

单筒双波段红外跟踪系统的试验与研究

薛天柱

(华北光电技术研究所, 北京, 100015)

摘要: 介绍一种新型红外跟踪测量系统的工作原理, 结构特点及基本组成. 这种红外系统由单光路光学系统和“米”字型双色探测器组成, 可工作在 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 和 $8\sim 12\ \mu\text{m}$ 波段.

关键词: 红外跟踪测量, 双色探测器, 双波段.

引言

飞机或导弹目标的尾喷管或尾焰能够对 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 波段提供较多的辐射能量, 而迎头方向蒙皮的气动加热能够对 $8\sim 12\ \mu\text{m}$ 波段提供较多的辐射能量, 因此对 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 和 $8\sim 12\ \mu\text{m}$ 双波段系统的试验研究在国防工程上的应用具有重要意义.

本文介绍一种可同时工作在 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 和 $8\sim 12\ \mu\text{m}$ 波段的单简单光路“米”字型双色探测器系统, 这种单光路的双色探测器系统, 在国外的应用还不多见, 而在国内的试验研制已取得了实用性的进展, 本文除介绍这种系统的工作原理和结构特点外, 还对关键技术进行了分析讨论.

1 “米”字型探测器双波段系统的工作原理

1.1 “米”字型探测器双波段系统的输出特性

“米”字型探测器系统是由 1 个“十”字双线列探测器和 1 个“×”字双线列探测器系统组成, “十”字型探测跟踪系统, 早在 20 世纪 60 年代就已有进行研制, 并取得了专利^[1], 到 80 年代中期, 这种“十”字型系统除用于跟踪红外目标外, 还在靶场的高精度测角试验中获得成功^[3], “十”字型跟踪测角系统的输出特性可表示为:

$$\begin{cases} U_x = \frac{KU_m f Q_x}{R}, \\ U_y = \frac{KU_m f Q_y}{R}; \end{cases} \quad (1)$$

式 (1) 中 K 为信号处理系统的直流放大倍数, U_m 为位置基准信号幅值, f 为光学系统组合焦距, R 为“十”字型系统目标象点扫描园半径, Q_x, Q_y 分别为红外系统视轴在 x, y 方向的偏转角, U_x, U_y 为对应于 Q_x, Q_y 的直流输出电压, “十”字型系统的输出特性可参见文献 [3] 和 [4].

“×”字型双线列探测系统在近年来才开始研制, “×”字型跟踪测角系统的输出特性可表示为

$$\begin{cases} U'_x = \frac{KU_m f}{R}(Q_A \cos \alpha - Q_B \sin \alpha), \\ U'_y = \frac{KU_m f}{R}(Q_A \cos \alpha + Q_B \sin \alpha); \end{cases} \quad (2)$$

式 (2) 中 Q_A, Q_B 分别为红外系统视轴相对于“×”字探测器的 AA_0 线列和 BB_0 线列方向的偏转角, α 为“×”字探测器线列相对于“+”字探测器线列的夹角.

1.2 “米”字型双波段系统的工作原理

图 1 为“米”字型探测器双波段系统的工作原理框图, “米”字型探测器共有 8 条线列, 线列“1”, “2”, “3”, “4” 构成“十”字系统, 线列“A”, “A₀”, “B”, “B₀” 构成“×”字系统.

线列中的每 1 个探测器都对应有一个低噪声前置放大器和 1 个提高信噪比的处理电路; 每 1 线列都有 1 套背景处理电路和滤波电路, 经合成后进行采样保持处理. 在“十”字系统所获得的目标位置采样信号, 经直流放大和斜率校正后, 直接输送给波段选择电路, 而“×”字系统所获得的目标位置采样信号, 需经过坐标校正后才进行直流放大与斜率校正, 然后才输送给波段选择电路. 波段选择电路将两个波段的信噪比大小进行比较, 选择信噪比大的波段 (即探测概率高、虚警率小的波段) 所获得目标位置信号做为整个系统的输出, 输送给伺服系统, 实现自动跟踪目标的运动.

