

文章编号: 1001-3806(2003)06-0606-03

双包层 Er³⁺ / Yb³⁺ 共掺光纤激光器的实验研究*

占生宝 赵尚弘 董淑福 庄茂录 夏贵进 李云霞

(空军工程大学电讯工程学院, 西安, 710077)

摘要: 通过采用长度为 2m、入纤功率为 1W 的双包层 Er³⁺ / Yb³⁺ 共掺光纤作为增益介质所进行的双包层 Er³⁺ / Yb³⁺ 共掺光纤激光器的实验, 得到了波长为 1563.596nm、功率为 242mW 的激光输出。

关键词: EY-805 型 Er³⁺ / Yb³⁺ 共掺双包层光纤; Er³⁺ / Yb³⁺ 共掺光纤激光器; 激光功率; 功率谱

中图分类号: TN248 文献标识码: A

The experimental study of the Er³⁺ / Yb³⁺ co-doped double clad fiber laser

Zhan Shengbao, Zhao Shanghong, Dong Shifu, Zhuang Maolu, Xia Guijin, Li Yunxia

(Institute of Telecommunication Engineering, AFEU, Xi'an, 710077)

Abstract: The experiment is conducted by using an Er³⁺ / Yb³⁺ co-doped double clad fiber with 2m long fiber and input power of 1W. The output power of 242mW with wavelength of 1563.596nm are obtained.

Key words: Er³⁺ / Yb³⁺ co-doped fiber of EY-805 model; Er³⁺ / Yb³⁺ co-doped fiber laser; laser power; power spectrum

引言

在光通信中, 1550nm 波段是非常重要的。掺 Er³⁺ 光纤激光器是产生这一波段的理想激光器。但掺 Er³⁺ 光纤激光器存在能量上转换等缺陷^[1], 影响了其泵浦转换效率。研究表明, 在掺 Er³⁺ 光纤中加入一定的 Yb³⁺, 抑制这些缺陷的效果非常明显^[2]。现代光通信, 由于波分复用(WDM)和密集波分复用(DWDM)技术的运用, 提升了对光源能量的要求, 在未来的光通信中, 瓦级以上的功率将被使用^[3], 这就是进行双包层 Er³⁺ / Yb³⁺ 共掺光纤激光器研究的原因。文中将报道采用双包层 Er³⁺ / Yb³⁺ 共掺光纤作为增益介质进行实验的结果。

1 实验装置及有关参数

设计了图 1 所示的实验装置结构。图中, 泵浦源为一台无铝带尾纤输出的半导体激光二极管泵浦源(LD), 尾纤长度为 5m、尾纤的直径为 800μm、数值孔径为 0.2。LD 允许的最大驱动电流为 30A,

