

高功率掺 Yb 皮秒光纤激光器研究

电子科学与技术学院电子科学与技术专业 林怀钦

(学号: 2008160050)

指导教师: 郭春雨

摘要: 高功率皮秒光纤激光器在当前科研及产业领域具有越来越重要的应用, 可用于激光加工、激光打标、激光焊接、激光医疗和激光武器等民用及军事领域。相对于传统线性腔高功率光纤激光器, 高功率主振荡功率放大 (MOPA) 光纤激光系统在体积、重量、效率、结构等方面优势明显, 可进一步提高激光输出特性, 因此具有更强的应用潜力。近年来, 研究工作主要集中在如何抑制主放大级系统中的非线性效应, 从而进一步提高输出功率, 以及具有较大模场面积和一定高阶模抑制特性的增益介质光纤的设计。本论文选取了掺 Yb 光纤皮秒激光器作为研究课题, 主要进行了以下几个方面的研究:

1. 简要概述了光纤激光器的发展及其分类, 并对高功率 MOPA 光纤激光器的研究背景和发展状况进行了介绍。

2. 简述了高功率光纤模场适配器和光纤合束器的原理, 详细地介绍了实验制作过程以及研究的结果。通过研究, 最终制作出来的光纤模场适配器实现最小的插入损耗仅为 0.2dB, 可以承受 20W 以上的高功率输出。而制作出来的 2×1 、 3×1 、 $(2+1) \times 1$ 光纤合束器插入损耗分别为 0.25dB、0.35dB、0.6dB。

3. 采用掺 Yb 光纤非线性被动锁模方案, 实现脉冲重复频率为 17.51MHz、脉宽约为 600ps、中心波长为 1062.2nm、平均功率为 7.14mW 激光输出的皮秒光纤种子源。

4. 利用四级主振荡功率放大 (MOPA) 方案对种子源进行功率放大, 并采用自行设计的光脉冲重复频率扩展器、光纤模场适配器和包层功率剥离器对系统进行完善。最终实现重复频率为 287MHz、脉宽约为 800ps、中心波长为 1063.7nm、平均输出功率达到 24W 的高功率皮秒激光输出。

关键词: 皮秒光纤激光器; 主振荡功率放大器; 掺 Yb 光纤; 非线性被动锁模光纤激光器; 光纤模场适配器; 包层功率剥离器; 光脉冲重复频率扩展器

Abstract: High power picosecond fiber lasers, with an increasingly important application in the current fields of research and industry, can be used for laser processing, laser marking, laser welding, laser medical treatment and laser weapons which not only civil but also military areas. Master Oscillator Power Amplifiers (MOPA) have great advantages over typical high power fiber laser in the aspect of volume, weight, efficiency and structure; besides, they can further improve the output features of the fiber laser systems. Thus, it enjoys a great available application. Recently, researches of MOPA focus on the control of the nonlinear optical effects in fiber core of power amplifier to scale the output power and the design of large mode area active fiber which can suppress high-order modes. Therefore, the high-power Yb-doped picosecond fiber laser is chosen as the research subject. The main work included as follows:

1. Briefly summarized the development of the fiber laser and its classification, and the high power MOPA fiber laser research background and development condition is also introduced.

2. Briefly introduced the principle of high power mode field adapter and fiber combiner, then the process of fabrication and the result of research in detail. Through the research, finally the fiber mode

field adapter realizing a smallest insertion loss of 0.2dB, which can withstand more than 20W high power output. And the 2×1 , 3×1 and $(2+1)\times 1$ fiber combiner with a insertion loss of 0.25dB, 0.35dB and 0.6dB respectively.

3. Using Yb-doped nonlinear passive mode-locking as a scheme, we realized a picosecond fiber seed which produces 7.14 mW average power with 640 ps pulse width and 17.51MHz repetition rate.

4. Using the four master oscillator power amplifier (MOPA) scheme for the seed source power scaling, whilst using a self-designed optical pulse repetition frequency extender, fiber mode field adapter and cladding pump stripper to improve the system. Finally, we realized a high power picosecond laser with a repetition frequency of 287 MHz, a 800ps pulse width and a 24 W average power output.

Key Words: picosecond fiber laser; MOPA; Yb-doped fiber; Nonlinear passive mode-locked fiber laser; high power; fiber mode field adapter; cladding pump stripper; optical pulse repetition frequency extender

教师点评: 高功率皮秒光纤激光器是当前脉冲光纤激光器研究中的一个热点,可应用于激光加工、激光打标、激光焊接、超连续谱光源产生、非线性频率变换等众多科研及产业领域。本论文对高功率掺Yb皮秒光纤激光器及其核心技术进行了深入的研究:攻克了光纤模场适配器、光纤合束器、包层功率剥离器和光脉冲重复频率扩展器等高功率光纤激光器核心技术;采用NPR光纤环形腔锁模方案实现了皮秒脉冲激光器种子源;采用四级主振荡功率放大(MOPA)方案,实现了重复频率为298.7 MHz、脉宽~800 ps、平均功率为24 W的高功率皮秒激光输出。论文选题有较强的学术和应用价值,难度大,工作量饱满,实验结果翔实可信,具有一定的创新性。论文撰写规范,论证严密,条理清晰。值得一提的是该同学从大二开始就积极进入实验室提前开展毕业设计项目,通过两年的锻炼学习,理论基础扎实,具有较强的实验技能,目前已初步形成独立分析问题、解决问题的科研能力,毕业设计这一年中,工作努力,积极认真、和研究生一样每天都来实验室,圆满地完成了毕业设计任务。是一篇优秀的毕业论文。