

光纤直径表征与微机测控

Abstract: It is verified that the mean value and the standard deviation of normal distribution function could be regarded as the characterization parameters for full length optical fiber diameter. The control of the diameter is carried out by a microcomputer and the good results are introduced. At present, diameter variation for a 1500 m long optical fiber can be controlled within 1-2% reliably.

一、光纤直径的表征及计算

可以认为光纤直径是光纤拉制工艺中的一个最重要的量, 光纤直径的波动直接影响光纤的联结损耗^[1], 甚至光纤本身的损耗。为此, 要求沿光纤长度的直径波动能在 $\pm 1\sim 2\%$ 以内。目前国际上生产的多模或单模光纤都是这个要求。

本质上光纤直径波动是任意的, 同时快速波动叠加在长周期的波动上, 这种情况正如图 1 曲线所示。图中是一段近 200 m 的光纤。为了建立起平衡状态, 在开始有一个纤径从细变粗的阶段, 当光纤在回控反馈下控制时, 纤径的长周期波动可基本消除。但快速短周期波动依然存在, 因此, 必须对所拉制光纤的直径给予一个有意义的表征。通过对近 1500 m

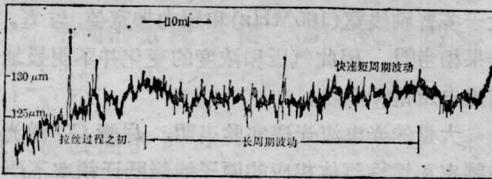


图 1 无回控反馈时 200 m 长光纤的直径波动

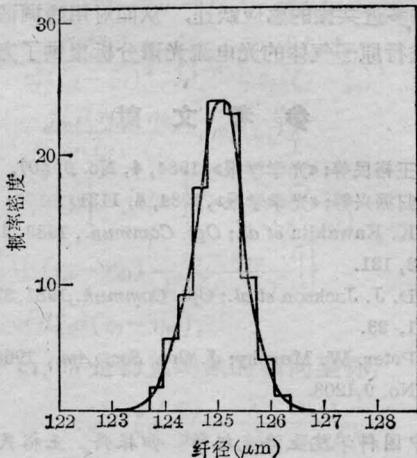


图 2 光纤直径的概率密度分布

光纤上取样 3 万 2 千多个直径数据的分析表明, 沿光纤长度的直径波动能用一个正态分布的随机函数来描述, 这个结论从图 2 和图 3 是很容易得出的。图 2 表示了一条形状非常标准的正态分布曲线。图 3 是把累积概率点在正态概率纸上, 结果这些点都落在一条直线上。因此这个结论是不容置疑的。这意味着可利用平均值 μ 和标准偏差 σ 这两个特征参数对一根纤维作出完整的表征, 即:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N d_i \quad (2)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (d_i - \mu)^2 \quad (3)$$

式中 N 为直径测量取样数, d_i 为沿纤长的第 i 次取样。但我们选用的光纤直径测量仪在回控时只输出偏差值 $d_i - \mu_0$, μ_0 为直径回控的设定值, 对一般通信光纤, $\mu_0 = 125 \mu\text{m}$, 为此对 (2)、(3) 式作如下变化:

$$\mu = \mu_0 + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (d_i - \mu_0) \quad (4)$$

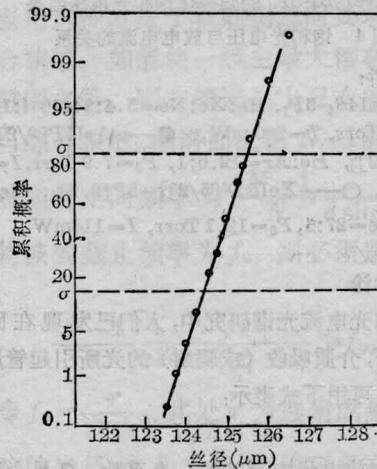


图 3 在正态概率纸上光纤直径的累积概率分布

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (d_i - \mu_0)^2}{N} - \left(\frac{\sum_{i=1}^N (d_i - \mu_0)}{N} \right)^2 \quad (5)$$

实际上(5)又可进一步简化为:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (d_i - \mu_0)^2 - (\mu - \mu_0)^2 \quad (6)$$

