

# 光纤耦合器制造中的动态监测系统

周书铨 陆善达 谢 敏 陈锡坤

(上海科学技术大学物理系)

## 提 要

本文报道在研制熔接光纤耦合器中所建立的动态监测系统。这个系统由于利用了时间延迟技术,不仅能较高精度地数字显示成品光纤耦合器的静态分束比;而且能在器件的制造过程中监测分束比的变化,进而控制工艺,大大提高器件的成品率。

关键词: 光纤耦合器, 动态监测系统。

## 一、引 言

光纤耦合器是重要的无源光波导器件。利用这种器件,可以将入射光分束;或者对多束光进行并束。它能提高系统的稳定性和可靠性。因此,它已在光纤通信系统和光纤陀螺仪<sup>[1]</sup>, 光纤通信<sup>[2]</sup>等实用化系统中得到广泛的应用,因此,光纤耦合器受到国内外有关方面的极大重视。

光纤耦合器的重要参数之一是分束比,它是副光纤输出光功率  $P_{S2}$  与主光纤输出光功率  $P_{S1}$  之比,它是光纤的数值孔径 NA 和使用波长以及耦合区状态等的复杂函数<sup>[3]</sup>。而后者则由具体工艺过程来决定,通过控制工艺,可以获得所需要的分束比。就这个意义上说,在制造过程中如何直接而又精确地监测和控制器件的分束比至关重要。否则,成品率很难提高。为了能在制造器件的过程中监测分束比的变化,控制所需的分束比,本文报道利用时间延迟技术,研制了一套动态监测系统。根据系统数字显示的分束比变化,手动调节熔接过程,达到预定的分束比,从而提高器件的成品率。本系统也适用于腐蚀法制造光纤耦合器。

## 二、动态监测系统

本监测系统的原理框图如图1所示。显微物镜  $L$  把激光器射出的光耦合进光纤耦合器主光纤的输入端  $S_0$ , 经耦合区分束后,主光纤输出端  $S_1$  和副光纤输出端  $S_2$  发出的两路光同时注入到光学切换系统  $O$ 。该系统在把  $S_1$ ,  $S_2$  两束光空间上合并成一路光的同时,通过时间延迟技术,使这两束光在时间上产生确定的相移。于是,探测器  $D$  的输出信号便成为空间上一路,时间上则是与光束  $S_1$  和  $S_2$  对应的交替脉冲  $S'_1$  和  $S'_2$ 。图2是用 SBM-14 型示波器拍摄的该脉冲静态波形。由图2可见,由于主光纤与副光纤之间光功率转移,已使副光纤的输出光功率  $P_{S2}$  超过主光纤的输出光功率  $P_{S1}$ 。把  $S'_1$  和  $S'_2$  以及由光学切换系统  $O$  取出的两组同步窄脉冲一起送入选通电路,在选出  $S'_1$  和  $S'_2$  的同时,还对噪声有所抑制。之后,  $S'_1$  和  $S'_2$  分别在各自相应的通道进行放大和信号平均处理。于是,便得到与光纤的输出

