

文章编号 : 0253-2239(2001)10-1174-03

液芯手征光纤的研制*

陶卫东 董建峰 白贵儒 聂秋华

(宁波大学光纤通信与网络技术研究所, 宁波 315211)

摘要: 成功地研制出了液芯手征光纤, 且对其偏振响应特性作了测试, 发现同块状手征介质相比, 出射光的偏振度及其消光轴都发生了变化。

关键词: 手征光纤; 液芯; 偏振响应特性; 偏振度

中图分类号: TN25 文献标识码: A

1 引 言

近年来, 人们对手征介质的重新认识, 使得对手征介质中波动现象的理论和应用研究成为一个新的热点^[1-8]。1989 年, Engheta 和 Pelet^[1]首先提出了手征波导(chirowaveguide)的概念。有关研究表明, 手征波导具有许多特有的性质, 如模式分叉、模式耦合等。在光纤通信和光纤传感技术中, 光纤的色散特性是重要的参数。在光纤的纤芯和包层中引入手征介质, 可以大幅度地改变波导的色散特性^[4-7]。通过调整手征参数来改善光纤的色散特性, 而保持传统的光纤参数不变, 可使光纤优化设计更加灵活和方便, 这在光纤传感技术、光纤通信、集成光学器件等许多领域有潜在的应用, 例如: 利用手征光纤可使得光纤传感系统更加灵敏, 在光纤通信系统中也可用手征光纤的手征参数来控制和优化传输带宽^[4,7], 还可利用手征光纤的波导色散来抵消光纤的材料色散, 使总的波长色散减小, 这在波长色散管理中是非常有用的^[5]。由于偏振光具有偏振方向、偏振强度、椭圆率角及方位角等多个特征参量, 所以可以作为高效率信息传输的载体。利用手征光纤的偏振特性可以制作新型的光波导器件如光耦合器、模选择器、光开关等。目前, 在微波段的手征波导器件的实验研究已有不少报道^[3], 但对于光波段的手征光纤仅限于理论研究^[4-8]。本文将报道液芯手征光纤的制作, 并对其偏振响应特性进行测试。

2 结构设计及制作工艺

我们首先设计并制作出中央是圆形微孔的光纤

包层, 其结构如图 1 所示。主要参数为: 工作波长 $0.6328 \mu\text{m}$ 、包层直径 $2b = 125 \mu\text{m}$ 、圆形微孔直径 $2a = 7 \mu\text{m}$ 、折射率 1.458。

采用以下工艺制作出满足以上要求的圆形微孔的光纤包层, 主要步骤有:

- 1) 采用管内化学汽相沉积法(MCVD)工艺制作出单一折射率的预制棒;
- 2) 采用冷加工的方法对预制棒进行钻孔、切磨、抛光等, 制成预制件待用;
- 3) 选择合适的拉丝温度及拉丝速度, 将预制件拉制成中央是圆形微孔的光纤包层。

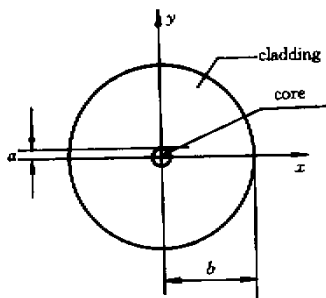


Fig. 1 Schematic diagram of optical fiber cladding with central hole

图 2 是芯径为 $7 \mu\text{m}$ 的圆形微孔光纤包层的照

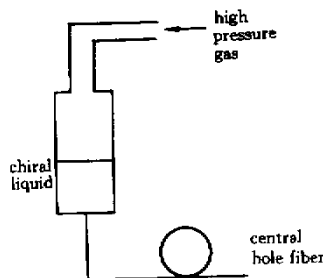


Fig. 2 Cross-section of the optical fiber cladding with central hole

* 浙江省教委、宁波市青年基金资助课题。

收稿日期 2000-08-16; 收到修改稿日期 2000-09-28

片由 Olympus PMG3 型金相显微镜拍摄所得,放大倍数为 500 倍。光纤边缘处有崩边痕迹,乃手切光纤所致,并不影响对手征液芯单模光纤的研制。从照片中也可以看出,光纤中央的圆形孔保持得较好,达到了设计的预期要求。

然后,采用高压手征液体注入装置在上述的中央是圆形微孔的光纤包层中注入手征液体,如图 3 所示。这样,芯层是手征液体、包层是普通光纤材料的手征光纤就制作出来了。

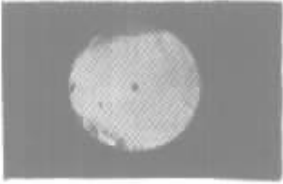


Fig. 3 Apparatus of high pressure liquid injection

3 偏振响应特性的测试

将折射率为 1.467 的手征液体注入芯径为 7 μm、长度约为 20 cm 的圆形微孔光纤包层中,并采用图 4 的实验装置对液芯手征光纤的偏振响应特性进行了测试。P₁ 旋至某一角度并固定,将 P₂ 从 0°~360°每隔 5°旋转一次,从锁相放大器中读出最大读数 V_{max} 和最小读数 V_{min},并利用公式^[9]

