

# 熔融拉锥工艺参数对波分复用器性能的影响

陈勇

(上海凯通电讯设备厂)

摘要: 本文在介绍熔融拉锥型波分复用器有关理论的基础上, 结合生产实际, 研究了燃气流量、火炬偏移宽度和拉伸周期等熔融拉锥工艺参数对波分复用器的波长间隔和隔离度的影响。

关键词: 波分复用器 熔融拉锥 工艺研究

## 一、前言

波分复用器是在一根光纤中同时传输两个或两个以上波长光的重要无源元件, 也是光纤放大器中引入泵浦光源的关键元件。波分复用器的制造方法有多种, 因而有不同的结构类型, 如介质膜型、熔融拉锥型、光栅型和平面器件型等。

目前能有效地进行大批量生产的方法是熔融拉锥法。因为这种方法制造周期短、受环境影响小、器件的插入损耗低、性能稳定、成本低。此外, 这种方法制造过程的一些重要工艺参数可以实现微机控制, 大大提高了生产效率以及器件性能指标的重复性。

本文在介绍熔融拉锥型波分复用器有关理论的基础上, 结合生产实际, 研究了燃气流量、火炬偏移宽度和拉伸周期等熔融拉锥工艺参数对波分复用器的波长间隔和隔离度的影响。这些研究结果, 对稳定生产工艺、提高产品的质量起到了指导的作用。

## 二、理论基础

熔融拉锥法制造波分复用器的基本原理是利用单模光纤耦合器的波长特性, 使其每一个输出端口只传输一个波长的信号。

在单模光纤耦合器的制造过程中, 两根紧挨的光纤随着熔融拉锥变得很细, 呈双锥状。主光纤最低阶模  $LP_{01}$  进入锥区后, 离开变细的纤芯, 在原光纤包层和锥区周围介质构成的组合波导内传输, 因而传输至被耦合光纤的输出端。设主光纤的入射光功率为  $P_0$ , 主光纤的输出端, 即直通臂的输出光功率  $P_1$  和被耦合光纤的输出端, 即耦合臂输出光功率  $P_2$  在拉伸过程中呈周期性变化:

$$P_1 = P_0 \cos^2 CL \quad (1)$$

$$P_2 = P_0 \sin^2 CL \quad (1)$$

式中  $C$  为耦合系数, 与锥体几何形状及归一化截止频率有关, 即

$$C = [\sqrt{2} \Delta U^2 K_0(Wd/a)] / [a V^3 K_1(W)] \quad (2)$$

$$U = ak[n_1^2 - (\beta/k)^2]^{1/2}$$

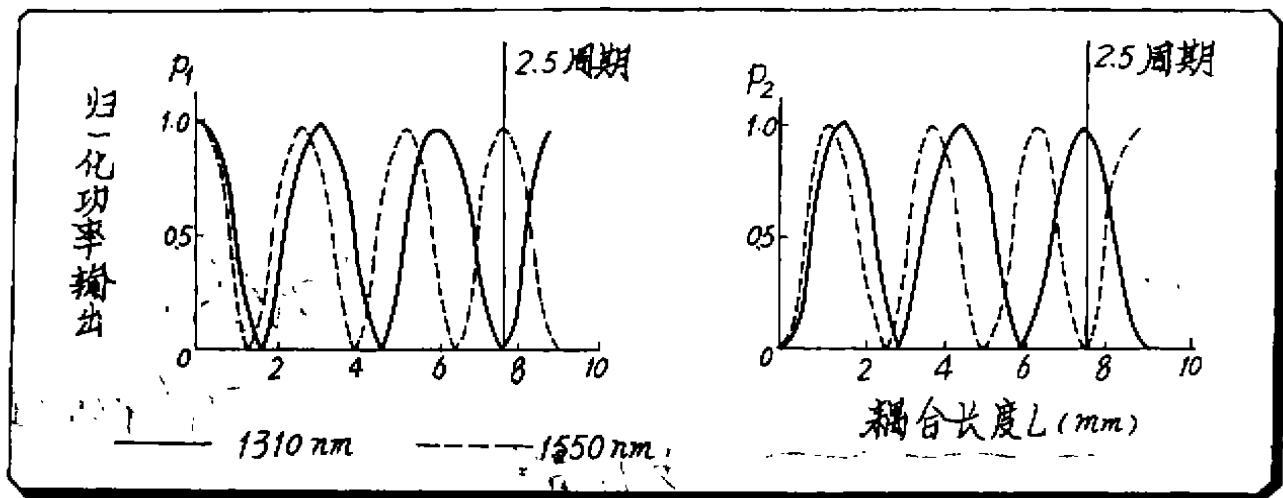
$$W = ak[(\beta/K)^2 - n_2^2]^{1/2}$$

式中  $K_0, K_1$  为第二类修正贝塞尔函数,  $V$  为归一化截止频率,  $V = 2\pi/\lambda a(n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$

