

文章编号:1671-7147(2003)06-0597-04

熔融拉锥控制系统的改进

吕 迅, 官洪运

(1. 上海交通大学 金网通信工程中心, 上海 200031; 2. 东华大学 信息科学与技术学院, 上海 200030)

摘 要: 光纤耦合器是光纤系统中的一种重要无源器件, 已广泛地应用于光纤通信网、光纤传感器以及相干光检测中, 因此制造符合要求的、性能可靠的、大批量的光纤耦合器越来越受到人们的重视。为了减小加工过程中操作的不一致性, 提高系统稳定性和产品成品率, 在当前普遍采用的熔融拉锥控制系统的基础上, 提出了两点改进方案, 即通过增加张力传感装置和图像处理系统, 使控制系统的自动化程度更高, 从而进一步减少人为因素的影响。实际生产中的结果证明, 采用改进后的控制系统, 无论是加工标准耦合器还是保偏耦合器, 在拥有较好参数的同时, 还可以获得更高的成品率。

关键词: 熔融拉锥; 控制系统; 光纤耦合器; 保偏光纤耦合器

中图分类号: TP 273.1

文献标识码: A

Improvement of the Fusion-Elongation Control System

LU Xun¹, GUAN Hong-yun²

(1. KingNet Communication Engineering Center, Shanghai Jiaotong University, Shanghai, 200030; 2. College of Information Science and Technology, Donghua University, Shanghai, 200051)

Abstract: Fiber couplers are important passive devices in fiber system. They have been widely used in fiber communication networks, fiber-optic sensors, coherent light detection, etc. Fabrication reliable, requirement-meeting coupler in large volume is of great significance. In order to increase the operation's indenty and gain higher stability and productivity in the process of fabrication, two measures are presented in this paper. A tension sensor and an image process system are arranged on the conventional fusion-enlongation control system. Through working on a higher automation level, the fabrication yield and reliability of the present system have proved to be better than those of the conventional method.

Key words: Fusion-Elongation; control system; fiber coupler; Polarization-Maintaining Fiber Coupler

光纤耦合器是光纤系统中的一种重要无源器件, 已广泛地应用于光纤通讯网、光纤传感器以及相干光检测中。因此制造符合要求的、性能可靠

的、大批量的光纤耦合器越来越受到人们的重视。目前耦合器的制造多采用熔融拉锥工艺, 这种方式做成的耦合器机械性能稳定, 因此是目前最好的耦

收稿日期: 2003-12-10; 修订日期: 2003-12-20.

作者简介: 吕迅(1969-), 男, 上海人, 工程师。

合器加工方法^[1]. 采用熔融拉锥法加工的耦合器, 其附加损耗值取决于融合区域的形状, 如平滑程度和放锥的形状. 必须减小放锥区域的波动并且保持锥型的平缓, 这样才能降低耦合器的附加损耗^[2]. 在目前普遍采用的熔融拉锥系统中, 尚无法实现对锥型的精确控制, 一般都是根据经验设置气体流量(即火焰温度)和拉伸速度, 而此后即在此固定的火焰温度和拉伸速度下拉制. 这种方式要求操作人员具有丰富的经验, 并且极易因环境等因素导致器件性能的劣化. 此外, 在保偏光纤耦合器加工过程中, 除上述问题外, 保偏光纤轴的对准也是

关键, 目前大多采用人工调轴方法, 不仅效率不高而且偏差较大. 作者在传统熔融拉锥控制系统的基础上提出了两条改进措施, 并通过实际操作证明了改进的有效性.

1 传统的熔融拉锥控制系统

熔融拉锥法是将两根(或两根以上)除去涂覆层的光纤以一定的方式靠拢, 在高温加热下熔融, 同时向两侧拉伸, 最终在加热区形成双锥体形式的特殊波导结构, 实现传输光功率耦合的一种方法^[2]. 传统的熔融拉锥控制系统如图1所示.

