

最佳端部耦合技术在光波导损耗测量中的实践

杨治安

姚 珩

(天津大学材料学院, 天津 300072) (天津大学分析中心, 天津 300072)

摘 要 探讨了最佳端部耦合技术在实际应用中面临的若干问题, 如系统损耗的标定, 光路调整等等。采用标样标定法、可见光辅助、平面镜调节光电监测等技术, 得到了满意的结果。

关键词 集成光学, 光波导损耗, 光测量。

1 引 言

最佳端部耦合法^[1], 由于其入射光束与波导模场的严格匹配^[2], 根除了截断法^[3]测量光波导损耗过程中输入耦合损耗的不确定性和对被测波导的损伤, 但损耗测量的准确程度依赖于系统损耗的标定。系统损耗由诸项组成, 其中包括三个透镜的穿透率, 全反镜和半反镜的反射率, 波导端面的菲涅耳反射系数, 两个探测器的转换比。当然, 这些参数可以逐项测定或计算, 但不能保证此时的测量条件与实际情况相符合, 在标定出的系统损耗中必然存在较大的误差。

2 改进型的最佳端部耦合法

本测量系统(见图 1)是根据 Haruna 等人的工作^[1]并对其略加改进而成的。为了方便光路调整, 增加了可见光源 LD₂(红色半导体激光器)。装入被测波导后, 将红色激光光源沿滑道推入工作位置, 然后进行耦合调整, 在平面 M 上得到波导端面 2 的模场分布像。平面 M 由成像屏和全反镜上下两部分组成, 且可沿垂直于光轴的平面上上下下平移, 分别用于获得端面 2 的一次像和将其反射回端面 2。全反镜和斩波器之间增设一光阑, 在此光阑面向全反镜一侧安装一只四象限光电探测器, 用于辅助调整全反镜的方位, 以使进入端面 2 的光斑尺寸与导

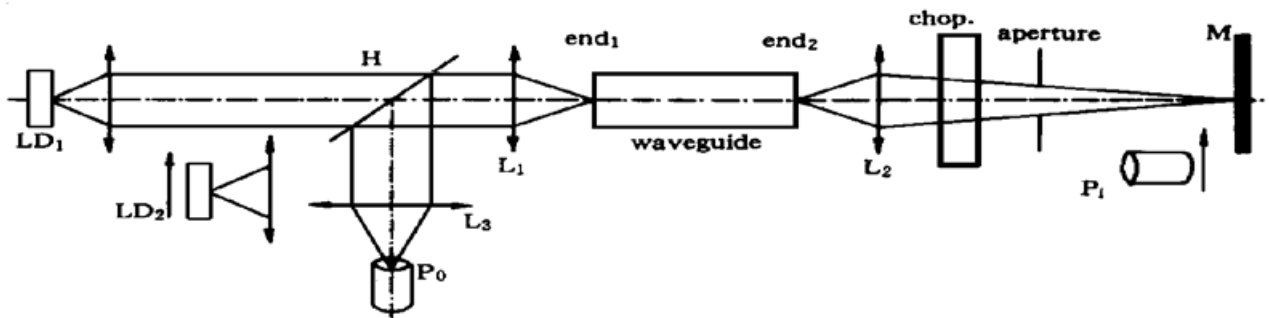


Fig. 1 Optical waveguide loss measurement system of improved optimum end-fire coupling method

模的模斑尺寸严格地匹配。至此即完成了可见光辅助光路的调整。抽出可见光源, 打开红外激光器 LD₁。实验证明, 尽管由于更换红外激光器后, 激光波长的变化使透镜的焦距有所变化, 但此时在光探测器 P_i、P_o 上仍获得较强的调制电压, 此电压信号作为进一步细调的依据。

3 实 验

3.1 系统损耗

系统损耗是在测量过程中由测量装置引入的光损耗。参考图 1, 波导的损耗 L_w 可由下式给出

$$L_w = 10 \log (V_i/V_o) - 10 \log L_s \quad (1)$$

$$L_s = T_{11}T_{12}T_{13}R_H R_M (1 - R_{FR})^2 r_o/r_i \quad (2)$$

(1) 式中, V_i 和 V_o 为两个光探测器的输出电压, (2) 式中的 T_{11} 、 T_{12} 、 T_{13} 分别为透镜 L₁、L₂、L₃ 的穿透率, R_M 和 R_H 为全反镜 M 和半反镜 H 的反射率, R_{FR} 为波导端面的菲涅耳反射系数, r_i 和 r_o 为光探测器 P_i、P_o 的转换比。称(1)式右边第二项为系统损耗 $L_{sys} = 10 \log L_s$, 一旦标定出此常数 L_{sys} 即可根据(1)式, 通过测量 V_i 和 V_o 获得被测波导的损耗 L_w 。

3.2 系统损耗的标定

首先利用如图 1 所示的装置, 对长度为 L 的光波导进行测量, 得到 V_{i1} 和 V_{o1} , 并假定其损耗为 L_w ; 仍采用此波导, 将其截去二分之一左右, 对经截取的端面精细抛光, 并配合其它检测手段, 确保被抛磨端面符合质量要求。测量出所剩波导的长度 $L_{cut} = rL$, r 为 L_{cut} 和 L 的比。再用图 1 所示的装置对截断后的波导进行测量, 此时探测器的输出记为 V_{i2} 和 V_{o2} 。这样将两组参数代入(1)式, 可求出系统损耗 L_{sys} :

$$L_{sys} = [10/(1 - r)] [\log (V_{i2}/V_{o2}) - r \log (V_{i1}/V_{o1})] \quad (3)$$

