

简讯

高平均功率连续锁模中红外光纤激光器

中红外 $3\ \mu\text{m}$ 波段被动锁模超短脉冲光纤激光光源在军事和民用方面都有潜在应用,如激光医疗、激光光谱学、材料处理及产生中红外超连续谱的抽运源等。基于掺铽或铽谱共掺、掺铒或铒谱共掺的 ZBLAN 光纤的中红外被动锁模光纤激光器成为国内外研究热点。已有报道中中红外被动锁模光纤激光器连续锁模时最高输出平均功率为 $1.05\ \text{W}$ 。本课题组利用半导体可饱和吸收镜 (SESAM) 作为锁模元件,在对光纤端面进行有效防护和进一步优化激光器结构的条件下,在室温时实现了平均功率超过 $3\ \text{W}$ 的中红外连续锁模激光输出,斜率效率为 22.6% 。

该高平均功率连续锁模中红外 Er:ZBLAN 光纤激光器结构如图 1(a) 所示。抽运源为带尾纤输出的 $975\ \text{nm}$ 半导体激光器 (LD)。增益介质为长约 $3.2\ \text{m}$ 的高掺铒 ZBLAN 双包层光纤,其掺杂浓度为 6% (物质的量分数),芯径直径和数值孔径分别为 $33\ \mu\text{m}$ 和 0.12 ,内包层形状为八边形,直径为 $330\ \mu\text{m}$ 。采用特种光纤切割刀对光纤抽运端进行

0° 角切割后将其作为激光器输出端,并装载于有端面防护设计的紫铜热沉中,保证光纤端面可以承受高抽运功率。光纤另一端进行约 10° 角切割处理,以抑制寄生振荡。 $2.8\ \mu\text{m}$ 信号光经透镜准直和聚焦后耦合进入锁模元件 SESAM。SESAM 的反射带宽为 $2000\sim 3400\ \text{nm}$,弛豫时间为 $10\ \text{ps}$,吸收率为 33% ,调制深度为 18% 。饱和通量和损伤阈值分别为 $70\ \mu\text{J}/\text{cm}^2$ 和 $350\ \text{MW}/\text{cm}^2$ 。当注入的抽运功率超过 $0.3\ \text{W}$ 时,获得调 Q 锁模 (QML) 输出。随着抽运功率增加,调 Q 锁模包络的频率增加,同时包络的调制深度逐渐减小。当注入的抽运功率超过 $5.3\ \text{W}$ 时,激光器工作在连续锁模 (CML) 状态。继续增大抽运功率至 $14.1\ \text{W}$ 时,获得最大输出功率 $3.06\ \text{W}$,在此功率下,激光器连续锁模运转持续十几分钟后,SESAM 烧毁。分析认为,抽运功率过高,剩余抽运功率注入 SESAM,导致 SESAM 过热烧毁。后续采用滤波片将进入 SESAM 的抽运光滤除并冷却 SESAM 热沉,激光器连续锁模持续时间和功率有望进一步提升。

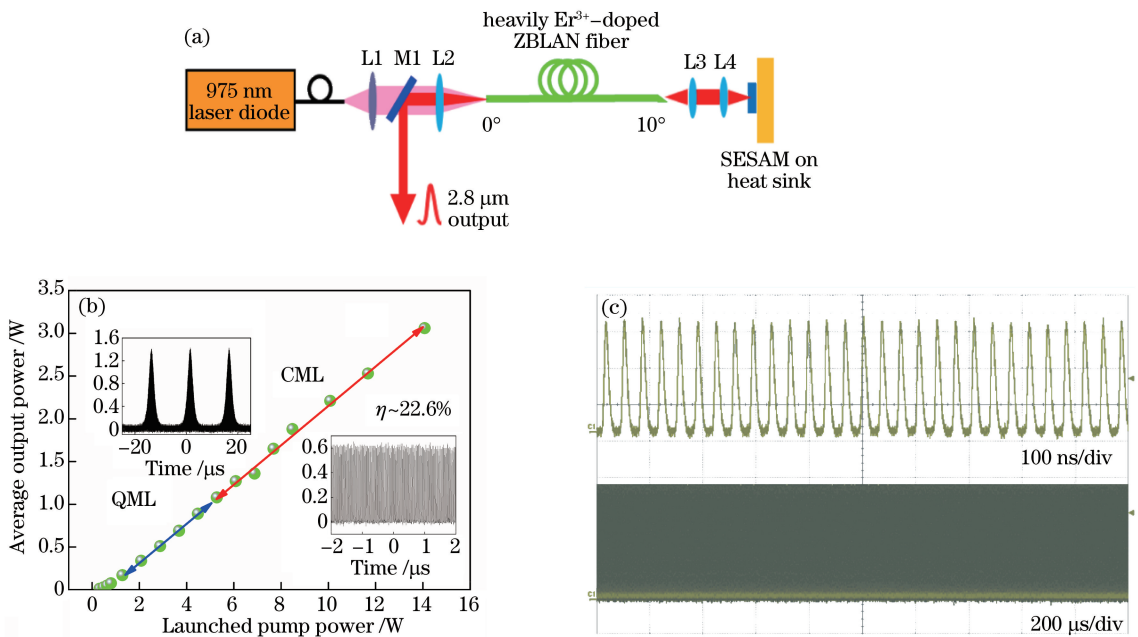


图 1 (a)高平均功率中红外被动锁模光纤激光器结构示意图;(b)平均功率随注入抽运光功率变化曲线;
(c)连续锁模时的脉冲间隔和强度分布

Fig. 1 (a) Schematic of experimental setup for the SESAM-based continuous-wave passively mode-locked Er:ZBLAN fiber laser; (b) laser output average power versus launched pump power; (c) measured pulse trains in different time scales recorded at the CML state

沈炎龙^{1,2,3,4,5}, 王屹山^{1,5*}, 湛鸿伟³, 栾昆鹏³, 陶蒙蒙³, 司金海²

¹中国科学院西安光学精密机械研究所瞬态光学与光子技术国家重点实验室, 陕西 西安 710119;

²西安交通大学电子与信息工程学院, 陕西省信息光子技术重点实验室, 陕西 西安 710049;

³西北核技术研究所激光与物质相互作用国家重点实验室, 陕西 西安 710024;

⁴中国科学院大学, 北京 100049;

⁵山西大学极端光学协同创新中心, 山西 太原 030006

* E-mail: yshwang@opt.ac.cn

收稿日期: 2018-01-29; 收到修改稿日期: 2018-02-09