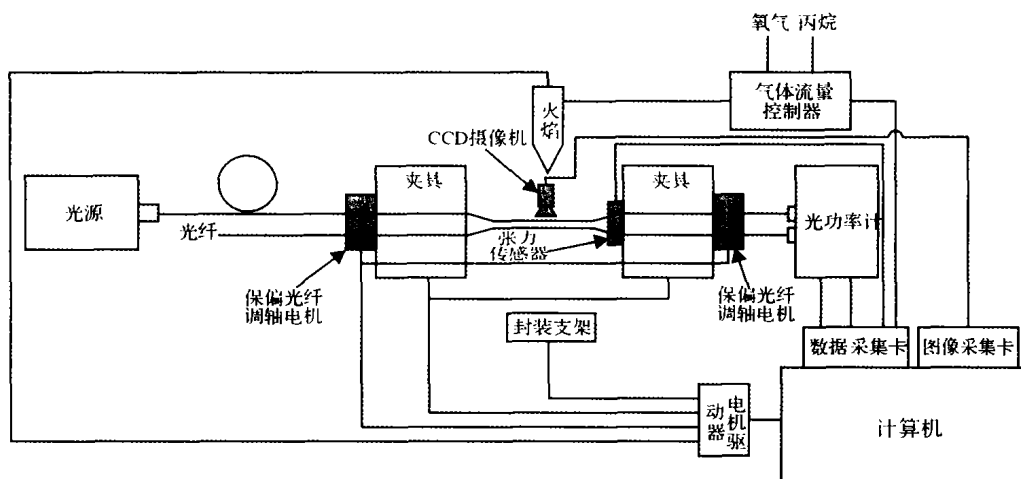


图1 熔融拉锥控制系统

Fig.1 Illustration of fusion-elongation control system

系统包括两个拉锥台, 一支火焰枪, 一个封装支架, 它们都由电机带动. 此外, 系统还包括气体控制单元、电机控制单元、光源、光功率计等设备. 拉锥台上装有夹具, 用以固定光纤. 计算机通过电机控制单元控制火焰动作和拉锥台运动, 通过气体流量控制单元控制气体流量, 并在显示器上显示相关图形和参数.

耦合器加工工艺流程包括去除光纤包层、光纤放置、火焰加热、拉伸、耦合比调整以及封装. 在加工保偏耦合器时, 光纤放置过程包括光纤主轴的对齐. 在这些步骤中, 加热、拉伸和耦合比调整对耦合器的附加损耗、耦合比以及偏振串扰等参数起着

重要作用, 因此对这些步骤的控制尤为重要.

2 拉伸速度的控制

从理论上分析, 熔融型器件中拉锥的效果是使两光纤纤芯靠近, 使传播场向外扩展, 以便在相当短的锥体颈部区域出现有效的功率耦合^[3]. 图2为熔融型耦合的近似模型. 在这种模型中, 忽略了纤芯的影响, 这是因为在耦合器中功率耦合最有效区域(锥体颈部)内的模式基本上是包层模, 传播场脱离纤芯, 这时场是在包层和外部媒质(空气或其它适合的填料)所形成的新波导中传播. 相对而言, 纤芯的尺寸因拉锥而减小到可以忽略的程度^[2].

