

文章编号: 1672-8785(2017)01-0043-06

红外探测器用滤光片的技术 现状及应用

曹红红

(华星电子集团有限公司红外分公司, 陕西 咸阳 712099)

摘 要: 近红外滤光片和中红外带通滤光片在航天、气象和遥感等领域都有重要的应用。红外滤光片是让红外光透过而使其他波长光截止的滤光片, 它的主要指标是峰值透过率。带通滤光片的重要指标是峰值透过率和通带半宽度。光学薄膜的膜系结构和具体设计对这些指标起决定性作用。本文主要介绍这两种滤光片的几例实际运用。

关键词: 透光材料; 红外滤光片; 峰值透过率; 通带半宽度; 实际应用

中图分类号: TN2 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2017.01.008

Current Status and Application of Filter Technology for Infrared Detector

CAO Hong-hong

(Infrared Branch, Huaxing Electronics Group Co., LTD., Xianyang 712099, China)

Abstract: Near infrared filters and middle infrared band-pass filters have their important applications in aerospace, meteorology, remote sensing and other fields. An infrared filter is a device which can transmit infrared radiation and cut off the light at other wavelengths. The peak transmittance is its main performance index. For a band-pass filter, its important performance indexes include the peak transmittance and the half width of the passband. These performance indexes are most dependent on the film structures and specific design of the optical films for infrared filters. Both kinds of filters and their practical applications are presented.

Key words: transparent material; infrared filter; peak transmittance; passband half width; practical application

0 引言

随着红外技术的发展, 滤光片被广泛地应用于红外技术的各个领域, 成为不可缺少的部件。红外滤光片主要应用于安防监控领域、红外气体分析仪、夜视产品、红外探测器、红外接收机、红外感应和红外通讯产品。

红外波段包括的波长范围很广, 从 $0.78\ \mu\text{m}$

到 $14\ \mu\text{m}$, 可分为近红外、中红外和远红外。近红外波长范围为 $0.78\sim 1.5\ \mu\text{m}$, 中红外范围为 $1.5\sim 6.0\ \mu\text{m}$ 。我们主要生产硫化铅、硒化铅、室温铽化铟和低温光导铽化铟红外探测器, 近红外滤光片主要用于硫化铅红外探测器, 中红外带通滤光片主要用于硒化铅和铽化铟红外探测器。峰值透过率和通带半宽度是设计和选择使用红外滤光片的主要因素。

收稿日期: 2016-11-14

作者简介: 曹红红 (1974-), 女, 河南平顶山人, 学士, 工程师, 主要从事滤光片、红外探测器光谱测试和光电性能测试方面的工作。E-mail: caohh7486@sina.com

1 实际运用

1.1 基片选择

红外光学材料是指在红外成像与制导技术中用于制造透镜、棱镜、窗口、滤光片和整流罩等器件的一类材料。这些材料必须具有满足应用需要的物理及化学性质,即具有良好的红外透明性与较宽的透射波段。

一般说来,任何红外光学材料都不可能在整个红外波段均具有透射性,只能在红外光谱的某一波段具有透射性。通常透过率大于 50% 时才可能用作透射材料。透红外的光学材料有五种:玻璃、晶体、热压多晶、透明陶瓷和塑料。考虑到实用性和降低成本,我们常用的是锗片、红外玻璃、蓝宝石和石英晶体。

1.2 具体运用

1.2.1 近红外滤光片的运用

一般, PbS 红外探测器探测的最小波长是 $1\ \mu\text{m}$ 。MG94 型 PbS 红外探测器的波长范围是 $1.5\sim 3.0\ \mu\text{m}$, 峰值波长 λ_p 要求是 $2.0\pm 0.1\ \mu\text{m}$, 其红外滤光片采用锗底板上镀单层增透膜 SO, 以提升它在此波段范围内的透过率。因为存在锗薄片, 当光通过滤光片时, 波长小于 $1.6\ \mu\text{m}$ 的

光被吸收, 大于 $1.6\ \mu\text{m}$ 的光被透射, 构成吸收型的滤光片。硅薄片从 $0.9\ \mu\text{m}$ 开始透光。最常用的是锗片。例如 MG94 型 PbS 红外探测器用的滤光片就是通过在锗片上镀 SO 制成的, 它的光谱透过率谱线图如图 1 所示。

