

结构稳定的掺 Er^{3+} 光纤环形腔激光器*

刘东峰 陈国夫 王贤华

(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: 报道了一种腔体结构稳定的掺 Er^{3+} 光纤环形腔激光器的激光输出特性。用 976nm 半导体激光器作为泵浦源, 采用偏振不灵敏型光纤隔离器 (P-Insensitive ISO, 环形腔内分别采用和不采用光纤偏振控制器), 产生了最大功率为 0.94 mW 和 0.33 mW, 波长分别为 1.5581 μm , 1.536 μm 稳定的激光输出。

关键词: 光纤激光器 环形腔 光纤 光纤通讯

Structure stable Er^{3+} -doped fiber ring laser

Liu Dongfeng, Chen Guofu, Wang Xianhua

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

Abstract: This paper reported the results of an experimental study for a Er^{3+} -doped fiber ring laser. Using a semiconductor laser operating at 976nm as the pumping source, the maximum output power of Er^{3+} -doped fiber ring laser was 0.94mW for 1.5581 nm wavelength, when a polarization insensitive ISO were used in the ring cavity.

Key words: fiber laser ring cavity fiber optical fiber communication

引 言

随着光纤通讯技术的发展, 光纤激光技术在 80 年代末期得到世界各国的重视, 已经成为国际激光技术研究一个十分活跃的前沿研究领域^[1~3]。

掺稀土元素光纤激光器具有独特的封闭式波导腔体结构, 而稀土元素的能级结构又十分丰富^[4], 因此, 可采用多光子泵浦, 利用现有商用高功率半导体激光泵浦, 实现全固化, 具有效率高、阈值低(几十毫瓦量级)、便携式、小型化、易与传输光纤耦合等优点, 具有很高的使用价值。

* 中国科学院重点项目资助。

- 3 Koepe G A, Markey B J. Appl Opt, 1984; 23(2): 3515~ 3516
- 4 Lentine A L, Reiley D J, Novotny R A *et al.* Appl Opt, 1997; 36(8): 1804~ 1814
- 5 Reiley D J, Sasian J M. Appl Opt, 1997; 36(19): 4497~ 4504
- 6 黄林强, 万安君, 曹明翠 *et al.* 激光技术, 1996; 20(3): 153

作者简介: 万安君, 女, 1950 年 5 月出生。工程师。现从事宽带光通讯技术及计算机应用。

进入90年代,掺Er³⁺光纤1.55μm波长超短光脉冲光源,由于其在光纤通讯系统中潜在的重要的应用价值,伴随掺Er³⁺光纤放大器技术的成熟化得到了进一步的发展。掺Er³⁺光纤在1.55μm波长具有很高的增益,可采用高功率980nm,1480nm半导体激光泵浦,增益带宽可支持飞秒量级脉宽的超短光脉冲^[5-7]。本文报导我们采用976nm半导体激光器泵浦环形腔掺Er³⁺光纤激光器的实验结果。实验中,环形腔掺Er³⁺光纤激光器产生了稳定的连续光激光输出,激光波长分别为1.536μm和1.5581μm。

1 实验装置与器件

图1是掺Er³⁺光纤环形腔激光器的实验装置图。图中的掺Er³⁺光纤长度为3m,掺杂浓度960ppm,芯径4μm,数值孔径为0.22,截止波长850nm。实验中,分别采用偏振不灵敏型光纤隔离器和偏振灵敏型光纤隔离器使得光纤环形激光器单向运转。976nm泵浦光从MOPA半导体激光器(美国SDL公司生产)输出后,被耦合到980nm/1550nm WDM进入光纤环形腔。输出耦合器的耦合率分别为1.98%和0.9%。光纤环总长度11.6m。图中PC为光纤偏振控制器,用于控制腔内激光的偏振状态。

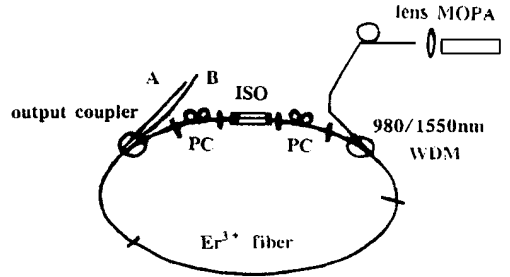


Fig. 1 Diagram of the Er³⁺-doped fiber ring laser

掺Er³⁺光纤中Er³⁺离子吸收976nm泵浦光后,由基态⁴I_{15/2}态跃迁到⁴I_{11/2}激发态后,接着快速无辐射弛豫到⁴I_{13/2}态,然后再跃迁回到基态⁴I_{15/2}辐射出1.55μm激光。在光纤环形腔构成后提供正反馈条件下,当泵浦光功率超过光纤环形腔的阈值时,在掺Er³⁺光纤激光器中形成激光输出。对泵浦光而言,光纤环中主要损耗来自Er³⁺离子对泵浦激光的吸收损耗、光纤焊接损耗(X点为光纤熔接点)、光纤隔离器和光纤偏振控制器的插入损耗及未吸收的泵浦光从输出耦合器的泄漏损耗以及光纤的本征吸收损耗等。而对信号光则主要是Er³⁺离子的再吸收损耗、焊点的损耗及WDM、光纤隔离器、光纤偏振控制器的插入损耗和输出耦合器的输出。为减小腔内损耗,应仔细切割光纤,调整好光纤熔接机的工作状态,尽量减小光纤间的熔接损耗,同时应恰当选择掺Er³⁺光纤长度,尽量吸收泵浦光,同时减小信号光的再吸收损耗。

