

[5] A. Morinaga, K. Tanaka; *IEEE J. Quant. Electron.*, 1980, **QE-16**, No. 4, 406.

[6] P. Belland; *Appl. Phys.*, 1982, **B27**, 123.

[7] 王润文等; 《中国科学院上海光机所研究报告集》, 第四集, 1977年。

[8] R. T. Pressley Ed.; *Handbook of Lasers*. 336.

(中国科学院物理研究所

李文莱 徐友刚

1984年5月12日收稿)

红外光纤的损耗测试

Abstract: This paper analyses some factors which cause the spectral loss for infrared fibers in the wavelength range of $2\sim 11\mu\text{m}$, and describes the methods for measuring the spectral loss for infrared fibers at $2\sim 11\mu\text{m}$.

一、引言

近年来国际上开展了红外光纤的研制,并取得了进展。红外光纤在近期内可用于激光手术刀、红外传感器、红外摄像等。从远期看可望获得比目前石英光纤更低损耗的光纤而用于光通信。因此,正确测量和分析红外光纤损耗的工作是很必要的。

二、固定波长的损耗测定

我们第一步是针对二氧化碳激光治疗的应用,目前首先测定光纤在 $10.6\mu\text{m}$ 波长的损耗,一般用切断法和插入法二种。

(1) 切断法: 图1是用切断法测 $10.6\mu\text{m}$ 波长损耗的示意图。

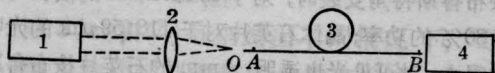


图1 测定 $10.6\mu\text{m}$ 处光纤损耗的示意图

1—CO₂激光器; 2—锗透镜; 3—红外光纤;
4—CO₂激光功率计

先在待测光纤的输出端B处测出光纤的输出功率 P_B , 再在离输入端面不远处A切断光纤, 并使光脉冲的注入条件不变。在A处输出功率记为 P_A , 它作为整根光纤OB的输入功率。光纤全长为L, 则损耗值的计算公式为:^[1]

$$\frac{\text{dB}}{\text{km}} = \frac{10}{L} \lg \frac{P_B}{P_A} \quad (1)$$

式(1)中, L以公里计算的损耗值为dB/km, 如L以米计算, 则损耗值为dB/m。

这种测试方法的设备和操作都很简便, 测试精度取决于激光器稳定度和功率计精度。这是一种破坏性的测试方法, 但简便而又精确, 因此还被广泛应用。

(2) 插入法: 其设备和切断法相同, 不同的是需要用一根短光纤, 先测定通过短光纤的输出功率作为待测光纤的输入功率 P_A , 然后把待测光纤接到短光纤和功率计之间, 测得输出功率为 P_B , L为待测光纤的长度, 计算损耗的公式见式(1)。这方法是非破坏性的, 但测试精度较低。

上面二种测试中所用的设备要求:

(A) CO₂激光器: 要求输出功率稳定, 输出模式尽可能接近单模, 光束的发散角要小。

(B) 红外聚焦透镜: 目前用得最普遍的是涂有增透膜的锗透镜, 常采用n型单晶锗, 锗的电阻率在 $10\Omega\cdot\text{cm}$ 左右为好。由于锗的折射率高, 反射损失大, 锗透镜二表面需镀硫化锌增透膜。1mm厚锗透镜二表面蒸上硫化锌膜后, 在 $8.0\sim 11\mu\text{m}$ 波长范围内的透光率可达98%左右, 锗透镜透光率的温度稳定性也比较良好。

(C) 激光功率计: 选用的激光功率计的量程要比欲测功率大, 读出精度要小于 $\pm 1\%$ 。

在我们的测试实验中, 使用的CO₂激光器是上海医用激光仪器厂生产的, 输出功率为 $0\sim 30\text{W}$ 连续可调。激光经锗透镜聚焦后的光斑直径为 $200\mu\text{m}$, 试制的光纤芯径为 $500\mu\text{m}$ 。

表1 AgCl晶体功率传输性能测定

AgCl 晶体试样编号	长度 (mm)	输入功率 (W)	输出功率 (W)
No. 1	1.7	10	8.2
No. 1	34	10	6.0
No. 2	10	20	18.0
No. 2	430	20	2.0