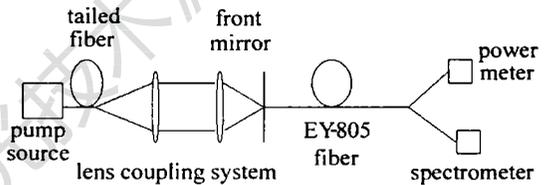


Fig. 1 Experimental setup

在内部温度为 15℃ 的情况下, 测得经尾纤输出的最大激光功率为 14W。图 2 列出了该半导体激光器在

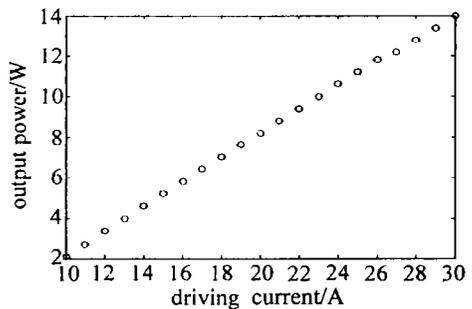


Fig. 2 Output power as a function of driving current

温度为 15℃ 时, 不同的电流值经尾纤输出的激光功率。值得说明的是, 该泵浦源的波长可经温度调谐, 变化范围为(970~ 981) nm; 实验所用光纤为加拿大国家光学研究所(INO)生产的 EY-805 型多模 Er³⁺ / Yb³⁺ 共掺双包层光纤, 光纤长度 2m, 该光纤的其它各种参数见表 1; 耦合系统包括精密调整架 2 个; 倍数为 25、数值孔径为 0.4 的显微物镜一个; 焦距约为 20mm 的准直透镜一个; 对 980nm 泵浦光的透射率为 98% 以上、1550nm 激光的反射率 98% 以上的腔镜一

* 陕西省自然科学基金及空军工程大学学术基金资助项目。

作者简介: 占生宝, 男, 1967 年 9 月出生。硕士研究生。主要从事光通信研究。

收稿日期: 2002 12-25; 收到修改稿日期: 2003 03 06

面。

Table 1 Parameter of EY-805 double clad fiber

type	MM DC EYb co doped hexagonal optical fiber
length	2m
core diameter	16.0 micron
core NA	0.20
first clad shape/ material	hexagonal/silica
distance between parallel plane of hexagonal	(200±10)μm
2nd clad diameter/ material	(295±2)μm / silicone
acrylate coating diameter	(415±2)μm
average cladding absorption@ 977nm	4.9dB/m
background loss @ 1100nm	18.2dB/km
Er ³⁺ - concentration	4.8×10 ²⁵ /m ³
Yb ³⁺ - concentration	3.7×10 ²⁵ /m ³

2 实验结果

2.1 荧光功率及荧光谱

首先, 不加腔镜, 进行荧光功率及荧光谱的测试。逐渐加大电流至 11A 时, 光功率计指针开始摆动, 再增大电流至 13A, 光功率计显示的功率为 6mW。作者认为电流为 13A 时的荧光功率为 6mW。用光谱仪测得的荧光谱见图 3 和图 4。

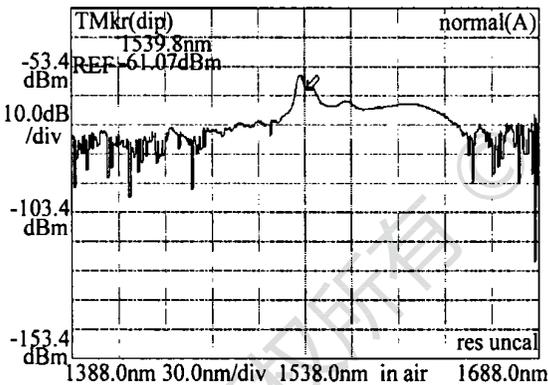


Fig. 3 Fluorescent spectrum when current is 11A

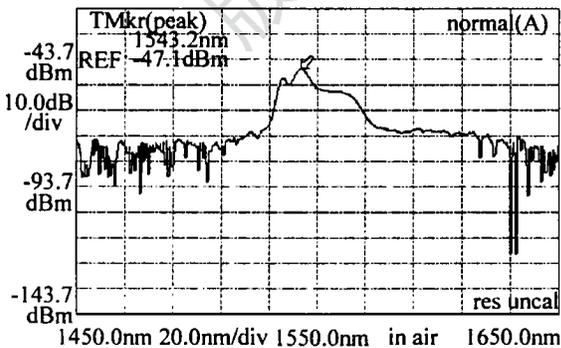


Fig. 4 Fluorescent spectrum when current is 13A

从荧光谱可以看出: 11A 时峰值波长为 1539.8nm; 13A 时峰值波长为 1543.2nm。说明随着电流的增加, 峰值波长向长波长方向移动, 这与文献 [4] 中的分析相吻合。

2.2 激光谱与激光功率

进行完荧光的测试后, 在紧贴显微物镜的输出端面加一腔镜进行激光测试, 该腔镜对 980nm 泵浦光的透射率为 98%, 另一端利用光纤端面 4% 的菲涅耳反射, 从 10A 开始, 逐渐增大电流, 至 16A 时从光谱仪得到的波形见图 5。

