

文章编号 : 0253-2239(2002)11-1372-03

高效率可调谐掺镜双包层光纤激光器研究^{*}

孙宏志¹⁾ 梁建中²⁾ 胡谊梅²⁾ 孙迭篪²⁾

(1), 复旦大学物理系, 上海 200433
(2), 复旦大学激光物理与光学实验室, 上海 200433)

摘要: 研究了一种高效率可调谐掺镜双包层光纤激光器, 在抽运半导体激光为 915 nm、功率为 1 W 的条件下, 掺镜双包层光纤激光器的最大输出功率为 440 mW, 输出斜效率约为 80%。输出光束的 M^2 因子为: x 方向 1.06, y 方向 1.04。用一光栅作为输出耦合, 输出波长可在 1070 nm ~ 1150 nm 的范围内调谐。

关键词: 可调谐; 双包层掺镜光纤; 光纤激光器

中图分类号: TN248 文献标识码: A

1 引 言

掺镜双包层光纤激光器是近几年发展的新型激光器, 由于具有高的输出功率、高的转换效率和极好的光束质量, 在光通信、材料加工与处理、医学、印刷等领域中得到了广泛的应用^[1,2]。尤其是掺镜双包层光纤激光器作为拉曼光纤放大器的抽运源, 使光通信的带宽大大扩展, 对实现宽带大容量通信具有重要意义。因而, 掺镜双包层光纤激光器的研制发展十分迅速, 目前实验室最大的输出功率达到了 110 W, 商品化的掺镜双包层光纤激光器达到 10 W 量级, 并已应用到抽运串级光纤拉曼激光器和光纤拉曼放大器的研究中。

双包层掺杂光纤与普通的单模光纤相比, 除了纤芯和内包层之间满足单模光纤条件外, 还有一层低折射率的外包层, 使两个包层之间形成一个多模光波导层, 这样就可以用高功率多模半导体激光抽运, 抽运光在内包层传输并不断激发纤芯中的掺杂离子, 从而达到高功率输出。同时激光输出光束的质量接近衍射极限。

本文研究了一种高效率掺镜双包层光纤激光器, 在抽运半导体激光为 915 nm、功率为 1 W 的条件下, 掺镜双包层光纤激光器的最大输出功率为 440 mW, 输出斜效率约为 80%。输出光束的 M^2 因子为: x 方向 1.06, y 方向 1.04。激光波长为

1112 nm。采用光栅作为输出耦合, 输出波长可在 1070 nm ~ 1150 nm 的范围内调谐。

2 掺镜双包层光纤激光实验

双包层光纤的结构设计成矩形或内六角形, 甚至多边形。外包层用低折射率聚合物镀敷层, 以提高数值孔径。采用阵列大功率半导体激光器作抽运源。掺镜双包层光纤激光器的实验装置如图 1 所示, 抽运光为一个光纤耦合输出的 915 nm 半导体激光, 最大输出功率 1 W, 由一组 1:1 非球面透镜耦合到双包层光纤。在光纤激光器的一端用一个 915 nm 高透、1060 nm 高反的双色镜, 并直接与掺镜双包层光纤粘结, 另一端是直接切割的光纤断面, 利用菲涅耳反射作为输出耦合。掺镜双包层光纤采用矩形结构。光纤芯径 8 μm , 截止波长为 1000 nm, 数值孔径为 0.08。内包层为一个 330 μm \times 170 μm 的矩形, 数值孔径为 0.45。在 915 nm 波段吸收系数为 0.22 dB/m。光纤长度为 50 m。由于抽运光的光纤直径为 100 μm , 数值孔径为 0.18, 所以可达到很高的耦合效率。根据吸收系数和没有达到激光阈值时的剩余抽运光功率, 不考虑其他损耗, 估算耦合效率大于 98%。用一台光谱分析仪观测双包层光纤激光器的输出光谱, 掺镜双包层光纤激光的输出功率经过一个显微物镜准直, 并用一 915 nm 向反、1060 nm 高透的双色镜后, 由功率计测量。采用光纤扫描的方法测量输出激光的光束质量。若在输出端用光栅耦合输出, 则可实现输出波长的调谐。

