

红外焦平面读出电路成像重影问题的分析

马 静, 李敬国, 王 亮
(华北光电技术研究所, 北京 100015)

摘 要:随着红外焦平面探测器广泛的应用,在实际成像中会出现一些新的问题。本文针对某款 256×256 规格的探测器成像出现重影问题,制定了相应的读出电路成像测试分析方案。从读出电路通道、主时钟频率、目标信号强度等方面全面分析该问题与读出电路的关系,并定位了重影问题的原因。

关键词:读出电路;重影问题;点光源测试;焦平面

中图分类号:TN216 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2017.04.015

Analysis of double image in IRFPA ROIC imaging

MA Jing, LI Jing-guo, WANG Liang
(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 10015, China)

Abstract: With wide applications of infrared focal plane array (IRFPA) detector, there are some new problems in detector imaging. For double image phenomenon in 256×256 detector imaging, the corresponding imaging measurement method was presented. The relationship between double image and ROIC was analyzed from ROIC path, master clock frequency, target signal intensity, and so on, and the reason of double image was found out.

Key words: ROIC; double image; point light source; FPA

1 引 言

红外焦平面阵列在工业、军事、医疗以及科学研究领域有着广泛的应用,比如夜视、红外探测和追踪。在整个红外成像系统中,读出电路起到将红外探测器的光电流信号转化成后续成像系统可以处理的电压信号^[1]。读出电路的设计直接影响到探测器最终成像的效果。而根据探测器成像效果,反向分析定位读出电路设计中可能存在的问题也是非常有效的办法,可以根据问题需要特别制定出一套合适的成像测试方法。本文介绍了一款 256×256 4 通道红外探测器成像中出现的重影问题,针对该问题进行了专门的读出电路方面的成像测试分析。

2 成像的重影问题

重影问题为在正式目标图像后出现了一个能量

强度比较弱的重影图像^[2]。该位置本应的成像效果应该是和背景图像相同,但是由于重影,体现为一个能量比背景高或者低,但是又比正式信号弱的重影图像,如图 1 所示。



图 1 成像的重影问题

Fig. 1 Double image problem

图1中,图像中圆盘部分内左侧为正常的目标点光源,在其右侧隔了几个像素出现的强度比较小的点为重影图像。

3 点光源测试平台

为了准确分析读出电路单个完整通道的性能,要将目标能量源汇聚在一个像素上,需要采用点光源测试^[3]。本测试平台采用的黑体点源孔径为0.8 mm,经过调整探测器和黑体距离及对焦,可达到测试所需的目标点光源。我们将探测器首先连接到后端测试系统,再经测试系统连接到成像系统,形成一整套点光源测试平台^[4]。

由与黑体点源能量虽然集中在一个点上,但是对周边会有能量散射,因此成像中呈现的点源能量在数据分析时放大到一定程度就如十字叉形状,点源能量汇聚在十字叉中心黑色点,如图2所示。因此我们以该能量最强的中心点位置进行参考分析。

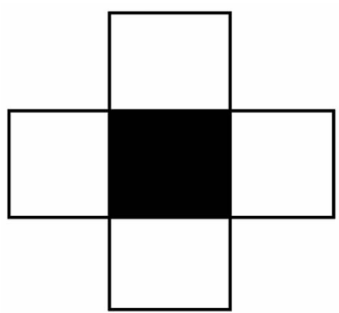


图2 点源成像能量分布示意图

Fig. 2 Dot source image

4 重影问题的测试分析方法

4.1 测试数据的设定

根据重影的性质,在测试中应设定以下7个测试指标数据。目标位置坐标、重影位置坐标、目标信号电平值、重影信号电平值、背景电平值、目标信号与背景的电平差值、重影与背景的电平差值。由于重影产生的原因是本来应该为背景的地方出现了与背景不一样的值,导致了成像出现重影。因此分析测试结果时,应重点参考的数据是重影与背景的电平差值。

4.2 重影与目标之间的位置关系

采用将点光源目标随机成像在焦平面阵列不同位置的方法,进行分析重影与目标之间的位置关系。读取目标的坐标位置以及重影的坐标位置如表1所示。

表1 重影与目标位置坐标值

Tab. 1 Comparison of target and double image

红外焦平面探测器1		红外焦平面探测器2	
目标位置坐标	重影位置坐标	目标位置坐标	重影位置坐标
(143,101)	(147,101)	(156,120)	(160,120)