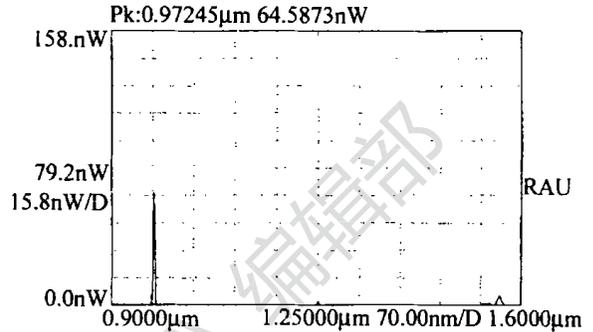


Fig. 5 The output power spectrum when current is 16A

由图可知, 电流为 16A 时, 开始激光振荡, 作者认为, 激光振荡的阈值电流为 16A, 此时, 泵浦波长的峰值为 972.45nm。为比较激光振荡后不同的泵浦电流对波长的影响, 分别使用了 20A, 30A 的电流进行测试, 得到的波形如图 6 和图 7 所示。

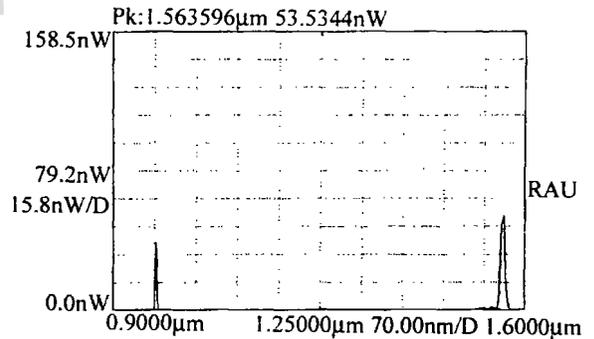


Fig. 6 The output power spectrum when current is 20A

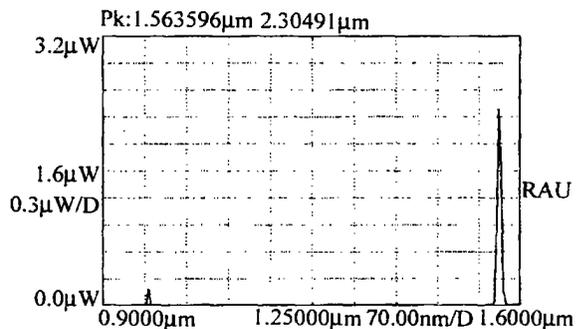


Fig. 7 The output power spectrum when current is 30A

比较图 6 和图 7 可以发现, 当电流增大时, 泵浦波长没有改变, 为 972.45nm, 激光波长也没有改变,

为 1563.596nm。

激光谱测试完后,紧接着进行激光功率测试,从 16A 开始,至 30A 时的激光功率见图 8,其中 30A(也就是入纤功率为约 $1.1 \times 0.98 = 1.0\text{W}$) 时的激光功率为 242mW。

