

激光二极管端面泵浦百瓦级 1319 nm Nd:YAG 板条激光器

1319 nm 波段激光在光通信、生物医学及非线性频率变换等方面具有重要的研究价值,被广泛应用于医疗诊治、激光显示、环境检测和无线通信等领域。2007 年,华北光电技术研究所用 808 nm 激光二极管侧面泵浦 Nd:YAG 晶体棒,获得了 192 W 的 1319 nm 连续激光输出,光-光转化效率为 15.7%。端面泵浦一般难以产生高功率的激光输出,但由于模式匹配好,容易获得较高的效率。2009 年,长春理工大学理学院采用光纤耦合的 885 nm 激光二极管端面泵浦 Nd:YAG 晶体棒,获得了 9.1 W 的 1319 nm 连续激光输出,光-光转换效率达到了 50%。

本实验使用 808 nm 激光二极管阵列部分端面泵浦 Nd:YAG 板条晶体,最终获得了百瓦量级的 1319 nm 连续激光输出。实验装置如图 1 所示,激光二极管阵列发射的 808 nm 激光经过整形光学系统后形成一条光强分布均匀的矩形泵浦线(尺寸为 $0.3\text{ mm} \times 14.0\text{ mm}$),其注入到晶体端面上,在晶体中央构成薄片状的增益层。激光晶体为 Nd 的掺杂含量(原子数分数)为 1% 的尺寸为 $1\text{ mm} \times 14\text{ mm} \times 12\text{ mm}$ 的板条晶体, a 轴切割,通光方向上晶体长度为 12 mm。端面(尺寸为 $1\text{ mm} \times 14\text{ mm}$)抛光并镀有 808 nm 和 1319 nm 的高透膜,两个大面(尺寸为

$14\text{ mm} \times 12\text{ mm}$)被封装于紫铜热沉中进行水冷循环散热。谐振腔采用平-凹腔稳腔结构,腔长 $L = 30\text{ mm}$,输入镜 M1 为曲率半径 $R = 500\text{ mm}$ 的球面镜,镀有 1319 nm 高反膜(对 1338 nm 光的反射率小于 60%),同时对 808 nm 和 1064 nm 光高透;输出耦合镜 M2 采用透过率为 $T = 5\%$ 的平面镜。M3 对 808 nm 光 45°高反,同时对 1319 nm 光高透。激光器的输出功率与泵浦功率的关系如图 2(a)所示。随着泵浦功率的增加,输出功率呈现线性增长的趋势,拟合的斜率效率约为 28.1%。在泵浦功率为 524 W 时,获得了功率为 109.4 W、光-光转化效率为 20.9%、斜效率为 28.1% 的 1319 nm 激光输出。水平方向上的光束质量因子(M^2)约为 850,用相机采集通过整形系统后的激光光斑尺寸,如图 2(b)所示,垂直方向上的光束质量因子 $M^2 = 3.06$ 。图 2(c)为输出功率为 109.4 W 时的激光光谱与泵浦光谱。在注入泵浦功率为 524 W 时测得激光器 5 min 内的功率稳定性(均方根)为 0.24%,如图 2(d)所示。虽然 808 nm 激光泵浦的 1319 nm 激光有着较大的量子亏损,在板条晶体垂直方向上会产生较强的热透镜效应(水平方向可以忽略),但在注入泵浦功率小于 1 kW 时,谐振腔处于稳区。

