

文章编号: 1001-3806(2006)04-0392-03

自制宽带光源及其在光纤光栅制作中的应用

刘 洋^{1,2}, 王 蓓^{1,3}, 赵崇光¹ 张 亮¹, 王立军^{1*}

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 激发态重点实验室, 长春 130033; 2 武汉军械士官学校 光电研究所, 武汉 430075; 3 长春理工大学, 长春 130022)

摘要: 在光纤光栅制作过程中, 宽带光源经常被应用于在线监测光纤光栅的反射率, 以便适时有效地控制生成的光栅的透射率的高低程度。利用中心波长为 971nm 的半导体激光器抽运一段 Yb³⁺ 掺杂双包层光纤, 制作出了一个宽带超荧光光源, 该光源在最大功率输出时谱宽达到了 75nm, 并在 1085nm 附近 10nm 范围内荧光谱的输出功率高, 有较好的光谱平坦性。还利用该宽带光源作为光纤光栅制作的监控光源, 制作出了单模和多模光纤布喇格光栅, 取得了令人满意的实验结果。结果表明, 该宽带光源完全可以适应监控光纤光栅制作的需要。

关键词: 光纤光学; 超荧光; 宽带光源; 光纤布喇格光栅; 折射率渐变多模光纤

中图分类号: TN247 **文献标识码:** A

Home-made broad bandwidth source and its application in fiber Bragg gratings

LIU Yang^{1,2}, WANG Ji^{1,3}, ZHAO Chong-guang¹, ZHANG Liang¹, WANG Li-jun¹

(1. Laboratory of Excited State Processes, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, the Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China; 2. Opto-Electronics Facility, Wuhan Ordnance Non-Commissioned Officers Academy, Wuhan 430075, China; 3. Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China)

Abstract: Broad bandwidth source (BBS) is usually used to watch and control the fabrication of fiber gratings. A home-made Yb³⁺-doped double-cladding fiber superfluorescent broad bandwidth source is reported. The BBS, with bandwidth of about 75nm at the maximum output power, is pumped by a 971nm laser diode. The BBS outputs high power with a flat superfluorescent spectrum in the range of 10nm near the central wavelength of 1085nm. Then the BBS is used to watch and control the fabrication of single-mode and multimode fiber Bragg gratings and the results are satisfied.

Key words: fiber optics; superfluorescence; broad bandwidth source; fiber Bragg grating; graded-index multimode fiber

引 言

非相干宽带光源在光纤光栅研制、光谱分析测试、光纤传感、光纤陀螺等许多领域有其重要的应用。基于稀土掺杂光纤放大自发辐射的宽带光源由于具有极宽的光谱带宽和很好的光谱稳定性, 并且易于与光纤系统耦合和使用寿命长等优点, 成为了取代低相干性超辐射发光二极管制作非相干宽带光源的最佳选择, 因此获得了广泛的研究。近年来, 掺 Er³⁺ 和掺 Nd³⁺ 光纤的超荧光光源的研究工作取得了极大的进展, 并且在光纤传感器和光纤陀螺仪等领域获得了很大的应用。而在掺 Yb³⁺ 光纤中, 由于其 Yb³⁺ 离子的能级结构简单, 只有两个能级的电子参与跃迁, 以及有很宽的辐射光谱 (975nm ~ 1200nm), 所以对于掺 Yb³⁺ 光纤超

荧光光源的研究也得到人们越来越多的重视, 并在喇曼光纤放大器、高功率 Yb³⁺ 掺杂光纤激光器和光纤光栅制作等领域得到了很大的应用^[1~3]。

作者利用自制的带尾纤输出的半导体激光器 (LD), 采用光纤端面直接抽运的方式, 抽运一段 Yb³⁺ 掺杂双包层光纤, 用于制作 1080nm 光纤光栅的宽带超荧光监控光源。该监控光源的谱宽达到了 75nm, 并在 1085nm 附近的 10nm 范围内荧光输出功率高, 平坦性好, 能非常好地在线监控光纤光栅的形成情况。实验中利用这种全光纤掺 Yb³⁺ 光纤超荧光光源作为制作光纤光栅的监控光源, 在线观察制得的光纤光栅, 得到了令人满意的实验结果。

1 宽带光源的制作

实验中全光纤掺 Yb³⁺ 光纤超荧光光源结构如图 1 所示。由于制作的宽带光源主要是作为光纤光栅制作的监控光源, 故该宽带光源的输出功率要求不高, 实验中光纤的接头损耗基本上不会影响监控光源的特性。

作者简介: 刘 洋 (1981-), 男, 博士研究生, 主要从事光纤激光器件方面的研究。

* 通讯联系人。E-mail: wljeiomp@126.com

收稿日期: 2005-07-25; 收到修改稿日期: 2005-08-17

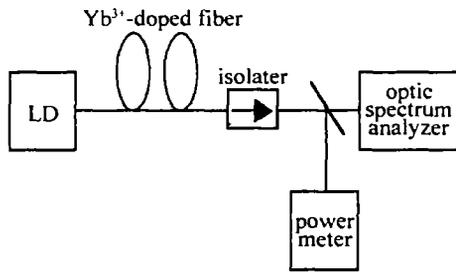


Fig 1 Setup of the Yb^{3+} -doped superfluorescent broad source

抽运源采用作者实验室自制的输出中心波长为 971nm 的多模带尾纤耦合输出的 LD,其最大输入电流为 2.2A,最大输出功率为 1.3W,其激光输出光谱图如图 2 所示。

