

简讯

4.2 W 高功率 2.8 μm 氟化物光纤脉冲放大器

高功率、高能量中红外脉冲光纤激光源因其在生物医疗、材料加工、红外对抗等领域的重要应用前景,近年来受到国内外科人员的广泛关注。2012 年,日本京都大学 Tokita 等通过主动调 Q 方式使用掺铒氟化物光纤激光器输出了平均功率为 12 W 的 2.8 μm 脉冲激光;2015 年,美国 PolarOnyx 公司 Wan 等利用类似方法实现了脉冲能量为 201 μJ 的 2.8 μm 脉冲激光,这是目前该波段光纤激光器的最高功率和能量水平。但主动调 Q 方式通常需要在腔内引入额外的声光或电光调制器件,大大增加了系统的复杂程度。与主动调 Q 相比,基于可饱和吸收材料的被动调 Q 系统结构更加简单、紧凑,因而在实际应用中受到更多青睐。2015 年,上海交通大学覃治鹏等利用黑磷材料实现了 2.8 μm 被动调 Q 掺铒氟化物脉冲光纤激光输出,最大脉冲功率和能量分别为 485 mW 和 7.7 μJ 。可以看到,被动调 Q 产生的脉冲功率水平较低,这主要受限于可饱和吸收材料相对较低的损伤阈值。2014 年,亚利桑那大学朱功文等利用 2.8 μm 石墨烯被动调 Q 掺铒氟化物光纤激光器作为种子源,掺铒氟化物光纤作为增益介质,通过一级放大,实现了平均功率为 1 W、脉冲能量超过 24 μJ 的脉冲光纤激光输出,这是目前 3 μm 左右波段基于被动调 Q 方式实现的最高功率。

本课题组研制的掺铒氟化物光纤脉冲激光主振荡功率放大系统结构如图 1(a)所示,种子源为搭建的基于半导体可饱和吸收镜的被动调 Q 掺铒氟化物光纤激光器,放大系统抽运源为 976 nm 激光二极管(LD),最大功率为 200 W,增益光纤为掺杂浓度为 7%(物质的量分数)的双包层掺铒氟化物光纤,纤芯直径和数值孔径分别为 18 μm 和 0.12,抽运包层直径和数值孔径分别为 250 μm /270 μm 和 0.4,光纤长度为 4.3 m,两端均切 10°角以减小端面反馈。如图 1(b)所示,当种子注入功率为 25.5 mW 时,随着抽运功率的增加,输出功率和脉冲能量均呈线性增加。当抽运功率增加到 14.03 W 时,输出功率和脉冲能量分别为 4.2 W 和 58.8 μJ ,抽运激光到信号激光功率转换的斜率效率为 30.79%,此时脉冲重复频率和脉冲宽度分别为 71.73 kHz 和 2.29 μs ,中心波长和谱宽分别为 2786.8 nm 和 1.3 nm。当抽运功率超过该水平时,端面残余反馈所导致的寄生激光消耗了大量上能级离子从而使脉冲放大过程恶化,进而输出连续激光。在此基础上,通过腔型优化,增大种子注入功率,有望进一步提升脉冲激光功率和能量。

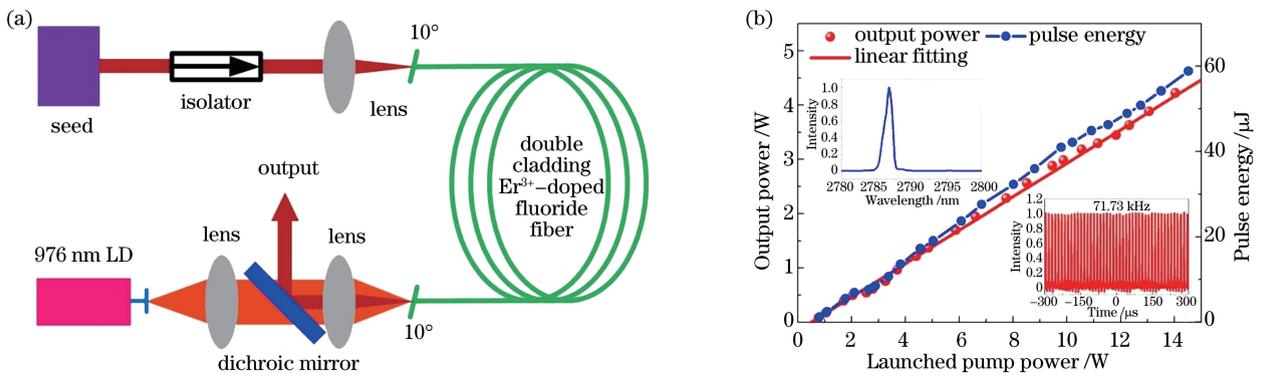


图 1 (a) 基于掺铒氟化物光纤的 2.8 μm 高功率脉冲放大器装置;(b) 激光输出功率和脉冲能量随抽运功率的变化,插图为最大抽运功率时的脉冲光谱图(左上)和时域波形(右下)

Fig. 1 (a) Experimental setup of high power Er^{3+} -doped fluoride fiber amplifier at 2.8 μm ; (b) output power and pulse energy as functions of launched pump power, the insets are pulse spectrum (upper-left) and waveform (lower-right) at the maximum pump power

谢记涛 罗鸿禹 赖雪 李剑峰*

电子科技大学光电信息学院, 四川 成都 610054

* E-mail: lijianfeng@uestc.edu.cn

收稿日期: 2016-05-13; 收到修改稿日期: 2016-06-14