

生产设备

## 制造熔融拉锥分支器件的工作台

沈文俊, 周志诚

(中国电子科技集团公司第二十三研究所, 上海 200437)

**[摘要]** 介绍了已经被广泛应用的基于熔融拉锥分支(FBT)技术的光纤耦合器的制造设备, 并从耦合器制造和新品开发的角度, 提出了对工作台的结构和性能的要求。

**[关键词]** 熔融拉锥分支技术; 耦合器; 波分复用器; 耦合器工作台

**[中图分类号]** TN253.05 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1006-1908(2002)06-0014-03

## FBT workstation for coupler fabrication

SHEN Wen-jun, ZHOU Zhi-cheng

(The 23rd Research Institute, CETC, Shanghai 200437, China)

**Abstract:** A widely used workstation based on fused biconical taper technology for manufacturing fiber optic coupler is introduced. And some requirements for the construction and function of the coupler workstation are raised from the point of coupler fabrication and new product development.

**Key words:** FBT technology; coupler; WDM; coupler workstation

## 1 FBT 的基本原理

全光纤耦合器已经被广泛地应用于不同的光通信系统中, 而生产这种耦合器几乎是百分之百地采用熔融拉锥分支(Fused Biconical Taper, FBT)技术, 采用这种技术制造的全光纤型耦合器具有很低的插入损耗, 精确的分光比, 良好的一致性和稳定性以及很高的性价比。

FBT 技术就是利用熔融拉制两根单模(或多模)光纤, 产生一段双向圆锥结构(如图 1 所示)。入射的光功率在这个双锥体结构的耦合区发生功率再分配, 一部分光功率从“直通臂”继续传输, 另一部分光从“耦合臂”传输到另一光路, 实现光功率的耦合, 同时由于光在耦合过程中, 耦合系数对波长是敏感的, 所以还可以利用 FBT 技术来制造高隔离度的波分复用器和滤波器等光通信系统中所需的重要的无源器件。

## 2 FBT 工作台的结构

随着终端用户对耦合器要求的不断提高, 熔融

拉锥技术及其应用范围也在不断地发展, FBT 工作台的结构也日趋完善。

图 2 是 FBT 工作台的基本结构和工作原理, 熔融拉锥设备主要由机械、电气和气路三部分组成, 机械部分主要是火炬马达(Torch Motor)、封装马达(Package Motor)、主拉伸平台(Main Drawing Plate); 电器部分主要是控制电路(Control Circuit)、驱动电路(Driver Circuit)和接口(Interface)。

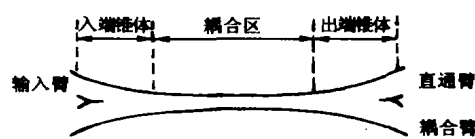


图 1 熔融拉锥光纤耦合器原理

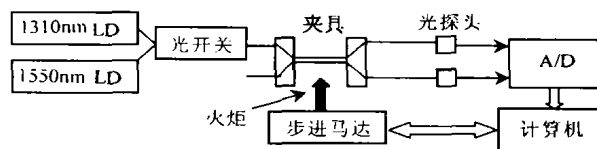


图 2 FBT 工作台结构图

主拉伸平台是整个 FBT 工作台最重要的部分, 它负责完成光纤的拉锥过程, 所以主拉伸平台的移动和复位精度将直接影响耦合器的质量和成品率, 特别是耦合器新产品的开发能力; 火炬马达是用来推动火炬, 使火炬按不同耦合器的制作要求移动,

**[收稿日期]** 2002-04-24

**[作者简介]** 沈文俊(1978—), 男, 中国电子科技集团公司第二十三研究所工程师, 美国 Optosolution 公司工程师。

**[作者地址]** 上海市逸仙路 135 号, 200437

它的精度将影响耦合器几乎所有的重要指标,封装马达是在拉锥完成后,用来推动封装架,完成对FBT产品的封装。

电器部分的控制电路是由光功率探测器、数模转换电路和计算机系统组成,在耦合器控制过程中,光功率探测器将探测到的光功率转换成电信号,经过数模转换电路转换成数字信号传送到计算机系统,计算机将这些数据处理后,计算出相应的分光比(Coupling Ratio)、插入损耗(Insertion Loss)、附加损耗(Excessive Loss)等参数,并实时地显示出来,当输出端达到操作者预先设定的分光比时,计算机发出停机指令,主拉伸平台自动停止拉锥,并且退出火炬。

