

近红外滤光玻璃光吸收限的温度依从性

朱亚娟 盛连根 陈学贤
(中国科学院上海硅酸盐研究所)

提 要

本文研究了三种近红外滤光玻璃光吸收限随温度的变化。建议以吸收限的温度系数 $\gamma = dv_0/dT$ 来表示温度的影响。首次测定了三种玻璃的 γ 值分别为 $-2.5 \text{ cm}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ (HWB-4)、 $-2.7 \text{ cm}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ (HWB-80) 与 $-3.9 \text{ cm}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ (HWB-90)。本文还简略地讨论了温度系数 γ 的物理意义。

一、引 言

近红外滤光玻璃的光吸收特性随温度而变。对于我国已经定型生产的三种类型近红外滤光玻璃(即 HWB-4, HWB-80, HWB-90),迄今还只有室温下的光谱特性数据。然而此类玻璃常在高于室温的条件下使用。目前在有关的光学设计中,还只能沿用室温下的光谱特性数据,这必然给目前有关的光学设计带来较大的误差。

研究近红外滤光玻璃光吸收特性随温度变化的规律,不仅对有关的光学设计和应用技术颇有实际意义,而且对探讨此类玻璃的光吸收本质也富有理论价值。

本文研究了三类实用近红外滤光玻璃光吸收限随温度变化的规律,在此基础上选择了一个合适的参数(吸收限的温度系数)来反映温度的影响,并首次测定了三种型号(HWB-4、HWB-80 与 HWB-90)玻璃的温度系数。

二、实验方法

室温至 250°C 温度范围内玻璃样品的透过率特性是用图 1 所示的实验装置来进行测量

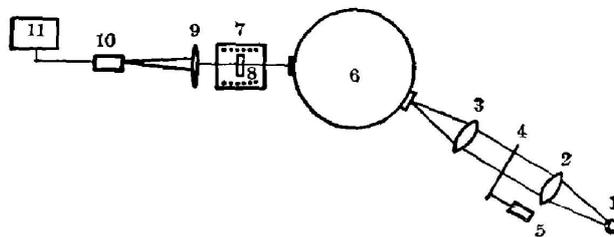


图 1 透过率的测量装置简图

Fig. 1 Schematic diagram of the setup for determining transmission of the sample in different temperature

的。图中 1 是光源, 2、3、9 是透镜, 4 是调制器, 5 是马达, 6 是 WDF 反射式单色仪, 7 是备有自动控温系统的加热炉, 8 是玻璃样品, 10 是接收器, 11 是放大器。

测量不同温度下各波长有样品时的光强 I_1 和无样品时的光强 I_0 , 即可得到透过率 $\tau = I_1/I_0 \times 100\%$ 。作不同温度下的 $\tau-\lambda$ 图。

三、实验结果和讨论

作为一个典型的例子, 图 2 中的 (a), (b), (c) 分别列出 2 mm 厚的 HWB-4, HWB-80, HWB-90 三种牌号玻璃光吸收随温度的变化。从图上可以清楚地看出, 随着温度的升高, 所有三种类型的近红外滤光玻璃的光吸收限均逐步移向长波, 而吸收限的曲线形状变化不大。

