

文章编号: 1002-2082(2004)05-0060-02

微光像增强器图像传递信噪比的测试研究

周 斌¹, 刘秉琦¹, 满 波²

(1. 军械工程学院 光学与电子工程系, 河北 石家庄, 050003;

2. 总装备部 驻西北光电仪器厂军事代表室, 陕西 西安, 710043)

摘 要: 图像传递信噪比是微光像增强器的重要特性参数, 能够全面定量地表征像增强器在探测弱辐射图像时的综合性能, 对于确定像增强器的图像探测灵敏度具有重要意义。针对其测试原理, 采用高灵敏度低噪声 CCD 器件作为像管输出图像的探测接收器, 并引入数字图像处理技术, 利用设计的测试系统实现了典型目标图像传递信噪比的自动测试。多次实验结果表明, 该测试系统具有测试过程自动快速及测试数据准确稳定的优点, 相同测试条件下的不确定度优于±3%。

关键词: 像增强器; 图像传递信噪比; 测试

中图分类号: TN144-34

文献标识码: A

Research on Testing Image Transfer Signal-to-Noise Ratio of Image Intensifier

ZHOU Bin¹, LIU Bing-qi¹, MAN Bo²

(1. Department of Optics and Electronics Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China;

2. Military Agent Office Positioned in Northwest Photoelectric Device Factory, Xi'an 710043, China)

Abstract: The image transfer signal-to-noise ratio is an important parameter which can characterize the combination property of image intensifier all-roundly and quantitatively when detecting the weakly radiative image. It has the important significance for determining the detection sensitivity threshold of image intensifier. Based on its test principle, a highly sensitive and low noise CCD is adopted as the output image detector and the digital image processing technology is introduced. The automatic test of image transfer signal-to-noise ratio of typical target is realized by using a test system we designed. The experimental results getting with several test show that the test process is automatic and fast and the tested data is accurate and steady. The uncertainty is below ±3% in the same test condition.

Keywords: image intensifier; image transfer signal-to-noise ratio; test

引言

图像传递信噪比是像增强器的重要特性参数, 它综合考虑了像管空间因素和时间因素对图像探测特性的影响, 能够全面定量地表征像管在探测弱辐射图像时的综合性能, 对确定像管的图像探测灵敏度具有重要的意义^[1]。本文在论述像管图像传递信噪比测试原理的基础上, 设计了测试系统。该系统用高灵敏度低噪声 CCD 作为探测接收器件, 并

引入数字图像处理技术, 利用辐射式靶板实现了二代像管图像传递信噪比的自动测试

1 像管图像传递信噪比的测试原理

当输入图像为典型图像时, 可以将输出图像信噪比定义为“图像传递信噪比”。设典型图像是空间频率为 F 的一维方波图像, 该亮暗条纹图像的信噪比可表示为^[2]

收稿日期: 2004-06-10; 修回日期: 2004-06-25

作者简介: 周斌(1979-), 男, 河南焦作人, 石家庄军械工程学院硕士研究生, 主要从事军用光电仪器的检测及应用工作。

$$\frac{S}{N} = \frac{\overline{n_1} - \overline{n_2}}{\sqrt{\overline{n_1} + \overline{n_2}}} \quad (1)$$

式中, $\overline{n_1}$ 和 $\overline{n_2}$ 分别为亮暗像元在有效积分时间内发射的平均光子数。

经像增强器光电转换和能量增强后,在荧光屏上得到的输出图像中,亮条纹的平均亮度为 E_1 , 标准差为 σ_1 ; 暗条纹的平均亮度为 E_2 , 标准差为 σ_2 , 则该典型图像的图像传递信噪比为

$$\frac{S}{N} = \frac{E_1 - E_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}} \quad (2)$$

