

国产硬质 95 号玻璃的红外辐射特性

王宝明* 苏大昭** 张光寅**

本文通过实验从辐射光谱学角度确定, 国产硬质 95 号玻璃是一种辐射效率高, 适于 400~500°C 使用, 烘水性能好的理想辐射材料。主要由于加入了轻元素化合物, 这种玻璃的辐射带向短波扩展, 因而在中高温热辐射效率较高。

硬质玻璃材料中 SiO_2 含量高, 热辐射性能好, 熔点高(如石英玻璃), 作为较好的红外辐射材料日益受到国内外的重视。五十年代, 美国曾研究了某些玻璃的辐射特性^[1]。七十年代, 苏联研究了石英玻璃的高温辐射特性^[2]。为发展红外加热技术, 近几年, 我国曾先后研制出高硅氧玻璃(吉林大学)和乳白石英玻璃(锦州石英玻璃厂)^[3] 红外辐射材料。前者烘水效能好, 后者辐射效率高, 适用于高温。对比上述两种材料的红外辐射光谱, 以及日本产品乳白石英玻璃, 根据我国现有的玻璃材料, 我们发现国产硬质 95 号玻璃, 兼有上述两种玻璃的优点, 辐射性能不亚于日本乳白石英玻璃, 而且物理性能好、价格低, 是一种较理想的红外辐射材料。

1. 硬质 95 号玻璃材料的组成

硬质 95 号玻璃是我国通用的一种普通产品, 成份与美国 Pyrex 玻璃相近, 两者组成的比较见表 1。硬质 95 号玻璃属于高硼硅酸盐玻璃, 其中含 SiO_2 较高。

表 1 95 号玻璃与 Pyrex 玻璃组成的比较(%)

组 成	SiO_2	B_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	Fe_2O_3	Ru_2C_3
硬质 95号 ^[4]	78.4	14.2	1.7	0.44	0.18	0.12	5.4	0.085	—
Pyrex 774 ^[5]	81	13	—	—	—	3.8		—	2.2

2. 实验

为了测试, 我们把硬质 95 号玻璃在高温下摊平, 冷却后经研磨和抛光制成 $80 \times 11 \times 1.2 \text{ mm}^3$ 的长方形板状样品, 并用镀膜机在样品一侧镀上一层金膜作为反射层, 在实验时消除透射。

使用吉林大学生产的红外辐射测量仪测试样品玻璃的热辐射效率。透明玻璃面向辐射腔出口, 温度保持在 500°C。与同温黑体辐射曲线比较, 画出硬质 95 号玻璃近红外波段热辐射效率, 如图 1 所示。该样品的红外透射曲线也一并画出。

图 2 画出了硬质玻璃与乳白石英玻璃^[6] 的光谱热辐射效率。图 3 是硬质玻璃与日本乳白石英玻璃光谱热辐射效率的比较。

本文 1983 年 7 月 2 日收到。

* 南开大学分校物理系; ** 南开大学物理系

3. 讨论

(1) 由图1的曲线看出,硬质95号玻璃 $2.7\sim 2.8\mu\text{m}$ 形成一个较强辐射峰(对应于OH基的拉伸振动),与水在 $3\mu\text{m}$ 处的强吸收峰形成一个明显的辐射和吸收的选择性匹配。长波方向紧靠这一辐射峰有一窄凹陷。从 $3.5\mu\text{m}$ 起,又明显提高。到 $4\mu\text{m}$ 以远区域,出现一个又强($\epsilon\approx 0.8$)又宽($3.5\sim 8\mu\text{m}$)的辐射带,正是它大大提高了硬质95号玻璃的总的热辐射效率。

(2) 根据图1硬质95号玻璃的透射光谱及样品厚度算出的红外波段的吸收系数 α 可知, $2.5\sim 3.7\mu\text{m}$ 属于低吸收波段。当样品厚度一定时,热辐射效率 ϵ 与吸收系数 α 成正比^[7],这由图1样品

材料的透射、辐射光谱的变化趋势所证实。 $3.7\mu\text{m}$ 直到 $8\mu\text{m}$ 这一段对应于中等吸收区,这时 $\epsilon=1-R$ ^[7]。因吸收较弱,反射率 R 很小,致使 ϵ 在这一区域呈现一个宽强带。 $9.5\mu\text{m}$ 处 ϵ 谱的明显凹陷与 SiO_2 中Si—O键的基本振动波长相对应,出现一个极强的吸收峰(在透射光谱中难以检测到)。