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \quad (1)$$

可以计算出 D-11 微孔光纤出射光的偏振度。将实验所测的数据归一后,结果如图 5 的空心圆圈所示。

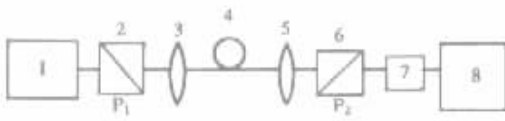


Fig. 4 Measurement apparatus of polarity response of chiral optical fiber with liquid core. 1: He-Ne laser; 2: polarizer P₁; 3: micro objective lens; 4: measured fiber; 5: micro objective lens; 6: polarizer P₂; 7: detector; 8: phased locked amplifier

为了对比,将相同的手征液体灌入 20 cm 长的大孔径旋光管中,并将此旋光管替代图 4 中的液芯手征光纤,用相同的方法测出其偏振响应特性,其结果如图 5 的实心圆圈所示。然后,去掉旋光管,直接测量 He-Ne 激光的偏振响应特性,结果如图 5 的实线所示。

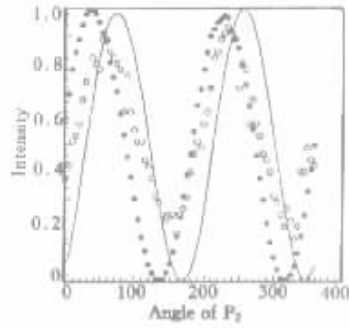


Fig. 5 Diagram of polarity response. Solid line (—) indicate polarity response of the He-Ne laser; solid ring (·) indicate polarity response of the bulk of chiral medium; empty ring (o) indicate polarity response of the chiral optical fiber with liquid core

从图 5 中可以看出,从大孔径旋光管里出来的光的偏振度为 0.996, He-Ne 激光的偏振度为 0.997,两者相差不大,且其消光轴相差约 35°,这与预计的一致,但是从液芯手征光纤中出来的光的偏振度约为 0.731,这与前两者已有了较大的差别,而且其消光轴与前两者也不一致。

之所以会产生上述差异,是因为偏振光在液芯手征光纤中传播时,受到了非手征包层的约束,导致了其出射光的偏振态发生变化,而这种变化与我们所熟知的块状手征介质(无边界约束)的旋光现象是不同的。由于传输的光仍属多模,偏振的理论分析非常复杂,进一步的研究将是减小手征液体折射率,提高入射波长,研制出单模手征光纤。

结论 我们研制出了液芯手征光纤,且对其偏振响应特性进行了测试。结果表明,与从大孔径旋光管里出来的光相比,从液芯手征光纤中出来的光的偏振度以及消光轴都会发生变化。液芯手征光纤的成功研制,将有利于手征光纤实验研究的进一步开展。

感谢电子工业部第四十六所林亦珍等老师为圆形微孔光纤包层的制作所提供的帮助。

参 考 文 献

[1] Pelet P, Engheta N. The theory of chiro-waveguides. *IEEE Trans. AP.*, 1990, 38(1) 90~98
 [2] Mazur J, Mrozowski M, Okoniewski M. Distributed effects in a parallel guides coupled via a chiral medium and their possible applications. *J. Electromagn. Wave Appl.*, 1992, 6(5/6) 641~650
 [3] Cory H. Chiral devices——on overview of canonical problems. *J. Electromagn. Wave Appl.*, 1995, 9(5/6):

805~829

- [4] Qiu R C , Lu I T. Guided waves in chiral optical fibers. *J. Opt. Soc. Am. (A)*, 1994 , **11**(12) 3212~3219
- [5] Qiu R C , Lu I T. Dispersion in chiral optical fibers. *IEE Pro. Optoelectron.* , 1998 , **145**(3) :155~158
- [6] 董建峰. 手征参数对光纤中模式特性的影响. *光学学报* , 1997 , **17**(4) :476~481
- [7] 董建峰, 李 勇. 手征光纤中导模的色散特性. *量子电子学报* , 1998 , **15**(3) :283~288
- [8] 董建峰, 陶卫东. 平行手征光纤之间的耦合系数. *量子电子学报* , 2000 , **17**(1) :11~16
- [9] 龙槐生, 张仲先, 谈恒英. 光的偏振及其应用. 北京: 机械工业出版社, 1989

Manufacture of Chiral Optical Fiber with Liquid Core

Tao Weidong Dong Jianfeng Bai Guiru Nie Qiuhua

(*The Institute of Optical Fiber Communication and Network Technic , Ningbo University , Ningbo 315211*)

(Received 16 August 2000 ; revised 28 September 2000)

Abstract : The chiral optical fiber with liquid core is manufactured successfully. An experimental investigation is made on its polarity response. It is found that the polarization ratio and the extinction axes of output light is changed as compared with the bulk chiral medium.

Key words : chiral optical fiber ; liquid core ; polarity response ; polarization ratio