经分析目标信号与重影信号处于同一行,在目标信号之后隔4个像素出现重影信号,且只有一个重影。根据该款读出电路的输出级设计结构,可分析说明目标与重影均为读出电路上同一个通道的输出,且分别为该通道前后两个连续的输出信号。

4.3 重影与读出电路输出通道的关系

采用将点光源目标以探测器像素为单位步进横向移动,依次移动4个像素,以此方法来判定是否每个输出通道均存在重影问题。读取目标的坐标位置以及出现重影的坐标位置如表2所示。

表2 点光源目标在各个通道时的重影情况

Tab. 2 Double image in different output channel

	通道1	通道2	通道3	通道4
目标位置坐标	(143,101)	(144,101)	(145,101)	(146,101)
重影位置坐标	(147,101)	(148,101)	(149,101)	(150,101)

由数据结果分析,在该款电路每个通道均存在有重影问题。

4.4 重影与读出电路主时钟频率的关系

采用变化主时钟频率的方式分析重影电平值强弱的变化。设置主时钟频率由2 MHz、3 MHz、4~5 MHz,点光源目标黑体温度为200℃,位置为同一位置,分析测试数据如表3所示。

表3 不同主时钟频率时的重影情况

Tab. 3 Double image in different work frequency

主频	目标值	重影值	背景值	目标与背景差值	亮斑与背景差值
2M	4.9 V	无重影	3.066 V	1.834 V	无差值
3M	4.944 V	无重影	3.066 V	1.878 V	无差值
4M	4.88 V	3.04 V	3.03 V	1.85 V	10 mV
5M	4.91 V	2.98 V	3.055 V	1.855 V	-75 mV

由数据分析,在主时钟频率较低的时候不会出现重影问题,在4 MHz及以上会出现重影问题。由于输出级运放摆率是固定的,主时钟频率较低时,信号建立后平坦区较宽,信号采集时较易采集到稳定

信号,如图 3 所示。测试中 5 MHz 的时候重影信号电平值由比背景高变为比背景低,即能量强度弱于背景。原因为成像采集系统的采样点正好采集到信号稳定建立之前,该通道输出的上一信号下降沿的过冲部分。

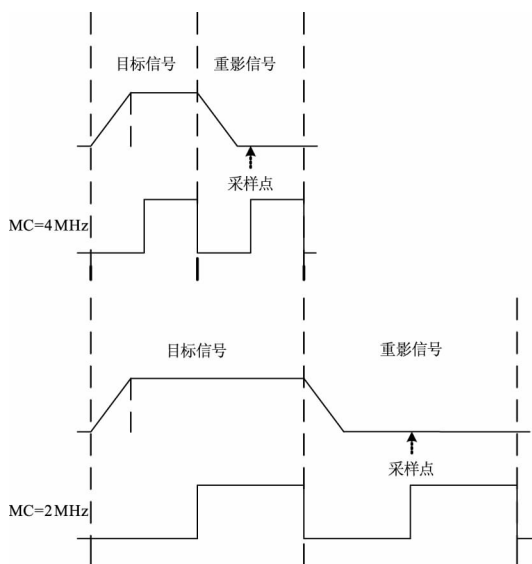


图 3 不同主频对重影问题的影响

Fig. 3 Effect in differentwork frequency

4.5 重影与目标信号强度的关系

采用改变黑体温度的方法达到改变目标点光源信号强度的目的^[4]。设置黑体温度以 50 ℃为起始温度,每 10 ℃为一间隔,逐步升高,截止温度为 90 ℃。数据如表 4 所示。

表 4 不同目标黑体温度时的重影情况

Tab. 4 double image in different target temperature

目标黑体温度	目标值	重影值	背景值	目标与背景差值	重影与背景差值
50 ℃	3.575 V	3.043 V	3.04 V	0.535 V	3 mV
60 ℃	3.846 V	3.052 V	3.047 V	0.8 V	5 mV
70 ℃	4.187 V	2.953 V	3.05 V	1.137 V	-97 mV
80 ℃	4.6 V	2.952 V	3.052 V	1.548 V	-100 mV
90 ℃	4.7 V	3.06 V	3.055 V	1.645 V	5 mV