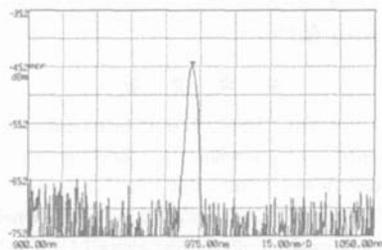


Fig 2 Optical spectrum of the LD pumping source

在实验中采用的掺 Yb^{3+} 双包层光纤为美国 Fibercore 光学公司生产的准圆形光纤,内包层为梅花型,其长度约为 15m,掺杂离子浓度为 $n_{\text{Yb}} = 1.5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$,纤芯直径 $7 \mu\text{m}$,截止波长为 1000nm,数值孔径 0.15,纤芯与包层的折射率差为 0.01。测试系统则采用日本 ANDO 公司的 6317B 光谱分析仪 (OSA) 观测 Yb^{3+} 离子的辐射光谱,其最小波长分辨率为 0.1nm。

抽运源尾纤与掺 Yb^{3+} 双包层光纤熔接,掺 Yb^{3+} 双包层光纤的输出端接入隔离器,经过隔离器的输出端接光谱分析仪,双包层光纤输出端的超荧光输出曲线由光谱仪测量。在抽运源输入电流达到 0.33A 时,光谱仪观察到在 1028nm 和 1093nm 波长处开始有两个荧光谱出现,随着抽运功率的逐渐增大,荧光谱越来越明显,其功率也逐渐增大,尤其是 1093nm 附近的荧光谱的增量最大并且中心波长逐渐向短波长方向漂移。在达到最大输入电流 2.2A 时,得到的荧光谱如图 3 所示。

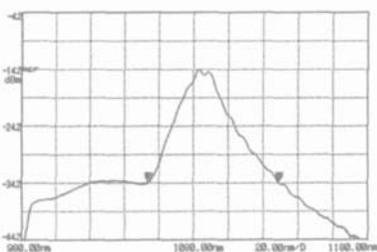


Fig 3 Optical spectrum of the Yb^{3+} -doped fiber superfluorescent source

由图可以看出,掺 Yb^{3+} 双包层光纤的荧光谱在 -34.2dB 处的带宽达到了 75nm,荧光谱的最强值出现

在 1085nm 波长附近,并且在其约 10nm 带宽内比较平坦。虽然该荧光谱的功率较低,但光纤光栅制作的监控光源对于荧光功率的要求并不高,并且如此宽的平坦增益光谱完全满足用于光纤光栅制作的监控光源的需求。

2 宽带光源在光纤光栅制作中的应用

2.1 单模光纤布喇格光栅

用自制的宽带光源 BBS 作为相位掩模法制作光纤光栅的监控光源的装置如图 4 所示^[4,5]。1080nm 波

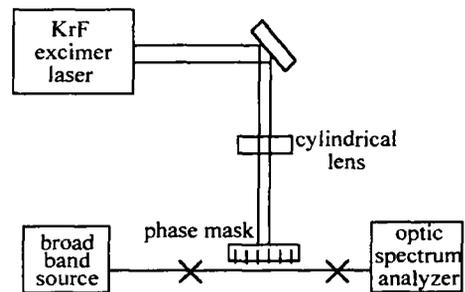


Fig 4 Experimental setup for fabrication of FBG

长的激光在原子分子探测方面有其特殊的应用,并且对应于 Yb 离子掺杂光纤的增益谱范围,是光纤激光器研究的一个重要方向。首先对宽带光源做简单的封装处理,自制的宽带光源对应于中心波长 1085nm 附近 10nm 带宽有较为平坦的荧光谱,正好可以作为 1080nm 光纤光栅制作的监控光源。

紫外光源采用 Lumonics 公司的 FM886 KrF 准分子激光器,工作波长为 248nm,脉冲输出能量为 380mJ。选用相位掩模板周期为 $1.071 \mu\text{m}$ 的均匀周期相位掩模板。激光输出经柱面透镜聚焦到相位模板上,而增敏后的单模光纤紧贴置于模板下方。光谱分析仪 (OSA) 显示光纤布喇格光栅的透射谱。采用 Coming 公司的 H 980 光纤,在写入光栅之前预先将对光不敏感 H 980 光纤进行增敏处理,即将光纤进行低温高压氢载处理,将光纤放入掺氢气罐中,在大约 101kPa 和 20℃ 条件下使氢气扩散 2 个月左右,氢离子向光纤中扩散,以增加光纤的光敏性,形成光敏感光纤。利用笔者自制的宽带光源 BBS,对增敏光纤的曝光过程进行实时监测^[6]。在紫外光曝光过程中用光谱分析仪在线监测单模光纤布喇格光栅的透射谱,直到透射谱不再发生变化的时候,停止紫外光的曝光过程。

