

15 W 光子晶体光纤激光器的研究*

阮双琛^{1,2} 杜晨林¹ 杨冰¹ 朱春艳¹ 姚建铨² 林浩佳¹

(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980 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15 W的激光输出. 详细研究了输出功率与泵浦功率的关系.

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都有了质的飞跃, 引起了人们研究的极大兴趣. 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. 光子晶体光纤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. 这主要是由光子晶体的特性决定的, 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], 这些特性满足了产生超连续谱的高非线性系数和色散要求, 因此光子晶体光纤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得研究热点. 利用光子晶体光纤在原来输出功率3.4 W的基础上^[6,7], 研制成功了激光输出15 W的光子晶体光纤激光器.

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976 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德国Limo公司提供的大功率LD阵列, 中心波长位于980 nm附近, 尾纤输出的光斑直径为400 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.

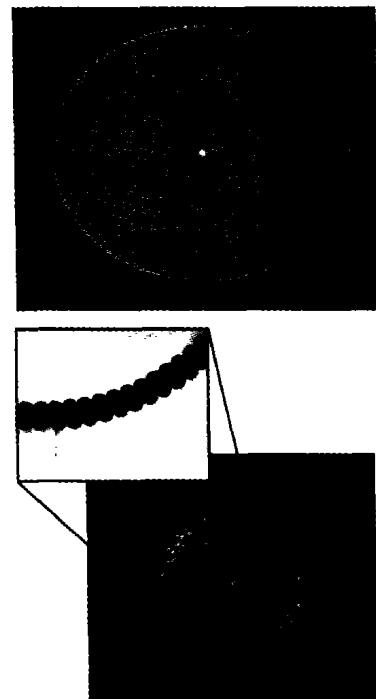


图1 双包层光子晶体光纤结构
Fig. 1 Fiber Structure of double cladding high NA Yb photonic crystal fiber

*广东省自然科学基金(031809)、广东省高校自然科学基金项目(Z02062)、广东省“千百十工程”优秀人才基金(Q02118)和深圳市科技局项目资助
Email:scruan@szu.edu.cn
收稿日期:2004-04-25

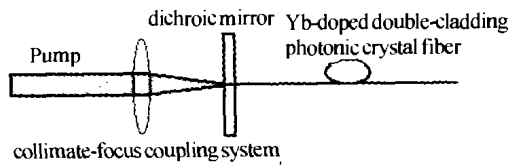
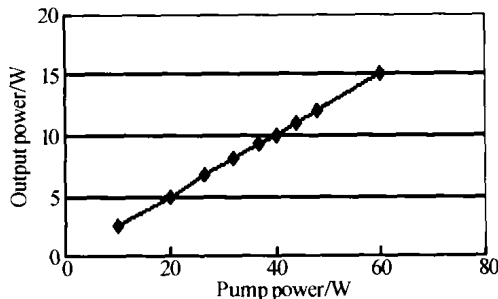
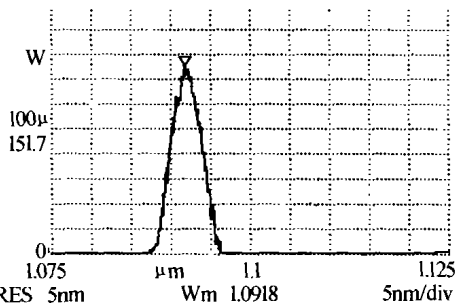


图2 实验装置

Fig.2 Experiment setup for photonic crystal fiber laser

1.2 实验结果

对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 2W 时,在 1.09 μm 附近有 Yb^{3+} 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 60 W 时,获得了 15 W 激光输出,其光谱峰值位于 1.09 μm . 利用 Spectra-Physics model 407A 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 Yb^{3+} 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 Yb^{3+} -doped photonic crystal fiber laser图4 掺 Yb^{3+} 光子晶体光纤激光器的输出光谱Fig.4 Output spectra of the Yb^{3+} -doped photonic crystal fiber laser

2 结论

详细研究了半导体激光器泵浦掺 Yb 双包层光子晶体光纤激光器,成功地获得了输出功率 15 W 的激光输出. 进一步优化设计腔的结构,可提高输出功率.

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 阮双琛, 杨冰, 朱春艳, 等. 2.2 W 掺 Yb^{3+} 双包层光子晶体光纤激光器. *光子学报*, 2004, **33**(1): 15 ~ 16
Ruan S C, Yang B, Zhu C Y, *et al.* *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(1): 15 ~ 16
- 7 阮双琛, 杨冰, 朱春艳. 3.4 W 光子晶体光纤激光器的研究. *光子学报*, 2004, **33**(1): 89
Ruan S C, Yang B, Zhu C Y. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(1): 89
- 8 Dominic V, MacCormack S, Waarts R, *et al.* 110 W fiber laser. *Electron Lett*, 1999, **35**(14): 1158 ~ 1160
- 9 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
- 10 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
- 11 Chernikov S V, Zhu Y, Taylor J R. Supercontinuum self-Q-switched ytterbium fiber laser. *Optic Lett*, 1997, **22**(5): 298 ~ 300
- 12 Duling I N, Burns W K, Goldberg L. High-power superfluorescent fiber source. *Opt Lett*, 1990, **15**(1): 33 ~ 35

Yb^{3+} -doped Double Cladding Photonic Crystal Fiber Laser

Ruan Shuangchen^{1,2}, Du Chenlin¹, Yang Bing¹, Zhu Chunyan¹, Yao Jianquan², Lin Haojia¹

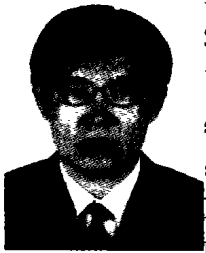
¹ College of Engineering and Technology, Shenzhen University, Shenzhen 518060

² College of Precision Instrument, Tianjin University, Tianjin 300072

Received date: 2004-04-25

Abstract A ytterbium-doped double-cladding photonic crystal fiber laser with output power up to 15 W is demonstrated, and the wavelength is 1.09 μm . The relationship between output power and pump power is researched.

Keywords Yb^{3+} -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. degrees in optics in 1986 and 1989, respectively, at physics department, Northwest University and got the Ph. D. degree from Tianjin University in 2004. 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.