

简讯

高功率波长可调谐中红外被动调 Q 光纤激光器

高功率、高能量、波长可调谐中红外脉冲光纤激光源在生物医疗、材料加工、红外对抗等领域具有重要的应用前景,成为目前国内外研究的热点。高功率、高能量脉冲输出可采用主动或被动调 Q 方法实现。与主动调 Q 方法相比,被动调 Q 方法结构简单、价格低廉,在实际应用中更受青睐。2016 年,电子科技大学谢记涛等将半导体可饱和吸收镜(SESAM)被动调 Q 掺 Er^{3+} 氟化物光纤激光作为种子,通过一级主振荡功率放大器将信号放大,实现了波长为 $2.8 \mu\text{m}$ 、平均功率为 4.2 W 、脉冲能量为 $58.8 \mu\text{J}$ 的脉冲输出。然而,放大器的引入增加了被动调 Q 系统的复杂程度。同年,中国科学院西安光学精密机械研究所沈炎龙等和湖南大学唐平华等分别利用 SESAM 和拓扑绝缘体调 Q,先后实现了平均功率为 1.01 W 、脉冲能量为 $9.3 \mu\text{J}$ 的 $2.8 \mu\text{m}$ 脉冲光纤激光输出。2015 年,电子科技大学李剑峰等利用 $\text{Fe}^{2+}:\text{ZnSe}$ 对掺 Ho^{3+} 氟化物光纤调 Q,获得波长范围为 $2919.1 \sim 3004.2 \text{ nm}$ 的可调谐脉冲光纤激光输出,其最大输出功率和脉冲能量分别为 337 mW 和 $5.64 \mu\text{J}$ 。

实验中的可调谐调 Q 掺 Er^{3+} 氟化物光纤激光器结构如图 1(a)所示。图中 $L1 \sim L5$ 为透镜,抽运源为 976 nm 的激光二极管,增益光纤为一段长为 3.4 m 的双包层掺 Er^{3+} 氟化物光纤。光纤的纤芯直径和数值孔径(NA)分别为 $15 \mu\text{m}$ 和 0.1 ,内包层直径和 NA 分别为 $125 \mu\text{m}$ 和 0.4 , Er^{3+} 掺杂浓度为 8% (物质的量分数)。光纤抽运端直切以提供约 4% 的反馈,而光纤另一端斜切(斜切角为 8°)。采用 $\text{Fe}^{2+}:\text{ZnSe}$ 晶体作为调 Q 元件。通过转动光栅实现波长调谐,光栅为平面光栅(450 line/mm),其闪耀波长为 $3.1 \mu\text{m}$,闪耀角为 32° 。图 1(b)为不同调谐波长下,注入功率为 6.62 W 时的调 Q 脉冲的重复频率及脉宽分布图。随着调谐波长的增大,激光的重复频率逐渐减小而脉宽逐渐增大。在短波调谐极限(2762.5 nm)处,得到重复频率为 148.1 kHz 、脉宽为 $0.56 \mu\text{s}$ 的激光输出。图 1(c)为不同调谐波长下,注入功率为 6.62 W 时,激光的输出功率、脉冲能量以及归一化光谱强度分布图。调 Q 脉冲对应的波长调谐区域为 $2762.5 \sim 2852.5 \text{ nm}$,实现了调谐范围为 90 nm 的宽波段调 Q 脉冲光纤激光。此外,随着调谐波长的增大,激光的输出功率先增大后减小,而脉冲能量一直增加。当调谐波长为 2811.7 nm 和 2852.5 nm 时,通过可饱和吸收体对光纤激光直接调 Q,分别获得平均功率高达 1.73 W 、脉冲能量高达 $24.3 \mu\text{J}$ 的激光输出。当注入功率超过 6.62 W 时,光纤抽运端因温度过高而损坏。在此基础上,引入主动制动系统,则脉冲的平均功率及能量有望进一步提升。

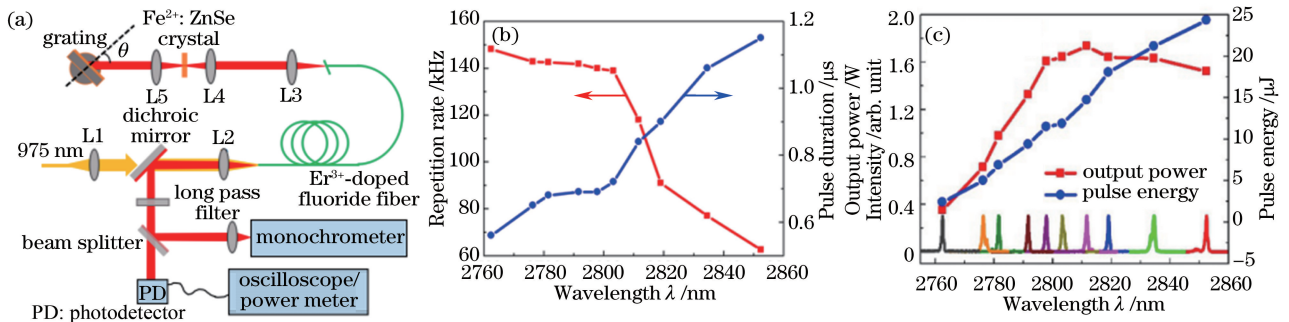


图 1 可调谐被动调 Q 掺 Er^{3+} 氟化物光纤激光器。(a) 实验装置示意图;

(b) 重复频率和脉宽与调谐波长的关系;(c) 输出功率、脉冲能量和归一化光谱强度与波长的关系

Fig. 1 Tunable passively Q-switched Er^{3+} -doped fluoride fiber laser. (a) Diagram of experimental setup; (b) relationship of repetition rate and pulse duration versus wavelength; (c) relationship of output power, pulse energy and normalized spectral intensity versus wavelength

韦晨* 史红霞 罗鸿禹 张晗 翟波 袁飞 刘永

电子科技大学光电信息学院, 四川 成都 610054

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

收稿日期: 2016-07-22; 收到修改稿日期: 2016-07-30