

中国激光

基于近平顶光谱实现 3.6 kW 窄线宽线偏振近单模光纤激光输出

窄线宽、高功率、线偏振光纤放大器在相干合成和非线性频率转换等方面具有重要的应用。到目前为止,窄线宽非保偏近衍射极限全光纤激光器已经实现了 5.07 kW, 0.37 nm (98 GHz) 输出。然而,相比于非保偏光纤激光器,窄线宽保偏光纤激光器具有更低的非线性和模式不稳定(MI)阈值,实现高功率输出更为困难。2016年,美国林肯实验室采用镀金外包层的非保偏增益光纤和伪随机信号相位调制,实现了 3.1 kW 线偏振激光输出,3 dB 线宽为 12 GHz,偏振消光比(PER)为 12 dB。但是,该系统采用了空间耦合结构和非保偏光纤(未进行主动偏振控制),导致其无法应用于较为复杂的环境。2017年,国防科技大学团队实现了 2.43 kW 的全光纤窄线宽线偏振激光输出,3 dB 线宽为 68 GHz, PER 为 18 dB。2020年,中国工程物理研究院团队基于相位调制种子源和光纤振荡器种子源的主振荡功率放大(MOPA)结构,分别实现了 2.62 kW 和 3.08 kW 的线偏振全光纤激光输出,二阶矩线宽分别为 30 GHz 和 72 GHz。

最近,中国工程物理研究院团队基于单频种子源

光谱展宽结构,通过对相位调制信号进行非线性优化,实现了近平顶光谱输出。相对于高斯形或洛伦兹形光谱,近平顶光谱可以有效地降低功率谱密度,进而可以有效地抑制受激布里渊散射(SBS)效应,但目前国内外还尚无基于近平顶光谱的高功率报道。同时,通过优化主放大器增益光纤的模式调控,MI 效应得到有效的抑制,实现了 3.6 kW 的高功率窄线宽线偏振近单模光纤激光输出。激光器的测试结果如图 1(a)所示,最高输出功率为 3.605 kW,激光器最大功率时的光光转换效率达到了 84.8%,在最大功率时 PER 为 15 dB。图 1(a)中的插图为激光功率为 3605 W 时的光斑形态,测得的光束质量(M^2)因子在 x 和 y 方向上分别为 1.212 和 1.217。如图 1(b)所示,输出激光的 20 dB 二阶矩线宽为 23 GHz,在整个放大过程中没有光谱展宽现象。目前该保偏光纤激光器功率的继续提升主要受限于泵浦功率。基于优化的近平顶光谱,当二阶矩线宽为 8.5 GHz 时,激光器的最大输出功率为 2.3 kW。

基于近平顶光谱实现 3.6 kW 窄线宽近单模高消光比光纤激光输出,标志着窄线宽保偏光纤激光

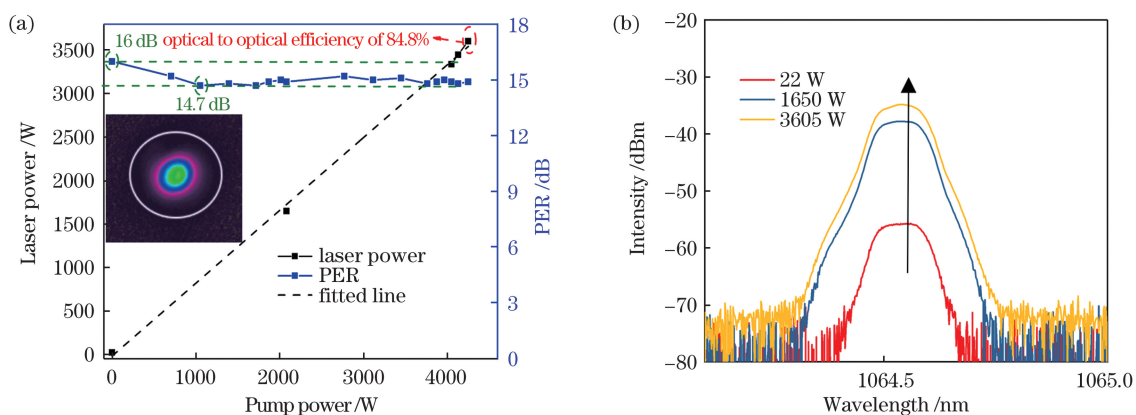


图 1 输出特性。(a)激光功率及偏振消光比随泵浦功率的变化,插图为最大输出功率下的光斑形态;(b)不同功率下的输出光谱

Fig. 1 Output characteristics. (a) Laser power and PER versus pump power, with beam shape at maximum output power is shown in illustration; (b) output spectra at different laser powers

器中的 MI、退偏和 SBS 等得到了有效的控制。该光源填补了国内 3.5 kW 以上窄线宽线偏振近单模

光纤激光的空白,将为后续优质光束合成提供重要的技术支撑。

王岩山^{1, 2}, 马毅^{1, 2}, 彭万敬^{1, 2}, 孙殷宏^{1, 2*}, 冯昱骏^{1, 2**}, 王珏^{1, 2}, 唐淳^{1, 2}

¹中国工程物理研究院应用电子学研究所, 四川 绵阳 621900;

²中国工程物理研究院高能激光科学与技术重点实验室, 四川 绵阳 621900

通信作者: *5244120@qq.com; **fabius769@163.com

收稿日期: 2021-05-07; 修回日期: 2021-05-27; 录用日期: 2021-06-08