1.2.2 近红外和中红外带通滤光片的运用

典型的滤光片制备就是在基片上涂一定厚度的各种材料薄膜。通常采用两种折射率不同的材料交替蒸镀(图 2)。这种薄膜堆有很多分界面。当光通过两种介质的分界面时, 由于两种介质具有不同的折射率就会产生反射和透射。反射和透射光产生复杂的干涉, 从而能选出某一波段光。

根据不同的需要, 可以在介质面上涂一层或几层薄膜来增强透射光的强度和降低反射光的强度, 称为“增透”, 通常也称为抗反射。反之, 通过涂膜增加反射光, 称为“增反”。

根据滤光片分光的性质, 可分为下面几类:

(1) 低通滤光片, 也称长波通滤光片和截止滤光片, 即让振动频率比较低的也就是波长比较长的光通过滤光片, 短波被反射。

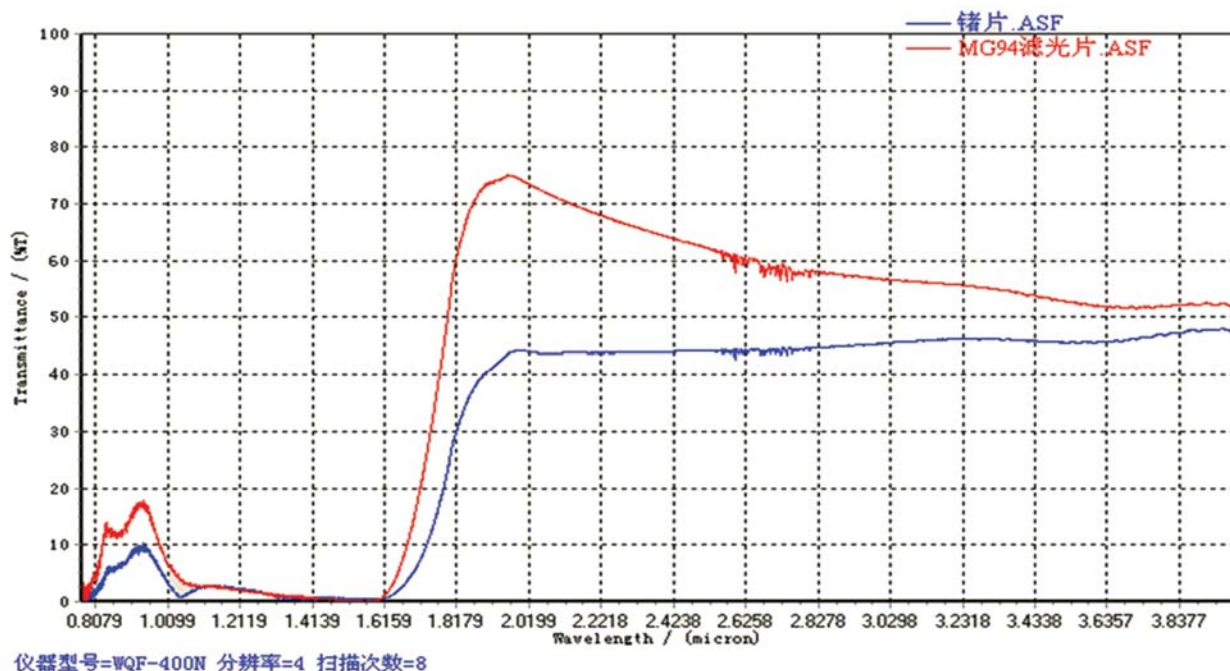


图 1 MG94 型 PbS 红外探测器所用滤光片的透过率光谱

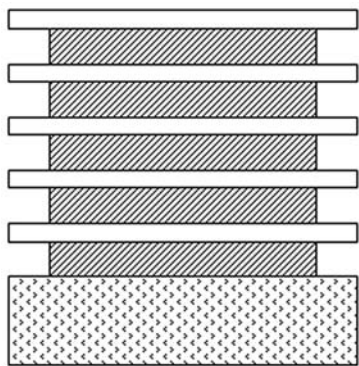


图 2 典型的滤光片

(2) 高通滤光片, 也称短波通滤光片或后截止滤光片。它的作用与低通滤光片刚好相反, 短波透射通过, 长波被反射。

(3) 带通滤光片, 它要求让某一波段的光通过, 不让该波段两边的光通过。根据选择波段的宽窄, 又可以分为宽带滤光片、窄带滤光片和超窄带滤光片。它们之间没有严格的界线。用 λ_c 表示通带的中心波长, $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2$, 表示通带宽度。一般相对宽度 $\Delta\lambda/\lambda_c$ 大于 30% 的称为宽带滤光片, 小于 10% 的称为窄带滤光片, 小于 1% 的称为超窄带滤光片。我们使用较多的是窄带、超窄带和高通滤光片。我们采用的干涉滤光片较多, 例如, HT-18 型 PbS 红外探测器使用的红

外滤光片就是通过在锗片上镀多层膜制成的, 它的一面作为增透膜, 一面作为干涉膜, 其峰值波长 λ_p 为 $2.0 \pm 0.1 \mu\text{m}$, 通带半宽度为 $0.60 \pm 0.05 \mu\text{m}$, 它的透过率谱如图 3 所示。又如 MG94B 硒化铅红外探测器用的滤光片就是在蓝宝石片上镀了多层膜, 其峰值波长 λ_p 为 $4.35 \pm 0.15 \mu\text{m}$, 通带半宽度小于或等于 $0.5 \mu\text{m}$, 它的透过率谱如图 4 所示。我们的 MG1064 型 PbS 红外探测器使用的滤光片采用在 K9 玻璃上镀多层膜的方法制成, 其峰值波长 λ_p 为 $2.0 \pm 0.1 \mu\text{m}$, 通带半宽度为 $0.65 \pm 0.5 \mu\text{m}$, 它的透过率谱如图 4 所示。

在进行光谱分析时, 我们是用 FTIR 光谱仪 (型号为 WQF-520 和 WQF-400N) 测量滤光片和红外探测器的透过率和响应率的, 测试环境温度 为 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 。

一般, PbS 红外探测器主要使用 $1 \sim 3 \mu\text{m}$ 波段, InSb 红外探测器主要使用 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 波段。我们的 HT-18InSb 低温光导红外探测器使用的滤光片采用在锗片上镀多层膜的方法制作, 其一面作为“增透”, 一面作为“反射”。它的峰值波长 λ_p 是 $4.2 \sim 4.8 \mu\text{m}$, 它的 $1/2$ 峰值短波长 $\lambda_{1/2p}$ 是 $3.75 \pm 0.05 \mu\text{m}$ 。它的透过率谱如图 6 所示。