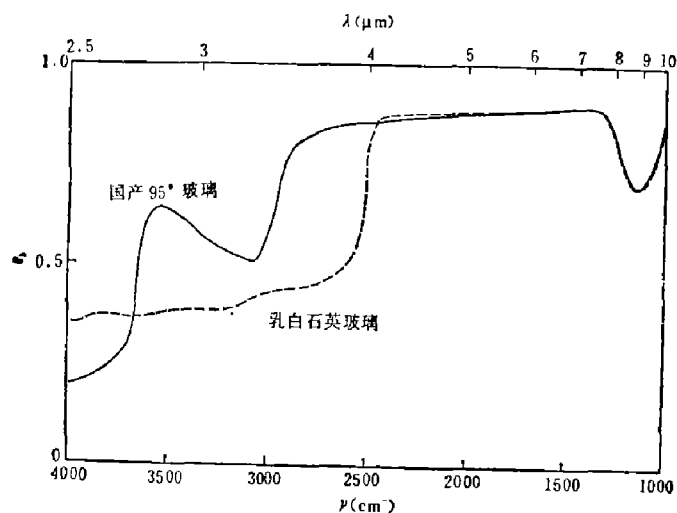


图2 硬质95号玻璃与乳白石英玻璃(500°C)的热辐射效率比较

材料的透射、辐射光谱的变化趋势所证实。 $3.7\mu\text{m}$ 直到 $8\mu\text{m}$ 这一段对应于中等强度吸收的 SiO_2 基本振动($9.5\mu\text{m}$)的二声子组合吸收带。

(3) 大多数纯氧化物基本振动频率都在十几微米以上,强辐射带短波边大都长于 $6\mu\text{m}$ 。中高温($500\sim 600^\circ\text{C}$ 以上)使用时,黑体辐射峰移到 $3\sim 4\mu\text{m}$,为使黑体峰对应和接近强辐射带,必须设法提高波长短于 $6\mu\text{m}$ 波段的热辐射效率。比较图2可以看出,硬质95号玻璃强辐射带的分布比乳白石英玻璃向短波方向移动(延伸到 $3.7\mu\text{m}$ 左右),这与该玻璃加入轻元素化合物 B_2O_3 有关。 B—O 键伸展振动波长约为 $7.5\mu\text{m}$,二倍频波长 $3.7\mu\text{m}$,透射光谱中 $3.7\mu\text{m}$ 的凹陷正对应于 B—O 键的二倍频吸收,而 $4\mu\text{m}$ 的凹陷对应 Al—O 或 Na—O 键振动的二倍频吸收。由于晶格振动吸收波长 $\lambda\propto\sqrt{m}$ (m 是化合物的有效质量),这些轻质量杂质(14.2%为 Ba_2O_3 , 5.5%为 Na_2O 、 K_2O)的加入足以保证短波段中等强度的吸收系数,使辐射带饱和。而且少量杂质使材料耐温仍然较高。根据维恩定律,最高辐射率对应的波长 $\lambda_m\propto 1/T$,温度愈高, λ_m 越小。因此使强辐射带尽量向短波移动,使黑体峰附近匹配较高的热辐射效率,实现辐射峰带、黑体峰、被加热