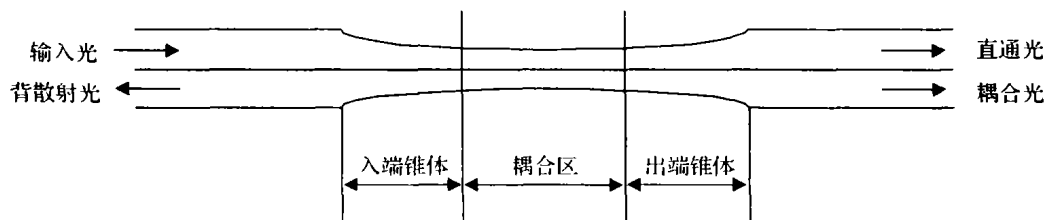


图2 耦合模型

Fig.2 Coupling model

对于熔融型器件, 要获得较好的性能参数, 必须保证锥体规则、平整, 根据经验, 为了获得较好的锥型, 应尽量保持在整个拉伸期间光纤的张力较为恒定. 按照理想的模型, 拉伸速度要由光纤加热后的软化程度决定, 根据光纤的初始直径、加热区域的长度以及拉伸长度, 可以近似计算出加热区域半径和放锥区域的平缓程度, 计算机再根据加热区域的形状来控制火焰的运动和气体流量^[2]. 但在实际操作中, 放锥区域的形状不是一定的, 计算机无法根据锥型进行调整. 在实践中发现, 如果在拉伸过程中能保持光纤的张力恒定, 则锥型大多是比较理想的. 于是在改进的控制系统中, 于拉锥台的内侧安装了一个高灵敏度张力传感器(见图 1), 并将其输出至数据采集卡, 软件中根据反馈来的张力值, 调整拉锥电机的速度. 即拉伸过程是一个变速运动, 可以用公式: $V = V_0 + k(1 - N/N_0)$ 表示. 其中: V ——拉伸速度, V_0 ——拉锥台初始速度, N_0 ——光纤初始张力, N ——拉伸过程中光纤的张力, k ——系数.

由于在火焰刚接触光纤的时候, 光纤有一个张力释放的过程, 因此 N_0 的值是在拉伸开始 5 s 后的采样值, 以后计算机每隔 5 s 读取一次 N 值. 根据上式, 如果 $N > N_0$, 张力增加, 说明拉伸速度过快, 此时 $V < V_0$, 则拉锥电机减速, 反之亦然. 式中 V_0 值和 k 值根据光纤类型、加工器件的类型及参数的不同而设定, 在软件中已经保存了一些经验参数, 根据需要, 也可以对它们进行修改. 例如, 在利用本系统加工标准 3 dB 耦合器时, 如果选用 G.652 光纤, 则 $V_0 = 180 \mu\text{m/s}$, $k = 20$; 如果选用 G.655 光纤, 则 $V_0 = 150 \mu\text{m/s}$, $k = 15$.

3 保偏光纤自动调轴系统

保偏耦合器要求在耦合两根保偏光纤中的偏振光时尽量保持偏振光的原有偏振状态. 保偏耦合器广泛应用于光纤传感和光纤通讯领域. 目前大多使用 PANDA 型保偏光纤加工保偏耦合器^[2], PANDA 光纤剖面见图 3^[4].

在控制时, 应尽量使两根光纤的应力区平面保持平行, 这样才能保证耦合过来的光的偏振态不变. 目前一般是在显微镜下目测光纤中的阴影区(即应力区平面投影), 并通过特别安装在夹具上的调整旋钮转动光纤, 使阴影区的宽度最小, 此时可以认为光纤中的应力区平面与水平面垂直. 采用这种方法调整的问题是: 完全用手动调整, 速度较慢, 且在显微镜下目测, 眼睛容易疲劳, 从而造成较

大的误差, 影响成品率和器件参数.

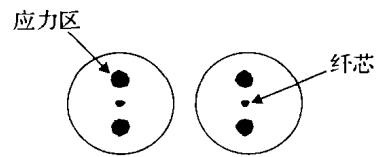


图 3 PANDA 光纤剖面

Fig.3 The section of PANDA fiber

本系统中对调轴系统进行了改进, 在两个夹具后侧各装一个小型电机(见图 1), 电路上将它们串联, 使其同步反向转动; 同时使用高清晰度 CCD 摄像机取代显微镜, 并将图像经图像采集卡转换成数字信息存入计算机, 这样就可以在软件中对图像进行处理, 计算应力区边界宽度, 并控制电机转动, 直至边界宽度值最小, 从而实现了软件控制自动调轴. 自动调轴控制算法见图 4.