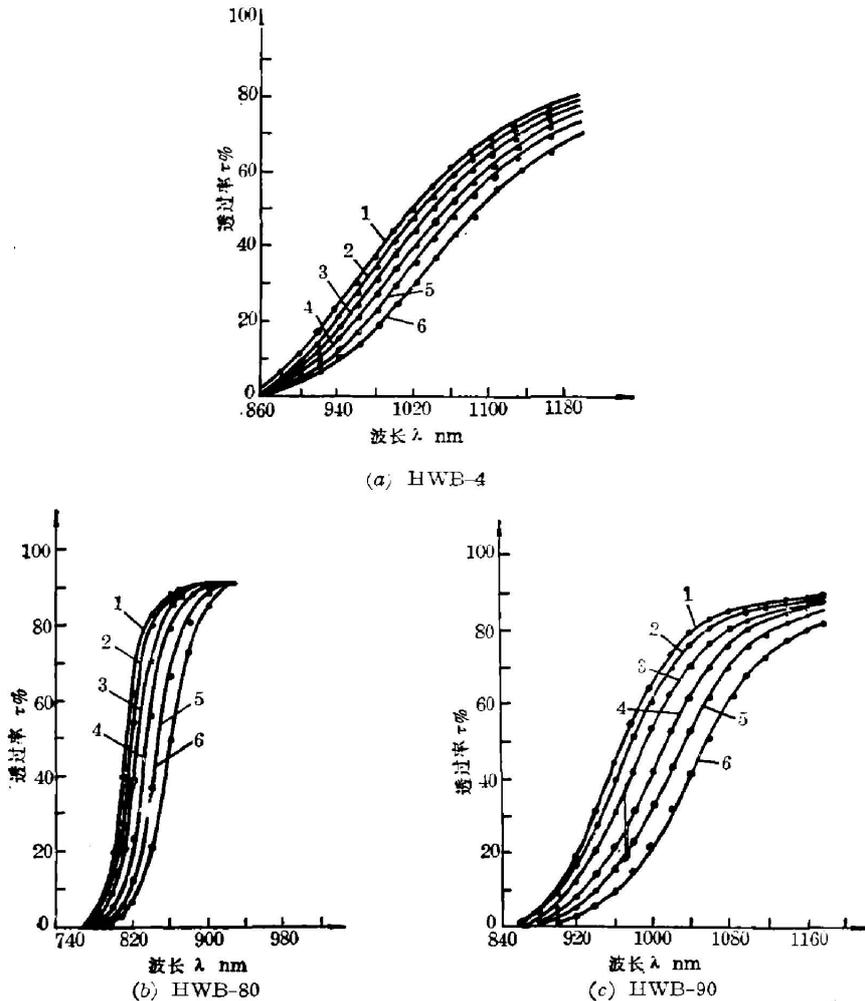


图 2 不同温度下透过率与波长的关系(厚度=2 mm)

1—室温; 2—50°C; 3—100°C; 4—150°C; 5—200°C; 6—250°C

Fig. 2 The relationship of transmission in glass HWB-4 with wavelength at different temperatures (the thickness d of the sample is 2 mm)

若以玻璃最大透过率半值处的波长位置 λ_g 来表示其吸收限, 那末所测定的不同厚度的三种牌号近红外玻璃的 λ_g 与温度 T 呈非线性变化, 同一牌号不同厚度玻璃的 λ_g-T 曲线也不尽相同。换言之, 参数 $d\lambda_g/dT$ 随玻璃牌号、厚度和温度而变化。作为一个典型的实例, 图 3 列出了三种厚度的 HWB-90 玻璃的 λ_g-T 关系曲线。

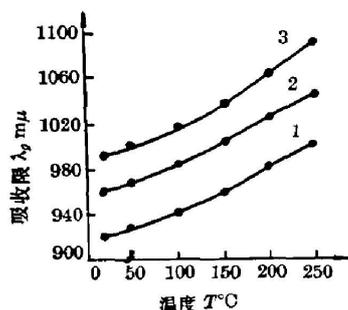


图 3 HWB-90 玻璃 λ_g 与温度 T 的关系

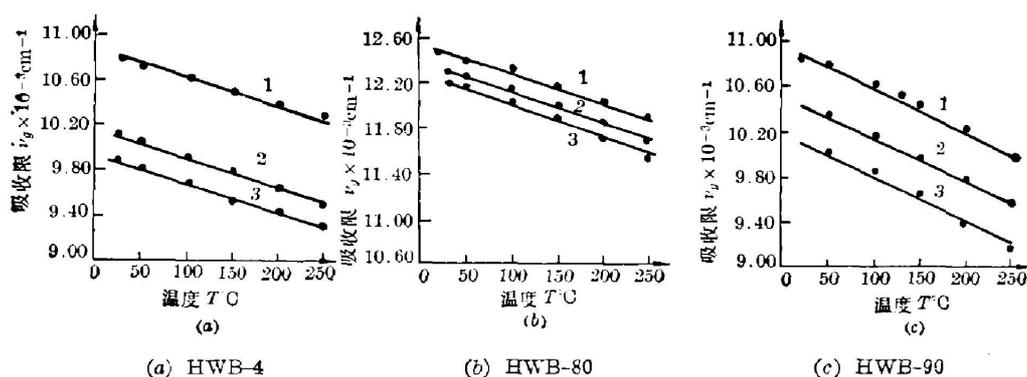
1—1 mm; 2—2 mm; 3—3 mm

Fig. 3 The relationship of the absorption edge wavelength λ_g in glass HWB-90 with temperature

—2.5 $\text{cm}^{-1}\cdot\text{C}^{-1}$ 、—2.7 $\text{cm}^{-1}\cdot\text{C}^{-1}$ 、—3.9 $\text{cm}^{-1}\cdot\text{C}^{-1}$ 。

若以玻璃最大透过率半值处的波数位置 ν_g 来表示其光吸收限, 那末所测定的不同厚度的三种近红外玻璃的 ν_g 与温度 T 呈线性关系, 且同一牌号不同厚度玻璃的 ν_g-T 关系具有相同的直线斜率 γ , 而 $\gamma = d\nu_g/dT$, 如图 4(a)、(b)、(c) 所示。换言之, γ 仅随玻璃牌号而异, 而与玻璃厚度、温度(室温至 250°C)无关。这表明, 玻璃吸收限的温度系数 $\gamma(\text{cm}^{-1}\cdot\text{C}^{-1})$ 十分简明地反映了给定牌号近红外滤光玻璃光吸收限随温度的变化行为。按图 4(a)、(b)、(c) 可以求出 HWB-4、HWB-80、HWB-90 玻璃的 γ 值依次为