收稿日期: 1985年11月13日; 收到修改稿日期: 1986年3月10日

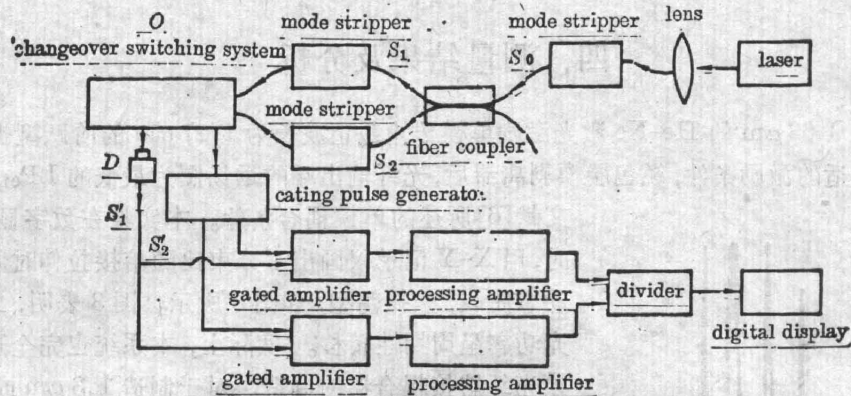


Fig. 1 Experimental arrangement

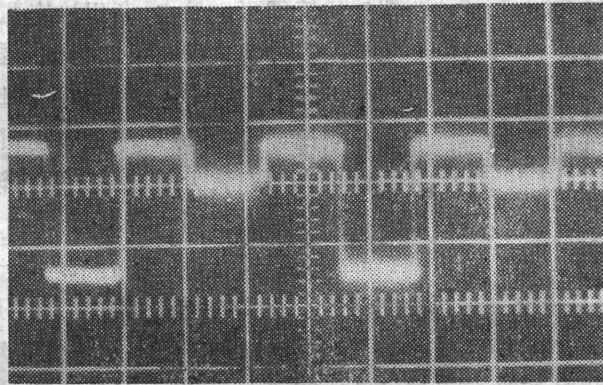


Fig. 2 Output signal of detector D

光功率成正比的直流信号, 即  $V = KP$ 。最后, 把这两路直流信号同时输入到除法器相除。由于两路通道对称, 比例系数  $K_1 = K_2$ , 因此, 除法器输出的信号

$$R = (V_2/V_1) = (K_2 P_2 / K_1 P_1) = (P_{S2} / P_{S1}),$$

就是副光纤与主光纤输出光功率之比, 即耦合器的分束比, 可由数字直接显示。

### 三、与其它测试系统比较

由上所述, 本动态监测系统实质上是对副光纤的输出光功率与主光纤的输出光功率作瞬时比较。文献[4]所示的测量系统, 采用了两个探测器分别接收副光纤与主光纤的光功率来进行比较, 虽然能实时观察器件的分束比, 但由于两个探测器特性不可能完全一致, 势必引进附加误差, 定标转换计算也比较麻烦。文献[5]所给出的测量系统, 只能实时测量一根光纤中的输出光功率变化。要得到器件的分束比, 只能进行静态测量。这样, 由于对主光纤与副光纤先后二次对光, 测量时间间隔较长, 在通常的实验条件下, 光源的不稳定性, 环境的变化, 电子线路的漂移, 势必引进附加误差。

综上所述, 我们研制的系统, 由于采用了时间延迟技术, 不仅能在器件制造的过程中较高精度地数字显示瞬态分束比之值, 而且对成品器件静态分束比的测量精度应比一般系统要高。

#### 四、测量结果及分析

我们用  $0.63\ \mu\text{m}$  的 He-Ne 激光激励单模传输截止波长为  $1.27\ \mu\text{m}$  的阶跃型折射率光纤。选择合适的激励条件,经包层模剥离器后,光纤输出端的远场图为最低的  $\text{LP}_{01}$  模,符合

文献[6]所述的单模耦合条件。本实验在数字显示的同时,用 X-Y 记录仪画出了分束比随熔接拉伸时间变化的动态曲线,呈振荡型,如图 3 所示。图 3 表明,二光纤间光功率呈周期性转移。实际上,本系统也完全适用于多模光纤熔接耦合器的制造。对于制造  $1.3\ \mu\text{m}$  或  $1.5\ \mu\text{m}$  等的光纤耦合器,只要采用具有相应光谱响应的光源,探测器和透镜即可。总之,利用这套监测系统,可以在相当大的范围内获得所需分束比的耦合器。

在图 3 中,曲线扫过纵轴等于 1.00 的一些点,其对应的分束比即为 1.00 V。图中削顶的曲线,则表示副光纤的输出光功率大大超过主光纤的输出光功率,以致逸出了系统的动态范围。