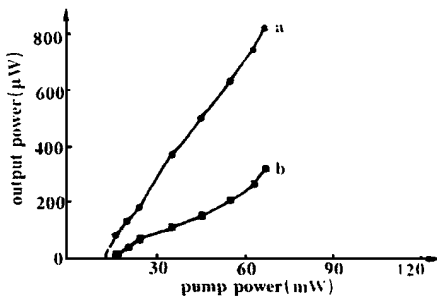


Fig. 2 Output power vs pump power of Er³⁺-doped fiber ring laser using P-insensitive ISO a—without PC in fiber ring laser b—with PC in fiber ring laser

2 实验结果及讨论

使用光纤熔接机熔接各光纤元器件构成环型腔,将976nm泵浦激光耦合进入光纤环型腔后,使用美国相干公司Fieldman光功率计从输出耦合器的端口“A”(输出耦合率为1.98%)测量输出信号光的输出功率,输出端口“B”为0.9%。

图2是采用偏振不灵敏光纤隔离器构成环型腔激光器,“A”端口输出信号光功率与976nm泵浦光功率的关系, a为加光纤偏振控制器(PC)后的输出信号光功率与泵浦光功率的关系曲线,而b为不加光纤偏振控制器(PC)的输出信号光功率与泵浦光功率关系曲线,阈值泵浦功率分别为16mW和14mW,当泵浦光功率为67mW时,最大输出信号光功率分别为0.33mW和0.94mW。从

图中看出, 加入光纤偏振控制器(PC)后, 由于光纤偏振控制器(PC)引入的插入损耗导致了输出信号光功率和腔内量子效率显著下降, 阈值也略有升高。

图 3 是使用日本 Advantest 光谱仪测量的该激光器的输出信号光谱, 信号激光中心波长为 $1.5581\mu\text{m}$ (加入光纤偏振控制器 PC 后信号光的中心波长为 $1.536\mu\text{m}$), 光纤偏振控制器(PC)加入后的输出激光波长发生了显著的改变, 原因估计是由于光纤偏振控制器(PC)的插入损耗与波长有关, 从而引起波长变化。从图中也可看到未吸收的 976nm 泵浦光。在实验中, 当改变泵浦光功率时, 激光器输出信号光的中心波长非常稳定, 而信号光的输出功率则随泵浦光功率的增加而线性增加。在一定的泵浦功率下, 激光器的输出功率非常稳定, 通常情况下, 一般光学平台的振动不影响输出功率的变化, 在长达 4h 的工作时间内, 功率漂移不超过 2%; 而输出激光的中心波长通过 Advantest 光谱仪监测不漂移 (正常室温下)。输出激光功率的变化, 主要受空间 976nm 泵浦激光通过光纤耦合器耦合进光纤的耦合效率稳定性的影响, 如果使用带尾纤的半导体激光器作为泵浦源, 则功率稳定性将非常高。

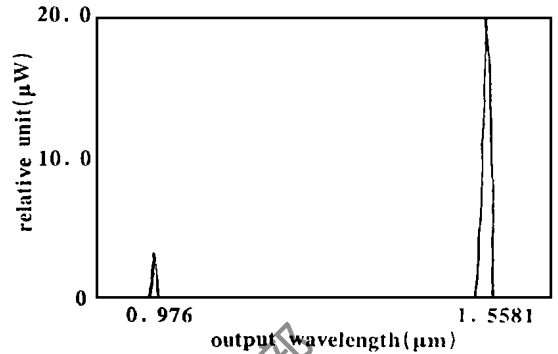


Fig. 3 Output spectrum of the Er^{3+} fiber ring laser (using the P-insensitive ISO, without PC)

由于输出耦合器的输出效率很低, 因此输出信号光功率比较小。如果采用耦合效率比较大的输出耦合器, 会获得更大的输出激光功率。

参 考 文 献

- 1 Horowitz M, Borad Y, Silberberg Y. *Opt Lett*, 1997; 22(11): 799
- 2 Yu C X, Margalit M, Ippen E P *et al.* Direct and accurate measurement of self phase shift due to fiber nonlinearity. CLEO' 98, San Francisco, California, May 5~ 8, 1998
- 3 Calvanuskas A, Fermann M E, Harter D *et al.* High energy high average power femtosecond fiber system using a QPM grating pulse Compressor. CLEO' 98, San Francisco, California, May 5~ 8, 1998
- 4 Harma D C. *Fiber laser, Solid State laser, New Developments and Applications*. Plenum New York: Press, 1993
- 5 邱昆. *中国激光*, 1994; A21(12): 937
- 6 Tamura K, Nelson L E, Haus H A *et al.* *A P L*, 1994; 64(2): 149
- 7 Matsas V J, Newson T P, Zervas M N. *Opt Commun*, 1992; 92: 61

作者简介: 刘东峰, 男, 1964 年 9 月出生。副研究员。现从事超快光学技术、光纤激光技术研究工作。

收稿日期: 1998-08-07 收到修改稿日期: 1998-11-06

• 简讯 •

高效率 YAG 激光器取得新进展

西南技术研究所新研制的光电(LN)调 Q YAG 激光器, 当输入能量在 $7\text{J} \sim 8.5\text{J}$ 之间时, 动态效率超过 2%。7J 时的动态效率为 2.11%。

孙年春 供稿