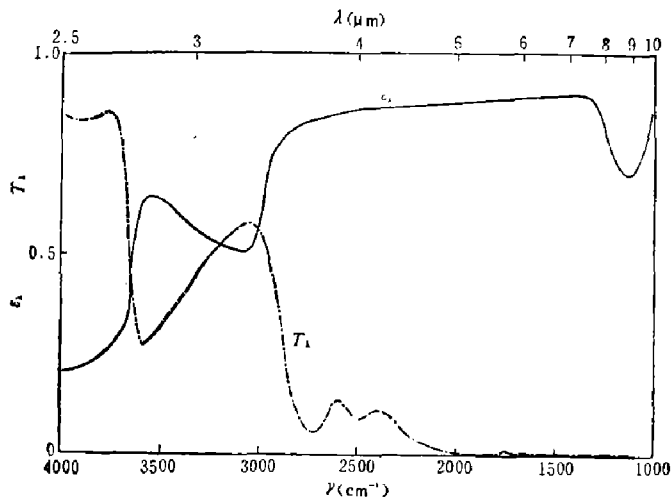


图1 硬质95号玻璃热辐射效率曲线及其1.2 mm厚样品的透射曲线

应用强吸收的公式 $\epsilon=1-R$ ^[7], ϵ 显著下降,如图1。可见 $3.7\sim 8\mu\text{m}$ 强带部分对应于中等强度吸收的 SiO_2 基本振动($9.5\mu\text{m}$)的二声子组合吸收带。

为使黑体峰对应和接近强辐射带,必须设法提高波长短于 $6\mu\text{m}$ 波段的热辐射

物质吸收峰带三者的合理匹配,将会大大提高和改善中高温辐射材料的辐射效率。硬质95号玻璃近红外波段具有较高辐射效率,宜于中温使用。由图3看到、日本乳白石英玻璃的

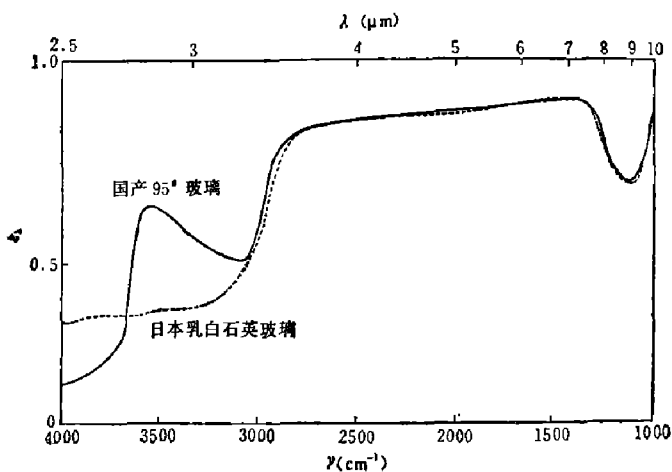


图3 硬质95*玻璃与日本乳白石英玻璃(500°C)热辐射效率的比较

辐射光谱带较国产乳白石英玻璃更向短波方向展宽,我们认为,日本玻璃里可能加进 B_2O_3 之类的轻元素化合物。锦州乳白石英玻璃是纯石英玻璃,如能掺加少量 B_2O_3 等,短波边辐射效率会提高。硬质95号玻璃强辐射带与日本乳白石英玻璃相近,且前者 $2.7 \mu m$ 处的选择辐射更强。

4. 硬质95号玻璃辐射材料的优缺点

热辐射效率高、烘水性能好。硬质95号玻璃既保持了烘水效能很高的高

硅氧玻璃 $2.8 \mu m$ 左右的较强辐射带,又比辐射效率高的乳白石英玻璃强辐射带向短波方向扩展,中温辐射性能好;具有良好的物理化学性能,硬质95*玻璃含硅量高、粘度大,耐热性能好,热稳定性强,软化温度较高 ($700^\circ C$ 左右),易于加工成型,机械性能也好,抗水、抗酸;价格低廉。不足之处在于它的熔点较低,不适宜在高温使用。

参 考 文 献

- [1] McMahon. H. O., *J. Amer. Ceram. Soc.* **34**(1951), 3:91.
- [2] Dvurechensky. A. V., et. al, *Infrared. Phys.*, **19**(1979), 465.
- [3] 葛世名, *红外研究*, **2**(1983), 67.
- [4] 上海玻璃厂编, *玻璃仪器灯工实践*, 上海科技出版社, 1978, 4.
- [5] 同[1], 94.
- [6] 同[3], 67.
- [7] 王宝明、苏大昭、张光寅, *红外研究*, **2**(1983), 55.

INFRARED RADIATION PROPERTIES OF CHINESE-BUILT HARD GLASS No. 95

WANG BAOMING

Physics Department, Nankai University, Branch

SU DAZHAO, ZHANG GUANGYIN

(Physics Department, Nankai University)

ABSTRACT

It is determined from spectroscopic experiments that the chinese-built hard glass No. 95 is a satisfactory material with higher emissivity and better quality for drying usage. Its radiation band has been broadened to infrared shortwaves.