

掺镱(Yb^{3+})双包层光纤激光器的数值分析*

徐向涛, 戴特力, 梁一平, 王定举, 范嗣强, 张 鹏

(重庆师范大学 物理与电子工程学院, 光学工程重点实验室, 重庆 400047)

摘要:通过对速率方程的求解,得到了掺 Yb^{3+} 双包层光纤激光器的输出功率表达式 $P_{\text{out}} = \frac{(1-R_2)\sqrt{R_1} \cdot P_{s,\text{sat}}}{(1-R_1)\sqrt{R_2} + (1-R_2)\sqrt{R_1}}$ $\cdot \left[(1-\exp(\xi)) \frac{\nu_s}{\nu_p} \cdot \frac{P_p^+(0) + P_p^-(L)}{P_{s,\text{sat}}} - (N\Gamma_s\sigma_s^a + \alpha_s)L - \ln\left(\frac{1}{\sqrt{R_1R_2}}\right) \right]$ 。利用 Matlab 软件对其进行了数值模拟,分析了泵浦波长、泵浦功率、光纤长度、光纤掺杂浓度、输出腔镜对激光器输出功率的影响。结果表明,用 915 nm 和 975 nm 进行泵浦时所需的最佳光纤长度是不相同的,掺杂浓度对光纤长度的最佳值也存在影响,输出腔镜的反射率应尽量小,合理地最优化系统参数能使掺 Yb^{3+} 双包层光纤激光器输出功率达到最优。

关键词:光纤激光器; 速率方程; Yb^{3+} 掺杂; 数值分析

中图分类号: TN248.1

文献标志码: A

文章编号: 1672-6693(2013)01-0091-04

随着高功率半导体激光器(LD)泵浦技术和双包层光纤制作工艺的发展,光纤激光器的输出功率已经由最初的几百毫瓦上升到了数千瓦水平^[1-2]。与传统固态激光器相比,光纤激光器具有阈值低、光束质量好、热管理方便、结构紧凑等优点,在工业、军事国防及医疗等领域有着广泛的应用前景^[3-8]。

光纤激光器采用掺稀土元素(钕、镱、铒、铥、铱等)光纤作为增益介质,其中 Yb^{3+} 离子量子转换效率高、无激发态吸收、无浓度淬灭,并且具有很高的吸收截面、较宽的吸收光谱(800~1 100 nm)以及较宽的发射光谱(975~1 200 nm),可实现高功率输出^[9]。为了实现掺 Yb^{3+} 双包层光纤激光器的最佳性能,对其进行数值模拟分析是必要的^[10-11]。本文通过求解速率方程并利用 Matlab 软件进行数值模拟,对掺 Yb^{3+} 双包层光纤激光器的关键参数(泵浦波长、泵浦功率、掺杂浓度、输出腔镜、光纤长度)进行了分析讨论,有利于从理论上优化选取激光器的最佳参数,对实际光纤激光器的系统设计具有参考和指导意义。

1 理论分析

光纤激光器通常采用二极管激光器(LD)作为泵浦源,泵浦光通过一定的泵浦方式耦合到内包层中,沿光纤传输,并逐渐被掺杂在纤芯中的稀土离子吸收。图 1 是常见的端面泵浦掺 Yb^{3+} 双包层光纤激光器结构示意图, L 是双包层增益光纤的长度, R_1 和 R_2 分别为光纤激光器的前腔镜和输出镜, P_p 为泵浦光功率, P_{out} 为输出光功率, $P_p^+(z)$ 、 $P_p^-(z)$ 分别为前、后向泵浦光功率, $P_s^+(z)$ 、 $P_s^-(z)$ 分别为前、后向传输激光功率。

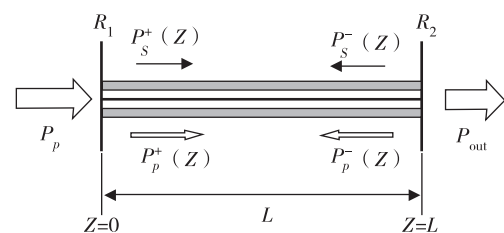


图 1 端面泵浦掺 Yb^{3+} 双包层光纤激光器结构示意图

稳态下掺 Yb^{3+} 双包层光纤激光器的速率方程可以表示为^[12]

$$\frac{N_2(z)}{N} = \frac{\frac{[P_p^+(z) + P_p^-(z)]\sigma_p^a\Gamma_p}{h\nu_p A_c} + \frac{[P_s^+(z) + P_s^-(z)]\sigma_s^a\Gamma_s}{h\nu_s A_c}}{\frac{[P_p^+(z) + P_p^-(z)](\sigma_p^a + \sigma_p^e)\Gamma_p}{h\nu_p A_c} + \frac{1}{\tau} + \frac{[P_s^+(z) + P_s^-(z)](\sigma_s^a + \sigma_s^e)\Gamma_s}{h\nu_s A_c}} \quad (1)$$

* 收稿日期:2012-07-03 修回日期:2012-10-18

资助项目:国家自然科学基金项目(No. 61008059);重庆市自然科学基金项目(No. cstcjj40029);重庆市教委科技项目(No. KJ060816);重庆市高校创新团队设计计划资助项目(No. 201013);重庆师范大学博士启动基金项目(No. 11XLB014)

作者简介:徐向涛,男,硕士研究生,研究方向为光纤激光器,E-mail: xuxiangtao@163.com;通讯作者:梁一平,E-mail: Liangyiping@yahoo.com.cn

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20130118.1505.201301.9>