2 像管图像传递信噪比的测试

2.1 测试系统组成

像管图像传递信噪比测试系统组成如图1所示。发光光源1采用经过标定的色温为2856 K的

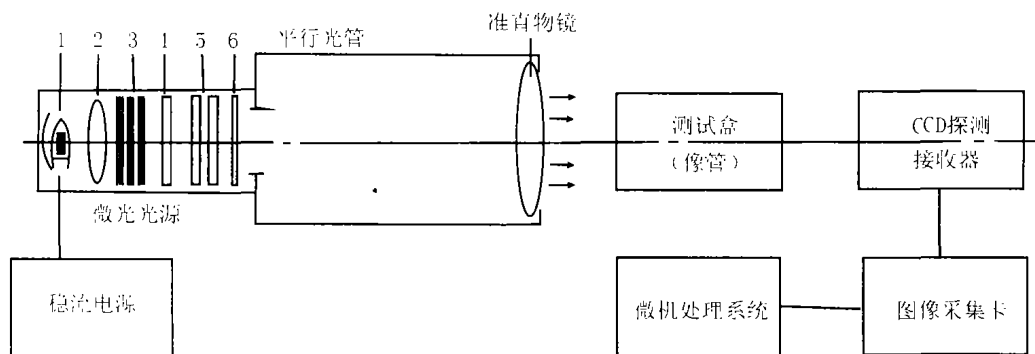


图1 像增强器图像传递信噪比测试系统结构框图

Fig. 1 Schematic diagram of image transfer SNR measurement system for image intensifier

2.2 数据获取及计算

该测试系统采用的测试靶板为辐射式靶板,成像后的图像如图2所示。通过改变采样环的大小,可在该典型输入图像上获得不同空间频率的输出图像信噪比,从而避免了传统上需要根据不同空间频率更换不同测试靶板的繁琐性。对在某一空间频率下采集到的数据信号进行相应的处理,可分别获得亮条纹的平均照度对应的灰度值 L_1 和标准差 σ_1 , 以及暗条纹的平均照度对应的灰度值 L_2 及标准差 σ_2 , 代入(2)式即可求出该空间频率下的图像传递信噪比。

测试过程中阴极面光照不应超过系统的饱和和光照度,如果超过了系统的饱和光照度, CCD 探测到的输出图像中亮部分的灰度值为255, 此时输出信号和输入光照度之间不再满足线性关系,因

A 光源。为了消除或削弱电源电流、负载电阻和环境温度变化对输出电流的影响,用稳流电源对A光源供电。灯泡1发出的光线经聚光镜2和毛玻璃组3后,投射到与CCD光电响应匹配的光谱滤光片4上;通过偏振片组5可连续改变出射光通量的大小(代表典型图像的靶板放置在偏振片后且位于平行光管准直物镜的前焦面上)。经高精度宽量程微照度计标定后,该微光光源照度的可调范围在4个数量级以上,光的不均匀性小于1%。信号接收器为高灵敏度低噪声CCD摄像头(CCD已预先通过软件的方法完成了光电响应非线性校正),CCD获取的图像信息经图像采集卡转化为数字图像信号输入计算机。计算机利用编制的软件实现信号加载、数字图像处理以及与其它外围设备(如显示器和打印机等)通信等功能。

此,输出信号不能正确反映输入特性。

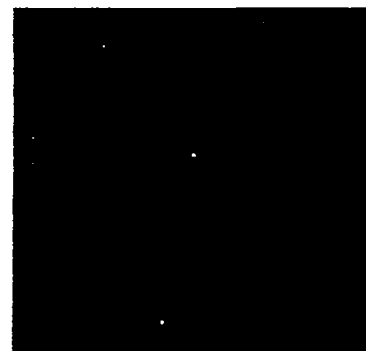


图2 测试系统靶板图像

Fig. 2 Target image of testing system

2.3 测试结果及分析

在不同的阴极面入射照度下,利用上述测试系统对某二代像增强器图像传递信噪比进行测试,测试结果如图3所示。(下转第66页)

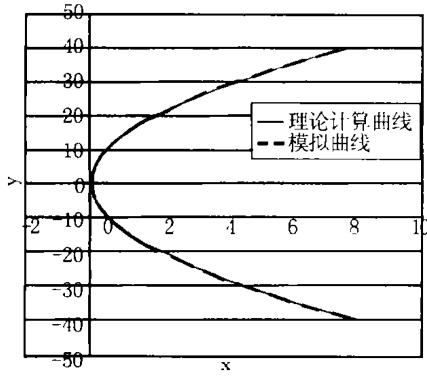


图5 理论计算曲线与模拟曲线对比图

Fig. 5 Contrast diagram of theoretical calculating curve and simulation curve

结果分析:

