

掺 Yb³⁺ 光纤环形激光器研究*

杨玲珍 陈国夫 王屹山 赵卫 丁广雷

(中国科学院西安光学精密机械研究所,瞬态光学技术国家重点实验室,西安 710068)

摘要 报道了采用环形腔结构,使用偏振敏感的光隔离器构成掺 Yb³⁺ 光纤激光器激光输出特性研究结果. 用 976 nm 半导体激光器作为泵浦激光,获得了 2.35 mW 的最大输出功率,激光的中心波长为 1.0537 μm,泵浦阈值功率为 42 mW. 在改变腔内偏振控制器的状态时,激光器的输出波长移动到 1.066 μm. 在时域,实验观测到掺 Yb³⁺ 环形激光器的自脉动信号输出.

关键词 光纤激光技术;环形腔;光纤

中图分类号 TN245 **文献标识码** A

0 引言

自首次在掺 Yb³⁺ 的石英玻璃中产生激光辐射以来, Yb³⁺ 离子作为一种激光激活离子一直到最近几年才受到人们重视,事实上, Yb³⁺ 除应用作为一种敏化离子(也就是激光激活离子,它吸收泵浦光子,接着把能量传递给其他的受主离子如 Er³⁺、Pr³⁺ 等)^[1-3] 外,还作为激光离子,掺 Yb³⁺ 石英光纤作为增益介质的光纤激光器,最近几年获得了迅速的发展,这主要是由于光纤中 Yb³⁺ 离子的吸收截面很高, Stark 谱分裂使其在 970 ~ 1200 nm 范围内有连续的荧光发射,无激发态吸收,转换效率高、宽的增益带宽,使得可用 800 ~ 1100 nm 的半导体激光器作为泵浦源,又容易产生超短脉冲,掺 Yb³⁺ 光纤激光器具有很高的增益,其增益带宽可支持小于 30 fs,且采用包层泵浦技术很容易获得高平均功率的激光脉冲,因此成为人们通常采用的超短光脉冲的产生介质^[4,5]. 本文报道利用 976 nm 半导体激光器泵浦掺 Yb³⁺ 光纤环形腔激光器的初步实验结果.

1 实验装置图

图 1 为掺 Yb³⁺ 的光纤环形激光器的实验装置图. 图中的掺 Yb³⁺ 光纤长度为 10 cm,吸收系数为 190 dB/m,为保证腔内激光的单向运转,采用了偏振敏感的光隔离器,976 nm 的泵浦激光经过 WDM 耦合进入光纤环中,激光器的输出耦合率为 3%,PC 为偏振控制器,用于控制激光器内光的偏振状态. 本文采用波长 976 nm,内部光纤 Bragg 光栅结构,使得泵浦光源具有高的稳定性和更低的噪声的

干扰,避免了由于半导体光源模块的温度引起其输出波长漂移的情况. 在光纤环中构成正反馈的情况下,当泵浦功率超过阈值时,就会从掺 Yb³⁺ 的光纤激光器中形成激光输出. 光隔离器既可以使光单向运行,又可以抑制当腔内功率较高时引起的一些的非线性的影响. 对 976 nm 泵浦光而言,光纤环中的损耗主要是掺 Yb³⁺ 光纤对泵浦光的泵浦吸收损耗,由于所使用的光纤吸收系数较大,所以使用的掺 Yb³⁺ 光纤较短. 通过多次的实验,采用掺 Yb³⁺ 光纤在 10 cm 时转换效率最高. 利用光纤焊接机焊接元器件时仔细操作,以尽量减小光纤间的熔接损耗.

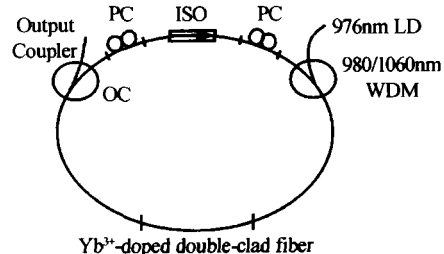


图 1 掺 Yb³⁺ 光纤环形激光器的实验装置

Fig. 1 Experimental setup of Yb³⁺-doped fiber ring laser

2 实验结果

WDM 与掺 Yb³⁺ 光纤焊接构成图 1 所示的环形结构,并耦合进 976 nm 泵浦激光后,仔细调整光纤偏振控制器 PC 的状态,使输出信号激光光功率最大,用美国相干公司 Fieldmaster 型光功率计从端口耦合器输出端测量输出信号光功率. 图 2 为环形腔掺 Yb³⁺ 光纤激光器耦合器输出端口(3%)输出的 1.0537 μm 信号光功率与泵浦光功率的关系. 图 3 是使用日本 Advantest 光谱仪测得的该激光器的输出激光光谱,信号激光中心波长为 1.0537 μm,并有微弱 1.078 μm 光. 在保持偏振控制器状态不变的情况下,观察光谱随泵浦光功率变化. 由于腔体和泵浦波长稳定,因此在改变泵浦光功率时输出信号光的中心波长很稳定. 在改变光纤隔离器两端光纤

*国家自然科学基金(批准号:60137010)、中科院重点项目(项目编号:40001043)资助项目
Tel:029-8484268 Email:yanglingzhen2002@163.com
收稿日期:2003-04-16

偏振控制器(PC)的状态到一定位置时,实验中测得的信号光光谱发生很大变化,在一定的偏振状态下,1.054 μm 和1.066 μm 同时存在(如图4),随着偏振控制器的继续调整,光波长转到1.066 μm .

