

2.2 W 掺 Yb³⁺ 双包层光子晶体光纤激光器*

阮双琛^{1,2} 杨冰¹ 朱春艳¹ 林浩佳¹ 姚建铨²

(1 深圳大学工程技术学院, 深圳 518060)

(2 天津大学精仪学院, 天津 300072)

摘要 采用多模大功率 972 nm 半导体激光器泵浦 20 m 掺 Yb 双包层光子晶体光纤, 详细研究了输出功率与泵浦功率的关系, 获得了 1.09 μm, 功率为 2.2 W 的激光输出.

关键词 掺 Yb³⁺ 光子晶体光纤; 双包层

中图分类号 TN248.1 **文献标识码** A

0 引言

稀土掺杂光纤激光器在测量、通信、传感、材料加工和医疗等方面具有十分广泛的用途. 特别是包层泵浦技术在光纤激光器中获得成功后, 使光纤激光器的泵浦效率和输出功率有了质的飞跃, 引起了研究者极大兴趣. 与常规光纤相比, 双包层光纤多了一个作为泵浦光通道的内包层, 这一内包层环绕纤芯将激光辐射限制在纤芯中. 内包层有较大的横向尺寸和数值孔径, 使泵浦光在内包层和外包层的界面来回反射, 多次穿过掺杂的单模纤芯, 从而大大提高了泵浦效率. 光子晶体光纤也称多空光纤, 其光纤截面中心缺陷为光纤芯区, 而包层是由具有规则分布的空气孔排列成三角形或六角形蜂房的微结构构成的. 它的传输机理与传统光纤有着本质上的差别, 因而在许多领域得到了广泛的应用. 这类光纤可以实现大数值孔径小模面积的设计, 因此能够增大单位面积的光功率密度, 提高光学非线性作用的效率; 而且通过合理设计, 能够在很宽的谱带范围内支持低损耗的单模传输并且在可见光波段可具有反常色散^[1,2], 满足了产生超连续谱的高非线性系数和色散要求, 因此, 被广泛用于产生超连续谱的研究^[3-5]. 除了上述应用外, 由于光子晶体光纤优良的光传输特性, 将稀土元素掺到光子晶体光纤中来研制光子晶体光纤激光器成为新的研究热点. 本文采用多模大功率 972 nm 半导体激光器泵浦 20 m 掺 Yb 双包层光子晶体光纤, 获得了 1.09 μm, 功率为 2.2 W 的激光输出. 详细研究了输出功率与泵浦功率的关系.

1 实验

1.1 激光器的构成

实验装置采用典型的 F-P 腔结构, 分别采用二色镜和光纤端面作为高反射腔镜和激光输出腔镜. 一端二色镜紧贴光纤的入射端面, 它对 1.05 ~ 1.1 μm 波段信号光的反射率大于 99%, 对 972 nm 泵浦光透射率为 93%; 另一端利用光纤端面 4% Fresnel 反射作为输出端反馈与二相色镜构成了线形谐振腔. 实验采用掺 Yb³⁺ 双包层光子晶体光纤, 长度为 20 m. 内包层为 200 μm, 外包层为 380 μm, Yb₂O₃ 浓度为 1.5 mol%, 如图 1. 泵浦激光器采用的是美国 Coherent 公司提供的大功率 LD 阵列, 中心波长位于 972 nm 附近, 尾纤输出的光斑直径为 800 μm, 经过由会聚透镜构成的耦合系统注入掺 Yb³⁺ 双包层光纤. 整个装置如图 2.

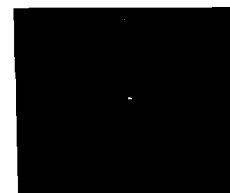


图 1 双包层光子晶体光纤结构

Fig. 1 Fiber structure of double clad high NA Yb photonic crystal fiber

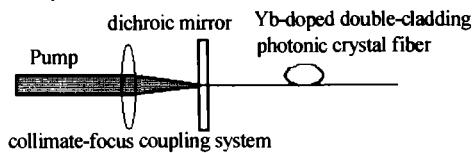


图 2 实验装置

Fig. 2 Experiment setup for photonic crystal fiber laser

1.2 实验结果

对上述激光腔进行精细调整, 当泵浦功率为 0.5 W 时, 开始观察到有荧光出现; 当泵浦功率超过 2 W 时, 在 1.09 μm 附近有 Yb³⁺ 的激光发射产生. 随着泵浦功率的增加, 发射功率迅速增大. 当泵浦功率为 2.2 W 时, 获得了 2.2 W 激光输出, 其光谱峰值位于 1.09 μm. 利用 Spectra-Physics model 407A

*广东省自然科学基金、广东高校自然科学研究(Z02062)项目, 广东省“千百十工程”优秀人才基金(Q02118)和深圳市科技局项目(031809)资助
Tel: 0755-26536215 Email: scruan@szu.edu.cn
收稿日期: 2003-03-11

激光功率计测量了激光器的输出功率,输出功率随泵浦功率的变化曲线如图3;输出激光光谱如图4.