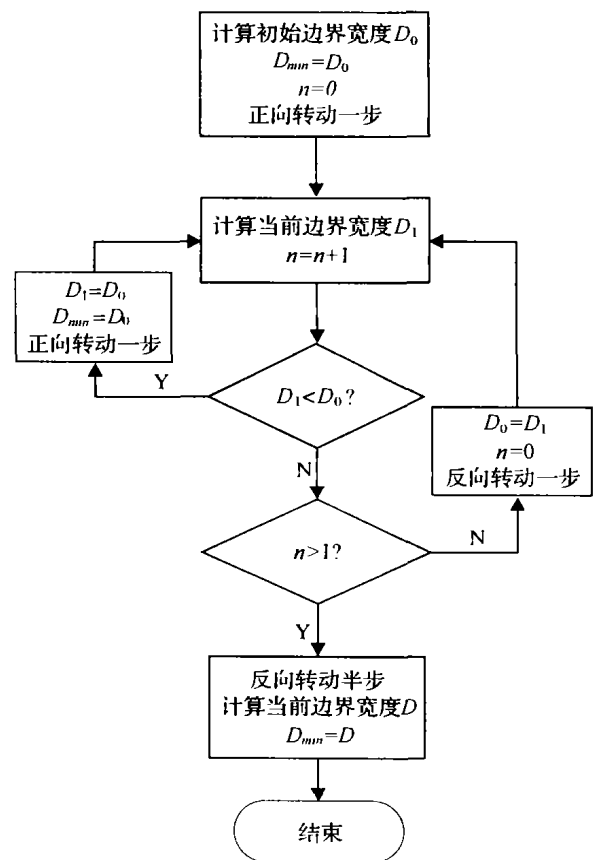


图 4 保偏光纤自动调轴算法

Fig.4 Algorithm of auto adjustment

其中正向转动指与上次转动方向相同, 反向转动则与上次转动方向相反, 电机转动 1° 为一步, 最后反向转动半步可以使偏差控制在 0.5° 以内. 应用本算法, 电机最多只需转动 90° 左右即可找到最小值, 每一步对图像的处理过程包括适当的延时共需时间 50 ms, 这样整个调轴过程只需 5~6 s, 与手动调轴相比, 既准确又快捷.

在图像处理过程中,为了获取应力区外边界,采用 Gauss-Laplace 算子进行边缘检测. Gauss-Laplace 算子将 Gauss 平滑滤波器和 Laplace 锐化滤波器结合起来,先平滑掉噪声,再进行边缘检测,所以具有较好的边缘检测效果^[5]. 软件中采用的算子是一个 5×5 的模板^[6]:

$$\begin{bmatrix} -2 & -4 & -4 & -4 & -2 \\ -4 & 0 & 8 & 0 & -4 \\ -4 & 8 & 24 & 8 & -4 \\ -4 & 0 & 8 & 0 & -4 \\ -2 & -4 & -4 & -4 & -2 \end{bmatrix}$$

边缘检测前和检测后的图像分别如图 5 和图 6 所示,可以看到,经过边缘检测后的图像只保留了比较清晰的外边界,这样,在软件中可以很方便地计算边界之间的宽度,同时在显示器上显示出来也具有较好的视觉效果.

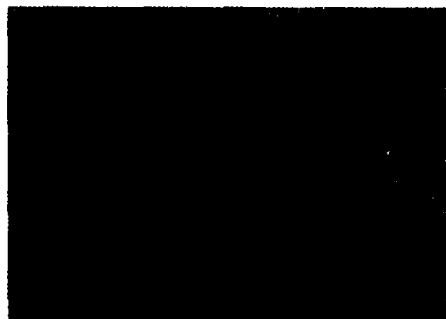


图 5 直接采集到的图像
Fig. 5 Original image

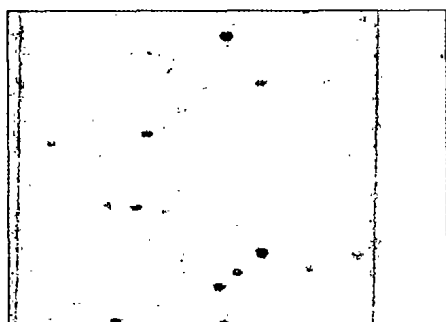


图 6 采用 Gauss-Laplace 算子进行边缘检测后的效果
Fig. 6 Edge-detecting with Gauss-Laplace operator