由数据分析,黑体温度在 50 ℃、60 ℃及 90 ℃时,即目标越来越强,但是重影值基本没变化,均在 5 mV 以内。在 70 ℃、80 ℃时,重影出现了变化,变的比背景低,原因与变频实验中 5 M 时的情况相同,即采集到信号稳定建立之前的过冲部分,如图 4 所示。

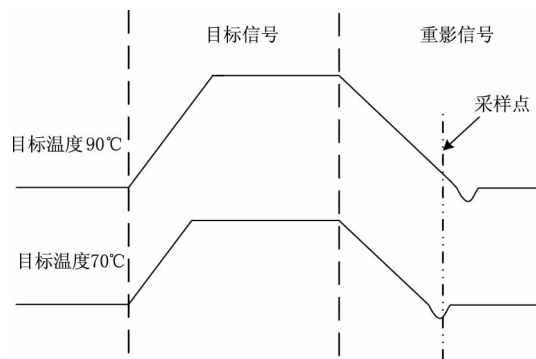


图 4 不同目标信号强度对重影问题的影响

Fig. 4 Effect in target signal intensity

5 测试结果综合分析

根据以上几项测试数据分析得出以下结论。重影与目标信号相隔 4 个像素出现,说明重影与目标在同一通道,并且经变换通道验证每个输出级通道都有,证明重影问题应与读出电路输出级有关。变频实验证明了,当工作时钟主频提高后,读出电路的输出信号建立不完全,导致采集系统采集到尚未稳定建立的信号,变温实验也同样证明了这一问题。重影值有时候比背景高有时候比背景低,证明了成像采集系统的采样点设置也会影响成像结果,当采集到信号未稳定时前一信号的下降沿,则为比背景值高的重影,当采集到未稳定的过冲部分则为比背景值低的重影。

综上,解决重影问题应主要从以下几个方面进行考虑。一方面可以从进一步提高输出级摆率考虑,使信号更快建立,这样图像采样时能够采集到稳定信号。另一方面,也应考虑读出电路与后端电路的匹配问题,如果后端负载过重超过读出电路的最大驱动能力,也会导致信号建立不完全。另外也应注意图像采样点的设置,设置在一个主频内的后 1/3 或 1/4 处进行采样。

6 总结

本文阐述了红外焦平面读出电路成像出现重影问题的测试分析方法,分别分析了重影与目标信号的位置关系,与输出通道的关系,与读出电路主时钟频率的关系以及与目标信号强度的关系,并且给出了进一步解决成像重影问题的改进方向。该测试分析方法对重影问题的定性定量分析起到了很重要的作用,为解决重影问题奠定了测试数据基础。

参考文献:

- [1] J L Vampola. The Infrared and ElectroOptical Systems Handbook[M]. SPIE Optical Engineering Press, 1993.
- [2] LI Yingwen, YANG Changcheng, et al. Test of 480×6 cooled long wave infrared detector[J]. Infrared and Laser Engineering, 2008, 37(5): 782 – 786. (in Chinese)
李颖文, 杨长城, 等. 480×6 制冷长波红外探测器的测试[J]. 红外与激光工程, 2008, 37(5): 782 – 786.
- [3] LIU Zhenyu, ZHAO Jianzhong, et al. Analysis of large scale CMOS snapshot readout circuit circuitfor focal plane array[J]. Laser & Infrared, 2008, 38(10): 1042 – 1046. (in Chinese)
刘震宇, 赵建忠, 等. 大面阵 CMOS 快照模式焦平面读出电路设计分析[J]. 激光与红外, 2008, 38(10): 1042 – 1046.
- [4] ZHAO Ling, WANG Nan, et al. Application of windowing function in spectrum measurement of 320×240 staring device[J]. Laser & Infrared, 2007, 37(8): 741 – 743. (in Chinese)
赵玲, 王南, 等. 320×240 凝视型器件开窗功能在光谱测试中的应用[J]. 激光与红外, 2007, 37(8): 741 – 743.