

硅化铂红外焦平面凝视成像系统 光谱响应特性的研究

吴小平 周起勃

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海, 200083)

摘要 讨论了硅化铂红外焦平面凝视成像系统光谱响应特性和测量方法, 对其光谱响应特性进行了实验室定标, 并分析比较了实验测量值和分离预期值.

关键词 红外凝视成像系统, 光谱响应, 光谱定标.

引言

随着各种红外焦平面凝视成像系统的研究成功和应用, 许多有关红外焦平面凝视成像系统的各种特性的研究, 如对红外焦平面噪声、非均匀性等参数及其特性的研究, 对系统综合噪声特性的研究, 对系统最小可分辨温度差等性能参数特性的研究等等, 已成为当前各国红外科研人员的热门课题. 本文着重分析讨论了红外焦平面凝视成像系统的另外一个重要特性—光谱响应特性, 探讨了光谱定标测量的方法, 并在实验室中对硅化铂红外焦平面凝视成像系统的光谱响应特性进行了定标测量. 这些工作对于硅化铂红外焦平面凝视成像系统辐射特性的研究和对辐射定标精度、辐射测量精度和探测精度的提高有着重要意义, 对系统选择最佳工作波段范围等也有一定的帮助.

1 红外焦平面凝视成像系统的光谱响应特性分析

由普朗克公式可知: 不同温度的黑体、灰体或选择性辐射体在不同波长处的红外辐射量值不同, 其最大值点也不一样; 相同温度的黑体、灰体或选择性辐射体在不同波长处的红外辐射量值也不同. 同样, 任一红外探测器件对不同波长上相同辐射量的响应幅度也不同. 对硅化铂红外焦平面凝视成像系统来说, 由于以下几种因素的影响, 对同一辐射量的响应在不同波长处也是不一致的.

系统采用的红外成像探测器——硅化铂红外焦平面的光谱响应特性对成像系统的光谱响应特性有影响. 硅化铂红外焦平面的光谱响应特性曲线 $R_{\text{FPA}}(\lambda)$ 如图 1 所示.

系统受不同红外透射材料的成像镜片的透射光谱特性的影响, 其光谱透射曲线是不同

的. 图 2 表示硅透镜的光谱透射曲线, 这类曲线可能是多个镜片的综合光谱透射曲线, 并记为 $R_{\text{lens}}(\lambda)$.

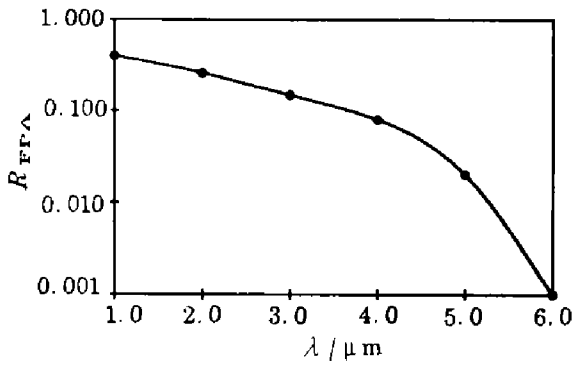


图 1 硅化铂红外焦平面的光谱响应特性
Fig. 1 Spectral response curve of PtSi IR-FPAs

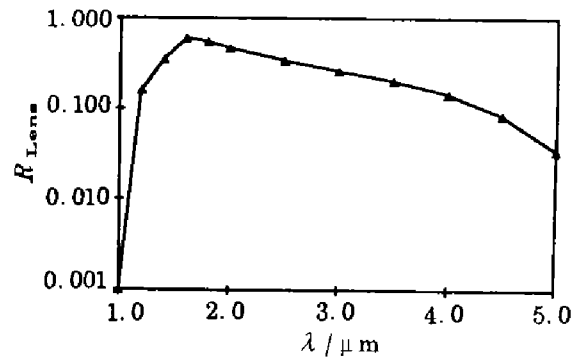


图 2 硅透镜的光谱透射曲线
Fig. 2 Spectral transmittance curve of Si-lens

系统中采用的红外滤光片、红外窗口或红外调制盘等对系统光谱响应特性有调制作用, 图 3 表示某系统一红外滤光片的光谱曲线. 将该类曲线的综合影响表示为 $R_{\text{fil}}(\lambda)$.

滤波处理电路对不同频率响应的调制或截止效应对系统光谱响应的影响也不可忽视, 并记为 $R_{\text{cir}}(\lambda)$.