4 结 论

应用改进系统加工了 10 只保偏光纤耦合器,图 7 和图 8 是器件耦合比和附加损耗的直方图,耦合比的平均值为 50.26,附加损耗的平均值为 0.068,附加损耗最小为 0.04 dB,最大为 0.11 dB. 实际进行的批量生产也证明改进后的控制系统能够进一步减小由于人员不当操作而对器件性能造成的不利影响,并且生产效率和成品率也都有了一定的提高.

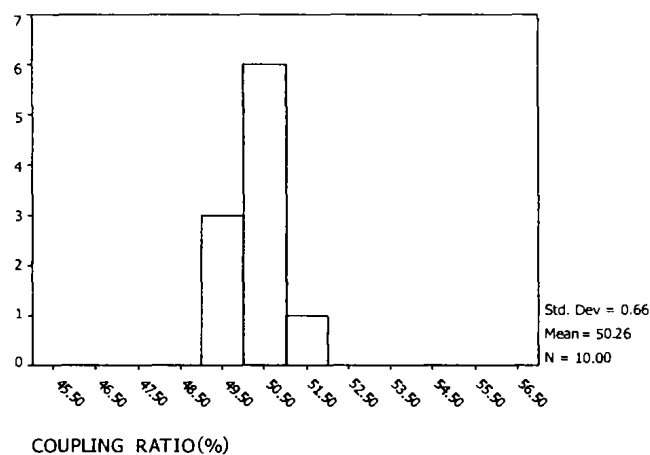


图 7 耦合比直方图

Fig. 7 Histogram of coupling ratio

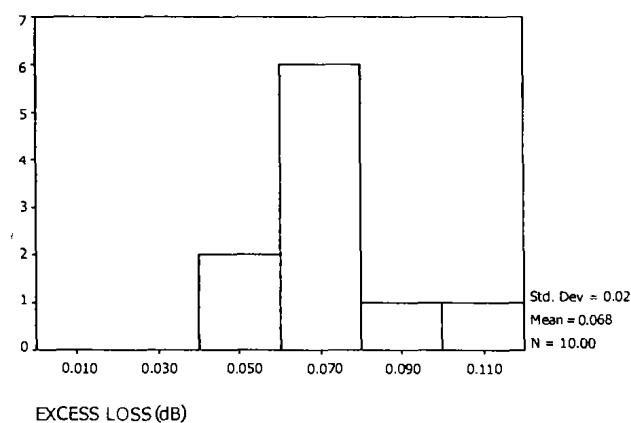


图 8 附加损耗直方图

Fig. 8 Histogram of excess loss

参考文献:

- [1] 林学煌. 光无源器件[M]. 北京:人民邮电出版社,2000.
- [2] FRANZ J H, JAIN V K. 光通信器件与系统[M]. 徐宏杰,何君,蒋剑良译. 北京:电子工业出版社,2002.
- [3] GERD KEISER. 光纤通信(第三版)[M]. 李玉权,崔敏,蒲涛译. 北京:电子工业出版社,2002.
- [4] 廖延标. 光纤光学[M]. 北京:清华大学出版社,2000.
- [5] 傅德胜,寿益禾. 图形图像处理学[M]. 南京:东南大学出版社,2002.
- [6] 何斌. Visual C++ 数字图像处理(第二版)[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.

(责任编辑:秦和平,邢宝妹)