由式(1)和式(2)可见, 耦合器两输出端功率变化周期与耦合系数  $C$  和拉锥长度  $L$  有关, 而  $C$  与波长  $\lambda$  有关, 因此输出功率随拉伸长度的变化周期随  $\lambda$  而变化。

图1表示了输出功率随拉伸长度变化曲线与波长有关的计算结果。由图可见, 在直通臂, 对1310nm波长, 功率变化2.5周期达到最小值; 而对1550nm波长, 功率变化已达3周期, 为最大值。在耦合臂, 对1310nm波长, 功率变化2.5周期达到最大值; 而对1550nm波长, 功率变化已达3周期, 为最小值。显然, 当以1310nm波长的光作监测光时, 如在2.5周期停止熔融拉锥, 则直通臂只允许1550nm波长的光通过, 耦合臂只允许1310nm波长的光通过, 从而达到了波分复用的目的, 而且具有最佳的隔离度指标。

从式(1)中我们可以看到, 耦合系数  $C$  愈大, 输出功率随拉伸长度的周期变化愈快, 制造两个固定波长复用器所需的周期数愈小, 如果制造周期数不变, 耦合系数  $C$  愈大, 则波分复用器两个输出端的中心波长愈接近。因而, 在制造过程中的一些工艺参数对波分复用器性能的影响, 都可以从它与耦合系数的关系中得到解释。

图1  $P_1$  和  $P_2$  与拉锥长度和波长的关系

### 三、流量的影响

在我们采用的熔融拉锥设备中,采用丙烷燃气加氧气的微火炬,对光纤的耦合部分进行加热。丙烷气体的流量,直接影响对光纤的加热。显然,流量愈大,对光纤之间的耦合愈有利。因而使直通臂和耦合臂的中心波长愈接近。

我们将丙烷流量的标值从 10 提高到 12,为使其燃烧充分,相应地将氧气流量的标值从 15 提高到 25。火炬偏移宽度和拉伸周期等其他工艺参数不变。对这两种工艺状态下制造的波分复用器进行频谱分析,频谱分析图见图 2。

由图 2 可见,随着燃气流量的增加,两个输出端的中心波长间隔减少,隔离度也有所降低。具体数据见表 1。

表 1 燃气流量的影响

工艺参数	波长间隔	隔离度
丙烷 10, 氧气 15	253.6nm	21.72dB
丙烷 12, 氧气 25	232.0nm	18.96dB

### 四、火炬偏移宽度的影响

在我们采用的熔融拉锥设备中,可以对微火炬作适当偏移,以改善对光纤耦合部分的加热。偏移宽度直接影响对光纤的加热。显然,偏移宽度愈大,对光纤之间的耦合愈有利。因而使直通臂和耦合臂的中心波

长愈接近。

我们将偏移宽度的标值从 5000 提高到 9000。燃气和氧气流量和拉伸周期等其他工艺参数不变。对这两种工艺状态下制造的波分复用器进行频谱分析,频谱分析图见图 3。