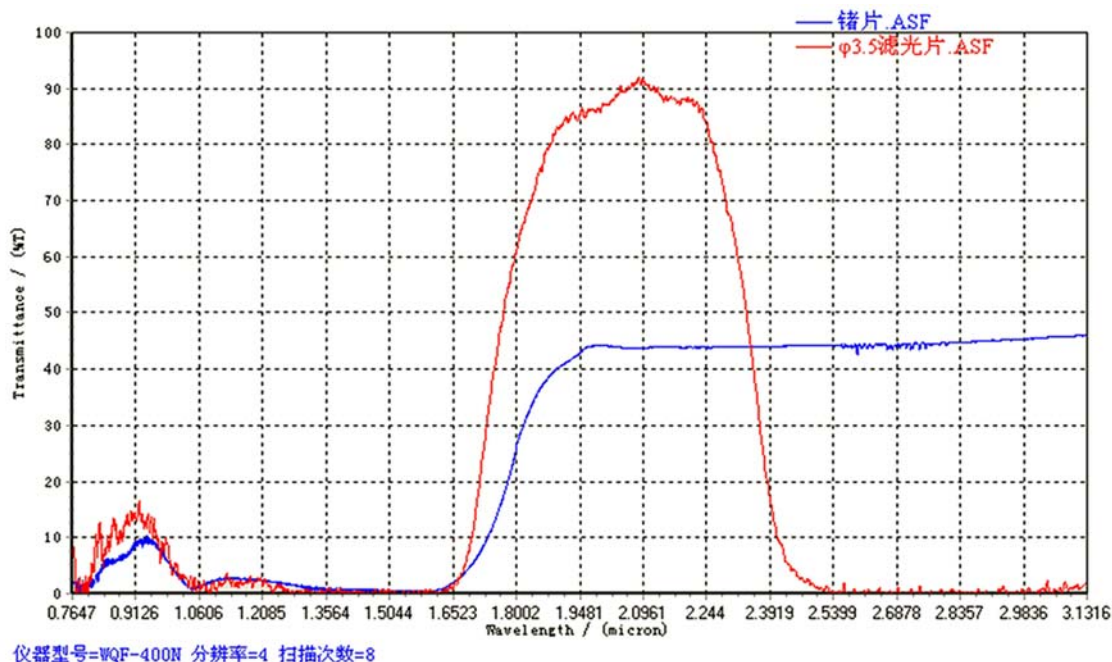


图 3 HT-18 型 PbS 红外探测器所用红外滤光片的透过率光谱

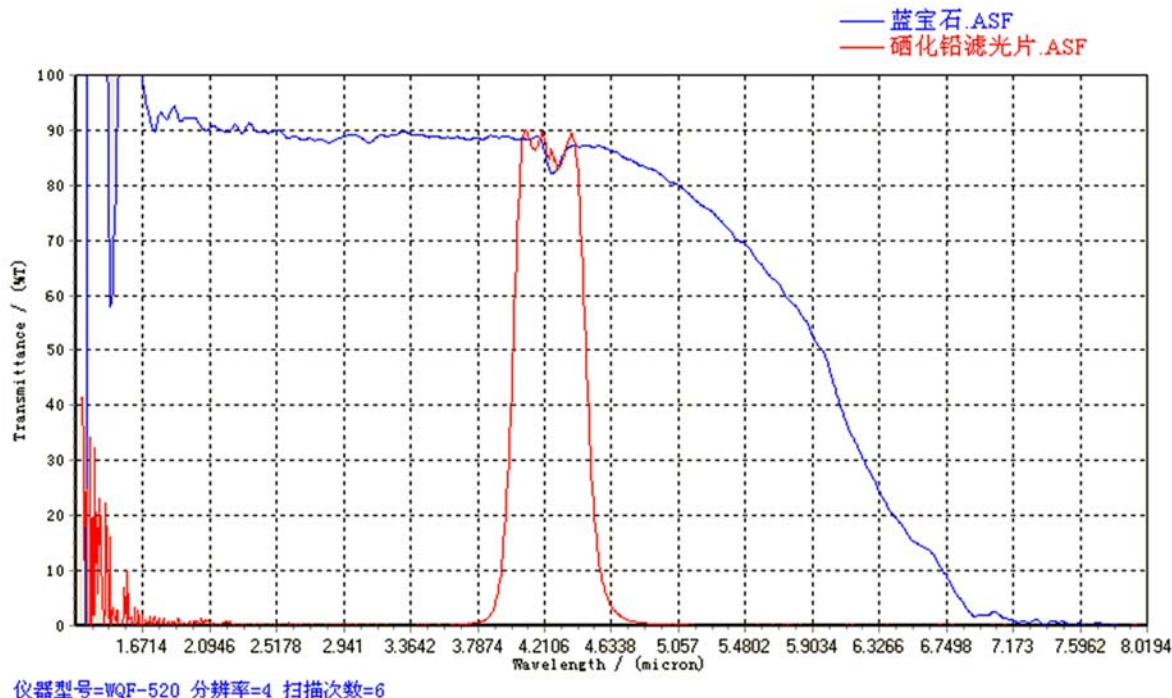


图4 MG94B型 PbSb 红外探测器所用滤光片的透过率光谱

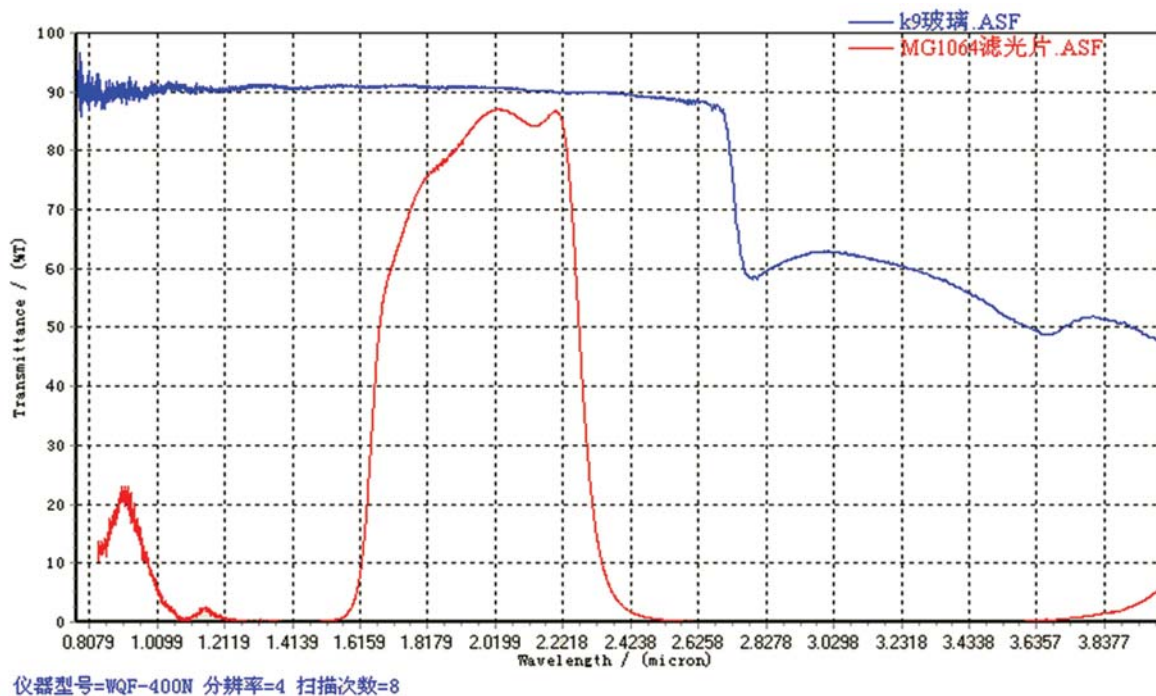


图5 MG1064型 PbS 红外探测器所用滤光片的透过率光谱

2 红外探测器的设计要求

在红外探测器设计中,不仅要考虑 PbS 和 InSb 芯片本身的光谱响应特性,还要考虑滤光片或窗口综合叠加使用后的光谱响应特性。

为了达到我们使用的波段要求,要对滤光片的设计提出不同的要求,以满足不同波段范围红外探测器的要求。例如, MG94 型 PbS 探测器的光谱响应率谱如图 7 所示,其峰值范围为 1.5 ~