综合以上几种主要因素的影响, 即将这几个曲线值相乘, 则可预期得出硅化铂红外焦平面凝视成像系统的光谱响应曲线 $R_{\text{sys}}(\lambda)$ (见图 4):

$$R_{\text{sys}}(\lambda) = R_{\text{FPA}}(\lambda) \cdot R_{\text{lens}}(\lambda) \cdot R_{\text{fil}}(\lambda) \cdot R_{\text{cir}}(\lambda).$$

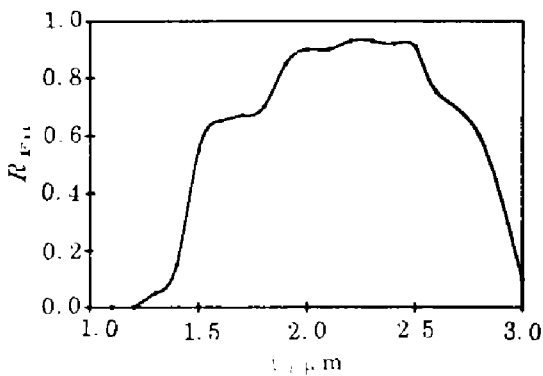


图 3 红外滤光片等对系统光谱响应的调制曲线
Fig. 3 Modulation curve of IR filters for system spectral response

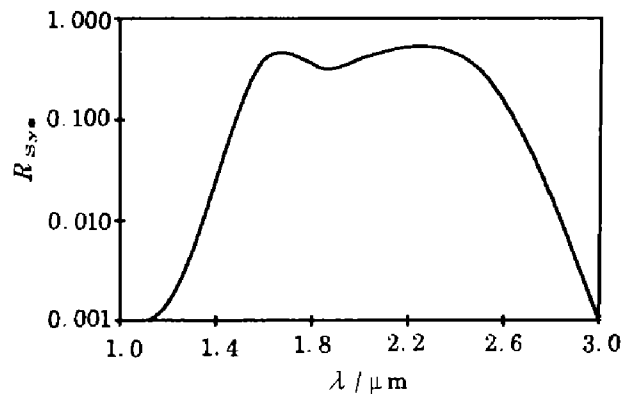


图 4 红外凝视系统光谱响应的预期曲线
Fig. 4 Predicted spectral response curve of an IR-staring system

2 凝视系统光谱响应曲线的定标实验

2.1 实验装置及实验原理

实验装置如图 5 所示, 光谱定标测量实验装置通常所需仪器包括: 光栅单色仪 (需配

备有对应被测系统工作波段的系列分光光栅)，硅碳棒红外光源 (或其它适用的红外光源) 及其稳流电源，热释电探测器，红外平行光管和待测系统等。

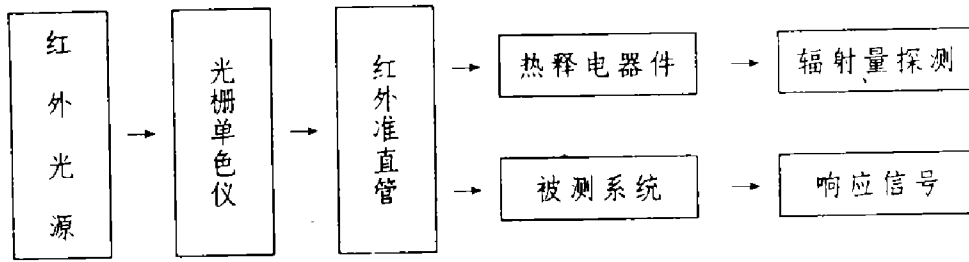


图 5 实验装置框图
Fig. 5 Block diagram of the experimental equipment

定标测量原理是：由稳流电源控制硅碳棒红外光源的亮度及红外辐射量的大小，该辐射量经光栅单色仪调制成一系列不同可调波长的单色红外辐射，这些在不同波上的红外辐射绝对量 I_0 可由热释电探测器测量出。标定被测系统时，将光栅单色仪的出射狭缝精密调节在 (或经红外光学系统成像于) 平行光管的焦面上，经平行光管后的准直光平行射入被测系统的接收系统，从被测系统的响应测量出系统对 I_0 曲线的响应曲线 I'_0 ，将 I'_0 曲线除以 I_0 曲线即可得到被测系统的光谱响应曲线。

