

文章编号:1001-5078(2007)01-0051-02

一种新的红外焦平面阵列盲元检测方法

李言俊¹, 崔瑞青¹, 赵桂芳¹, 袁祁刚²

(1. 西北工业大学航天学院, 陕西 西安 710072; 2. 西安北方光电有限公司, 陕西 西安 710043)

摘要:提出了一种基于滑动窗口的自适应阈值盲元检测方法。该方法首先以某一像元为中心进行加窗, 计算加窗后的均值与标准差, 然后通过比较窗口中心像元灰度与均值的偏差是否大于3倍标准差来判断其是否为盲元。仿真结果表明, 该方法查找速度快、定位准确, 是一种比较实用的现场盲元检测方法。

关键词:红外焦平面阵列; 盲元; 窗口; “3 σ ”原则; 非均匀性

中图分类号: TN206 **文献标识码:** A

A New Method of Bad Pixel Detectin and Compensation of IRFPA

LI Yan-jun¹, CUI Rui-qing¹, ZHAO Gui-fang¹, YUAN Qi-gang²

(1. College of Astronautics, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China;

2. Sicong Opto-Electronic Corporation, Xi'an 710043, China)

Abstract: In the paper a kind of method of bad pixel detection based on window with adaptive threshold is presented, bad pixel is detected by adding widow and computing mean value and standard error. The result of simulation shows that check ratio and orientation precision have been improved, this is a practical method of bad pixel detection.

Key words: infrared focal plane array; bad pixels; window; “3 σ ” principle; non-uniformity

1 引言

凝视红外焦平面阵列(IRFPA)成像系统以其结构简单、探测能力强、功耗低、帧率高、稳定性好等优点在红外搜索系统、机载前视红外系统、成像导引头和成像跟踪系统中得到广泛的应用,但由于制造工艺、材料等因素的影响,IRFPA器件不可避免地存在着盲元、非均匀性等问题;在盲元处理过程中检测是至关重要的,因为盲元的过判别会增加计算量、损失图像信息,而欠判别则会影响去噪效果^[1]。为此,文献[2]根据像元的时域噪声定义了像元的可校正度,通过该属性来判别无效像元,文献[1]和[3]则进一步从像元的响应率和时域噪声二方面加以考虑进行处理,其中所用数据都是通过实验测量得到的。然而IRFPA随着使用时间和环境的变化是会有新盲元产生的,这就要求有一种不依靠实验数据并能及时进行盲元检测和标定的方法。

基于以上考虑,本文利用IRFPA成像系统输出

图像信号和数字图像处理技术,提出了一种基于滑动窗口的自适应阈值盲元检测方法,该方法可以实现对盲元的现场检测。

2 盲元定义

国家标准中盲元的定义^[3]主要是从器件对黑体辐射的响应程度作为量化指标的,以下给出四个与本文有关的IRFPA参数的定义:

(1) 像元响应率

像元响应率 $R(i, j)$ 定义为IRFPA在一定帧周期和一定动态范围条件下,像元对每单位辐照功率产生的输出信号电压,由式(1)表示:

$$R(i, j) = V_s(i, j) / P \quad (1)$$

式中, $i = 1 \sim M$; $j = 1 \sim N$; $V_s(i, j)$ 为第 (i, j) 像元对应

基金项目:国家自然科学基金(60575013);航天科技创新基金(N4CH008);武器装备预研基金(514010204HK0334)。

作者简介:李言俊(1944-),教授,博士生导师,研究方向为成像制导,仿生技术,图像处理与目标识别技术等。

收稿日期:2006-06-19

于辐照功率 P 的响应电压; P 为第 (i, j) 像元所接收的辐照功率。

(2) 平均响应率

平均响应率指 IRFPA 各有效像元响应率的平均值, 由式(2)表示:

$$\bar{R} = \frac{1}{M \cdot N - (d+h)} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N R(i, j) \quad (2)$$

式中, M 和 N 分别是 IRFPA 像元的行数和列数; d 和 h 分别是死像元数和过热像元数。

(3) 盲元

盲元也称为失效元, 其中包括死像元和过热像元。死像元是指像元响应率小于 $1/10$ 平均响应率的像元; 过热像元是指像元噪声电压大于 10 倍平均噪声电压的像元。

(4) 盲元率

IRFPA 的失效像元数占总像元数的百分比, 由式(3)表示:

$$N_b = \frac{d+h}{M \cdot N} \times 100\% \quad (3)$$

其中, d 和 h 分别是死像元和过热像元数。

关于盲元检测的问题, 有文献直接将图像灰度值作为像元响应率, 然后再用以上盲元的定义进行处理。但是在实际应用中, 由于 A/D 转换精度、灰度取整、时域噪声和非均匀性噪声等各方面的影响, 使得这一处理方法存在着严重的误判, 因此, 文献[4]和[5]提出了各自的改进方法, 但是其阈值都是靠经验给出, 通用性不是很强。