气路部分主要用来控制熔融光纤用的气体的流量,以满足制造不同耦合器件所要求的火焰温度和火焰宽度,目前绝大多数工作台都用氢气作为热源。

### 3 工作台主要技术参数的控制

为了保证耦合器制造商的大批量、高质量的生产能力,使耦合器生产商获得高性价比的耦合器制造设备,保证耦合器产品的一致性、稳定性,有利于新产品的开发,FBT工作台的制造商必须在以下几个环节中严格控制工作台的质量。

#### 3.1 主拉伸平台的移动精度

FBT技术中最关键的就是如何控制熔融双锥区的形状,因为此形状决定了器件的功能和性能,而双锥区形状的控制依赖于主拉伸平台的移动精度。

主拉伸平台是由步进马达和移动轴杆组成,步进马达提供动力,由移动轴杆传动,带动光纤夹具移动,从而完成拉锥动作。所以主拉伸平台的移动精度是由步进马达的解析度和移动轴杆的精度共同决定的。马达的解析度是指步进马达的步进长度,步进长度越小,马达的解析度越高,马达的成本也就越高。实际上耦合器制造对步进马达的精度要求也是有限的,步进长度为0.01mm的马达已经能够满足各类耦合器的制造要求。移动轴杆的作用是完成传动功能,它的设计重点是控制拉伸平台的回转,保证步进马达的步进长度在转变成拉伸平台移动长度时,具有尽可能小的偏差。

#### 3.2 光纤夹具

光纤夹具是用来固定光纤并防止光纤在拉锥时移动,一般FBT工作台采用的是机械式夹具或真空夹具。常规的两输出端口的单(多)模树型 $1\times 2$ 耦合器、星型 $2\times 2$ 耦合器已经被广泛采用,而一次性拉制成功的三输出端口和四输出端口耦合器以及特殊

的保偏光纤耦合器则需要采用特殊设计的夹具,这只要将原来的夹具更换成所需的夹具就可以了,现在几乎所有的耦合器工作台制造商都保留了这种升级能力。

光纤夹具在使用一段时间后,V型槽会被光纤被覆层上的脏物或者空气中漂浮的灰尘污染,操作人员必须定期进行清洁。在设计光纤夹具时,应尽量使夹具的安装简便,清洁方便,便于普通操作者对工作台的日常维护。

#### 3.3 氢气流量的控制

在耦合器制造过程中,熔融用的火焰温度和火焰宽度会对耦合区的双锥体结构产生影响,从而影响耦合器的附加损耗、偏振相关损耗(Polarization Dependent Loss, PDL)等重要技术指标。

目前有两种氢气流量控制方法:1)手动调节,即氢气流量的控制是手工完成的,气路完全独立于其他的控制电路;2)计算机控制,避免了烦琐的手工操作。由于前一种方法对氢气流量的控制比较灵活,所以被大多数FBT工作台制造商采用。

除了要考虑氢气的流量控制外,还要考虑氢气流量计所能承受的压力,由于用户使用的可能是瓶装气,也有可能是管道气,而且所用的气体纯度也不同,故应该在工作台的进气口设置气体过滤装置,以保证耦合器制造的质量。

#### 3.4 火炬和封装架的定位

在用FBT技术制作器件时,火炬的重要性是不言而喻的。火炬定位的精确度几乎影响器件的所有重要参数。火炬的移动是由计算机控制二维(或三维)马达完成的,在计算机软件中设定了马达的初始位置和移动位置,当环境改变时,操作者可以根据需要调整火炬的位置。

由于采用FBT技术制作耦合器的耦合区都非常细(微米量级),所以耦合区十分脆弱,极易断裂,需要采用与光纤材质相近的石英管来保护。现在的工作台都有一套自动封装装置,它由封装架和二维马达构成,当熔融拉锥完成后,计算机控制二维马达运动,重复完成封装动作,因此,要求封装架能精确复位并能准确地到达软件设定的封装位置,否则,轻微的偏差就会导致器件的插入损耗、分光比剧烈变化甚至报废。