由图 3 可见,随着火炬偏移宽度的增加,两个输出端的中心波长间隔减少,隔离度也有所降低。具体数据见表 2。

表 2 偏移宽度的影响

工艺参数	波长间隔	隔离度
偏移宽度 5000	297.6nm	20.40dB
偏移宽度 9000	269.6nm	18.72dB

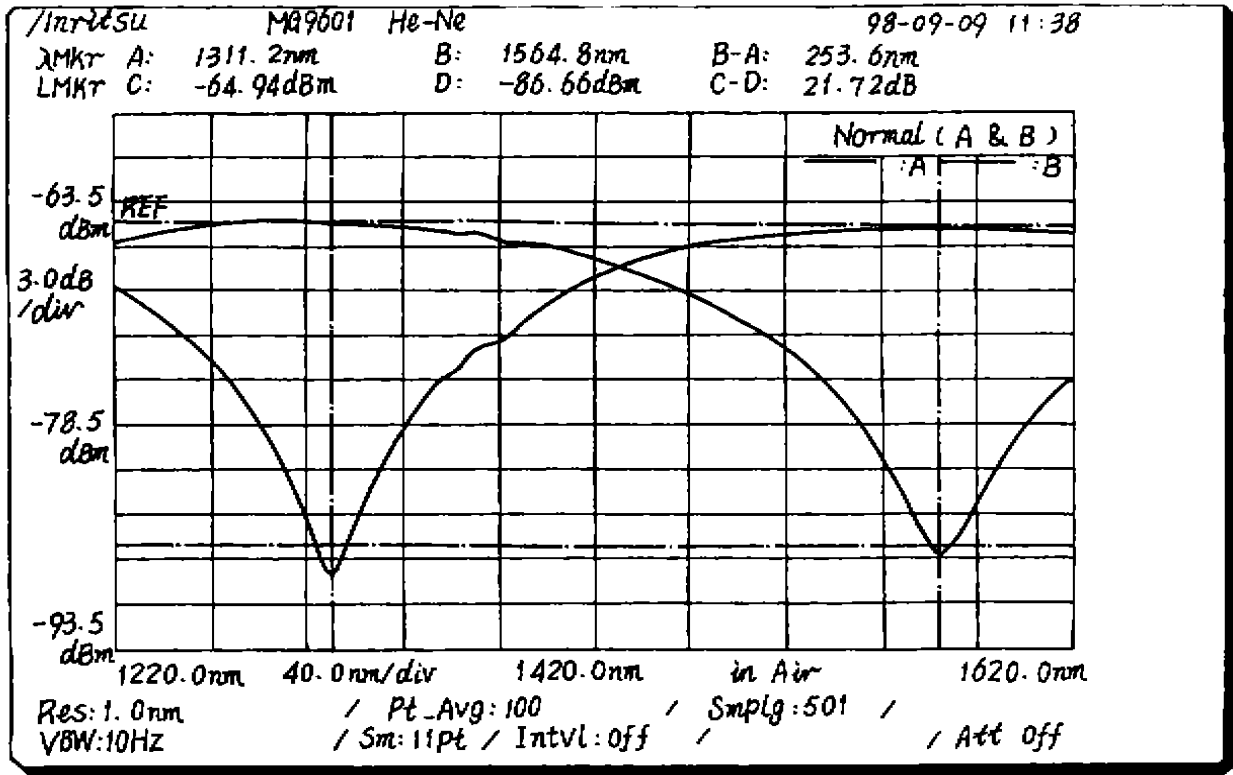
### 五、周期数的影响

在我们采用的熔融拉锥设备中,可对对拉伸的周期进行自动控制,以改变波分复用器的波长间隔。在耦合系统相同的条件下,拉伸周期数愈大,直通臂和耦合臂的中心波长愈接近。

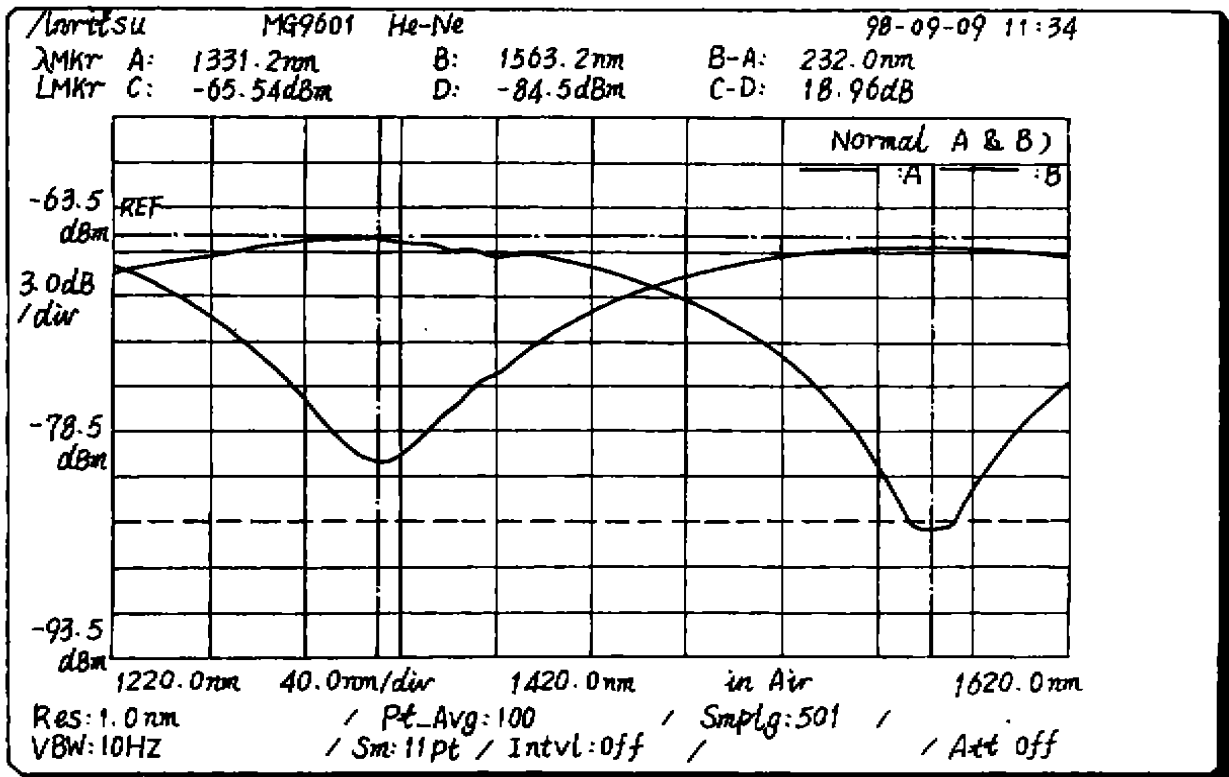
我们接拉伸周期数从 3 增加到 8。燃气和氧气流量、火炬的偏移宽度等其他工艺参数不变。对这两种工艺状态下制造的波分复用器进行频谱分析,频谱分析图见图 4。