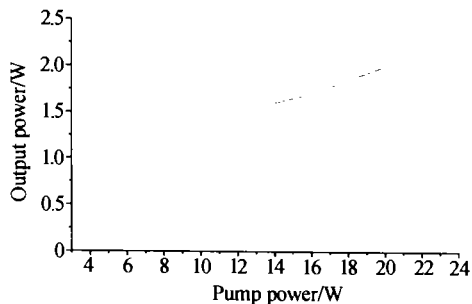


图3 掺Yb³⁺光子晶体光纤激光器的输出功率特性曲线
Fig. 3 Output power versus the input pump power of the Yb³⁺-doped photonic crystal fiber laser

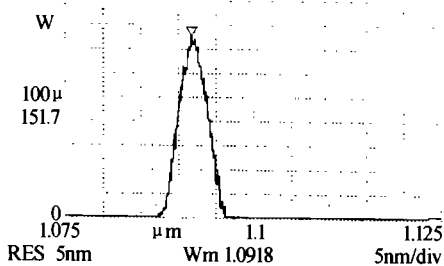


图4 掺Yb³⁺光子晶体光纤激光器的输出光谱
Fig. 4 Output spectra of the Yb³⁺-doped photonic crystal fiber laser

2 结论

详细研究了半导体激光器泵浦掺Yb³⁺双包层光子晶体光纤激光器,成功地获得了输出功率为2.2 W的激光输出.实验中所采用的泵浦聚焦系统没有经过精密的光学设计,只是采用一般的1:1成像系统后再用常用透镜聚焦.如果详细设计腔的结构,可进一步提高输出功率.

参考文献

1 Birks T A, Knight J C, Russell P St J, *et al.* Endlessly single

- mode photonic crystal fiber. *Opt Lett*, 1996, **22**(13): 961 ~ 963
- 2 Knight J C, Arriaga J, Birks T A, *et al.* Anomalous dispersion in photonic crystal fiber. *IEEE Photonics Technology Letters*, 2000, **12**(7): 807 ~ 809
- 3 Randa J K, Windeler R S, Stentz A J, *et al.* Visible continuum generation in air-silica microstructure optical fibers with anomalous dispersion at 800 nm. *Opt Lett*, 2000, **25**(1): 25 ~ 27
- 4 Coen S, Chau A H L, Leonhardt R, *et al.* White-light supercontinuum generation with 60ps pump pulses in a photonic crystal fiber. *Opt Lett*, 2001, **26**(17): 1356 ~ 1358
- 5 Provino L, Dudley J M, Maillotte H, *et al.* Compact broadband continuum source based on microchip laser pumped microstructured fiber. *Electronics Letters*, 2001, **37**(9): 558 ~ 559
- 6 Muendel M, Engstrom B, *et al.* 35-Watt cw single-mode ytterbium fiber laser at 1.1 μm. Tech. Dig. CLEO'97. Postdeadline paper CPD30, 1997
- 7 Dominic V, MacCormack S, Waarts R, *et al.* 11 0W fiber laser. *Electron Lett*, 1999, **35**(14): 1158 ~ 1160
- 8 Hanna D C, Percival R M, Perry I R, *et al.* An ytterbium-doped monomode fibre laser; broadly tunable operation from 1.010 μm to 1.162 μm and three-level operation at 974 nm. *Journal of Modern Optics*, 1990, **37**(4): 517 ~ 525
- 9 Glas P, Naumann M, Schirmacher A, *et al.* Self pulsing versus self locking in cw pumped neodymium doped double clad fiber laser. *Optic Comm*, 1999, **161**(2): 345 ~ 358
- 10 Chernikov S V, Zhu Y, Taylor J R. Supercontinuum self-Q-switched ytterbium fiber laser. *Optic Lett*, 1997, **22**(5): 298 ~ 300
- 11 Hider A, Chartier T, *et al.* Dynamics and stabilization of a high power side-pumped Yb-doped double-clad fiber laser. *Optic Comm*, 2000, **186**(1): 311 ~ 317
- 12 Duling I N, Burns W K, Goldberg L. High-power superfluorescent fiber source. *Opt Lett*, 1990, **15**(1): 33 ~ 35

Yb³⁺-doped Double Cladding Photonic Crystal Fiber Laser

Ruan Shuangchen^{1,2}, Yang Bing¹, Zhu Chunyan¹, Lin Haojia¹, Yao Jianquan²

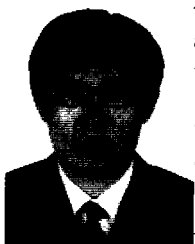
1 College of Engineering and Technology, Shenzhen University, Shenzhen 518060

2 College of Precision Instrument, Tianjin University, Tianjin 300072

Received date: 2003-03-11

Abstract A ytterbium-doped double-cladding photonic crystal fiber laser with output power up to 2.2 W is demonstrated, and the wavelength is 1.09 μm. The relationship between output power and pump power is researched.

Keywords Yb³⁺-doped photonic crystal fiber laser; Double clad



Ruan Shuangchen was born on October 8, 1963, in Shaanxi province, China. He took the B. S. and M. S. degree in optics in 1986 and 1989, respectively, at physics department, Northwest University. Since 1989 he had worked in Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Academia Sinica. From 1993.5 to 1994.7, he studied in Imperial College of Science, Technology and Medicine, London, UK, as a visiting scholar. He has worked in Shenzhen University since 1999. His research fields include solid state laser, fiber laser, generation of short pulse, ultrafast phenomena, application of short pulse. He has been a professor since 1994.