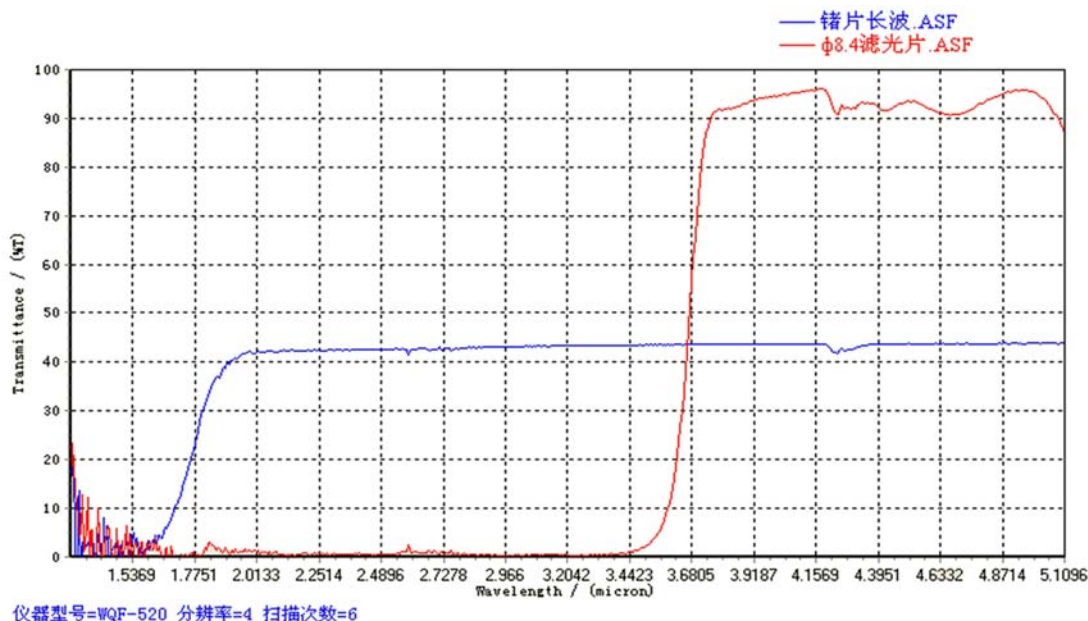


图6 HT-18型InSb低温光导红外探测器所用滤光片的透过率谱

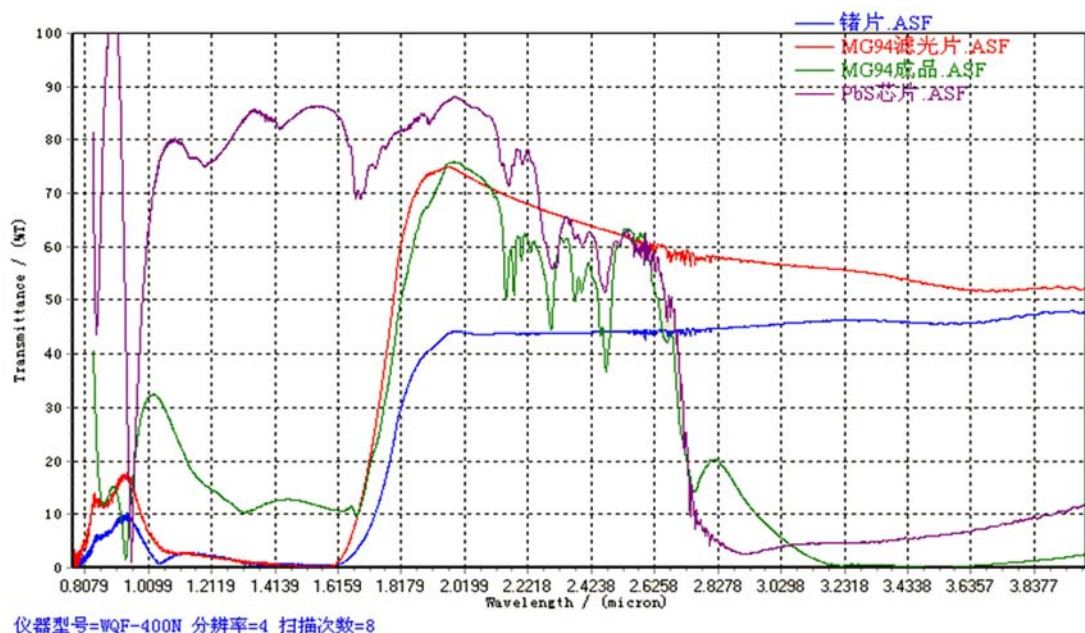