我们对 AgCl 晶体的薄片和坯棒、短纤维和长纤维作了功率传输性能的测定, 结果列于表 1。

根据公式(1) 计算得 No. 1 试样 AgCl 的损耗为 42dB/m, No. 2 AgCl 的损耗为 23dB/m。这样的损耗值是高的, 这是由于 AgCl 在一般条件下不易提纯, AgCl 在光照下容易产生氧化还原反应, 产生 Ag₂O 和 Ag 的杂质, Ag₂O 引起 10.6 μm 的吸收损耗, Ag 微粒在 10.6 μm 造成波导散射损耗。从光纤波导表面看也不够光滑, 也增加了波导散射损耗, 尚待进一步改进原料合成和工艺制备条件。

三、红外谱损耗的测定

图 2 为测量光纤在 1.8~11.0 μm 波段损耗的系统示意图。

光源用输出功率为 100 W 的铂丝灯, 单色光波长由光栅单色仪选择得到, 光栅的炫耀波长为 3.5 μm 或 7.5 μm, 其半功率宽度为 50 Å 左右。用步进马达控制单色仪的波长扫描, 光纤的输出讯号用红外检测器检测, 在 1.8~5.5 μm 波长用碲化铋检测器(光电型), 在 5.0~11.0 μm 波长区用碲镉汞检测器(光导型), 二种红外探测器都要放在液氮中测

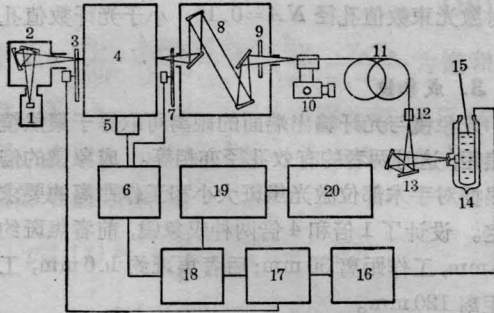


图 2 红外光纤谱损耗测定系统示意图

1—光源(铂丝灯); 2, 3, 13—红外反射镜; 3—机械斩波器; 4—单色仪(光栅式); 5—脉冲马达; 6—单色仪马达控制器; 7—红外滤光片; 9—可变光阑; 10—五维纤维微调架; 11—被测光纤; 12—纤维夹具; 14—红外探测器(InSb 或 HgCdTe); 15—液氮; 16—前置放大器; 17—锁相放大器; 18—数字电压表; 19—小型计算机; 20—硬拷贝

量(77 K)。

这套测量系统在 2~10 μm 波长区的动态范围是 ~25 dB, 检测器出来的讯号用一放大因子为 80 dB 的电流前置放大器放大后输入锁相放大器, 放大讯号经具有合适接口的 IEEE 488 讯号电压表测量并贮入小型计算机。在这个系统里, 数据选取、数据处理、图形显示都由小型计算机来完成。

用切断法测量光纤的损耗, 测出波长为 λ_i 的光通过 L₁ 长的待测纤维后的光功率 M₁(λ_i) 和通过短纤维 L₂ 后的光功率 M₂(λ_i), 求得波长 λ_i 处的损耗为 A(λ_i), 以式(2)表示

$$A(\lambda_i) = \frac{10}{L_1 - L_2} \log_{10} \frac{M_2(\lambda_i)}{M_1(\lambda_i)} \text{ (dB/km)} \quad (2)$$

损耗测试的实验误差值为 ΔA(λ_i) 可用下式(3)表示:

$$\Delta A(\lambda_i) = A(\lambda_i) \frac{\Delta(L_1 - L_2)}{L_1 - L_2} + 10 \log_{10} e \frac{1}{L_1 - L_2} \times \left[\frac{\Delta M_1(\lambda_i)}{M_1(\lambda_i)} + \frac{\Delta M_2(\lambda_i)}{M_2(\lambda_i)} \right] \text{ dB/km} \quad (3)$$

在式(3)中, ΔM₁(λ_i), ΔM₂(λ_i) 和 Δ(L₁ - L₂) 各是测定 M₁(λ_i), M₂(λ_i) 和 L₁ - L₂ 的测量误差, 损耗测定的实验误差主要由于光源输出和检测器灵敏度的波动、注入条件的改变以及纤维长度测量上的误差造成的。

根据(3)式计算得损耗测试的误差值小于 0.009 dB/m, 用这系统测量了 1 米长的 BaF₂-GdF₃-ZrF₄ 为纤芯, 氟塑料为包层的红外光纤损耗, 纤维芯径为 200 μm, 外径为 300 μm, 在 3.5 μm 时的测量精度优于 ±0.02 dB/m。

参 考 文 献

- [1] D. W. Amlin, E. L. Dereniak; *Proc. SPIE*, **320**, 106.
- [2] K. Jinguji et al.; *Appl. Opt.*, 1982, **21**, 15.

(中国科学院上海硅酸盐研究所 滕 琴
1984 年 5 月 30 日收稿)