单模光纤耦合器的耦合机理,一般应用弱耦合模型来解释<sup>[4]</sup>。光纤在熔融拉伸变细的过程中,主光纤芯内传播的基模向包层扩展,从而使能量通过包层耦合到相邻光纤的芯内。但文献[7]认为按弱耦合模型,主光纤耦合到副光纤中的功率太小,在熔合开始时并不存在耦合,只有当熔合变细时,耦合才愈益加强。

在这种熔接锥形耦合器中,二光纤芯既细相距又远,在熔合过程中,二光纤芯不起作用,基模扩展到光纤的包层里。于是,周围的介质(空气)成为包层,二光纤原包层熔成椭圆形状的芯,构成一个新波导,从而使主光纤功率耦合到副光纤。然而,这两种模型的理论 and 实验都表明,主光纤(或副光纤)的输出光功率随拉伸时间的变化曲线呈振荡型。因此,分束比也具有振荡特性。

顺便指出,按文献[4],当功率转移振荡曲线第一次达到耦合比为 1 时,锥形比最小,所以在等功率分配的耦合器中,插入损耗最小。这是本监测系统的另一个重要功能。

本监测系统的误差主要来源于:(1)光学系统引进的误差,经用同一光路对比测量,小于 1%;(2)两个通道所选用的器件参数不完全一致,及除法器引进的误差,经用 S101 型函数发生器进行模拟实测,在本工作实用的范围内,不超过 5%。对于实用的耦合器,一般分束比不会很大,这样可把除法器的动态范围压缩,于是,后者的误差可望减至 3%。

感谢戴兰发同志加工了适用的机械系统。

#### 参 考 文 献

- [1] M. Imai *et al.*; *Opt. Lett.*, 1980, 5, No. 10 (Oct), 418~420.

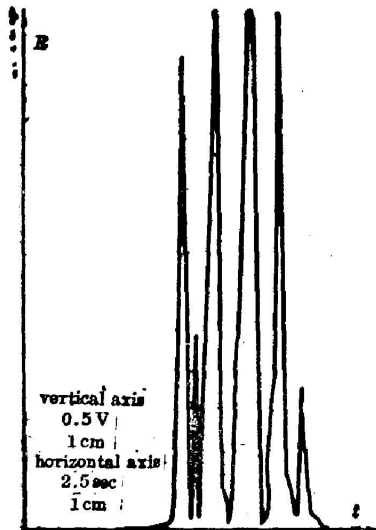


Fig. 3 Power-splitting ratio as a function of pulling time

- [2] R. A. Bergh *et al.*; *J. Lightwave Technology*, 1984, **LT-2**, No. 2, 91~107.  
[3] A. P. McDonna *et al.*; *Electron. Lett.*, 1984, **20**, No. 18 (Sep), 722~723.  
[4] G. M. Ragdale *et al.*; *Proceedings 1st, International Conference on Optical Fiber Sensors*, London, 1983, 75~78.  
[5] M. Kawachi *et al.*; *Opt. Lett.*, 1984, **9**, No. 5 (May), 183~185.  
[6] B. S. Kawasaki *et al.*; *Opt. Lett.*, 1981, **6**, No. 7 (Jul), 327~328.  
[7] J. Bures *et al.*; *Appl. Opt.*, 1983, **22**, No. 12 (Jun), 1918~1922.

## The dynamic monitoring system in manufacture of fiber coupler

ZHOU SHUQUAN, LU SHANDA, XIE MIN AND CHEN XIKUN

(Department of Physics, Shanghai University of Science and Technology)

(Received 13 November 1985; revised 10 March 1986)

### Abstract

The paper describes our dynamic monitoring system for fused fiber couple manufacture. By using the time delay technique the system not only can indicate accurately by digital display the static power-splitting ratio of fiber coupler, but also can control the change of power-splitting ratio during process of fiber coupler manufacture, consequently increases the finished productivity of fiber coupler.

**Key Words:** optical fiber coupler, dynamic monitoring