

复合纺丝法制备聚合物瓣状光纤的研究

段菊兰 滕翠青 韩克清 余木火

(东华大学材料科学与工程学院纤维材料改性国家重点实验室, 上海 201620)

摘要 瓣状光纤(SCF)由高折射率均匀芯层和高低折射率区域交替的皮层组成,可有效地实现大纤芯单模运行。提出了采用复合纺丝法一步制备瓣状光纤。采用聚碳酸酯(PC)和聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)成功地制备截面符合设计要求的聚合物瓣状光纤。所制光纤的纤芯直径为40 μm 。并用白光作为光源,考察了所制光纤在500~1000 nm波段范围的出射光谱。从出射光谱可以看出,所制光纤在730~830 nm波段范围内透射率比较高。通过截断法对所得光纤在500~1000 nm波段范围的传输损耗进行测试,结果表明所制光纤的传输损耗比较大,最大为30 dB/m。采用532 nm绿色激光作为光源,通过CCD采集60 cm所得光纤的光斑。

关键词 光纤光学;瓣状光纤;复合纺丝法;制备

中图分类号 TN929.11 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/AOS200828s2.0241

Study on Fabricating Polymer Segmented Cladding Fiber by Bicomponent Spinning

Duan Julan Teng Cuiqing Han Keqing Yu Muhuo

(State Key Laboratory for Modification of Chemical Fibers and Polymer Materials,
College of Material Science and Engineering, Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract A segmented-cladding fiber (SCF), which consists of a uniform core of high refractive index and a cladding with regions of high and low refractive index alternating angularly, provides an effective approach for achieving widely extended single-mode operation with a large core size. Fabricating segmented cladding fiber by bicomponent spinning method was proposed. The polymer segmented cladding fiber with required cross section was successfully fabricated using polycarbonate (PC) and polymethyl methacrylate (PMMA). The core of obtained fiber is 40 μm in diameter. The output spectrum of obtained fiber was investigated using white light as the light source. From the output spectra, it was seen that the intensity in the wavelength of 730~830 nm is comparatively higher in the test range of 500~1000 nm. The transmission loss in the wavelength of 500~1000 nm was tested by the cut-back method. The result showed that the transmission loss of the obtained fiber is comparatively high, being up to 30 dB/m. The output light pattern of the obtained fiber of 60 cm was collected by a CCD camera with laser light of 532 nm as the input.

Key words fiber optics; segmented cladding fiber; bicomponent spinning; fabrication

1 引 言

香港城市大学的郑建成等在2001年提出了截面上具有花瓣图案分布的瓣状光纤。其中,纤芯由高折射率材料组成,包层由高折射率材料与低折射率材料“瓣”交替组成。瓣状光纤中高次模的泄漏损耗大,而基模损耗小,从而可以实现大纤芯面积单模传输^[1]。常规聚合物光纤虽然可以纤芯尺寸较大,但都是多模光纤,而目前石英光纤只有在纤芯很小的基础上才可以实现单模。瓣状光纤可以同时实现

大纤芯和单模传输,这是它与常规塑料光纤和石英光纤相比最大的优点。澳大利亚新威尔士大学的A. Yeung等采用铸塑法研制了4低折射率瓣和8低折射率瓣的瓣状光纤,目前仅能获得长度为几十厘米的均匀光纤^[2]。

提出以复合纺丝法制备聚合物瓣状光纤的方法,由此制得的纤维是均匀连续的,有效地避免了光纤连接中的接头损失。

2 试 验

2.1 材料

聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)IF850, 粒状, 折射率为 1.49, 产自 LG MMA 公司; 聚碳酸酯(PC) Panlite L-1225L, 粒状, 折射率为 1.59, 产自 LG MMA 公司。

2.2 光纤样品制备

在真空烘箱中将聚甲基丙烯酸甲酯和聚碳酸酯分别在 80 °C 和 120 °C 干燥 4 h 和 6 h; 在日本 ABE 公司生产的复合纺丝机上采用 PC 作为高折射率组分和 PMMA 作为低折射率组分进行复合纺丝; 挤出温度和计量泵之比设定为 290 °C 和 14.4:5; 所制光纤的纤芯为 40 μm, 总直径为 400 μm。

2.3 光纤样品表征

采用光学显微镜观察光纤截面并用 Olympus FE-200 照相机拍照。采用 532 nm 激光和 CCD 照相机采集光斑。采用 Ocean optics USB4000 光谱仪研究光谱特征并通过截断法采用公式计算出光纤传输总损耗 α

$$\alpha = -\frac{10}{L} \lg \frac{P_2}{P_1},$$

式中 P_2, P_1 分别为光纤截断前后的光纤输出功率, 单位为 mW 或 μW; L 为所截光纤长度, 单位为 m; α 的单位为 dB/m。

3 讨 论

3.1 光纤截面

图 1 显示了瓣状光纤设计横截面和所制光纤横截面。其中纤维由 4 瓣组成, a 为纤芯半径, b 为光纤半径, θ_1, θ_2 分别为相应处的角宽, 周期和占空比分别为 $\Delta = 2\theta_1 + 2\theta_2$ 和 $\gamma = 2\theta_2/\Delta$, 各参数可根据需要而变化。

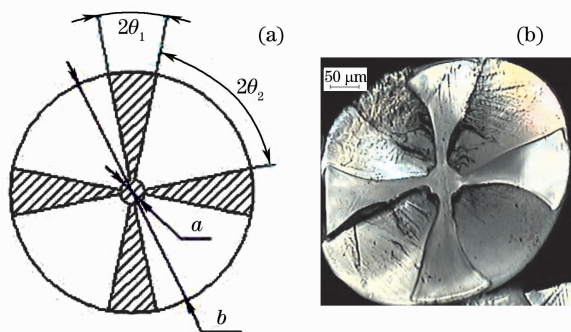


图 1 瓣状光纤设计横截面(a)和所制光纤横截面(b)
Fig.1 Cross sections of (a) the designed segmented cladding fiber and (b) the obtained fiber

