

样品的光谱发射率基本趋于稳定。这可能是由于加工样品时,样品表面的晶格结构遭到了破坏,而经过高温退火后,表面结构趋于稳定。

2006年西班牙的 Campo 博士报道了其研制的高精度光谱发射率测量装置^[14],并对两种不同粗糙度的 Armco 铁样品进行了多次测量,其变化趋势与 Bauer 的实验结果基本一致^[15]。但是,他们并没有对同种粗糙度的样品在同一温度下进行对比测量,也没有对 Armco 铁作为光谱发射率测量标准参考材料的具体数值给出任何有实质性的建议。

Armco 铁是一种 99.8% 的纯铁,作为一种商业产品,相对铂等材料具有价格便宜、易于加工等优点。然而,Armco 铁的光谱发射率受表面粗糙度、氧化等因素影响较大,在标准样品的标定、保存及实验过程中,如何保持测样品表面基本不被氧化是一个非常关键的问题。因此,把 Armco 铁作为标准材料,将对样品的保存及光谱发射率测量装置提出更高的要求。

4 SiC 作为光谱发射率测量标准参考材料

SiC 是一种耐高温非金属材料,它具有硬度高、膨胀系数小、性脆、导热性好等特点,广泛应用于耐火材料、特种陶瓷、军事及航天等领域。

1948年,约翰霍普金斯大学的 Silverman 提议把 SiC 作为辐射测量标准来代替标准黑体炉,并基于能量对比法测量装置测量了 1 648 K 下样品的光谱发射率,测量波长为 1.5 ~ 15 μm ^[16]。1961年芝加哥大学的 Morris 分析了 SiC 表面温度梯度所造成的测量误差^[17]。他认为,能量对比法无法精确确定非金属表面的温度,所测得的数据误差较大,并建议用反射法进行测量。1962年斯坦福大学的 Mitchell 把测量波长扩展到可见光区域,在 1 656 K 下对 SiC 的光谱发射率进行了测量,并采用误差修正的方法对测量数据进行了修正^[18]。1995年—1998年间,德国的 Neuer 对 SiC 及其复合材料和涂层的光谱发射率进行了大量的研究,并提议把 SiC 作为光谱发射率测量标准参考材料^[19-21]。2007年 NIST 的 Cagran 再次提议把 SiC 作为 300~1 173 K 温度段的光谱发射率标准参考材料^[22]。虽然他们都对 SiC 随温度和波长的变化规律进行了大量的研究,得出了几乎一样的结论,但由于

缺乏对同温、同种表面形态的样品进行测量,并未获得公认的测量数据。

由上可知, SiC 是一种高发射率材料(近、中红外),相对于其他金属,受表面状态、退火、氧化等因素的影响较小,是一种非常适合作为标准的参考材料。但由于非金属材料的导热系数小,表面温度梯度过大,对于不同的测量装置,在测量过程中,如何准确测量样品表面的温度是一个难题。

5 总结与展望

除了上述研究以外,也有人提议把其他材料作为光谱发射率的测量标准,如石墨、Pt-10% Ph 合金、三氧化二铝、硅、钨等^[19, 22, 23]。但是都缺乏相关的对比研究。由于不同测量装置的测量方法、技术指标不尽相同,而材料的光谱发射率又受表面粗糙度、氧化、退火等因素的影响,给光谱发射率的对比测量带来了较大的困难,影响了权威数据库的建立。但无论使用什么材料作为光谱发射率测量仪器的标准参考材料,都应该符合以下基本特征:

(1)材料易于加工,使用过程中不易损坏,并易于保存。

(2)材料的光谱发射率值应尽可能的覆盖中、低、高三部分数值。如果一种材料不能满足要求,可以选取几种材料。

(3)材料的光谱发射率重复性好,在加热过程中应相对比较稳定。

(4)材料的光谱发射率受温度和波长的影响应相对较小。

(5)材料的熔点要符合测量装置的要求。对于不同的温度区间和波段,可以选取不同的标准材料。

近年来,我国在光谱发射率测量技术方面的研究也取得了丰硕的成绩,如,哈尔滨工业大学戴景民教授研制的超高温光谱发射率测量装置^[24],其技术指标均处于世界领先水平,我们也研制了相关的光谱发射率测量装置,等。但是,我国缺乏对材料光谱发射率的研究,对于 NIST、NPL 等提出的光谱发射率参考材料,很少见到我国研究单位的测量报道。因此,今后的研究重点,除了研制高精度的光谱发射率测量装置以外,应推进国际间相关研究部门进行对比测量,最终建立光谱发射率测量标准及参考材料数据库。

