

8 D K Das, T M Pollock. Femtosecond laser machining of cooling holes in thermal barrier coated CMSX4 superalloy[J]. J Materials Processing Technology, 2009, 209(15-16): 5661-5668.  
 9 V Semak, A. Matsunawa. The role of recoil pressure in energy balance during laser materials processing[J]. J Phys D: Appl Phys, 1997, 30(18): 2541-2552.

10 G Raciukaitis, M Brikas, M Gedvilas. Efficiency aspects in processing of metals with high-repetition-rate ultra-short-pulse lasers[C]. Proceedings of ICALEO, 2008. 176-184.  
 11 J Furmanski, A M Rubenchik, M D Shirik. Deterministic processing of alumina with ultrashort laser pulses[J]. J Appl Phys, 2007, 102(7): 073112.

栏目编辑:宋梅梅

## 115 W、20 ps 全光纤结构超短脉冲掺铥光纤激光器

近几年,随着光纤激光技术的飞速发展与日益急迫的应用需求,2.0  $\mu\text{m}$  超短脉冲掺铥光纤激光器的研究取得了较大的进展和突破。比如,被动锁模掺铥光纤振荡器输出最窄脉冲宽度达到了 119 fs;最高单脉冲能量达到了 8.75 nJ;超短脉冲掺铥光纤放大器最高输出单脉冲能量达到了 156  $\mu\text{J}$ ;2.0  $\mu\text{m}$  超短脉冲掺铥光纤激光器也从原来的空间结构开始向全光纤结构转变,以及从实验演示逐步向工业实际应用转变,这既归因于新型增益光纤(掺铥石英光纤、铥钬共掺石英光纤以及掺铥石英玻璃光纤等)、新型色散补偿元件(啁啾布拉格光栅、小芯径色散补偿光纤以及空心光子晶体光纤等)、以及新型锁模材料和器件(半导体可饱和吸收镜、碳纳米管、石墨烯以及氧化石墨烯可饱和吸收体等)的出现,也归因于超短脉冲光纤激光产生及放大技术的进一步成熟。

最近,本课题组研制出基于全光纤主振荡功率放大(MOPA)结构的皮秒脉冲掺铥光纤激光器平均输出功率为 115 W。实验结构原理如图 1(a)所示,该高功率皮秒脉冲掺铥光纤激光器由种子源和三级掺铥光纤放大器组成。激光种子源的最大平均

输出功率为 25 mW,重复频率为 480 MHz,脉冲宽度约为 22 ps,激光中心波长为 1963 nm,3 dB 光谱带宽为 0.25 nm。进行功率放大前种子源的输出功率被两级掺铥光纤放大器放大大到了 4.5 W,掺铥光纤功率放大器主要包括多模半导体激光器、抽运合束器、双包层掺铥光纤、抽运剥离器等。其中,25/400  $\mu\text{m}$ 的大芯径双包层掺铥光纤作为增益介质,中心波长为 793 nm 的高功率多模半导体激光器作为抽运源,抽运源总的最大输出功率为 200 W。如图 1(b)所示,最后一级掺铥光纤功率放大器的平均输出功率与抽运功率几乎呈线性增加,在抽运功率增加到 195.5 W 时,最大平均输出功率达到了 115 W,相应的激光斜率效率为 60%。如图 1(c)所示,激光脉冲宽度为 20 ps,相应的峰值功率为 12 kW,激光中心波长为 1963 nm。实验结果表明,2.0  $\mu\text{m}$  超短脉冲掺铥光纤激光器可以实现百瓦级高平均功率输出,该百瓦级皮秒脉冲掺铥光纤激光器可作为理想的抽运源抽运非线性光学晶体、中红外拉曼光纤、中红外高非线性光纤以实现高功率的中红外(2.0~5.0  $\mu\text{m}$ )激光输出。

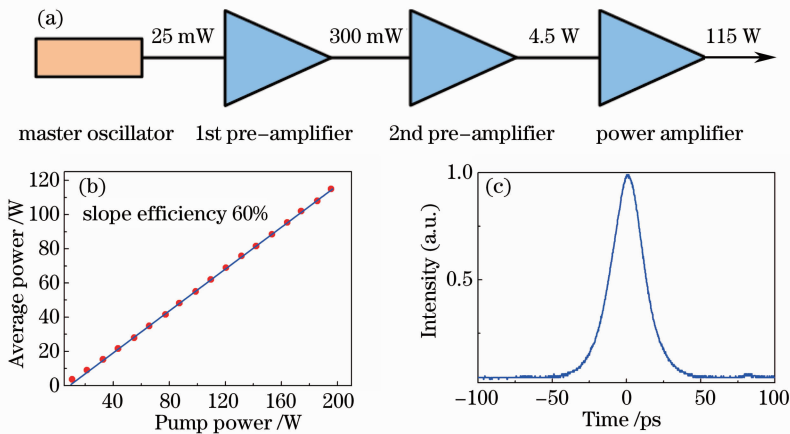


图 1 (a) 实验装置图; (b) 平均输出功率; (c) 激光脉冲宽度

Fig. 1 (a) Schematic setup of fiber laser; (b) average output power; (c) pulse width of laser

刘 江 刘 昆 谭方舟 王 璞\*

(北京工业大学激光工程研究院, 国家产学研激光技术中心, 北京 100124)

\* E-mail: wangpuemail@bjut.edu.cn

收稿日期: 2013-05-06; 收到修改稿日期: 2013-05-15