从图 1(b)的纤维横截面照片可以看出, 基本符合设计要求。在纤维制备过程中, 还可以通过调节纺丝工艺参数, 如温度、计量泵配比等控制横截面形状。

3.2 光纤出射光谱

图 2(b)显示了采用白光(如图 2(a)所示)作为注入光源得到的所制光纤在 500~1000 nm 波长范围内的出射光谱。

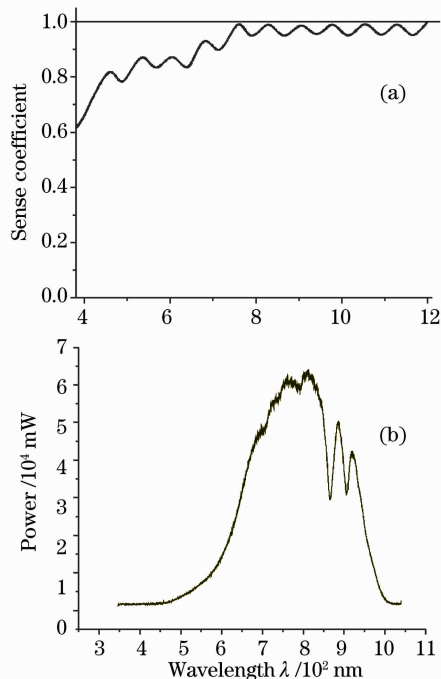


图 2 卤素灯的发光光谱(a)和所制光纤的出射光谱(b)
Fig.2 Luminescence spectrum of halogen lamp (a) and output spectrum of obtained fiber (b)

从图 2(b)中可以看出, 所制瓣状光纤在 730~830 nm 波段透射率比较高。根据所选 PC 和 PMMA 在 500~1000 nm 波长范围内的透射率分别为 88% 和 92%, 推断出所制瓣状光纤在 730~830 nm 波段透光率比较高不是材料引起的, 而是瓣状光纤结构导致的。

3.3 光纤衰减谱

图 3 显示了采用截断法测得的所制瓣状光纤在 500~1000 nm 范围内的衰减谱。从图 3 中可以看出, 所制得光纤的衰减比较大, 最大为 30 dB/m, 这可能是由于目前所用纺丝系统频繁更换纺丝原料, 导致原料纯度受到影响所致; 以后将通过进一步改善纺丝时排料方案并延长排料时间来提高进入喷丝板的熔体的纯度。从图 3 中还可以看出, 在 650 nm, 860 nm 和 900 nm 处有峰值, 在 830 nm 处有一波谷。根据图 2(b), 在 830 nm 透光率比较高的特

点,以后实际应用中可以考虑将830 nm作为其工作波长。

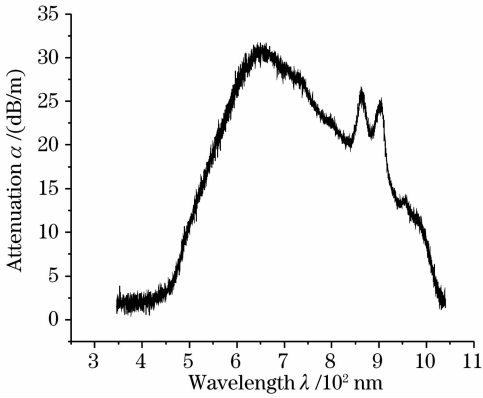


图3 所制光纤的衰减谱

Fig. 3 Attenuation spectrum of the obtained fiber

3.4 光纤光斑

图4显示了所制光纤在532 nm处的出射光斑。

通过近场和远场光斑可以看出,所得光纤还不是单模光纤。这是因为高折射率原料PC和低折射率原料PMMA的折射率之差较大。根据日本T. Kikutani的研究,通过在高折射率原料中添加低折射率的二苯硫醚有望降低PC的折射率,从而降低高折射率原料PC和低折射率原料PMMA的折射率之差,实现大纤芯单模传输。

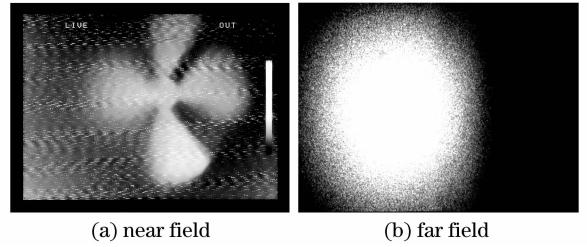


图4 所制光纤在532 nm处的出射光斑

Fig. 4 Output light pattern from the obtained fiber at 532 nm

4 结 论

试验证明,采用复合纺丝法可制备横截面符合设计要求的聚合物瓣状光纤。采用聚碳酸酯和聚甲基丙烯酸甲酯制备了纤芯为40 μm,总直径为400 μm的瓣状光纤,其较佳工作窗口在830 nm附近。

参 考 文 献

- 1 V. Rastogi, K. S. Chiang. Propagation characteristics of a segmented cladding fiber[J]. *Opt. Lett.*, 2001, **26**(8):491~493
- 2 A. Yeung, K. S. Chiang, V. Rastogi *et al.*. Experimental demonstration of single-mode operation of large-core segmented cladding fiber [C]. *Optical Fiber Communication Conference*, Los Angeles, USA 2004