- (1) 图中 —— 线表示理论计算的非球面曲线, ---- 线表示模拟非球面曲线。
- (2) 非球面和参考球面的垂轴距离 y_0 与理论计算出的垂轴距离 y_0 的模拟计算的误差为 $\pm 0.001 \mu\text{m}$ 。
- (3) 模拟的非球面曲线与理论计算的非球面曲线几乎是重合的,模拟效果很好。

4 结论

(上接第 61 页)

图中曲线 1 的阴极面入射照度为 $5.40 \times 10^{-4} \text{ lx}$, 曲线 2 的阴极面入射照度为 $1.10 \times 10^{-4} \text{ lx}$, 曲线 3 的阴极面入射照度为 $1.25 \times 10^{-3} \text{ lx}$ 。

从图 3 可以看出,随着输入图像空间频率的增加,图像传递信噪比将随之下降。这主要是因为低频条件下像管的调制传递函数 MTF 接近 1,对输出图像的

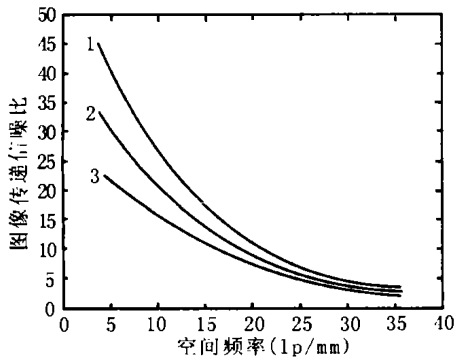


图 3 图像传递信噪比与空间频关系曲线

Fig. 3 The relation curve of image transfer signal-to-noise ratio and spatial frequency

出图像的信噪比影响不大;而在高频时,由于 MTF

(1) 利用光学投影和数学基本理论对投影式光学检测过程进行了理论计算及分析,并利用计算机 C 语言及 excel 工具完成了数据模拟计算,输出结果中非球面和参考球面的垂轴距离 y_0 与理论计算出的垂轴距离 y_0 的模拟计算的误差为 $\pm 0.001 \mu\text{m}$,因此模拟过程是成功的。

(2) 进行光学检测实验之前,利用光学和数学基本理论进行理论计算,以计算机作为辅助工具对复杂的计算过程进行模拟,避免了前期大量的复杂试验,为实际的光学检测提供了理论依据和测量目标。

参考文献:

- [1] 朱秋冬,郝群.激光束偏转法非球面面形测量和计算[J].光学技术,2002,28(1):22-25.
- [2] 施宇清.用莫尔测偏法在线快速检测非球表面形貌[J].振动、测试与诊断,2002,22(1):15-19.
- [3] YUN Z S, LIU Z B, LI Y L. Aspheric surface testing with a liquid compensatory interferometer [J]. Opt Eng, 1998, 37(4): 1364-1367.
- [4] 杜玉军,任海霞,等.光学非球面元件非球面度计算方法[J].应用光学,2002,23(5):42-45.

较小,对信号和噪声都有影响,但对信号的影响更大,从而降低了图像传递信噪比。

3 结束语

本文所介绍的像增强器图像传递信噪比测试系统以 CCD 作为探测接收器件,利用数字图像采集与处理技术,在一幅典型图像中可实现不同空间频率下图像传递信噪比的测试。测试结果可以通过数值或图表形式直观显示,具有较高的自动化程度。多次测试结果表明,相同测试条件下的不确定度在 $\pm 3\%$ 以内。

参考文献:

- [1] 邹易松.电真空成像器件及理论分析[M].北京:国防工业出版社,1989.
- [2] 左印方.EBCCD 微光成像系统综合性能评价[D].北京:北京理工大学,2003.
- [3] 王庆有.CCD 应用技术[M].天津:天津大学出版社,2000.