由图 4 可见,随着周期数的增加,两个输出端的中心波长间隔减少,隔离度也有所降低。具体数据见表 3。

光纤通信

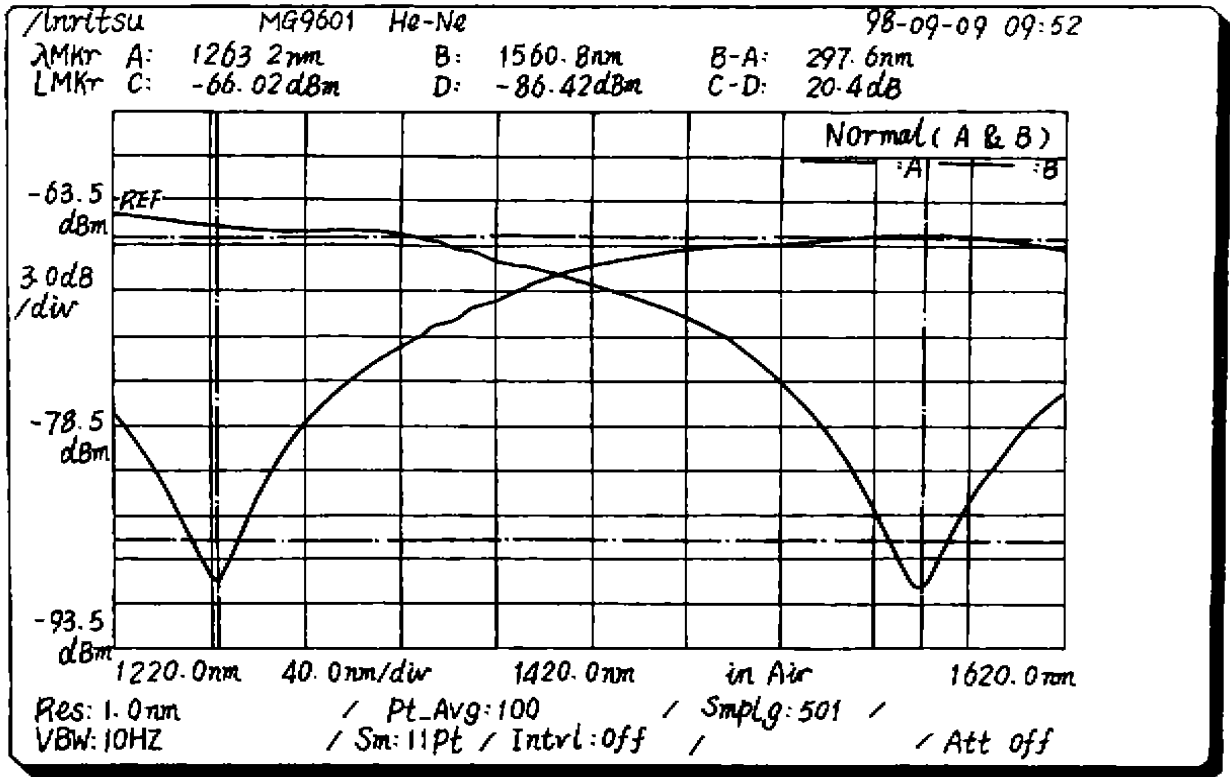


氧气: 15 · 丙烷: 10

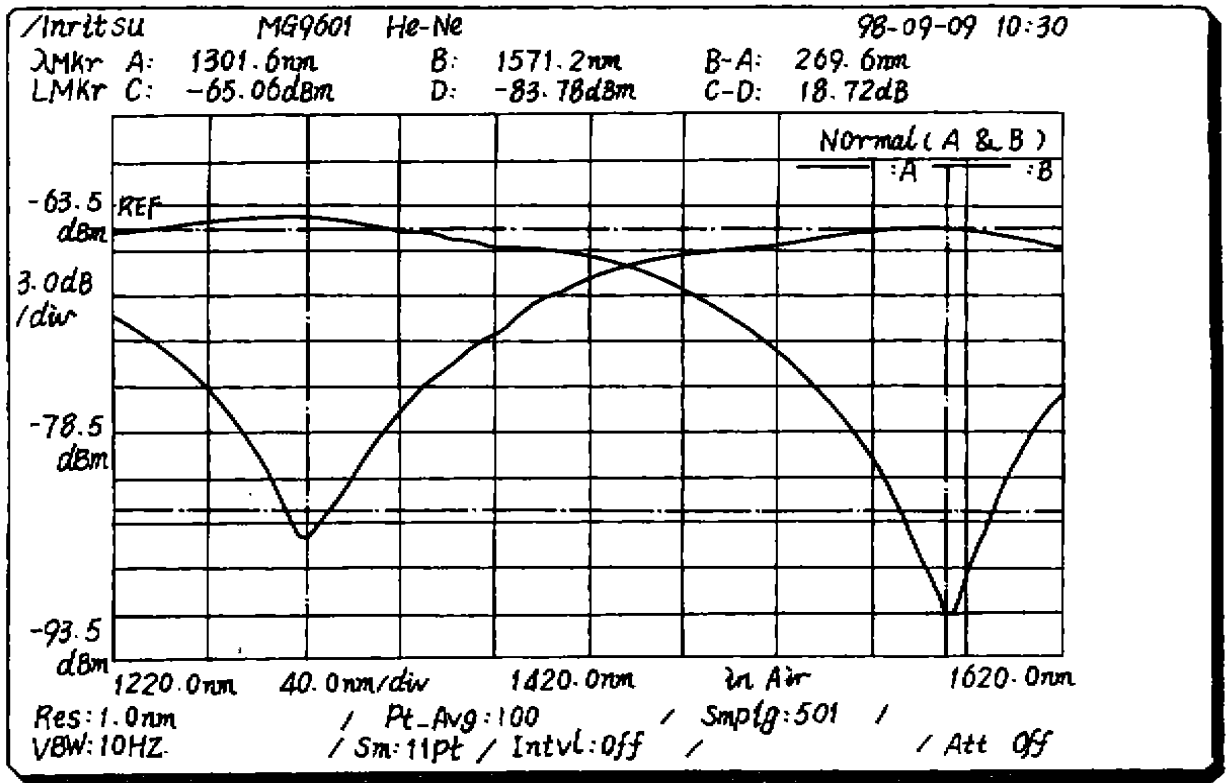


氧气: 25 · 丙烷: 12

图2 燃气流量对波长间隔和隔离度的影响

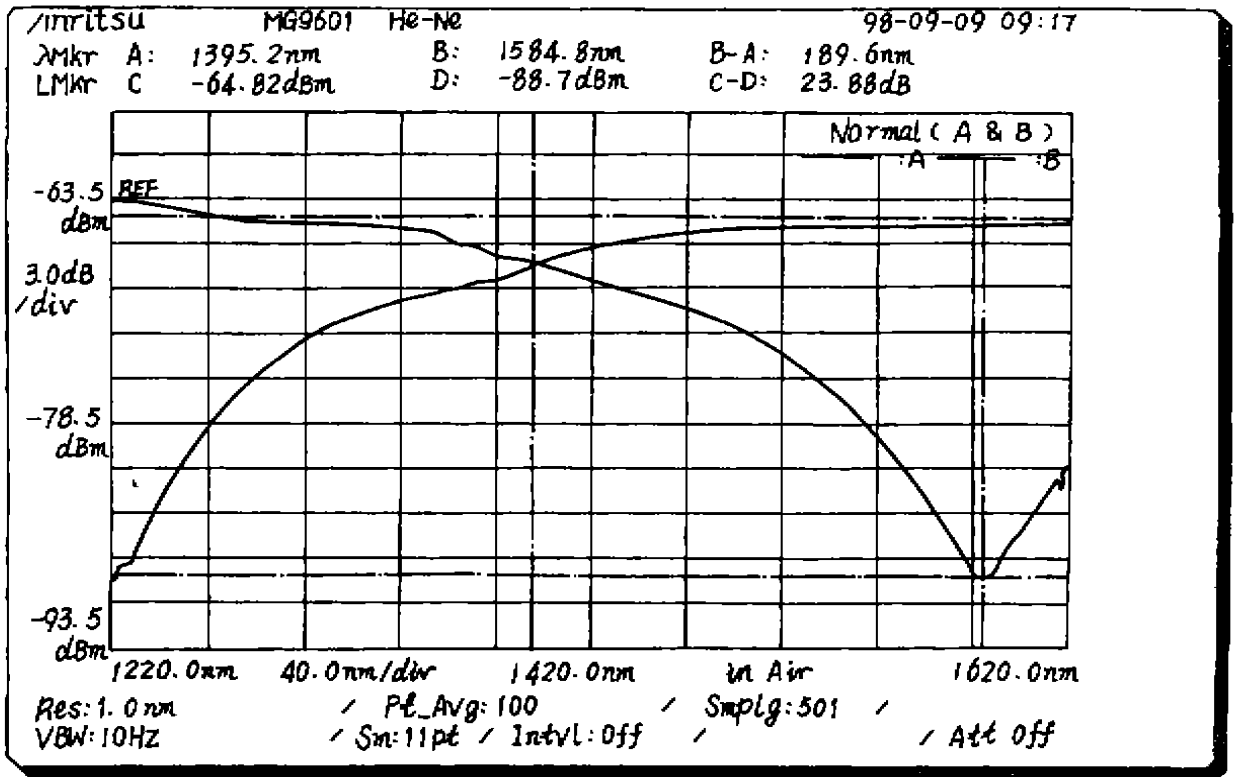


偏移宽度: 5000

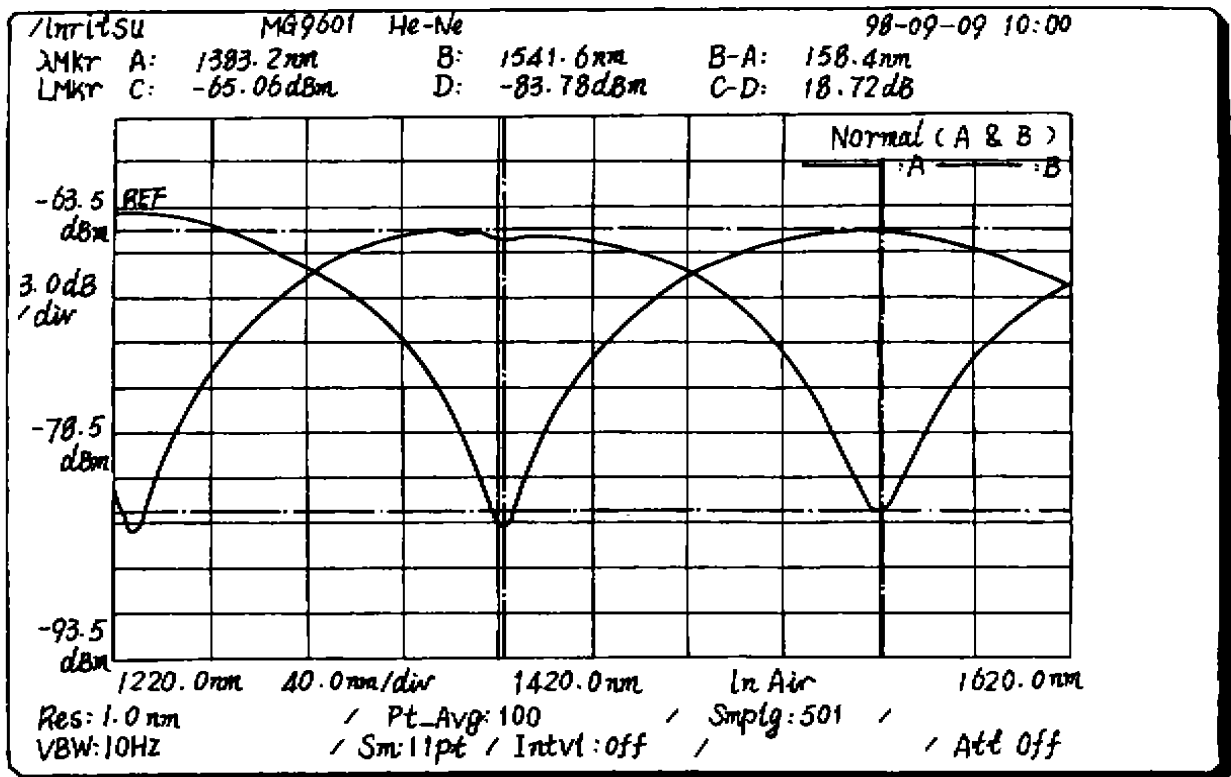


偏移宽度: 9000

图3 火炬偏移宽度对波长间隔和隔离度的影响



3 周期



周期: 8

图 4 拉伸周期数对波长间隔和隔离度的影响

表3 拉伸周期数的影响

工艺参数	波长间隔	隔离度
拉伸周期 3	189.6nm	23.88dB
拉伸周期 8	158.4nm	18.72dB

度和拉伸周期的增加均使波分复用器的波长间隔减小,隔离度也同时有所降低。这些研究结果,不仅对稳定生产工艺、提高产品的质量起到指导作用;而且对开发新品,如光纤放大器用的波分复用器以及波长间隔更小的波分复用器等,有一定的参考作用。