^{*} 国家自然科学基金(60077005)和上海市光科技专项(012261031)资助课题。

E-mail: sun3142001@hotmail.com

收稿日期: 2001-08-21; 收到修改稿日期: 2001-11-19

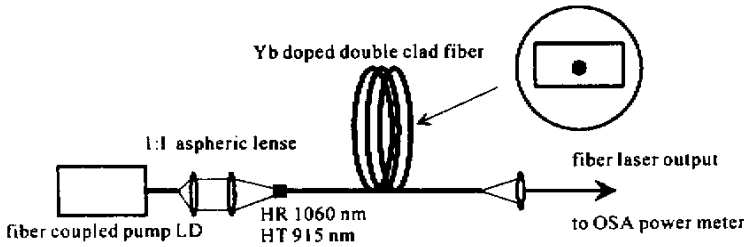


Fig.1 Experimental setup

3 实验结果与讨论

改变抽运功率,由光谱分析仪观测输出光谱。当激光产生时,光谱将由宽带自发辐射转为受激辐射,从而明显变窄,由此可以确定激光振荡的阈值。当进入光纤的抽运功率为 445 mW 时,产生激光振荡。图 2 是光谱分析仪记录的激光输出光谱,激光振荡的中心波长为 1112 nm,带宽约为 2 nm。激光输出功率与抽运功率的关系如图 3 所示。在抽运功率 1.0 W 时,最大输出功率为 440 mW,由此得到光-光转换的斜率效率约为 80%。由于实验误差,激光阈值以上输出功率与抽运功率的关系和理论上的线性关系略有误差。激光输出功率受到了抽运功率的限制,增加抽运功率,可望提高输出功率。

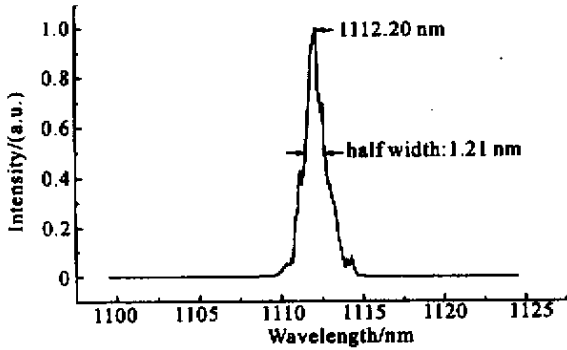


Fig.2 Spectrum of Yb doped double cladding fiber laser

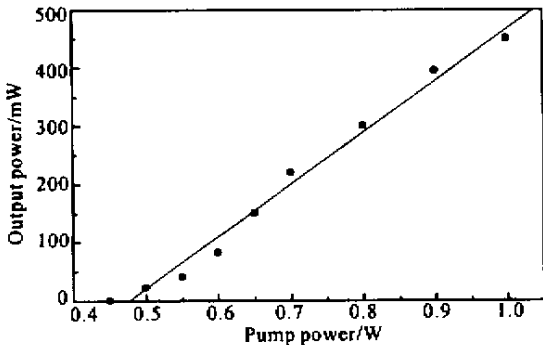


Fig.3 The output power versus pumping power
激光输出光束的质量是一个十分重要的参量,

一般用 M^2 因子来表征^[3],通常用刀口法、小孔法或 CCD 摄像法测量^[4]。我们用一个新的、简单实用的方法,用一根直径为 50 μm 的普通多模光纤对光束扫描,光纤另一端连接功率计测量透过光纤的功率。实际上这与小孔法在原理上相同,只是用光纤代替了小孔,但这种方法克服了小孔衍射引入的误差,而且使用方便。掺镱双包层光纤激光输出光束的 M^2 因子在两个方向上略有差别,分别为 1.04 和 1.06,这都接近了衍射极限。两个方向上的光强分布如图 4 给出,测量结果与高斯函数拟合相符。两者的差别是由纤芯的椭圆度引起的。