3 基于滑动窗口的自适应阈值盲元检测方法

3.1 开窗原理

由于红外焦平面阵列探测器各阵列元的响应非均匀性, 使得红外图像表现为区域灰度不一致, 这就给直接采用全局阈值进行判断带来了困难, 阈值太大容易造成漏判, 阈值太小又会造成局部过判, 而基于滑动窗口的自适应阈值检测方法却可以较好地克服以上困难。这里滑动窗口指的是以某一像元为中心, 取一个 $(2n+1) \times (2n+1)$ 的窗口, 通过求窗内像元的均值与标准差来判断该中心像元是否为盲元。在这里窗口的大小选取非常重要, 如果窗口太大, 将不能有效地消除区域非均匀性对盲元检测的影响, 而太小的话, 基于统计特性的均值和标准差又不是很准确。经反复实验: n 取 4 或 5 时检测精度最高。

3.2 自适应阈值的计算

由于基于均匀背景的红外图像的灰度值近似于正态分布^[1], 利用这一统计特性和盲元在图像中的

表现特征, 本文采用“ 3σ ”准则对盲元进行判断, 即把响应值在平均响应灰度 $\pm 3\sigma$ 之外的像元自动判定为盲元。阈值计算公式为:

$$\sigma(i, j) = \sqrt{\frac{1}{(2n+1)^2} \sum_{k=i-n}^{i+n} \sum_{l=j-n}^{j+n} [f(k, l) - \mu(i, j)]^2} \quad (4)$$

$$\mu(i, j) = \sum_{k=i-n}^{i+n} \sum_{l=j-n}^{j+n} [f(k, l)] \quad (5)$$

式中, $\sigma(i, j)$ 为中心坐标 (i, j) 的窗口像元灰度标准差; n 为半窗宽; $f(k, l)$ 为窗内像元灰度值; $\mu(i, j)$ 为中心坐标 (i, j) 的窗口像元的灰度平均值。

3.3 盲元检测具体实现步骤

(1) 对原始图像进行镜像延拓;

(2) 以 (i, j) 为中心进行开窗, 并计算以 (i, j) 为中心像元时窗内像元均值 $\mu(i, j)$ 与标准差 $\sigma(i, j)$;

(3) 计算中心像元灰度值与均值的偏差 $e(i, j)$, 即 $e(i, j) = |f(i, j) - \mu(i, j)|$;

(4) 判断 $e(i, j)$ 是否大于 $3\sigma(i, j)$, 如果是则判定为盲元, 并记录当前的坐标 (i, j) , 进入下一步, 否则直接进入第(6)步;

(5) 将盲元的灰度值 $f(i, j)$ 用均值 $\mu(i, j)$ 替代;

(6) 将窗口中心移动到下一个像元, 返回第(2)步, 直到中心像元扫描完所有的像素。

4 仿真结果及分析

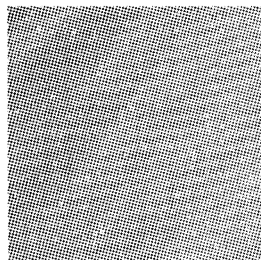


图1 原始图像
Fig. 1 original image

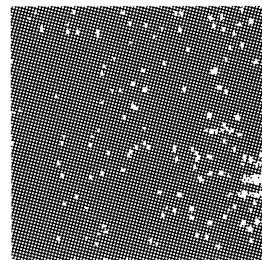


图2 原始方法检测结果
Fig. 2 detection result of original method

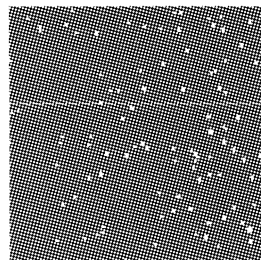


图3 “ 3σ ”检测结果
Fig. 3 “ 3σ ” detection result

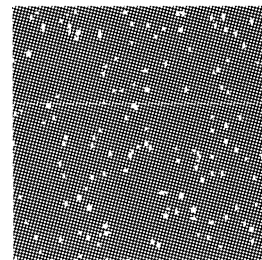


图4 开窗“ 3σ ”检测结果
Fig. 4 “ 3σ ” detection result by adding window

仿真实验得到如下盲元检测定位图, 其中图 1

(下转第 65 页)

处理以及后工艺的进行。应尽可能快地将激光剥离后的 GaN 膜置于盐酸中,去除金属 Ga,防止其氧化。

参考文献:

- [1] 段猛,郝跃. GaN 基蓝色 LED 的研究进展[J]. 西安电子科技大学学报,2003,30:60-65.
- [2] Daniel A Steigerwald, Jerome C Bhat, Dave Collins, et al. Illumination With Solid State Lighting Technology [J]. IEEE J. Selec. Topi. Quant. Electron., 2002,8(2): 310-320.
- [3] 梁春广,张冀. GaN——第三代半导体的曙光[J]. 半导体报,1992,20(2):89-99.
- [4] Plano W E, Major J S, Welch D F. X-ray studies of high quality GaN grown on 0001 sapphire[J]. Electronics Letters, 1994, 30:2079-2081.
- [5] Shen X Q, Matsuhata H, Okumura H. Reduction of the threading dislocation density in GaN films grown on vicinal sapphire (0001) substrates[J]. Appl. Phys. Lett., 2005, 86:021912-021914.

- [6] Kelly M K, Ambacher O, Dahlheimer B, et al. Optical patterning of GaN films [J]. Appl. Phys. Lett., 1996, 69: 1749-1751.
- [7] Wong W S, Sands T, Cheung N W. Damage-free separation of GaN thin films from sapphire substrates [J]. Appl. Phys. Lett., 1997, 72: 599-601.
- [8] Bee Sim Tan, Shu Yuan, Xue Jun Kang. Performance enhancement of InGaN light-emitting diodes by laser lift-off and transfer from sapphire to copper substrate [J]. Appl. Phys. Lett., 2004, 84:2757-2759.
- [9] Wong W S, Cho Y, Weber E R, et al. Structural and optical quality of GaN/metal/Si hetero structure fabricated by excimer laser lift-off [J]. Appl. Phys. Lett., 1999, 75: 1887-1889.
- [10] Wong W S, Sands T, Cheung N W, et al. Fabrication of thin-film InGaN light-emitting diode membranes by laser lift-off [J]. Appl. Phys. Lett., 1999, 75:1360-1363.
- [11] 向益准,单玉生,龚堃,等. 高功率 KrF 准分子激光光束平滑技术实验研究 [J]. 原子能科学与技术, 2003, 37(2):101-105.

(上接第 52 页)

是用 320 × 256 MCT 制冷式中波 IRFPA 热像仪样机采集到的基于均匀背景的原图像部分 (128 × 128), 图 2 是用原始方法 (将灰度值直接作为像元响应率,再用国标^[3]中对盲元的定义进行判断)检测的结果,图 3 是直接采用 3 倍标准差检测的结果,图 4 是采用基于滑动窗口的 3 倍标准差检测的结果。

采用不同方法进行盲元检测所得统计数据如表 1 所示。从检测结果与原始图像的对照以及统计数据 (如表 1) 可以看到,原始方法检测明显存在严重误判现象;直接采用“3 σ ”进行检测时又由于非均匀性的影响存在漏判现象;而采用加窗的“3 σ ”检测方法却可以精确地检测出盲元的数量和准确地定位出盲元的位置。

表 1 盲元检测结果统计

Tab. 1 statistical result of bad pixels detection

	原始方法	“3 σ ”方法	加窗“3 σ ”方法
盲元数	371	144	261
盲元率 (%)	2.261	0.878	1.521

另外,为了进一步提高运算速度,可以先对整幅图像进行一次粗判断 (阈值为 σ),然后再用加窗算法对已判断出的结果进行精判断,实验结果表明其检测速度可以提高 10 ~ 20 倍。

5 结束语

本文提出了一种基于滑动窗口的自适应阈值盲元检测方法。该方法将滑动窗口和“3 σ ”原则相结合实现了对盲元的自动检测,既提高了盲元检测精度,又降低了检测的复杂性;仿真结果表明,新的盲元检测方法对盲元的查找速度快,定位准确,即使在系统受到噪声干扰的情况下,同样可以获得较高的检测精度,是一种比较实用的检测方法。另外,需要说明的是原始图像中水平条纹的存在不是 IRFPA 本身的问题,而是成像系统中存在的一种干扰,如何解决干扰在相关的文章中将会详细论述。

参考文献:

- [1] 石岩,毛海岑,张天序,等. 一种新的基于特征直方图分解的红外焦平面阵列无效像元判别方法 [J]. 红外与毫米波学报,2005,24(2):119-124.
- [2] Schulz M, Caldwell L. Nonuniformity correction and collectability of infrared focal plane arrays [J]. Infrared Physics & Technology, 1995, 36:763-777.
- [3] The technical norms for measurement and test of characteristic parameters of infrared focal plane arrays [P]. GB/T 17444, 1998.
- [4] 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.
- [5] 赖睿,刘上乾,周慧鑫,等. 红外焦平面阵列盲元检测技术研究 [J]. 半导体光电, 2005, 26(3):199-201.