References

- [1] DAI Jing-min, SONG Yang, WANG Zong-wei(戴景民,宋扬,王宗伟). *Infrared and Laser Engineering(红外与激光工程)*, 2009, 38(4): 710.
- [2] Harrison W N, Joseph H M, Plyler E K, et al. National Bureau of Standards, 1963, WADC-TR-59-510, Part IV.
- [3] Bauer W, Moldenhauer A, Oertel H. *Proc of SPIE*, 2006, 6205: 62050E.
- [4] Del Campo L, Pérez-Sáez R B, Tello M J. *Corrosion Science*, 2008, 50(1): 194.
- [5] Wen Changda, Mudawar I. *Int. J. Heat. Mass Transfer*, 2006, 49(23-24): 4279.
- [6] Redgrove J S. *High Temperatures-High Pressures*, 1985, 17(2): 145.
- [7] Redgrove J S. *Measurement*, 1990, 8(2): 90.
- [8] Battuello M, Lanza F, Ricolfi T. 1989, 21(3): 303.
- [9] Redgrove J S, Battuello M. *High Temperatures-High Pressures*, 1995/1996, 27/28(2): 135.
- [10] Deemyad S, Silvera I F. *Review of Scientific Instruments*, 2008, 79(8): 086105.

- [11] Markham J R, Solomon P R, Best P E. *Review of Scientific Instruments*, 1990, 61(12): 3700.
- [12] Zhang B, Redgrove J, Clark J. *High Temperatures-High Pressures*, 2003/2004, 35/36(3): 289.
- [13] Bauer W, Rink M, Gräfen W. *Tempmeko*, 2004, 2: 1307.
- [14] Del Campo L, Pérez-Sáez R B, Esquisabel X, et al. *Review of Scientific Instruments*, 2006, 77(11): 113111.
- [15] Del Campo L, Pérez-Sáez R B, Tello M J, et al. *International of Thermophysics*, 2006, 27(4): 1160.
- [16] Silverman S. *Journal of the Optical Society of America*, 1948, 38(11): 989.
- [17] Morris J C. *Journal of the Optical Society of America*, 1961, 51(7): 798.
- [18] Mitchell C A. *Journal of the Optical Society of America*, 1962, 52(3): 341.
- [19] Neuer G. *International of Thermophysics*, 1995, 16(1): 257.
- [20] Neuer G, Kochendörfer R, Gern F. *High Temperatures-High Pressures*, 1995, 27(2): 183.
- [21] Neuer G, Jaroma-Weiland G. *International of Thermophysics*, 1998, 19(3): 917.
- [22] Cagran C P, Hanssen L M, Noorma M, et al. *International of Thermophysics*, 2007, 28(2): 581.
- [23] Tsai B K, DeWitt D P, Early E A, et al. *Tempmeko*, 2004, 2: 1179.
- [24] WANG Zong-wei, DAI Jing-min, HE Xiao-wa, et al(王宗伟, 戴景民, 何小瓦, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2012, 32(2): 313.

Review of Normal Spectral Emissivity Standard Reference Materials

YU Kun^{1, 2, 3}, LIU Yu-fang^{1, 3*}, ZHAO Yue-jin³

1. College of Physics & Information Engineering, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China

2. Department of Physics, Xingyi Normal University for Nationalities, Xingyi 562400, China

3. School of Optoelectronics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China

Abstract In order to improve the accuracy of spectral emissivity measurement, standard reference materials of spectral emissivity as the dissemination of quantity in spectral emissivity measurement are used for the calibration of spectral emissivity measurement apparatus. In the present paper, firstly the standard reference materials data proposed by the American National Institute of Standards and Technology are introduced, and some underlying standard reference materials suggested by some metering departments in Europe are analyzed in detail. For the standard reference material Armco iron and SiC proposed by some researchers, the advantages and disadvantages were explored. Finally, the characteristics of standard reference materials are summarized, and the future development of spectral emissivity measurement standard is prospected.

Keywords Spectral emissivity; Standard reference materials; Armco iron; SiC

(Received Apr. 27, 2012; accepted Jul. 4, 2012)

* Corresponding author