

文章编号: 0258-7025(2003)Supplement-0116-03

酸溶法光纤传像束暗丝问题研究

于凤霞, 周艳艳, 唐吉龙, 张文涛, 王新伟, 刘禹

(长春理工大学, 吉林 长春 130022)

摘要 通过对酸溶法光纤传像束材料和拉制工艺方面的研究,阐述了酸溶法光纤传像束的工艺原理。从玻璃材料的质量和玻璃管的几何缺陷等方面,分析了产生暗丝的一些因素,并提出相应的改进措施,在降低暗丝率方面收到了较好的效果,并给出了有关酸溶法光纤传像束的一些性能参数。

关键词 光电子学; 光纤; 传像束; 酸溶法; 暗丝

中图分类号 TN253

文献标识码 A

Research on the Dark Fibers in Optical Fiber Image Transmitting Bundle by Acid-leaching Technology

YU Feng-xia, ZHOU Yan-yan, TANG Ji-long, ZHANG Wen-tao, WANG Xin-wei, LIU Yu

(Changchun University of Science and Technology, Changchun, Jilin 130022, China)

Abstract The paper expounds the working principles of optical fiber image transmitting bundle by acid-leaching technology according to research on the quality of glass and its making technology. It also analyzes some factors that lead to dark fibers due to the quality of glass and geometric defects of glass tube, and raises some relevant improving measures, which takes great effects in reducing the rate of dark fibers. Besides, the paper renders some useful parameters of optical fiber image transmitting bundle by acid-leaching technology.

Key words optoelectronic; optical fiber; image-transmitting bundle; acid-leaching method; dark fiberg

1 引言

酸溶法光纤传像束是由数万根直径为 $10\ \mu\text{m}$ 左右的单根光学纤维,经相关紧密排列集结为一体的能够直接接收和传递图像的光学纤维成像器件,由于其具有高分辨率、大数值孔径、长寿命和柔软性等独特性能,被广泛地应用在医疗诊断、工业探测和灵巧观瞄等仪器中。

然而,在酸溶法光纤传像束的研究过程中,由于材料的质量缺陷或拉丝工艺方面的因素,使像束内不规则地分布着一些暗丝,这里所说的暗丝,就是指像束内的单纤维之间,明显地存在透过率的差异,对于透过率较低的单纤维,就称其为暗丝。暗丝和断丝不同,断丝的部位在其对应端是一个盲点,而暗丝只是其自身透过率较低,单纤维本身没有断。由于像束内有暗丝存在,限制了其他性能如长

度和分辨率的提高,从而影响其使用。本文就材料的宏观缺陷等方面,分析了产生暗丝的因素,并提出了相应的改进措施。

2 工艺原理及特点

2.1 工艺原理

用于制造酸溶法光纤传像束所用的单根光学纤维均为双包层光纤,它除了具有高折射率的纤芯玻璃和低折射率的耐酸性能良好的光学包层玻璃外,外面还敷着一层能够被酸溶解的酸溶玻璃层。把经过清洗处理后的具有一定长度的双包层单根光纤相互紧密地排列在一起,将两端紧固,放在专用拉丝设备上,从一端加热拉制成复合丝。这时复合丝内单根光纤的酸溶玻璃熔结在一起,成为硬质像束。把硬质像束截成所需要的长度,两端用耐酸

材料保护好, 浸泡在一定浓度的酸溶液中, 经过一定时间, 由于酸的作用使未经保护的中间部分的酸溶玻璃被酸溶解掉, 成为一根根离散、柔软可弯曲的酸溶法光纤传像束。

2.2 工艺特点

根据送料方式的不同, 酸溶法又分为三坩埚法和棒管法, 前者需在 1000 °C 左右的高温下拉制单纤维, 这样易造成单纤维的纤芯和包层玻璃间的扩散、浸渗, 从而破坏了在光学纤维中起重要作用的光学界面, 导致光纤的透射性能下降。用棒管法制造酸溶法光纤传像束具有许多优点, 如拉丝温度低、丝径容易控制, 并可随意改变包层玻璃的厚度等等。这样有利于提高像束的性能。由于采用该方法, 即首先拉制出直径为 200 μm 三个同心圆组成的带有双包层的单根光学纤维, 然后将这些单纤维有规则地集合成束, 再拉制出所需要直径的硬质光学纤维传像束。最后用化学方法把硬质、复合的光学纤维传像束的单纤维分离开, 这样就使其具有高分辨率和良好的柔韧性。

3 产生暗丝的原因

3.1 玻璃中有害杂质是产生暗丝的重要原因之一

用于拉制光纤的玻璃材料是制造酸溶法光纤传像束的基础, 用酸溶法工艺制造光纤传像束需要三种特定的光学玻璃材料, 即纤芯玻璃、包层玻璃和酸溶玻璃。为拉制出单丝直径为 10 μm 及其他各项性能优良的酸溶法光纤传像束, 上述三种玻璃除了光学性能、物理化学性能要严格匹配外, 特别要求纤芯玻璃、包层玻璃和酸溶玻璃在可见波段的透过率要高, 光吸收损耗要小, 因吸收损耗是由于玻璃中含有少量过渡金属离子等有害杂质引起的。玻璃中如存在 Fe, Co, Ni, Mn, Cu 等过渡金属离子, 这些离子在光的工作波段有强烈的吸收。玻璃中的过渡金属离子含量越高, 吸收损耗也就越严重。光吸收的增加不仅使玻璃整体透射性能下降, 更为严重的是如果用透射性能较低的玻璃拉制光纤, 那么在拉丝过程中, 由于过渡金属离子的挥发、扩散, 使光纤的透过率受到影响, 导致传像束中暗丝的产生。

