

Table 1 Detection results of image intensifier field defects

产地	型号	缺陷直径( $\mu\text{m}$ )	中心区( $\Phi 5.6 \text{ mm}$ )	环带区( $\Phi 5.6 \sim 14.7 \text{ mm}$ )	边缘区( $\Phi 14.7 \sim 18 \text{ mm}$ )	图像缺陷总数
俄罗斯	二代管	$>300$	0	0	0	1
		230~300	0	0	1	
		150~230	0	0	0	
		75~150	0	0	0	
ITT	9738	$>300$	0	0	0	3
		230~300	0	0	0	
	320971	150~230	0	0	3	
		75~150	0	0	0	
NNVT	5315506	$>300$	1	0	0	2
		230~300	0	0	0	
		150~230	0	0	0	
		75~150	1	0	0	
NNVT	030226	$>300$	0	0	1	2
		230~300	0	0	0	
		150~230	1	0	0	
		75~150	0	0	0	

注:(1)NNVT 像管是为提供图像缺陷测试用的非正品样管。

(2)以上像管有效视场均为  $\Phi 18 \text{ mm}$ 。

## 4 误差分析

对于像增强器均匀性、图像缺陷和固定图案噪

声的测试,光学系统和图像采集系统等部分本身的不均匀性或者缺陷也可影响采集图像的均匀性,严

重时将明显影响系统的测试结果。因此,减少和消除这些干扰因素是提高检测精度的技术关键<sup>[7]</sup>。测试系统可能影响判别的主要因素有:输入光源的不均匀,平行光管、摄像机和被测器件的光轴偏离,CCD 摄像机的不均匀性,光学系统杂散光,镜面痕迹和灰尘,二值化处理的阈值确定方法等。为此,我们为减小测试误差,在测试系统中采用了以下措施:

(1) 选用具有良好均匀性的高性能 CCD 摄像机 TM-1040,以减小 CCD 响应的不均匀性;

(2) 系统各个组件安装在同一个光具座上,并经过精心调整,减小光轴偏离的影响;

(3) 定期对测试光学系统进行清洗和除尘处理,对于系统的均匀性影响可以显著降低。

灰尘和痕迹或是图像缺陷的判别,可在实验检测之前通过目测法进行,即转动像增强器,若目标跟随转动则为像增强器缺陷,否则为灰尘或痕迹。

经过检测,阴极面上光照度不均匀性小于 10%,加上毛玻璃后,降到 5%~7% 以下,而缺陷判据定义为 30% 左右。在选择判据时,适当提高到 31%~34% 可基本除去光照不均匀性干扰。对于二值化阈值,人眼存在一个模糊判别的过程,二本算法没有引进模糊判别,因而判断上具有错误隐患。因此,目前尚需要一定的人工干预,如增加监视器辅助判别。

(上接第 11 页)

可行,输出电流在 0~3 A 范围内连续可调,电流稳定性优于  $1 \times 10^{-3}$ ,并具有过流、断电、抗击浪涌等多种保护功能和电流实时显示功能,且性能稳定,工作可靠,具有一定的参考价值和实际意义。

致谢

感谢精密仪器系高宗海老师在实验中给予的指导和帮助。

## 5 结论

本文在 ICCD 用像增强器综合测试仪的基础上,对图像缺陷检测算法进行了研究。实践表明,这种检测算法能够检测出明显的像增强器缺陷,且算法处理量和复杂度不受缺陷形状的影响,提高了检测算法的效率,对于进一步发展像增强器的数字化检测具有重要意义。

这种算法也可扩大到对其它缺陷、瑕疵等的不均匀性检测。例如,CCD 像面本身的均匀性和缺陷检测、光纤面板的均匀性和缺陷检测、工业上布匹瑕疵检测和水果蔬菜农药残留物图像检测等等。

参考文献:

- [1] 张敬贤,李玉丹,金伟其.微光与红外成像技术[M].北京:北京理工大学出版社,1995.146-165.
- [2] 邹异松,刘玉凤,白廷柱.光电成像原理[M].北京:北京理工大学出版社,1997.47-63.
- [3] GJB2000-94,微光像增强器通用规范[S].
- [4] WJ2091-94,微光像增强器实验方法[S].
- [5] 王庆有,孙学株.CCD 应用技术[M].天津:天津大学出版社,1993.14-17.
- [6] 何斌,马天予,王运坚,等. Visual C++ 数字图像处理[M].北京:人民邮电出版社,2002.17-67.
- [7] 苏大图.光学测量技术[M].北京:北京理工大学出版社,1996.35-56.
- [8] 向世明,倪国强.光电子成像器件原理[M].北京:国防工业出版社,1999.134-145.

参考文献:

- [1] 黄德修,刘雪峰.半导体激光器及其应用[M].北京:国防工业出版社,1999.255-256.
- [2] 贾宏志,李育林,张培琨,等.半导体激光器驱动电源的设计[J].应用激光,1999,19(4):181-182.
- [3] 关荣锋,赵军良.实用半导体激光电源的研制[J].焦作工学院学报,1997,16(4):71-73.
- [4] 苗振魁.实用模拟电路手册[M].天津:天津科学技术出版社,1994.