

简讯

全光纤化高效率、窄线宽光纤激光器实现 2.5 kW 近衍射极限输出

高亮度、窄线宽光纤激光光源在相干通信、激光雷达、相干/光谱合成、高能粒子加速器、聚变点火和激光冷却等领域具有重大的研究价值和广阔的应用前景。然而,光纤中的非线性效应以及大模场光纤的模式不稳定(MI)效应是保证光谱纯度和光束质量的同时进行输出功率定标放大的主要限制因素,因此,采用创新技术手段突破这两个限制因素是现阶段窄线宽光纤激光的研究焦点,引起国内外主流研究机构的重点关注。最近,2015年,德国Jena大学实现了45 GHz线宽,输出功率2.3 kW的近衍射极限光纤激光,光-光转换效率87%,光束质量达到 $M_x^2=1.3$, $M_y^2=1.15$ 。2016年3月,Jena大学利用特制24.5 μm 纤芯双包层光纤,空间结构实现了45 GHz线宽, $M^2=1.3$,3 kW功率输出。2015年,国内国防科学技术大学实现45 GHz线宽,光束质量因子 $M^2=1.3$ (1.52 kW),1.89 kW的功率输出,中国工程物理研究院在相关会议中也报道了线宽小于50 GHz,输出功率接近2 kW的窄线宽激光结果。

最近,中国科学院上海光机所采用自研光纤光栅、高功率合束器、包层光滤除器等核心器件,基于光纤光栅级联滤波、线宽操控、放大级参数控制和光纤模式控制等关键技术突破了Jena大学研究组报道的纤芯20 μm ,数值孔径 $NA=0.06$ 光纤中,线宽小于50 GHz激光的单模输出功率极限,实现了功率2.5 kW,线宽0.18 nm (50 GHz),中心波长1064.1 nm的近衍射极限光纤激光输出。该激光器采用紧凑、稳定的全光纤化种子加三级主振荡功率放大(MOPA)结构,使激光器具有很好的稳健性,主放大级采用非保偏20/400 μm 光纤。在976 nm抽运功率达到2894 W时激光器最高输出功率为2520 W,光-光转换效率达到87.1%(无明显残余抽运光),正向输出功率达到2.5 kW时,后向光反射率 $R<0.01\%$,如图1(a)所示。满功率状态下输出光谱和输出光束质量如图1(b)所示。光束质量在2 kW时测试得 $M_x^2=1.191$, $M_y^2=1.186$,如图1(c)所示。实验中没有观察到受激布里渊散射(SBS)、受激拉曼散射(SRS)及MI等非线性现象,受限于可用的抽运功率,激光输出功率有望进一步提升。

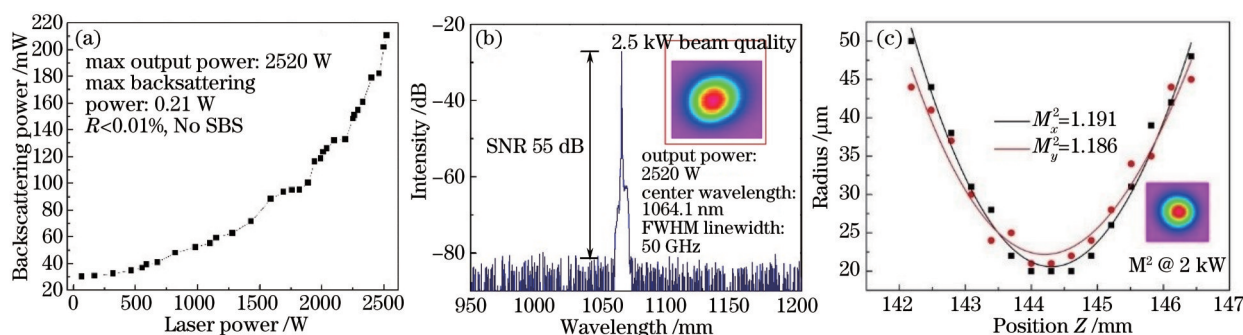


图1 (a) 后向功率随正向功率的变化趋势; (b) 2.5 kW 输出光谱与光束质量特性; (c) 2 kW 功率量级光束质量测试

Fig.1 (a) Backscattering power versus output power, no SBS is observed; (b) emission spectrum and beam quality of 2.5 kW output beam; (c) beam quality of M^2 at 2 kW power level

该研究成果证明本课题组从光纤激光的核心器件研制到关键技术攻关均实现了重大突破,也表明我国在窄线宽光纤激光领域具备了线宽精确操控、光纤热光效应管理、非线性效应抑制、全光纤化及模块化工程研发能力,相关核心技术达到国际领先地位,这对我国窄线宽光纤激光技术的发展和实用化应用具有重要而深远的意义。

杨依枫^{1,2} 沈辉^{1,2} 陈晓龙^{1,2} 全昭^{1,2} 郑也^{1,2} 刘广柏^{1,2} 漆云凤^{1,2}
何兵^{1,2*} 周军^{1,2} 陈卫标^{1,2}

¹中国科学院上海光学精密机械研究所,上海 201800

²上海市全固态激光器与应用技术重点实验室,上海 201800

*E-mail: bryanho@siom.ac.cn

收稿日期: 2016-03-21; 收到修改稿日期: 2016-03-28