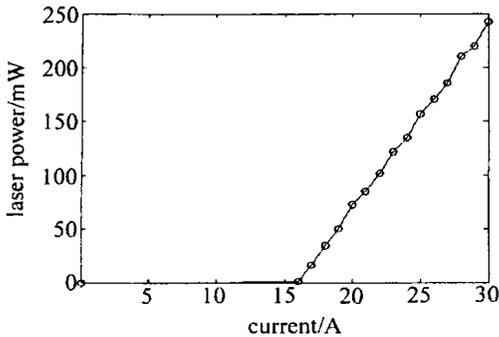


Fig. 8 Laser power as a function of driving current

从图中可看出:产生的激光功率随电流的增加基本上呈直线单调增加,计算的斜效率为 45.4%,量子转换效率为 24.2%。

2.3 对实验结果的分析

从测试得到的 1563.596nm 的激光功率同稳态时模拟^[5]得出的功率相比较发现:二者存在一定的差异,同样的光纤长度下,1W 的泵浦功率模拟时得到的激光功率为 0.40W(激光波长用 1563.596nm),而实验得到的功率仅为 0.242W。造成两者差异的原因有:(1) 光纤端面的影响。实验发现,光纤端面的平整度对产生的激光功率有巨大的影响,端面越平整,产生的激光功率越高。造成光纤端面不平整的原因有:一方面,由于泵浦光经聚焦后在焦点的功率极高,造成放置于该点处的光纤端面熔融,而熔融后的端面使产生的激光功率下降,另一方面,由于条

件的限制,手工所做的光纤端面与理想状况下的端面有较大的差异,也是产生的激光功率低于模拟的激光功率的又一原因。(2) 组合效果的影响。由于使用的是分立元件,可能组合效果没有达到最佳。(3) Er^{3+} 浓度猝灭的影响。掺 Er^{3+} 光纤激光器的浓度猝灭导致 Er^{3+} 部分不可受激和非饱和吸收^[5] 是一个不争的事实,虽然 Yb^{3+} 的加入能有效地抑制浓度的猝灭^[2],但不可能彻底抑制这种作用,并且抑制 Er^{3+} 浓度猝灭影响的最佳掺 Yb^{3+} 比率为 $V(\text{Yb}^{3+})/V(\text{Er}^{3+}) = 10 \sim 12$ ^[6],从该光纤掺杂的比例 ($V(\text{Yb}^{3+})/V(\text{Er}^{3+}) = 7.7$) 来看,没有达到最佳抑制 Er^{3+} 浓度猝灭的水准,而作者的模拟是在仅考虑均匀上转换,忽略非均匀上转换的理想情况下进行的,这之间必然会产生差异。此外光纤的非线性等也会对产生的功率造成影响。

3 小结

通过实验,得到了波长为 1563.596nm、功率为 0.242W 的激光输出,计算的斜效率为 45.4%,量子转换效率为 24%。最后,分析了输出功率低的原因。

参考文献

- [1] Aiso K, Tashiro Y, Funikawa Review, 2001(20): 389~391.
- [2] 占生宝,赵尚弘,董淑福. 激光与红外, 2002(6): 400~402.
- [3] Alam S U, Tumer P W, Gudinin A B *et al.* High power cladding pumped erbium ytterbium co doped fiber laser. Washington DC: OSA, 2001: paper Tu14, Tu14 + TuF 3.
- [4] Dignonet M J F. J Lightwave Technol, 1986, LT4(11): 1631~1639.
- [5] 占生宝,赵尚弘,董淑福. 激光技术, 2003, 27(4): 345~348.
- [6] Vienne G G, Caplen J E, Liang D J. J Lightwave Technol, 1998, 16(11): 1990~2001.

· 简 讯 ·

半导体全向反射镜与光器件集成

全向薄膜反射镜是一种多层薄膜:这种薄膜对于某一特定的波长,其入射角反射率范围可从正入射变化到 90° 入射。韩国汉城国立大学的研究人员利用复合半导体材料制作了这样一个反射镜。分子束外延制造工艺的优点在于有极高的重复性;另外,在激光和光电二极管的基底上同样可生产出这样的半导体镀膜。先培养 4 组 GaAs/AlAs 层,然后用湿热氧化法,将 AlAs 涂层氧化为氧化铝。GaAs 和氧化后的 AlAs 涂层的一般厚度分别是 65nm 和 145nm。在实验中发现,对于 TM 偏振光来说,它的全方位反射范围锁定在一个非常窄的波段(主要集中在 900nm);对于 TE 光来说,波长范围则从 900nm 扩大到了 1100nm。即使 GaAs 对短波长吸收,在低于 850nm 以下也可获得高反射率。

(蒋锐 曹三松 供稿)