图 5 是实验所得的单模光纤布喇格光栅的透射谱。其中心透射波长在 1083nm 附近,透射谱的峰值达到 -49dB 以上,透射半峰全宽为 1.5nm,这是一个非常好的实验值,透射率几乎达到了 100% 的理想值。这说明自制的掺 Yb^{3+} 双包层光纤宽带光源完全满足了作为 1080nm 单模光纤光栅制作的监控光源的需要。

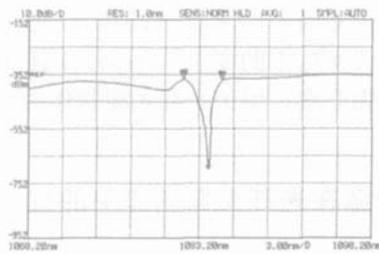


Fig 5 Transmission spectrum of the single-mode FBG

2.2 多模光纤布喇格光栅

多模光纤布喇格光栅的反射谱宽较单模光纤布喇格光栅要宽一些,因此对监控宽带光源的要求也要相对高一些^[7]。利用自制的宽带光源作为制作折射率渐变多模光纤布喇格光栅的监控光源,采用与制作单模光纤光栅相同的实验方法,获得了反射率较高的多模光纤布喇格光栅。采用的光纤是 Coming公司的 50/125 折射率渐变光纤,首先对折射率渐变多模光纤做低温高压氢载处理,增敏两个月,形成光敏光纤。在实验中应该注意的是,抽运源的输入电流不能太高,以防止产生激光激射,一般应该低于 0.73A,这时候的宽带光源的荧光谱的中心波长位于 1090nm 附近,而且由于荧光功率较低,荧光谱较为平坦的谱宽更大。

图 6 是实验所得的折射率渐变多模光纤布喇格光

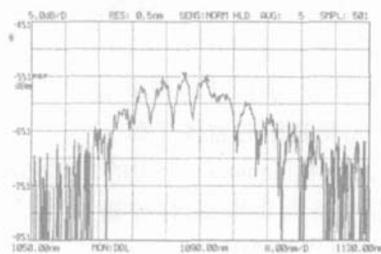


Fig 6 Reflection spectrum of the graded-index multimode FBG

栅的反射谱。由于多模光纤中传播的模式较多,因而其反射谱出现了多峰结构^[8]。从该光栅的反射谱可以看出,其反射带宽在 40nm 左右,其中心反射率达到

了 80% 以上,这对于宽带反射多模光纤来说是一个很好的实验结果。这也说明了自制的宽带光源基本上也能满足制作多模光纤光栅的需要。

3 结束语

自制了一种可以用于光纤光栅制作的监控光源的 Yb^{3+} 掺杂双包层光纤宽带荧光光源。在最大功率输出时,该宽带光源的谱宽可达 75nm,并在 1085nm 波长附近有 10nm 带宽的平坦增益。并利用该宽带光源作为光纤光栅制作的监控光源制作了单模光纤布喇格光栅和折射率渐变多模光纤布喇格光栅,均取得了令人满意的实验结果,也证明了该宽带光源在光栅制作中的实用性和可靠性。

参 考 文 献

- [1] QIAO Q Q, CHEN B, CHEN J L *et al* Investigation of Yb-doped superfluorescence used as watching and controlling source of FBG making [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2003, 32 (1): 1~4 (in Chinese).
- [2] LI Y G, LIU W W, FU Ch P *et al* High power Yb-doped double-cladding fiber broadband superfluorescent source [J]. *Acta Optica Sinica*, 2001, 21 (10): 1171~1173 (in Chinese).
- [3] XING L F, XIAO R, FENG Y. Analysis of erbium-doped superfluorescent fiber source in double-pass backward configuration [J]. *Laser Technology*, 2004, 28 (2): 221~224 (in Chinese).
- [4] WENG Q E, YANG W K, XING M Sh. The characteristic study of 1053nm fiber gratings [J]. *Journal of Optoelectronics · Laser*, 2004, 15 (5): 221~223 (in Chinese).
- [5] BENN DN J A, WILLIAMS R, ZHANG L *et al* UV-written in-fiber Bragg gratings [J]. *Opt & Quant Electron*, 1996, 28 (2): 93~96.
- [6] FAN W D, XIANG Y, XU Zh W *et al* Formation of Bragg gratings in few-mode optic fiber by photosensitive fibers [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2004, 33 (5): 564~566 (in Chinese).
- [7] XU Sh, WANG ZH. Analysis of the absorption efficiency of graded-index double-clad fiber using wave theory [J]. *Journal of Optoelectronics · Laser*, 2004, 15 (7): 771~774 (in Chinese).
- [8] WANG YM, DAIJ C, ZHANG M D *et al* Theoretical and experimental study on multimode optical fiber grating [J]. *Opt Commun*, 2005, 250: 54~62.