

文章编号: 1001-5078 (2006) 10-0950-03

红外焦平面阵列性能参数测试系统

屈惠明, 陈 钱, 顾国华, 随修宝
(南京理工大学电子工程与光电技术学院, 江苏 南京 210094)

摘 要: 基于虚拟仪器技术开发了红外焦平面阵列 (RFPA) 性能参数测试系统。该系统可采集 RFPA 动态数据, 得到 RFPA 在不同情况下的各像元响应情况, 从而测试计算出 RFPA 主要性能参数, 进行器件的评估; 对采集数据的统计分析, 能准确判断盲元位置和数量, 定量地测量非均匀性, 以测试分析结果为依据进行红外成像图像的补偿和校准, 得到了清晰的成像效果。

关键词: 红外成像; 红外焦平面阵列; 参数测试系统; 虚拟仪器

中图分类号: TN362; TN206 **文献标识码:** A

Test System for Measuring Characteristic Parameters of IRFPA

QU Huiming, CHEN Qian, GU Guo-hua, SUI Xiu-bao
(School of Electronic Engineering and Optoelectronics Technology,
Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: Testing of infrared focal panel array is the basis of RFPA evaluation and infrared image processing. A test system for measuring characteristic parameters of RFPA is established based on virtual instrumental technology. Both the hardware and software of the test system are developed. The response levels of RFPA pixels are acquired by the system. The main characteristic parameters of RFPA are calculated based on the definition and measuring data. The performance of RFPA are evaluated by the system. Through statistic analysis, the location and quantities of non-effective pixels can be identified accurately. Also the nonuniformity correction coefficient of all pixels can be worked out. Vivid infrared images have been achieved through non-effective pixels compensation and nonuniformity correction based on the testing and statistic analysis results.

Key words: infrared imaging; infrared focal panel arrays (RFPA); test system for parameters; virtual instrument

1 引言

红外焦平面阵列是凝视型红外热成像系统的核心器件, 其性能直接关系到红外热像仪的性能评价和图像处理算法的优化。建立一台精确有效的红外焦平面阵列器件性能参数测试平台, 是对红外焦平面阵列器件进行准确评价的前提; 同时, 红外焦平面阵列性能参数及数据统计特征是进行红外成像图像处理的重要依据, 图像处理算法的效果, 除了与算法本身有一定关系外, 还与图像的数据特征直接相关。因此, 红外焦平面阵列器件性能参数测试, 对于器件设计制造者和热成像系统的设计者来说都有着非常

重要的指导意义^[1-2]。虚拟仪器是飞速发展的计算机技术与现代仪器技术相结合的产物, 是通过应用程序将计算机与功能化硬件模块结合起来, 通过友好的图形界面来操作计算机, 以实现仪器的功能。虚拟仪器的功能是由用户定制, 用软件控制和实现的, 因而它的数据采集、分析、处理、结果显示、储存等功能与传统仪器相比, 更具适应性、灵活性、可扩展性的优点, 而且开发周期短、开发费用低。对于红

作者简介: 屈惠明 (1967 -), 男, 博士生, 目前主要从事红外成像、图像处理和新型成像机理研究, E-mail: huimingqu@163.com
收稿日期: 2006-05-10

外焦平面阵列器件来说,性能参数的测试显得尤为重要,而用传统意义上的通用仪器,是无法完成测试任务的,若开发专门的测试仪器,不仅成本高,而且周期长。利用虚拟仪器技术来开发红外焦平面阵列性能参数测试系统,无疑是一个很好的选择。

2 红外焦平面阵列性能参数测试原理

红外焦平面阵列器件的主要性能参数有^[3-4]:像元响应率、像元探测率、噪声等效功率、噪声等效温差、响应率非均匀性、盲元数(包括死像元数和过热像元数)。下面以 $I \times J$ 规模的 RFPA 器件在均匀黑体辐射条件 T_1 和 T_2 下,分别采集 M 帧数据,阐述参数测试计算的原理方法,设探测单元面积 A_d ,积分时间为 t_{int} 。

1) 响应电压测试

像元响应率的计算可以归结为黑体辐射条件下和背景辐射条件下的响应电压测试,这两种辐射都应该在黑体的均匀恒定辐照下进行。

像元响应电压:

$$V_{s\ ij} = \frac{1}{K} \sum_{m=1}^M [V_{SB\ ij}(m) - V_B\ ij(m)] \quad (1)$$

平均响应电压:

$$\overline{V_s} = \frac{1}{I \times J} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J V_{s\ ij} \quad (2)$$