参考文献 (略)

## 六、结语

在生产实际中,我们发现燃气流量、火炬偏移宽

\*\*\*\*\*

续:国外光纤通信新产品介绍 (一)光纤光缆

### 8. 双用途光纤光缆

Fitel Lucent Technologies 公司开发出双用途室内/室外松套光纤光缆——OPTION1。该光缆能直接从室外安装转到室内安装。OPTION1 具有适用于室外安装的耐用性、防水性和防 UV 性和适用于室内安装的防火性和低烟/零卤性。这种光缆特别适合于架空和管道安装,同时也能进行直埋式安装。该光缆可采用单模非零色散真波光纤和多模光纤。

生产厂商: Fitel Lucent Technologies, Inc

公司地址: 201 Adamson Ind. Blvd., Carrollton, GA 30117

### 9. 432 芯带状光缆

住友公司推出最新的 24 芯中心束管式光纤带,它能构建纤芯容量达 432 芯的带状光缆。这种带状光缆能很容易地分成两束 12 芯的光纤带,并可通过大规模熔接或剥皮工艺接入单根光纤。

生产厂商: Sumitomo Electric Lightwave Corporation

公司地址: Research Triangle Park, NC 27709

### 10. 用于移动设施的光缆

IMEX 光缆公司发明了适用于暂时安装如移动电视或军用设施的光缆。这种光缆能用于极为恶劣的环境下,并能在许多场合替代目前的电缆。这种光缆集合了光缆的大容量传输优势和电缆的高机械性能优势。该光缆由一根含有一根光纤的细长的不锈钢松套管组成。不锈钢套管使得光缆的敷设更为安全、灵活和简易。

生产厂商: IMEX Cable, Inc.

公司地址: 32242 Paseo Adelanto, San Juan Capistrano, CA 92675

### 11. 架空光缆

光缆公司宣布推出最新的聚乙烯 D 系列架空配线光纤光缆。该 2 到 48 芯光缆与 D 系列室内/室外光缆相似。它有较大的直径,较强的刚性和抗 UV 性,十分适合架空安装。

生产厂商: Optical Cable Corporation

公司地址: Roanoke, VA 24022-1967

### 12. 室内/室外光纤光缆

Berk-Tek 公司的室内/室外松套多模光纤光缆是专为楼内通信设计的。通过一根定制的引上光缆就可完成楼内的安装,而不需要在每栋楼房出口处放一个接头。这种光缆符合 Bellcore GR-20 有关外部布缆系统的

规范,并支持令牌环、10Base、快速以太网、FOIRL、光纤通道 FC-PH、ATM、FDDI、Sonet、话音、视频等系统网络。

生产厂商: Berk-Tek

公司地址: 132 White Oak Road, New Holland, PA 17557

### 13. 千兆比特布缆解决方案

NORDX/CDT 公司宣布推出两种采用新的千兆比特布缆解决方案的增强型 IBDN 结构布缆系统——1200 系统和 2400 系统。这些系统对千兆比特网络环境下的双绞线布缆十分理想。千兆布缆解决方案远远优于目前的 5 类标准,它能满足高速应用和网络用户的需要。IBDN 1200 系统采用 IBDN PS5 增强型连接和 IBDN 1200 系列 UTP 电缆,与传统的 5 类系统相比具有更高的信噪比范围,而且还能提供 160MHz 的带宽和 1.2Gbps 的比特率。IBDN 2400 系统采用 IBDN PS5 增强型连接和 IBDN 2400 系列 UTP 电缆,能发送 200MHz 的带宽和 2.4Gbps 的比特率。

生产厂商: NORDX/CDT, Inc

公司地址: 105 Marcel-Laurin Blvd., Saint-Laurent, Quebec, Canada H4N 2M3.