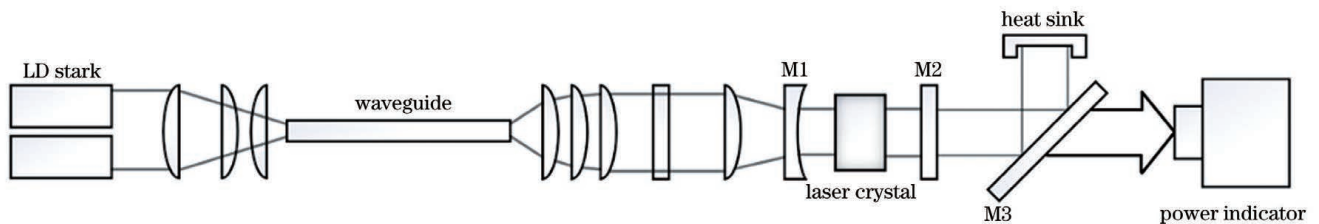


图 1 实验装置示意图

Fig. 1 Schematic of experimental setup

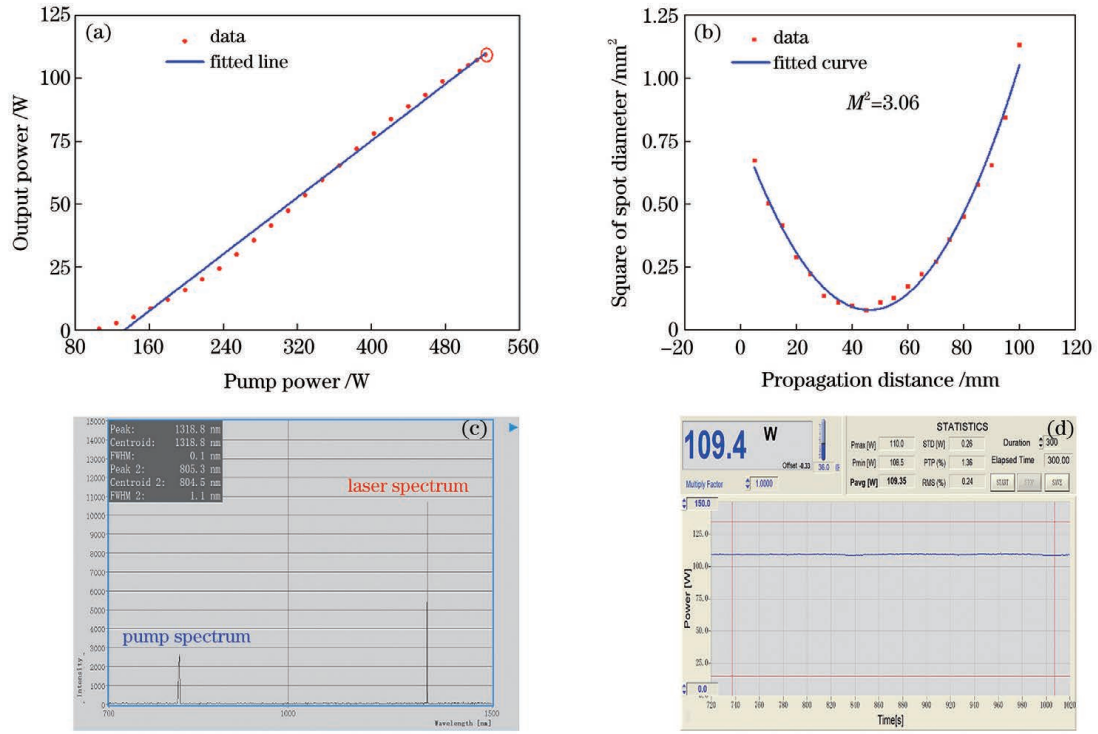


图 2 输出特性。(a)输出功率与泵浦功率的关系;(b)竖直方向的光束质量;(c)输出功率为 109.4 W 时的激光光谱与泵浦光谱;(d)5 min 内的功率稳定性

Fig. 2 Output characteristics. (a) Output power versus pump power; (b) beam quality factor in vertical direction; (c) laser spectrum and pump spectrum when output power is 109.4 W; (d) power stability within 5 min

臧天元¹, 杨斯靓¹, 刘磊², 王文涛², 孟诗涵¹, 蒋剑良¹, 张恒利^{1*}

¹北京理工大学光电学院固体激光实验室, 北京 100081;

²中国电子科技集团公司第十一研究所固体激光技术重点实验室, 北京 100015

通信作者: *zhl040325@bit.edu.cn

收稿日期: 2022-07-20; 修回日期: 2022-07-28; 录用日期: 2022-08-25