系统损耗的标定精度可根据(3)式估算。对(3)式微分可得

$$\Delta L_{sys} = \frac{10}{(1 - r) \ln 10} \left[\left(\frac{|\Delta V_{i2}|}{V_{i2}} + \frac{|\Delta V_{o2}|}{V_{o2}} \right) + r \left(\frac{|\Delta V_{i1}|}{V_{i1}} + \frac{|\Delta V_{o1}|}{V_{o1}} \right) \right] \quad (4)$$

一般 V_i 比 V_o 大 1 至 2 个数量级, 且 V_{o2} 和 V_{o1} 的相对误差很接近, 故(4)式可简化为

$$\Delta L_w = \{10(1 + r)/[(1 - r) \ln 10]\} (|\Delta V_o|/V_o) \quad (5)$$

为简化运算, 在实验中 r 为 0.50, (3)式和(5)式简化为

$$L_{sys} = 20 \log (V_{i2}/V_{o2}) - 10 \log (V_{i1}/V_{o1}) \quad (6)$$

$$\Delta L_{sys} = (30/\ln 10) (|\Delta V_o|/V_o) \quad (7)$$

表 1 为实验数据, 由(3)式和(5)式计算可得 $L_{sys} = 12.65 \pm 0.08$ dB。

Table 1. Experimental data for system loss determination

item \ No.	1	2	3	average V	average ΔV
V_{i1}	6.857	6.853	6.856	6.855	0.0013
V_{o1}	0.259	0.259	0.263	0.260	0.0017
V_{i2}	8.262	8.263	8.262	8.262	0.0003
V_{o2}	0.374	0.377	0.374	0.375	0.0013

3.3 全反镜调节指示器

指示器通过检测由全反镜反射的光束在四象限光探测器上的分布, 给出全反镜仰角、方

位角的调节指示。

四象限探测器由四个扇形波导和四只光电二极管组成，扇形的侧面镀铝膜，将各象限的信号隔离开，最后经粘合组装成整体。其结构如图 2 所示。图 3 为指示器的电原理图。

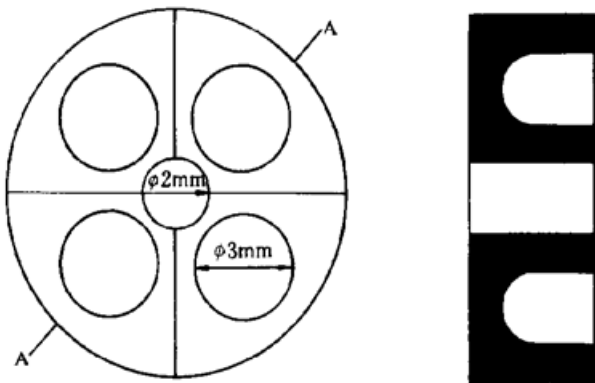


Fig. 2 Schematic drawing of quadrant photodetector

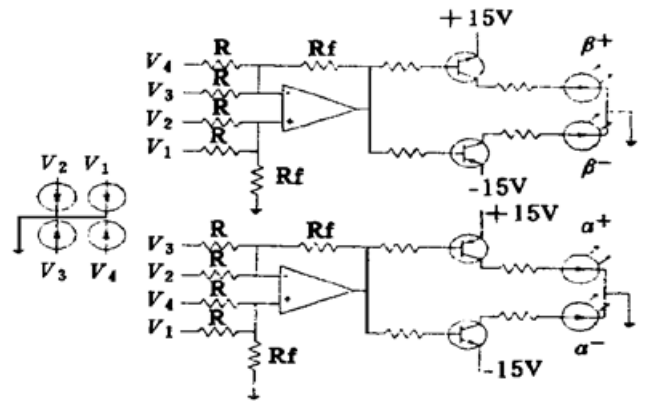


Fig. 3 Basic circuit of the indicator

总 结 本文研究的改进型最佳端部耦合法，由于采用可见光辅助光源、全反镜调节指示器，使得光路的调整简便、快捷、准确，而且配合步进电机或压电器件及其控制器，即可实现全反镜的自动调节。对标定系统损耗标样法的分析和实验说明，标定过程严格接近实际工作状态，一次完成标定，简便、可靠。

参 考 文 献

- [1] Brannon P J. Improved method of measuring optical waveguide propagation losses. *Appl. Opt.*, 1986, **25** (20) : 3596~ 3598
- [2] Haruna M, Segawa Y, Nishihara H. Nondestructive and simple method of optical-waveguide loss measurement with optimisation of end-fire coupling. *Electron. Lett.*, 1992, **28**(17) : 1612~ 1613
- [3] Hunsperger R G. *Integrated optics: theory and technology*. New York: Springer-Verlag, 1982. 83~ 85

Practice of Optimization End-Fire Coupling in Optical Waveguide Loss Measurement

Yang Zhi'an

(Material Institute, Tianjin University, Tianjin 300072)

Yao Pei

(Analysis Center, Tianjin University, Tianjin 300072)

(Received 17 February 1998; revised 13 April 1998)

Abstract The problems in application of the optimum end-fire coupling techniques such as system loss determination and optical path adjustment are discussed. By using the determination method with standard, visible light assistant and optical-electrical detection for adjusting the whole reflection mirror, the satisfactory results are obtained.

Key words integrated optics, optical waveguide loss, optical measurement.