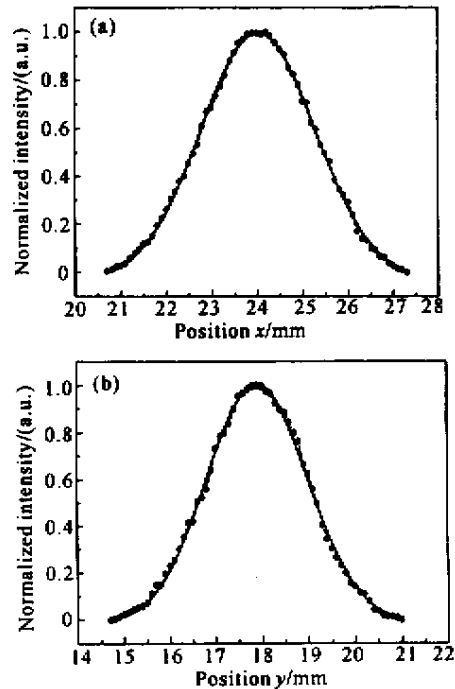


Fig.4 The beam profile of the Yb doped double cladding fiber laser

在一些实际应用(如抽运串级光纤拉曼激光器和光纤拉曼放大器)中,掺镱双包层光纤激光器的波长还必须选择为某一确定的波长,对此我们进行了初步的实验。用一光栅作为输出耦合,可获得从 1070 nm ~ 1150 nm 的输出。这对抽运串级光纤拉曼激光器的应用十分有利。图 5 是归一化波长调谐

曲线。可见光纤激光的输出功率随波长变化,峰值波长在 1115 nm 左右,此时输出功率为 320 mW。

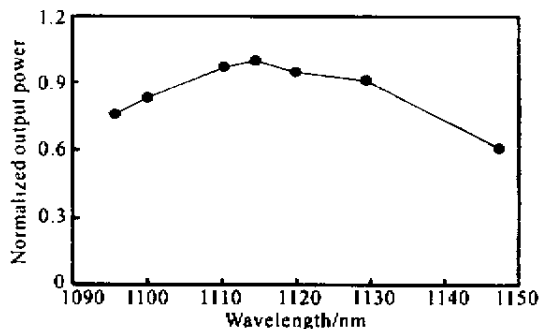


Fig.5 The wavelength tunable curve of Yb doped double cladding fiberlaser

结论 我们研究了一个高转换效率掺镱双包层光纤激光器,光-光转换的斜率效率约为 80%,在抽运半

导体激光为 915 nm、功率为 1 W 的条件下,掺镱双包层光纤激光器的最大输出功率为 440 mW。输出激光的光束质量接近衍射极限,输出波长可在 1070 nm ~ 1150 nm 范围内进行调谐。进一步提高抽运功率,可获得高功率输出,从而用于拉曼光纤放大器的研究和其他应用领域。有关的实验正在进行之中。

参 考 文 献

- [1] Mitchard G , Waarts R. Double-clad fibers enable lasers to handle high power. *Laser Focus World* ,1999 ,35(1):113 ~ 115
- [2] DIGlovanl D J , Muedel M H. High power fiber laser. *Optics and Photonics News* ,1999 ,26 ~ 30
- [3] Siegman A E. *Laser* , University Science Books. CA : Mill Valley ,1986. 697
- [4] Siegman A E , Sasnett M W , Johnston T F. Choice of clip levels for beam width measurements using knife-edge techniques. *IEEE J. Quant. Electron.* ,1991 **QE-27**(4):1098 ~ 1104

A High Efficient Tunable Yb Doped Double Cladding Fiber Laser

Sun Hongzhi¹⁾ Liang Jianzhong²⁾ Hu Yimei²⁾ Sun Diechi²⁾

(1) , Department of Physics , Fudan University , Shanghai 200433

(2) , Laboratory of Laser Physics and Optics , Fudan University , Shanghai 200433)

(Received 21 August 2001 ; revised 19 November 2001)

Abstract : A tunable ytterbium doped double cladding fiber laser with high efficiency has been investigated. The output power of the fiber laser was about 440 mW using 1 W 915 nm LD pumping and the slope efficiency was about 80%. The M^2 factor of the output beam in both directions were 1.06 and 1.04 , respectively. The output wavelength can be tuned from 1070 nm ~ 1150 nm while using a grating at output coupler.

Key words : tunable ; Yb doped double cladding fiber ; fiber laser