从表 1 可以看出, 国产纤芯玻璃的光吸收系数比进口纤芯玻璃的光吸收系数大 0.02%, 这说明国产纤芯玻璃的纯度不如进口纤芯玻璃好, 玻璃中可能有一些过渡金属离子, 因此, 用其拉制的酸溶法光纤传像束的各项性能明显低于用进口纤芯玻璃拉制的传像束, 特别是白光透过率和暗丝率这两个

指标。表 2 给出了用不同的纤芯玻璃拉制的酸溶法光纤传像束的性能参数

表 1 光吸收性能

Fig.1 Characteristics of light absorbing

	Domestic glass fibr core	Foreign glass fiber core
Light absorption coefficient E	0.05%	0.03%

表 2 酸溶法光纤传像束性能参数

Table 2 Characteristics parameters of optical fiber image-transmitting bundle by acid-leaching technology

Characs	Materials	Domestics	Foreign
Fiber bundle diameter /mm		1.63	1.63
Fiber bundle length /mm		1260	1300
Single fiber diameter / μm		10	10
Resolution /lp/mm		50	50
Transmittivity %/M		34.8	55
Dark fiber rate %		5.2	0.13

由此可见, 玻璃中的有害杂质直接影响酸溶法光纤传像束的性能, 尤其是使像束内的暗丝数量明显增加。因此, 为了提高酸溶法光纤传像束的传像质量, 降低暗丝率, 必须对制造酸溶法光纤传像束所用的三种玻璃的杂质含量进行严格控制。

3.2 玻璃材料的不均匀性使像束内产生暗丝

玻璃材料的不均匀性包括两方面, 一方面是材料的宏观不均匀, 主要指玻璃内含有肉眼可见的气泡、条纹、结石等, 它们的物理化学性质与各项同性的光学玻璃相比是不同的。如果用于拉制酸溶法光纤传像束的纤芯和包层玻璃内含有气泡、条纹、结石等宏观缺陷, 那么在拉丝时, 由于受到拉力和表面张力的作用, 不仅使纤芯和光学包层的光滑界面受到了破坏, 同时也使光纤的结构产生一些缺陷。当光在光纤内部传输时, 由于部分光纤本身结构的不完善, 使光不能按全反射原理沿传播方向前进, 而是产生散射、透射而逸出, 由此产生暗丝。

另一方面, 是由材料折射指数小尺度的随机不均匀性所引起的。由于材料中有一定数量的 SiO_2 , 在光纤拉制过程中, SiO_2 处于高温熔融状态, 分子进行无规则的热运动。在冷却时, 运动逐渐停止下来。当凝成固体时, 这种随机的分子位置就在材料

表3 酸溶法光纤传像束性能参数

Table 3 Characteristics parameters of optical fiber image-transmitting bundle by acid-leaching technology

No.	1	2	3
Image bundle diameter /mm	1.69	1.62	1.63
Image bundle length /mm	495	300	1300
Numerical aperture (N·A)	0.55	0.56	0.56
Single fiber diameter / μm	10	10	10
Resolution /(lp/mm)	50	50	50
Transmissivity /(%/M)	51	49	55
Dark fiber rate %	0.13	0.10	0.13
Broken fiber rate %	0.02	0.01	0.03

中“冻结”下来,形成物质密度的不均匀,从而引起材料的折射指数分布不均匀。由于光纤的集光能力主要取决于光纤的数值孔径的大小,而数值孔径又与两种材料的折射指数有关,因此,材料的折射指数变化会导致光纤的透射性能的变化,由此也会产生暗丝。此外,除有几何缺陷的光纤传输能量下降外,其相邻几根光纤的几何结构也不同程度地受到了影响,光能也会下降,造成单纤维透射率不均匀,也将产生暗丝。酸溶法光纤传像束是由上万根直径为10 μm 左右的单根光学纤维构成的。由于玻璃中的宏观缺陷及内在的不均匀性造成光纤的能量损耗,使光纤传像束内各单纤维透射性能存在差异,因此在像束内无规则地分布着一些暗丝,由于暗丝的存在,限制了其他性能如分辨率的提高和长度的增加,从而限制了其使用范围。

4 改进措施

为了提高酸溶法光纤传像束的传像质量,减少直至消除暗丝,首先必须提高玻璃材料的纯净度,严格控制过渡金属离子的含量。在玻璃熔制和成型过程中,应提高熔制温度,提高玻璃的光学均匀性并消除气泡、条纹、结石等宏观缺陷。在成型方式上,选用免受污染的成型器具,在成型过程中要进行严格的气分保护,通过以上改进,使酸溶法光纤传像束的性能参数有了明显提高,见表3。

5 结论

综上所述,要拉制出性能优良的满足医疗上使用的酸溶法光纤传像束,应特别注意以下几方面的问题。

- 1) 要选用高纯化工原料制造光纤纤芯玻璃、包层玻璃和酸溶玻璃;
- 2) 应选用优质的无内在质量缺陷的玻璃作为拉制光纤的玻璃材料;
- 3) 拉丝过程中控制好单、复丝表面和工作环境的洁净度。

从以上几个方面进行改进,就可以达到增加光纤传像束的分辨率,降低暗丝率的目的。

参 考 文 献

- 1 李 玲. 光纤通信基础.[M] 北京:国防工业出版社,1999, 81~86
- 2 李宝骏. 太阳能光导采光系统[J]. 新能源,1993,15(3):4~6
- 3 徐明泉. 光纤传像束的应用特点[J]. 玻璃纤维,1999,(3): 41~42
- 4 孙雨南,朱 昌. 光纤技术基础[M]. 1998.130~135