

中国激光

千瓦级包层泵浦随机分布式反馈拉曼光纤激光

得益于低背景噪声、波长灵活以及结构简单等特点,随机分布式反馈拉曼光纤激光器(RRFL)已被广泛应用于成像、传感以及通信等领域。基于纤芯泵浦方式,RRFL 的最高输出功率已经达到近千瓦水平。随着功率的提升,为了抑制高阶拉曼以及四波混频等非线性效应,被动光纤的长度通常较短;然而,由此带来的分布式瑞利反馈较弱,导致激光器末端的端面反馈对激光器阈值、能量分布以及热分布等特性产生较大影响。相比于纤芯泵浦,包层泵浦不仅有助于抑制非线性效应,允许使用更长的被动光纤来减小端面反馈的影响,同时还可以大幅提升注入的泵浦功率,是 RRFL 功率进一步提升的有效途径。

国防科技大学在国际上首次开展了包层泵浦 RRFL 相关研究,基于全光纤结构获得了超过 1 kW 的最高输出功率,该结果是目前公开报道的包层泵浦 RRFL 的最高功率。实验装置图如图 1(a)所示,

RRFL 为半开腔结构。实验所用的泵浦激光器为两台掺镱光纤激光器,中心波长为 1080 nm,通过一个自制的 3×1 功率合束器(TFB)合束后,总输出功率最高为 1378 W。布拉格光栅(FBG)的反射率大于 99%,中心波长为 1132 nm,半峰全宽为 2 nm。产生拉曼增益和分布式反馈的被动光纤为一段长度为 150 m 的三包层光纤(TCF),其折射率分布如图 1(a)中插图所示,纤芯、内包层直径分别为 $30 \mu\text{m}$ 和 $50 \mu\text{m}$,数值孔径(NA)分别为 0.06 和 0.22。将泵浦光注入 TCF 的内包层中。TCF 的输出端接有一个镀膜端帽(EC)以降低信号光的端面反馈。此外,为避免模场失配,实验中 TFB、端帽输出尾纤以及 FBG 均为与增益光纤相同的 TCF。合束器剩余输入臂以及泵浦激光器后向输出端均切 8° 斜角,以减小端面反馈。激光器的输出功率、光谱随泵浦功率的变化情况分别如图 1(b)、(c)所示(通过对二色镜分光后的输出功率进行测量)。当泵浦

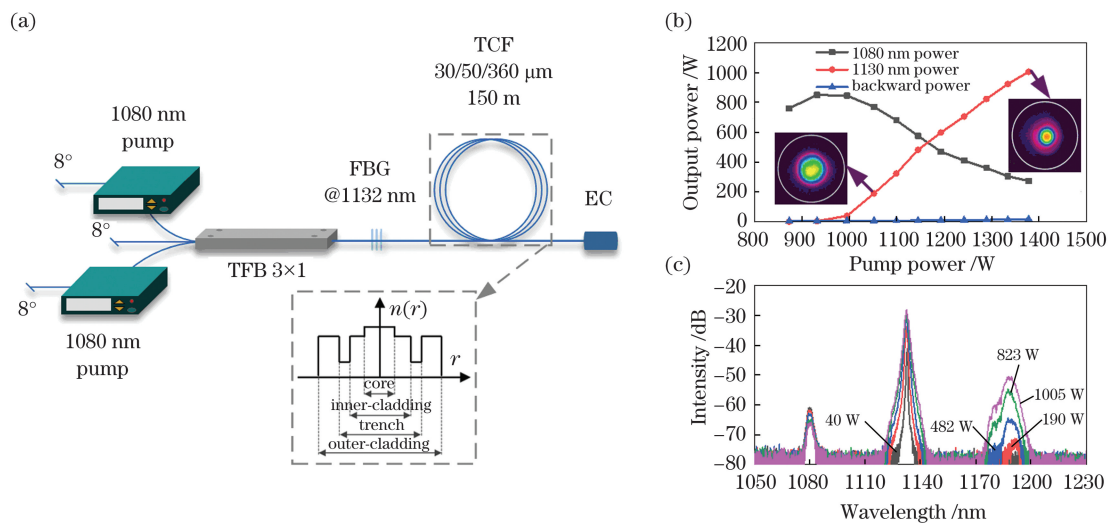


图 1 包层泵浦 RRFL 实验结构,RRFL 输出功率随泵浦功率的变化,以及不同信号功率下的输出光谱。(a) 包层泵浦 RRFL 实验结构示意图;(b) RRFL 输出功率随泵浦功率的变化情况;(c) 不同信号功率下的输出光谱

Fig. 1 Schematic of experimental setup of cladding pump RRFL, RRFL output power varying with pump power, and output spectra at different signal power. (a) Schematic of experimental setup of cladding pump RRFL; (b) RRFL output power varying with pump power; (c) output spectra at different signal power

光为 950 W 左右时,中心波长为 1132 nm 的信号光达到阈值。随着泵浦功率继续增加,信号光功率迅速增加。当泵浦功率达到 1378 W 时,信号光功率

达到 1005 W,此时剩余泵浦光的功率为 274 W,对应的光-光转换效率为 91%(信号光与吸收泵浦光的功率之比)。输出信号光的光束质量最优为 2.4。

范晨晨,姚天甫*,肖虎,黄良金,许将明,冷进勇,周朴**

国防科技大学前沿交叉学科学院,湖南 长沙 410073

通信作者:*yaotianfumary@163.com; **zhoup203@163.com

收稿日期:2021-06-28;修回日期:2021-07-03;录用日期:2021-07-19