图7 MG94型PbS探测器的响应率谱

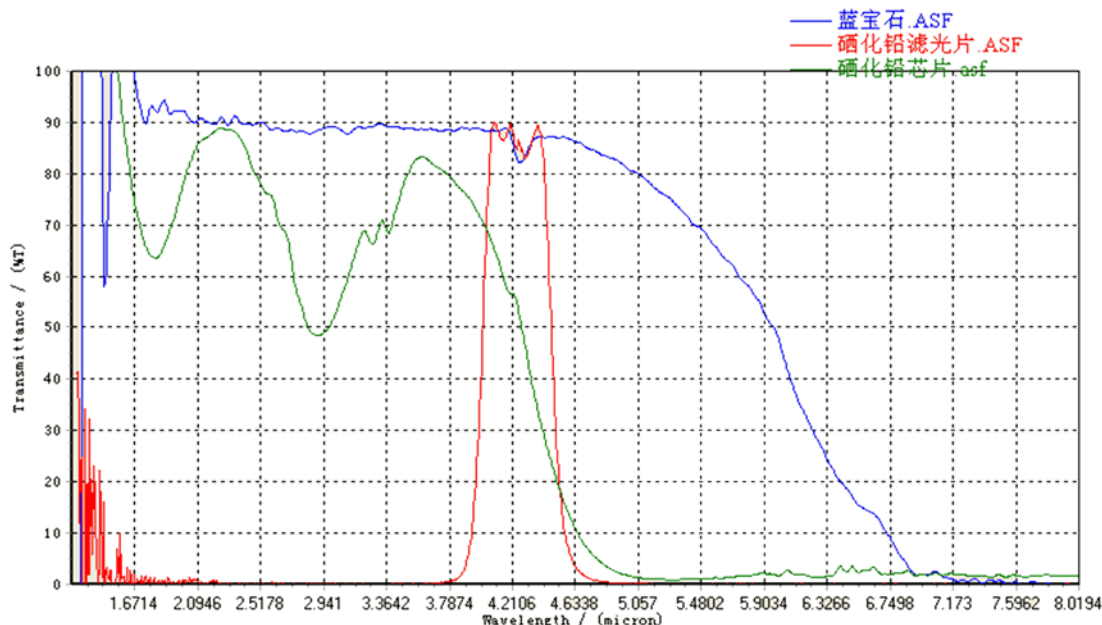
3.0 μm 。MG94型PbS产品的光谱响应率谱如图8所示,其峰值范围为3.85~4.85 μm 。