表 1 列出了三种近红外滤光玻璃在室温时的吸收限和吸收限的温度系数 γ 。



(a) HWB-4

(b) HWB-80

(c) HWB-90

图 4 不同牌号玻璃 ν_g 与温度 T 的关系

Fig. 4 The relationship of the absorption edge wave number ν_g of different glasses with temperature

表 1 三种近红外滤光玻璃在室温的光吸收限及其温度系数

Table 1 The optical absorption edges at room temperature and their temperature coefficients of three near infrared filter glasses made in our country

玻 璃 牌 号	HWB-4	HWB-80	HWB-90
吸收限波长 λ_g , μm (2 mm)	990	813	960
吸收限波数 ν_g , cm^{-1} (2 mm)	10.1×10^3	12.3×10^3	10.4×10^3
吸收限温度系数 γ , $\text{cm}^{-1}\cdot\text{C}^{-1}$	-2.5	-2.7	-3.9

属于半导性着色机构的 HWB-80 和 HWB-90 玻璃, 由于内部均匀散布着少量半导体微小晶体, 故玻璃的光吸收限与相应半导体的禁带宽度一致^[2]。因此, 这些玻璃的光吸收限温度系数也应与相应半导体的禁带宽度温度系数相对应。半导体禁带宽度的温度依从性已进行了大量研究, 在室温附近的温度范围内, 大多数半导体的禁带宽度随温度的升高而线性降低^[4]。通过简单的换算, 由上述结果也可以得到: 半导体的本征吸收限的波数 ν_g 与温度 T 成线性关系, 波长 λ_g 与温度 T 成双曲线函数关系。因此, 含半导性化合物的上述玻璃的光吸收限与温度的关系也具有同样的依从关系[图 3 及图 4(a)、(b)、(c)]。所测得的 HWB-80 和 HWB-90 玻璃的 γ 值可以分别换算为 $-3.5 \times 10^{-4} \text{ eV}/^\circ\text{C}$ 和 $-5.0 \times 10^{-4} \text{ eV}/^\circ\text{C}$, 这恰好与某些硒碲化合物半导体的禁带宽度温度系数具有同样的符号和相近的数值^[3]。

但是, 属于过渡离子着色的 HWB-4 玻璃, 不存在半导性的微小晶体, 其光吸收限与禁带宽度无关, 故也无禁带宽度温度系数可言。过渡金属离子在玻璃中的吸收带随质点热运动的加剧而加宽。

四、结 论

1. 首次研究了国产三类近红外滤光玻璃光吸收性随温度变化的规律。建议用一个参数 $\gamma = d\nu_g/dT$ 来表示温度对玻璃光吸收限的影响, 并称 γ 为玻璃吸收限温度系数, 其量纲为 $\text{cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ 。 γ 是一个与玻璃厚度、温度无关而仅仅与玻璃牌号有关的常数。

2. 首次测定了三种国产近红外滤光玻璃 HWB-4、HWB-80、HWB-90 的 γ 值分别为 $-2.5 \text{ cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ 、 $-2.7 \text{ cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ 、 $-3.9 \text{ cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ 。

3. 简略地讨论了 γ 值的物理意义: 对于属于半导性着色机构的 HWB-80 和 HWB-90 玻璃, 既然玻璃的光吸收限决定于相应半导体的禁带宽度, 那末玻璃的吸收限温度系数也就是相应半导体的禁带宽度温度系数。据此解释了所观察的实验结果。

参 考 文 献

- [1] 硅酸盐所红外玻璃组;《新型无机材料》, 1973, 2, No. 1, 9.
- [2] 硅酸盐所红外玻璃组;《新型无机材料》, 1977, 5, No. 1, 1.
- [3] 半导体ハンドブック編纂委員会編;《半导体ハンドブック》, (112 ナーム社 1963).
- [4] T. S. Moss;《Optical Properties of Semiconductors》, (London, Butter worths Scientific Publications 1959), 44.

Temperature dependence of optical absorption edge in near infrared filter glasses

ZHU YAJUAN SHENG LIANGEN AND CHEN XUEXIAN

(Shanghai Institute of Ceramics, Academia Sinica)

(Received 20 December 1982)

Abstract

In this paper the change of optical absorption edge with temperature in three types of near infrared filter glasses is presented. It is proposed that the temperature coefficient of optical absorption edge $\gamma = \frac{d\nu_g}{dT}$ characterizes this behaviour. The temperature coefficient γ of given three type glasses are measured first and are $-2.5 \text{ cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ (HWB-4), $-2.7 \text{ cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ (HWB-80) and $-3.9 \text{ cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ (HWB-90) respectively. The physical conception of temperature coefficient γ is roughly discussed.