

强吸收特种光学材料透过率及其折射率的测量与计算方法

田 丰 贵

(光 明 材 料 厂)

本文主要叙述如何利用朗伯特定律和全自动、双光束分光光度计来测量和计算一些强吸收特种光学材料的透过率和折射率。

一、引 言

长期以来,对于一些吸收率很大的,透过率极低的光学玻璃或晶体(比如:遮光号为8号以上的焊接护目滤光片,其透过率为 $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-6}$ 量级),对其光谱透过率及其折射率的测量均无较理想的测试方法。尤其对于一些特殊谱线的折射率,常常由于找不到合适的单色光源而无法测量。当然,更谈不上对任意谱线折射率的测量。为此,作者经过几年的探索 and 实际测量,现写成此文,供大家参考。

二、测 量 原 理

根据朗伯特定律公式^[1]:

$$T_{\lambda 1} d_2 = T_{\lambda 2} d_1 \quad (1)$$

式中, $T_{\lambda 1}$ 是波长为 λ , 样品厚度为 d_1 时的内透过率^[2]; $T_{\lambda 2}$ 是波长为 λ , 样品厚度为 d_2 时的内透过率。

由公式(1)知,当被测样品吸收率很大,透过率太低,不能直接测量较厚产品的内透过率时,我们可以将其样品磨薄,测出薄样品的内透过率,然后利用公式(1)换算成较厚样品的内透过率。

再根据一般透过率 T_λ 与内透过率 $T_{\lambda i}$ 之间的关系^[3]:

$$T_\lambda = p_\lambda \cdot T_{\lambda i} \quad (2)$$

当光束垂直入射时,式中

$$p_\lambda = 2n_\lambda / (n_\lambda^2 + 1) \quad (3)$$

p_λ 称为反射损失因子。解(3)式又可得:

$$n_\lambda = \frac{2/p_\lambda + \sqrt{4/p_\lambda^2 - 4}}{2} \quad (4)$$

收稿日期: 1986年9月13日。

利用双光束分光光度计分别测出一般透过率 T_{λ} 和内透过率 $T_{i\lambda}$ ，即可由公式 (2) 求得 p_{λ} 的值，即： $p_{\lambda} = T_{\lambda}/T_{i\lambda}$ (5)

将 p_{λ} 的值代入 (4) 式求得折射率 n_{λ} 值。

三、测 量

1. 仪 器

采用全自动、双光束分光光度计 (如日立330)，透过率测量精度 $\pm 0.5\%$ 。

2. 样 品

(1) 取样方法 在同一块材料上切取两块不同厚度的样品毛坯。

(2) 样品加工要求 为了确保两块样品的表面加工质量一致，两块样品最好同盘加工。两块样品均加工成矩形，其长度和宽度视仪器样品室尺寸和样品夹尺寸而定，厚度分别为 d_1 和 d_2 ($d_2 > d_1$ ，最好让 $d_2 = 2d_1$)。样品厚度大小视材料的光吸收大小而定。材料吸收系数 $E_{\lambda} \geq 2$ 时，一般取 $d_1 = 0.5\text{mm}$ 即可满足要求。

样品两通光面抛光，光洁度 $B = IV$ ，光圈 $N_1 = N_2 = 3$ ，光圈不规则程度 $\Delta N_1 = \Delta N_2 = 0.5$ ，楔形角 $\theta \leq 2'$ 。其余各面用303号金钢砂细磨，倒边 $0.2 \times 45^\circ$ 。

3. 测量内透过率

仪器操作严格按操作规程执行。

用酒精擦净样品，待仪器预热及自动校正完毕后，打开样品室盖，将厚度为 d_1 的样品放入参考光路，厚度为 d_2 的样品放入测试光路。根据需要选择波长或扫描范围进行测量，如果需要连续测量或绘制透过率曲线时，还应该选择适当的扫描速度、走纸比例以及纵坐标标度等测试条件。此时测出的透过率即是样品厚度为 $(d_2 - d_1)$ 时的内透过率 $T_{i\lambda}$ 。

4. 测量一般透过率

内透过率测量完毕后，将厚度为 d_2 的样品取出，并将厚度为 d_1 的样品移置测试光路中，然后关上样品室盖子。此时测出的透过率即为一般透过率 T_{λ} 。

四、数 据 处 理 及 换 算

1. 求 p_{λ}

利用公式 (1) 换算出样品厚度刚好为 d_1 时的内透过率。

$$T_{i1\lambda} = T_{i\lambda} d_1 / (d_2 - d_1)$$

将 T_{λ} 和 $T_{i1\lambda}$ 的值代入公式 (5) 即可算出 p_{λ} 。

$$p_{\lambda} = T_{\lambda} / T_{i1\lambda}$$

2. 求 $T_{d\lambda}$

利用公式 (1) 换算出样品厚度为 d 时的内透过率 $T_{id\lambda}$ 。

$$T_{id\lambda} = T_{i\lambda} d / (d_2 - d_1)$$

将 $T_{id\lambda}$ 和 p_{λ} 的值代入公式 (2) 即可算出 $T_{d\lambda}$ 。

$$T_{d\lambda} = p_{\lambda} \cdot T_{id\lambda}$$

3. 求折射率 n_{λ}

将 p_{λ} 的值代入公式 (4) 即可求得 n_{λ} 。

$$n_A = \frac{2/p_A + \sqrt{4/p_A^2 - 4}}{2}$$

五、测试举例

1. 样品

HFB强吸收特种光学玻璃。

2. 要求

(1) 测量 F(486.1nm)、d(587.6nm)、D(589.3nm)、C(656.3nm)四条谱线的折射率 n_F 、 n_d 、 n_D 、 n_C 。