2.2 实验结果及分析

我们对硅化铂红外焦平面凝视成像系统的光谱响应特性进行了实际测量，实验只在系统的 $1\sim 3\mu\text{m}$ 波段进行。

用热释电探测器测量出单色仪在不同波长上输出的红外辐射绝对量 I_0 曲线，实测的 I_0 曲线如图 6 所示。

从被测系统的响应中可测量出系统对单色仪输出的辐射绝对量 I_0 曲线的响应曲线 I'_0 (见图 7)。

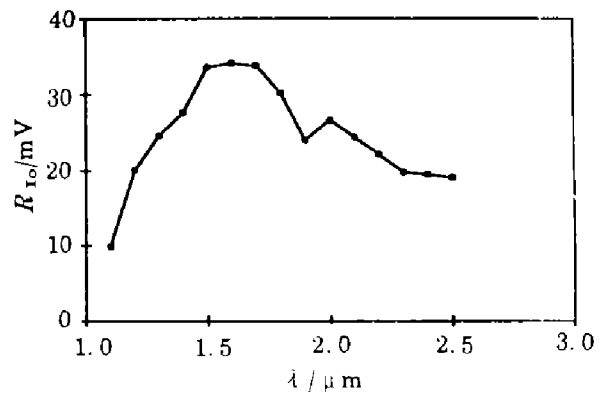


图 6 单色仪输出的 I_0 曲线
Fig. 6 The I_0 curve of the monochromator

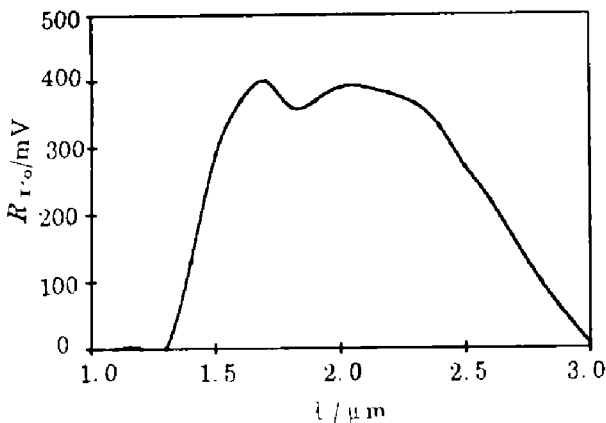


图 7 系统对 I_0 曲线的响应 I'_0 曲线
Fig. 7 The I'_0 curve in response to the I_0 curve

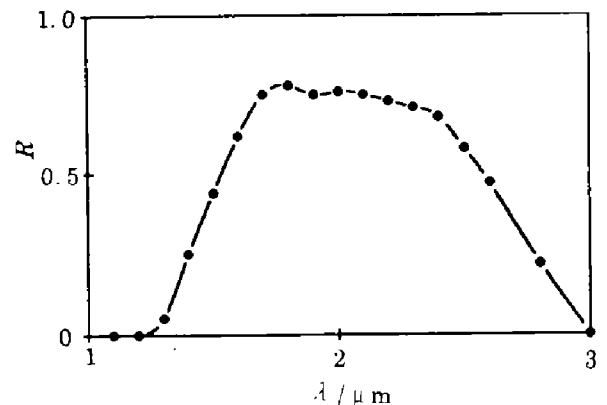


图 8 被测系统实测的光谱响应曲线
Fig. 8 Measured spectral response curve of the system

图 8 为 I'_0 曲线与 I_0 曲线的比值曲线, 即 $1\sim 3\ \mu\text{m}$ 波段实际测量出的被测系统的光谱响应曲线.

3 结语

从图 4 及图 8 所示的曲线可见: 实测曲线同用数学分离预测法得到的预期曲线基本吻合, 表明文中采用的实验方法和定标原理是正确和可行的, 也表明分离预测法在缺乏光谱定标仪器时不失为一种可行的光谱曲线预测方法.

致谢 国家红外物理重点实验室季华美、茅文英同志参加了文中的实验工作, 并给予大力支持, 在此表示谢意!

参考文献

- 1 Freeman D Shepherd. *SPIE*, 1988,930:2~10
- 2 吴小平, 等. *红外与毫米波学报*, 1993,12(4):1~6

STUDY OF SPECTRAL RESPONSE CHARACTERISTIC FOR PtSi IR-FPA STARING THERMAL IMAGING SYSTEM

Wu Xiaoping Zhou Qibo

(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

Abstract The spectral response of a PtSi IR-FPA staring imaging system and its measurement are discussed. The spectral response calibration experiments for the PtSi IR-FPA system have been done in the laboratory. The analysis and comparison between the experimental results and the mathematically predicted values are given.

Key words IR-staring imaging system, spectral response, spectrum calibration.