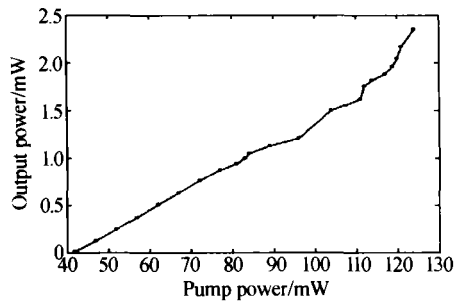


图2 环形激光器的输出功率与泵浦功率的关系

Fig. 2 Output vs input power of Yb^{3+} -doped fiber ring laser

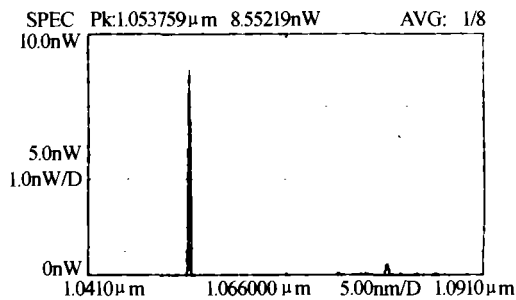


图3 掺 Yb^{3+} 光纤环形激光器的输出光谱

Fig. 3 Output spectrum of Yb^{3+} fiber ring laser

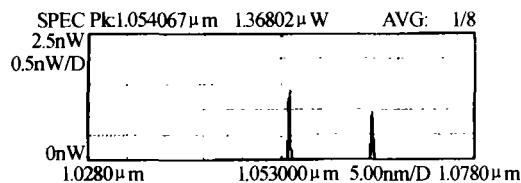


图4 掺 Yb^{3+} 光纤环形激光器的双波长输出光谱(改变偏振控制后)

Fig. 4 Two wavelength output spectrum of Yb^{3+}

3 结论

本文研究了采用环形腔结构,使用偏振敏感的

光隔离器构成掺 Yb^{3+} 光纤激光器激光输出特性. 获得了激光中心波长为1.053 μm 及1.066 μm ,输出功率为2.35 mW的激光输出. 实验观测到在改变波片的位置时,输出的信号光谱发生变化,这与文献[5]所报道的波长转化相一致,但在文献[5]中报道的光谱呈现几个尖的峰值,但在实验中,光谱呈现一定的稳定性. 在文献[6]中,利用线性腔也得到了响应波长的激光输出,并将该现象解释为激光下能级的自吸收引起. 实验在时域观测到掺 Yb^{3+} 环形激光器的自脉动输出,其结果已在文献[7]中报道.

参考文献

- Po H, Cao J D, Lalibene B M, et al. High power Neodymium-doped single transverse mode fiber laser. *Electronics Letter*, 1993, **29**(17):1500~1501
- Zellmer H, Plamann K, Huber G, et al. Visible double-clad upconversion fiber laser. *Electronics Letter*, 1998, **34**(6):565~567
- Cundiff S T, Collins B, Knox W H. Polarization locking in an isotropic, mode locked soliton Er/Yb fiber laser. *Optics Express*, 1997, **1**(1):12~20
- Lin H, Ilday F, Wise F W. Femtosecond Ytterbium fiber laser with photonic crystal fiber for dispersion control. *Optics Express*, 2002, **10**(25):1497~1502
- Hideur A, Chartier T, Brune M, et al. Mode-lock, Q-switch and cw-operation of an Yb-doped double-clad fiber ring laser. *Optics Communications*, 2001, **195**(5~6):437~441
- 宁鼎,傅成鹏,丁镭,等. 掺 Yb^{3+} 双包层光纤激光器的实验研究. *光子学报*, 2001, **30**(4):442~445
Ning D, Fu C P, Ding L, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2001, **30**(4):442~445
- 杨玲珍,陈国夫,王屹山,等. 双包层掺 Yb^{3+} 的光纤环形脉冲激光形成研究. *光子学报*, (待发表)
Yang L Z, Chen G F, Wang Y Sh, et al. *Acta Photonica Sinica*, (to be published)

Yb³⁺ -doped Fiber Ring Laser

Yang Lingzhen, Chen Guofu, Wang Yishan, Zhao Wei, Ding Guanglei

*State Key Laboratory of Transient Optics and Technology, Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710068*

Received date: 2003-04-16

Abstract The characteristics of Yb³⁺-doped fiber ring laser using the polarization sensitive ISO are reported. The maximum output power is 2.35 mW and output wavelength is 1.053 μm. When the laser is pumped by 976 nm semiconductor laser, the threshold of pump power is 42 mW. When the PC is adjusted to a position, the wavelength of output laser shifts to 1.066 μm. In the time domain, the signal self-pulsing of Yb³⁺-doped ring laser is shown in the experiment.

Keywords Fiber laser technology; Ring cavity; Fiber



Yang Lingzhen was born in Shanxi Province, China. She received the B. S. degree and M. S. degree successively from the Department of the Applied Physics in the Taiyuan University of Technology. Now she is Studying for her optics Ph. D. at the State Key Laboratory of Transient Optics Technology, Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences. Her research interests are fiber laser generation and amplifier as well as nonlinear fiber optics.