### 4 工作台外围辅助设备

要完成耦合器的制作和测试,除FBT工作台以外,还有很多必不可少的辅助设备和工具,如光源、光功率计、光纤熔接机、频谱仪、偏振控制器、光纤剥

线钳、光纤清洁用品等。

在光信号传输过程中,光信号的偏振态常发生变化,因此要求器件有足够小的 PDL,否则将直接影响器件的使用效果。由于随机变化的偏振态对耦合器分光比或插入损耗有一定的影响,PDL 过高,耦合器每路的输出功率随偏振态的随机变化而变化,产生光通信的偏振噪声,使系统误码率上升,通信质量下降。随着大容量高速传输系统的发展,用户对 PDL 的要求将会越来越高。PDL 的测试可以在专门的检测设备(这套设备非常昂贵)上完成,也可以使用手动偏振控制器在 FBT 工作台上完成(如图 3 所示),后者是通过外加扭转来获得可调节的双折射,采用手动偏振控制器来检测光通过耦合器偏振态发生变化时,耦合器插入损耗的变化,从而测出 PDL 值。



图 3 偏振控制器结构

在用 FBT 技术制作产品时,应选用功率稳定的光源,否则不利于耦合器分光比的控制。同时,光源的中心波长偏差应控制在  $\pm 10\text{nm}$  以内,因为光源的波长偏差太大会直接影响波分复用器的隔离度和工作带宽。

## 5 FBT 工作台及其产品

FBT 工作台主要的制造商集中在美国的硅谷地区及日本、韩国等发达国家,近两年我国也有了 FBT 工作台的供应商,这些 FBT 工作台制造耦合器均采用人工清洁、人工打结的方法,所以成品率依赖于操作者的技术熟练程度。最近有报道称,美国的某光通信协会已经研制出自动清洁、自动打结的 FBT 工作台,这将大大的提高 FBT 产品的成品率。

我们作为美国某公司的中国技术中心,负责其设备在我国的调试和维修工作,该公司的 FBT 工作

台主要性能参数如下表所示。

美国某公司耦合器工作台技术参数

工作台参数	指标
光纤夹具初始距离 $l/\text{mm}$	50
光探头分辨率 $P/\mu\text{W}$ (波长 $\lambda$ 为 $800\sim 1700\text{nm}$ )	$< 0.01$
拉锥速度 $v/\mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$0\sim 150$
火炬位置偏差 $\delta_1/\text{mm}$	0.03
封装位置偏差 $\delta_2/\text{mm}$	0.03
火炬单元步进长度 $h_1/\text{mm}$	0.01
封装单元步进长度 $h_2/\text{mm}$	0.01

FBT 工作台能制作的产品主要包括:单工作窗口窄带耦合器、单工作窗口宽带耦合器、双工作窗口宽带耦合器和波分复用器。

熔融拉锥宽带  $1310\text{nm}/1550\text{nm}$ 、 $980\text{nm}/1550\text{nm}$ 、 $1480\text{nm}/1550\text{nm}$  波分复用器(WDM)已经被广泛应用,但是由于这种熔融拉锥型 WDM 是一种双折射结构,当复用波长区间很小时,会导致较大的 PDL,故不能广泛应用于 DWDM 中。

粗波分复用器(CWDM)也可采用 FBT 方法制作,国外已有公司利用常规拉锥方法生产波长间隔小于  $5\text{nm}$  的合波器,但它的熔融拉锥区直径非常细,而且为了改善中心波长,封装前需对其进行一定角度的扭转,所以这种器件较难通过冲击试验和高温环境试验。因此目前研究波长间隔在  $20\text{nm}$  以上的 WDM 还是具有现实意义的。

## 6 结束语

FBT 技术在器件上为光无源网络提供了许多有效的解决方案,而 FBT 工作台是将 FBT 理论转变成实际器件的重要工作,它不仅能制作传统的耦合器、WDM,还能制作衰减器、滤波器、干涉器等其它的器件。随着众多的国外器件生产商将研发中心和生产基地转移到亚洲地区,基于 FBT 技术的耦合器工作台将有更加广阔的应用前景。

### 国内外动态

#### 低损耗 MT 连接器

擅长于精密模塑元件开发和制造的日本日新化成公司在今年的国际光学展上展出了新开发的低损耗 8 芯 MT 连接器。这种低损耗 MT 连接器的插入损耗极低,最大的也在  $0.3\text{dB}$  以下,平均为  $0.15\text{dB}$ ,与单芯连接器比较也不逊色。

据说,为了充分发挥低损耗 8 芯 MT 连接器的性能,该公司在使用自行开发的高精度插针的同时,还在多芯光纤的质量和研磨方法等方面下工夫,因此才能取得成功。该公司也提供这种组装方法的技术诀窍,如果条件许可,还打算对插入损耗作出担保。

该公司正在开发的还有  $12\text{芯} \times 2\text{列}$  的  $24\text{芯}$  MT 连接器等。

陶光发译自《OPTCOM》,2001,23(8):61