2) 像元响应率计算

$$R_{ij} = \frac{V_{s\ ij}}{P} \quad (3)$$

平均响应率计算:

$$\overline{R} = \frac{1}{I \times J} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J R_{ij} \quad (4)$$

3) 探测器噪声电压计算

$$V_N\ ij = \frac{1}{K} \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M [V_{SB\ ij}(m) - V_B\ ij(m)]^2} \quad (5)$$

平均探测器噪声电压:

$$\overline{V_N} = \frac{1}{I \times J} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J V_N\ ij \quad (6)$$

4) 探测率计算

$$D^*\ ij = \frac{\sqrt{A_d}}{\sqrt{2 t_{int}}} \cdot \frac{R_{ij}}{V_N\ ij} \quad (7)$$

平均探测率:

$$\overline{D^*} = \frac{1}{I \times J} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J D^*\ ij \quad (8)$$

5) 噪声等效温差的测量

$$NETD = \frac{T}{V_s / V_N} \quad (9)$$

6) 噪声等效功率计算

$$NEP = \frac{V_N}{R} \quad (10)$$

7) 非均匀性计算^[5]

$$U_R = \frac{1}{V_s} \sqrt{\frac{1}{I \times J} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (V_{s\ ij} - \overline{V_s})^2} \quad (11)$$

3 红外焦平面阵列参数测试平台

红外焦平面阵列性能参数测试平台的硬件由高性能 PC、高速数据采集卡、高级接口、面源黑体辐射源、靶标、红外光学镜头、红外焦平面阵列探测器和探测器读出驱动电路组成,硬件结构框图如图 1 所示。

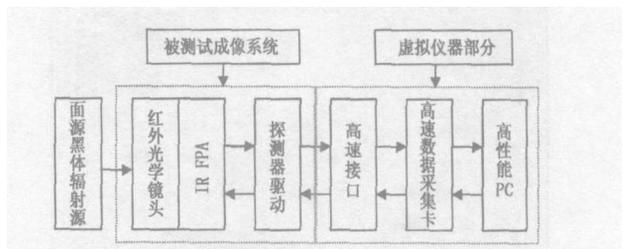


图 1 红外焦平面阵列性能参数测试平台结构框图

Fig 1 block diagram of the test system hardware for RFPA

以上硬件配合 LABVIEW 及 MATLAB 编程软件,可实现 RFPA 的数据采集、参数测试及数据的统计分析,获取 RFPA 器件的主要性能参数。针对不同 RFPA 器件参数进行统计分析得到其数据统计特征;进行盲点检测、非均匀性校正系数测试计算及各种图像处理算法的仿真和优化。对于不同规模的 RFPA 探测器,只需要在测试系统程序前面板中的参数设定控制面板,改变相应参数即可,使用起来灵活方便,通用性强。

4 测试结果及应用

用开发的红外焦平面阵列性能参数测试系统采集测试了 320×240 非制冷焦平面阵列的数据,测试系统软件前面板及测试统计分析结果如图 2 所示,前面板主要有三大功能模块,分别是功能控制面板、参数设定控制面板和参数输出显示面板。

图 3 所示是该系统测得 320×240 RFPA 对均匀面源黑体的响应非均匀性立体图,可见 RFPA 各像元对同样辐射条件下的响应非均匀性是很明显的,不进行精确的非均匀性校正和盲元补偿是无法成像的。同时,通过测试获得了 320×240 红外焦平

面阵列探测器响应,它是探测器焦平面上成像的景物温度与探测器本身所处环境温度的二元函数,而不是探测器焦平面上成像的景物温度的一元函数。图 4 所示为环境温度一定时,测得的 RFPA 探测器平均响应随黑体温度变化的曲线和黑体温度一定时探测器平均响应随环境温度变化的曲线;这也说明非制冷红外焦平面阵列探测器的温度稳定器不是一个可有可无的器件,只有保证焦平面阵列中所有像元的自身基准温度稳定且一致,才能保证校正的准确性和热像仪在不同时间场合响应的一致性,才能保证热像仪的探测灵敏度。