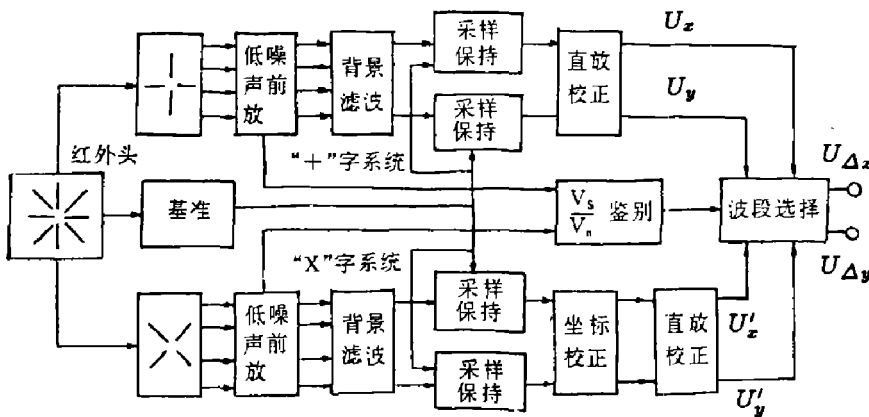


图 1 双波段系统工作原理框图
Fig. 1 Block diagram of principle of double-wave band system

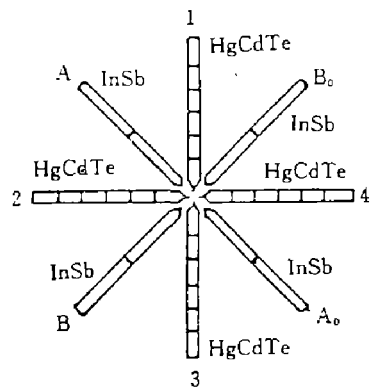


图 2 “米”字型探测器图示
Fig. 2 Schematic diagram of asterisk-shaped detector

1.3 “米”字型双色探测器的结构

“米”字型双色探测器中的“十”字系统, 工作在 $8\sim 12\mu\text{m}$ 波段, 由 4 个线列组成, 每个线列有 6 个 HgCdTe (或 PbSnTe) 探测器, “十”字系统共有 24 个探测器. “×”字

系统工作在 $3\sim 5\mu\text{m}$ 波段, 也是由 4 个线列组成, 每个线列有 2 个 InSb 探测器, “ \times ” 字系统共有 8 个探测器, 整个“米”字型系统, 共由 32 个探测器组成 (见图 2)。

研制 32 元的“米”字型 HgCdTe-InSb 双色探测器或 PbSnTe-InSb 探测器需要有精确的镶嵌合成技术, 32 元探测器共用 1 个杜瓦瓶的冷头, 并用液氮致冷到 77K。

1.4 单筒单光路系统的基本组成

单筒单光路系统由红外窗口、主反射镜次反射镜、准直透镜、 45° 反射镜、旋转楔形镜、会聚透镜等组成折反射式光学系统, 反射面均镀高反射膜, 全部透镜均镀 $3\sim 5\mu\text{m}$, $8\sim 12\mu\text{m}$ 波段的高增透膜, 当楔形镜旋转时, 目标象点在焦平面上做圆周扫描运动, 此时, 置于焦平面上的“米”字型探测器产生具有目标位置特征的光电信号。

2 问题与讨论

2.1 焦距补偿

若采用上述折反射式光学系统, 必须考虑透镜材料对 $3\sim 5\mu\text{m}$, $8\sim 12\mu\text{m}$ 波段的实际差值, 折射率大的, 组合焦距短; 反之, 组合焦距长, 为了使两个波段的探测器光敏面都处在各自的焦平面上, 因此必须进行焦距补偿。

2.2 内调制干扰的抑制

在双波段的光机扫描系统中, 存在着与热像仪冷干扰相似的内调制干扰信号, 这些内调制干扰信号, 有的形成噪声叠加在背景信号上, 降低系统的输出信噪比; 有的则形成假目标, 使系统产生虚警, 因此为了提高系统的灵敏度, 增大作用距离, 必须研制内调制抑制技术。

2.3 精度校正

“米”字型系统的目标角位置精度与探测器线列加工精度有直接的关系, 要获得高精度的测角效果, 必须保证探测器的图案尺寸达到高精度的加工要求, 在信号处理中对基准信号必须进行补偿和校正, 使输出线性段长度和精度均满足测角精度的要求。

2.4 双增透

双波段折射式系统对透镜 (一般为锗材料) 的双增透技术要求很高, 要做到 $3\sim 5\mu\text{m}$ 和 $8\sim 12\mu\text{m}$ 都有高透射率是需要有专门的增透技术的, 因此在设计研制单筒单光路双色系统时, 必须要有双增透的镀膜技术做保证, 若双波段折射式系统的透镜是采用 $3\sim 12\mu\text{m}$ 的宽带增透, 则必须解决滤光片的光谱滤波问题。

3 结语

本文所介绍的单筒双波段红外跟踪测角系统, 噪声等效通量密度 (NEFD) 优于 $1 \times 10^{-12}\text{W}/\text{cm}^2$, 测角精度优于 10^{11} , 线性输出视场可达 $1.5^\circ \times 1.5^\circ$ 。

致谢: 感谢梅遂生研究员对本文的修改和校审提出的宝贵意见。

参考文献

- 1 美国专利 U.S.P 3069346 , 1962,12,18
- 2 美国专利 U.S.P 3445663 , 1969,5,20
- 3 薛天柱 *et al.* 光学工程 , 1986;(2):27-35
- 4 William L Wolfe. *The Infrared Handbook Part 22-Tracking systems*, 1978

TEST AND RESEARCH OF MONOCULAR DOUBLE-WAVE BAND IR TRACKING SYSTEM

XUE TIANZHU

(*North China Research Institute of Electro-Optics, Beijing 100015, China*)

Abstract: This paper describes the operational principle, construction characteristics and basic components for a new-type infrared tracking and measuring system. This system is made up of an asterisk-shaped dichromatic detector and a single optical-path system. It operates at $3\sim 5\ \mu\text{m}$ and $8\sim 12\ \mu\text{m}$ wave bands.

Key words: infrared tracking and measuring, dichromatic detector, double-wave band.