(6)式中第二项是一个固定的值, 所以为取得平均值 μ 和标准偏差 σ , 只需计算 $\sum_{i=1}^N (d_i - \mu_0)$ 和 $\sum_{i=1}^N (d_i - \mu_0)^2$ 。若设 $T_n = T_{n-1} + (d_n - \mu_0)$, $P_n = P_{n-1} + (d_n - \mu_0)^2$; 令初始值 $T_0 = 0$, $P_0 = 0$, 那么 $\mu = \mu_0 + T_N/N$, $\sigma^2 = P_N/N - (\mu - \mu_0)^2$, 可见只要通过微机对偏差及偏差平方进行 N 次累加便可得到全长光纤的直径平均值和标准偏差。

二、纤径测量、处理与微机反馈控制

我们采用了一种非接触式的激光直径测量装置, 它在 $20 \sim 999 \mu\text{m}$ 范围内的测量精度为 $\pm 1\%$, 分辨率为 $0.2 \mu\text{m}$ 。其光路部分原理为: 一稳定功率氦-氖激光束经转镜和半反镜分别对被测光纤及计量光栅扫描后, 分别得到被测讯号和光栅讯号, 被测讯号中被光纤遮掉的阴影部分的时间 t_1 和被测光纤的直径 d_i 成正比, 而从光栅获得的讯号则作为计量标准, 若扫过一个栅距 b 的时间为 t_2 , 则光纤直径 $d_i = (t_1/t_2) \cdot b$ 。该装置的电路部分在回控操作时仅显示直径偏差值 $d_i - \mu_0$, 并有相应的数字量输出(带符号的三位 BCD 码)。

为了实现纤径数据的实时处理与提供反馈回控采用了一台 ZD-065 型微机, 将其与激光测径装置和光纤牵引机构连用。方框图示于图 4 中。

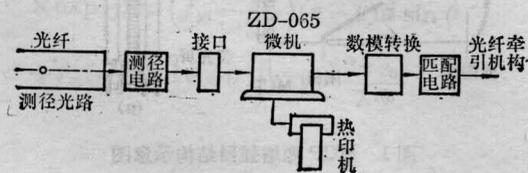


图 4 光纤直径微机测控系统方框图

为了便于与光纤性能测试结果相对照, 在数据处理中把大于 $\pm 10 \mu\text{m}$ 的偏差作为失常数据对待, 同时标出失常位置(设开始回控为 0, 控制结束为

1)。图 5 为一条光纤的背向散射曲线, 曲线上箭头所指的曲折位置恰好与失常位置对应。根据丝径突然增大了近 $40 \mu\text{m}$, 可以猜想它可能是坯棒中的夹杂物缺陷所引起的^[2]。

此外在数据处理程序中备有数据归类程序, 如有需要便可获得数据归类情况, 进而描绘纤径的分

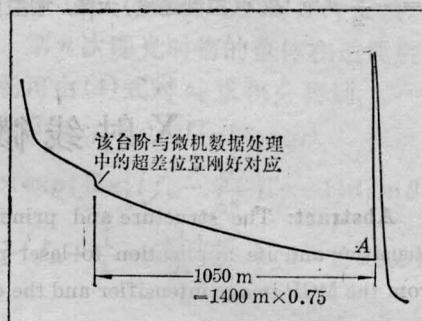


图 5 背向散射曲线上台阶位置(从 A 点算起为 1050 m)与超差位置($0.75 \times 1400 \text{ m}$ 全长)相对应

布曲线, 图 2、图 3 就是这样得到的。

ZD-065 微机不仅进行纤径数据的实时处理, 更重要的是实现纤径的反馈回控。当实测直径与设定直径有 $0.2 \mu\text{m}$ 的偏差时, 便产生 $\pm 10 \text{ V}$ 的回控信号, 并通过匹配电路按一定比例接入光纤牵引和收丝机构。结果光纤直径的质量指标有明显的提高。图 6 表明了这种改进。由图可知微机回控之后几乎 100% 的数据落在 $\pm 2 \mu\text{m}$ 的偏差范围之内, 但不控制时则只有 68% 左右(回控后丝径标准偏差 $\sigma \approx 0.5 \mu\text{m}$, 而不回控 $\sigma \sim 2 \mu\text{m}$)。在表 1 列出了 16 根连续控制光纤在用微机反馈回控后的标准偏差 σ

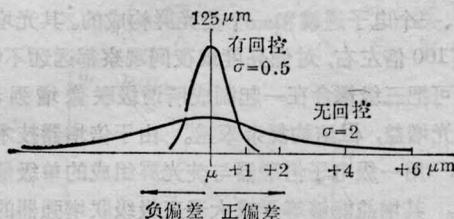


图 6 微机反馈回控之后光纤直径质量的改进

表 1 光纤直径回控的重复性良好

拉丝速度 $v(\text{m}/\text{min})$	14.5	16					17			18				20		
编号 N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
标准偏差 σ	0.62	0.62	0.58	0.52	0.64	0.52	0.48	0.43	0.39	0.49	0.41	0.48	0.56	0.43	0.55	0.39