是测试数据应用于非均匀性校正和盲元检测与补偿算法开发的试验结果。应用该系统测试分析结果开发的图像处理算法获得了清晰的处理图像,原始红外图像的盲元和非均匀性得到了准确的补偿与校正。



图 5 根据测试数据进行盲元补偿和非均匀性校正结果

Fig 5 image processing result based on the testing and statistic analysis data

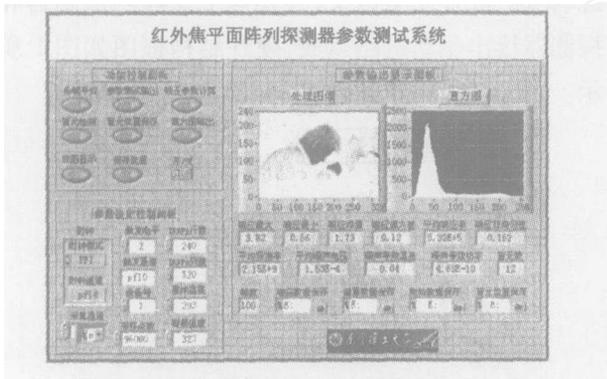


图 2 测试系统程序前面板

Fig 2 front panel of test system program

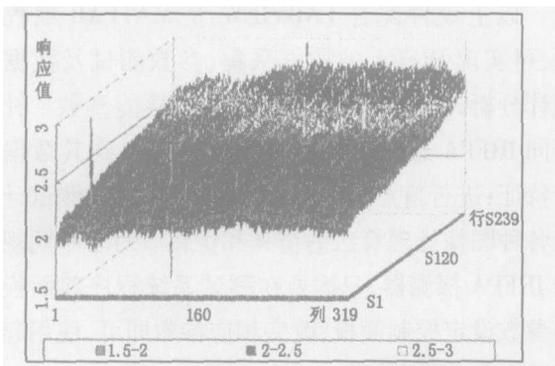


图 3 像元对均匀黑体响应非均匀性立体图

Fig 3 3D diagram of pixel response nonuniformity

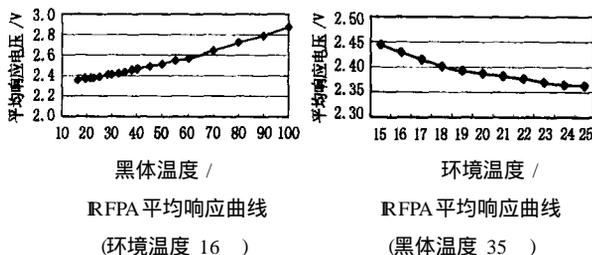


图 4 红外焦平面阵列探测器平均响应曲线

Fig 4 average response level trend chart of RFPA

该系统采集的数据经过统计分析,已应用于红外热像仪的设计和图像处理算法的研究开发中,图 5

5 结论

红外焦平面阵列参数是进行焦平面阵列性能评估和红外成像图像处理的重要依据;基于虚拟仪器技术开发的红外焦平面阵列性能参数测试系统,可以适用于各种规模 RFPA 阵列的数据采集和测试分析,具有通用性、使用灵活方便的优点;试验结果表明,由该系统采集测试的数据准确,应用到红外图像的盲元检测与补偿,非均匀性定量分析与校正等图像处理算法中,取得了很好的效果;为红外焦平面阵列性能评估、红外热像仪的设计以及根据数据特征开发和优化图像处理算法,提供了必不可少的支持。

参考文献:

- [1] R H Fugerer, D J Hervig, L L Holt, et al The development of a focal plane array data system for component-level characterization and real-time mission simulation testing [J]. IEEE, 1995, (2): 1 - 10.
- [2] 周慧鑫,殷世民,刘上乾,等. 红外焦平面器件盲元检测及补偿算法 [J]. 光子学报, 2004, 33 (5): 598 - 600.
- [3] Nicola Liberatore, Andrea Pifferi, Silvio Perri, et al Test bench for IRFPA based on CMT and microbolometer [J]. Infrared Physics & Technology, 2002, 43: 291 - 296
- [4] 红外焦平面阵列特性参数测试技术规范 [S]. 中华人民共和国国家标准. GB/T 17444 - 1998: 209 - 222
- [5] Hui-xin Zhou, Rui Lai, Shang-qian Liu, et al New improved nonuniformity correction for infrared focal plane arrays [J]. Optics Communications, 2005, 245: 49 - 53.