### 14. 带状光缆组件

Radiant 通信公司宣布推出新一系列的光纤带状光缆组件。这种带状光缆十分独特,它能用彩色套管匹配光纤的颜色或用标有数字的子单元来方便光纤的识别。

生产厂商: Radiant Communications Corp.

公司地址: 5001 Hadley Road, South Plainfield, NJ 07080

### 15. 光缆监控系统

Norscan 公司的 4200 光缆监控系统(CMS)是一个具有全功能的监控系统,它能持续监控室外光缆的综合性,并能对损坏处发出警报。该系统专为办公室和长途通信设计,因为它们需要监控系统有对 125 公里以上的光缆进行监控的能力。该系统能监控室外光缆和接头盒的湿度和破损情况。

生产厂商: Norscan, Inc.

公司地址: 301-F3 10th Street NW, Conover NC 28613

## (二) 有源器件

### 1. 可调谐二极管激光器

New Focus 公司介绍了它的第一个客户指定皮长的外腔激光二极管。这个新的 Vortex 宽带激光器的特点是具有 630-1630nm 的波长选择范围,并且调谐范围从 45-100GHz。它的窄线宽使这种激光器能完美的用于原子和分子光谱仪中,作为波分复用和计量用的信道光源。

生产厂商: New Focus Inc.

公司地址: 2630 Walsh Ave, Santa Clara, CA95051

### 2. 可调谐激光二极管光源

TUNICS-BT 是受欢迎的 TUNICS 系列外腔可调谐激光二极管光源中一种新的通用桌面重载型光源。在一个小型的更便宜的封装里的 TUNICS-BT 具有许多 TUNICS-PR 的特点和同样非凡的性能,它是为每一位通信工程师生产的。

生产厂商: Photonics

公司地址: 52 Avenue de L-Europe BP39, 78160 Marly-Le-Roi, France

### 3. 1550nm 激光器组件

Laser Power 公司已经宣布了它的第一个系列光通信产品及其介绍,即 T2000 系列,1550nm 高功率,光隔离激光器组件。T2000 在 ITU 规定为 DWDM 应用的波长上可得到出纤功率 30,50,80 和 100mW,有极低的 RIN 和窄的线宽。

生产厂商: Laser Power Corp.

公司地址: 12777 High Bluff Dr., San Diego, CA

### 4. 激光二极管测试系统

Newport 的激光二极管老化和特性测试系统是实现特殊测试要求的最好的解决方案。基于模块的设计,该系统提供高精度的控制和测试能力。常用的 TE 和水冷却测试附件使从 25mA 的 VCSEL 到 60A 的高功率器件的芯片和完全封装好器件的测试成为可能。

生产厂商: Newport Corp.

公司地址: 1791 Deere Ave, Irvine, CA 92606

### 5. 光纤光栅测试用的宽带光源

继成功的开发和销售 1550nm 和 1310nm 的大功率宽带光源之后,AFC Technologies 公司正在引入大功率 980nm 光源。基于半导体发光二极管技术,这种光源为单模光纤提供 3mW 的输出功率。与使用灯泡和工作在阈值以下的激光器相比,它以 dBm/nm 计算的光谱密度至少要密 1000 倍。

生产厂商: AFC Technologies, Inc.

公司地址: 127 Jean Proulx, HU I, Quebec, J8Z 1T4

### 6. 10Gb/s 系统用的激光器

Ericsson 宣布把它的 PGT20110 产品加入到 DFB/EA 激光器系列。这种 PGT20110 是一个 1550nm DFB 激光器和电吸收调制器的集成组件,设计用于 10Gb/s 系统并符合 SDH 和 SONET 标准(STM-64 和 OC-192)。这种最新的激光器的典型带宽为 12GHz,线性传输 40 公里;用光纤放大器,非线性传输 80 公里。

生产厂商: Ericsson Components, Inc.

公司地址: 715 North Glenville Dr., Richardson, TX 75081

摘自“光纤通信信息集锦”