3 应用

随着红外技术的发展,红外滤光片在航空航天领域得到了越来越广泛的使用。由于镀膜设备和镀膜工艺的提高,滤光片的性能也有了很大的进步,探测器的整体性能也有了突飞猛进的发展。我国已经开展了从单元、线列到红外焦

平面的探测器研究工作。产品已覆盖1~3 μm 、3~5 μm 和8~14 μm 三个大气窗口。光子探测器有光导、光伏和量子阱等结构;热探测器有热敏电阻、温差电偶与电堆、热电等类型。多种焦平面阵列已走出实验室,开始应用于实际中。

红外材料技术与微电子技术的结合极大地推动了红外成像与红外制导技术的发展。红外技术的应用与发展又促进了红外材料技术的发



仪器型号=WQF-520 分辨率=4 扫描次数=6

图 8 MG94 型 PbS 产品的响应率谱

展和进步,对红外滤光片材料等提出了一系列更高的要求,如耐高温、高强度、大尺寸、化学及物理性能稳定。为了满足日益增长的需求,我们还需要在红外滤光片材料的选择、滤光片设计及加工工艺方面作进一步研究。

参考文献

- [1] 林钧挺,董培芝,张青俊,等. 中国红外产品指南 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1994.
- [2] 陈朝平,师建涛,郭芮,等. 中红外带通滤光片的设计与制备 [J]. 应用光学, 2012, **33**(3): 595-598.
- [3] 高国龙. 红外探测器市场为何处在不断变化之中? [J]. 红外, 2000, **22**(11): 34-36.

(上接第 42 页)

- [18] Pandya M R, Shah D B, Trivedi H J, et al. Retrieval of Land Surface Temperature from the Kalpana-1 VHR Data Using a Single-channel Algorithm and Its Validation over Western India [J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2014, **94**: 160-168.
- [19] Wu H, Ye L P, Shi W Z, et al. Assessing the Effects of Land Use Spatial Structure On urban Heat Islands Using HJ-1B Remote Sensing Imagery in Wuhan, China [J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2014, **32**: 67-78.
- [20] Weng Q H, Lu D S, Schubring J. Estimation of Land Surface Temperature-vegetation Abundance Relationship for Urban Heat Island Studies [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2004, **89**: 467-483.
- [21] Chen X L, Zhao H M, Li P X, et al. Remote Sensing Image-based Analysis of the Relationship between Urban Heat Island and Land Use/cover Changes [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2006, **104**: 133-146.
- [22] Amiri R, Weng Q H, Alimohammadi A, et al. Spatial-temporal Dynamics of Land Surface Temperature in Relation to Fractional Vegetation Cover and Land Use/cover in the Tabriz Urban Area, Iran [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2009, **113**: 2606-2617.
- [23] Zhang H, Qi Z F, Ye X Y, et al. Analysis of Land Use/land Cover Change, Population Shift, and Their Effects on Spatiotemporal Patterns of Urban Heat Islands in Metropolitan Shanghai, China [J]. *Applied Geography*, 2013, **44**: 121-133.