(16根光纤的平均 μ 值均为 $125\mu\text{m}$,与设定值一致)。控制张力(包括涂复张力)在 $90\sim 100\text{g}$ 左右,控制时的牵引速度从 $14.5\sim 20\text{m}/\text{min}$ 。总的看来,微机回控的重复性良好,全长丝径波动在 $1\sim 2\%$ 之内(即 $\sigma=0.4\sim 0.8$)。并且似乎控制速度高些略好,这是因为原则上环路的增益因子可理解为 $\Delta d/\Delta v = -\frac{1}{2}d/v$,故 v (控制速度)大些,增益因子

小一些,有利于稳定地回控。

参 考 文 献

- [1] Miller C. M.; *BSTJ*, 1976, **55**, No. 7, 917~927
 [2] 王建国等;《光学学报》, 1985, **5**, No. 2, 170.

(中国科学院上海硅酸盐所 王建国
 1984年6月15日收稿)

X射线微通板像增强器

Abstract: The structure and principle of an X-ray microchannel plate (MCP) image intensifier and its application to laser-plasma diagnostics are described. X-ray photographs from the MCP image intensifier and the curves of their radial density distribution are obtained.

一、前言

在激光与靶相互作用过程中,对等离子体X射线进行时间和空间的分辨测量,是获得这一物理过程多种信息的重要手段之一。为此,我们曾研制出MCP时间分辨测量的探测器^[1]。但对观察内爆的对称性、判断有无压缩、压缩度以及前激光、等光程、调焦位置和精度等对打靶的影响,需要有两维空间的分辨测量。以往都是采用针孔照相进行测量,但从发展来看,实现诊断数据或图象的自动化处理和实时显示观察,将是必不可少的。为此,我们将MCP像增强器与针孔相结合,进行二维空间分辨测量。这仅是一种初步尝试。

二、针孔MCP像增强器

在普通的像增强器中,一个增强级是由一个光阴极、一个电子透镜和一个荧光屏构成的。其光增益仅达100倍左右,对低亮度或夜间观察都远远不够。虽然可把三级耦合在一起制成所谓级联像增强器,提高光增益,但结构复杂笨重。由于倍增器技术的发展,用一级电子倍增器与荧光屏组成的单级像增强器,其增益能够等于或大于三级级联增强器的增益,这就是MCP的作用。

MCP是一种新型的电子倍增器,它是由数百万个独立的电子倍增器组装成二维的列阵。它对各种形式的带能粒子既有转换和倍增的作用,又具有像增强器的空间分辨能力。在像增强器中得到了广泛的应用。

目前,MCP像增强器大致可分为两类:薄片式

和倒像式。这两者之间的主要差别在于电子聚焦方式的不同。

在薄片式(如图1(a))中,进入和离开MCP的电子都是采用所谓近贴聚焦方式。由于两个电极紧贴,其间距足够小,从而减小了电子弥散,较好地保持了输入图象的空间结构,避免了图象畸变。缺点是空间分辨率不如倒象式好。这类管子光学长度最短,适合于直接观察系统上使用。

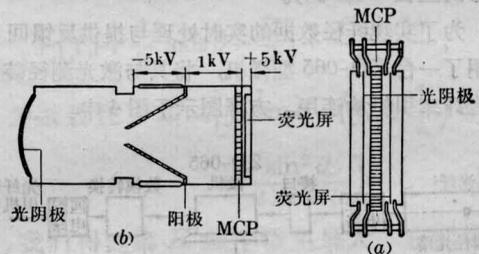


图1 MCP像增强器结构示意图

倒象式(如图1(b))中,电子离开光阴极后,被静电聚焦到MCP上,而MCP与荧光屏之间则采用近贴聚焦方式。这种形式象质好且分辨率高。考虑到这两种形式的特点和我们使用的具体条件,我们将针孔、MCP与荧光屏结合,组装成类似倒象式的针孔MCP像增强器。

这种像增强器是由针孔、磁头、准直器、MCP和荧光屏组合而成,其结构如图2所示。针孔是用激光在镍铬合金片上加工而成,直径为 $9.6\mu\text{m}$,厚度要选择适当。永久圆柱空心磁头为 530Gs 。它可以