(2) 测量2.5mm厚样品的透过率 T_F 、 T_d 、 T_D 和 T_C 。

3. 测量

由于这样厚的样品(国标GB3609.1-83中规定,其产品厚度为2~3.8mm),透过率极低,采用普通方法无法测量其折射率和透过率。

现采用本方法测量:

(1) 样品: 取样和加工按本方法进行。

规格: $20 \times 30 \times d(\text{mm})$, $\begin{cases} d_1 = 0.5\text{mm} \\ d_2 = 2.0\text{mm} \end{cases}$

(2) 采用测试仪器: 日立330分光光度计。

(3) 测量厚度为 d_1 样品的一般透过率: 测量结果列于表1中。

(4) 测量内透过率: 将厚度为 d_1 的样品放入参考光路, 厚度为 d_2 的样品放入测试光路进行测量。

测量结果列于表2中。

表1

样品牌号	透 过 率			
HFB				
样品厚度	T_F	T_d	T_D	T_C
0.5mm	18.40%	16.42%	16.16%	11.50%

表2

样品牌号	内 透 过 率			
HFB				
样品厚度	T_{iF}	T_{id}	T_{iD}	T_{iC}
$d_2 - d_1 = 1.5\text{mm}$	0.89%	0.62%	0.59%	0.21%

(5) 利用朗伯特定律公式将表2结果换算成样品厚度为0.5mm时的内透过率。

计算结果列于表3中。

(6) 利用公式 $p_A = T_A/T_{iA}$ 计算反射损失因子 p_F 、 p_d 、 p_D 和 p_C 。

计算结果列于表4中。

(7) 利用公式 $n_A = \frac{2/p_A + \sqrt{4/p_A^2 - 4}}{4}$ 计算 n_F 、 n_d 、 n_D 和 n_C 。

表 3

样品牌号	内 透 过 率			
HFB				
样品厚度	T_{iF}	T_{id}	T_{iD}	T_{iC}
0.5mm	20.72%	18.37%	8.07%	12.81%

计算结果列于表 5 中。

(8) 利用朗伯特定律公式将表 2 (或表 3) 结果换算成样品厚度为 2.5mm 时的内透过率。计算结果列于表 6 中。

表 5

样品牌号	折 射 率			
HFB				
	n_F	n_d	n_D	n_C
	1.64385	1.62037	1.61855	1.60478

表 4

样品牌号	反 射 损 失 因 子			
HFB				
	P_F	P_d	P_D	P_C
	0.88803	0.89385	0.89430	0.89770

表 6

样品牌号	内 透 过 率			
HFB				
样品厚度	T_{iF}	T_{id}	T_{iD}	T_{iC}
2.5mm	0.038%	0.021%	0.019%	0.0035%

9. 利用公式 $T_A = P_A \cdot T_{iA}$ 将表 6 结果换算成一般透过率。

计算结果列于表 7 中。

表 5 和表 7 中所列的结果即为所需测试结果。

这里我们只测了四条典型谱线折射率和透过率。由于我们采用的是全自动、双光束分光光度计, 所以, 如果需要的话, 我们还可以测量其它任意谱线的折射率和透过率。

由于样品加工不太符合要求, 测量结果可能有一定的误差, 但这不属于测量方法上的错误。

表 7

样品牌号	透 过 率			
HFB				
样品厚度	T_F	T_d	T_D	T_C
2.5mm	0.034%	0.019%	0.017%	0.003%

六、结 论

本方法不仅可以用于测量和计算透过率极低的特种光学材料的透过率及其折射率, 而且也适用于一般有色光学玻璃和激光晶体透过率及其折射率的测量与计算。根据材料光吸收的大小和产品厚度选择测试样品的厚度 d_1 和 d_2 以及两者的差值 $(d_2 - d_1)$ 。一般说来, 材料的吸收率较小时, 测试样品应加工厚一些, $(d_2 - d_1)$ 也应适当增大。总之, 既要让被测样品吸收一定的光通量, 又要使两块样品的透过率有足够量的差值。

值得注意的是, 由于本方法采用的是对比测量法消除样品表面反射损失, 直接测出内透

过率，因此，两块样品必须在同一块材料上取样，同时必须保证两块样品表面加工质量完全一致。只要我们注意以上几个问题，并选用高精密测试仪器，均能获得准确的测试结果。

由于我们使用的是分光光度计测量，所以，我们可以测量任意谱线的透过率，并换算出相应的折射率。这对于科研和生产的发展将起到积极的推动作用。

参 考 文 献

- [1] [3] LIGHT TRANSMISSION P4、P8, Form Newport Optical Industries (Holdings), LTD., America.
- [2] 《光学技术》，1984年，第4期，第15页。

The method of mesuritng transmittance and refractive index of a optical material with high absorption

Tian Fenggui

(National Guangming Material Factory)

Abstract

This paper discribe a method for measuring the transmittance and refractive index of a optical material with high absorption. Lambert law has been used in the calculation.

• 作者简介：田丰贵，男，1953年出生，四川省光学材料测试中心物理技术组长。曾于1985年参加“激光雷管引信微型焊接机”研制，同年通过部级鉴定。主持“TWY-86条纹仪”的研制，1986年通过厂级鉴定，并通过部级验收。

更 正

由于排印校对错误，1986年第5期第45页“超高速光电二极管的测试技术”一文的编者闰军，误为闰军，特此更正。