

## 低温 Yb:YAG 碟片激光器

Yb:YAG 晶体具有较高的损伤阈值、较长的荧光寿命和良好的力学性能且便于生长加工。在液氮温区, Yb:YAG 从准三能级结构转变为四能级结构, 饱和通量下降至损伤阈值以下, 并且热导率大幅提升、热膨胀系数大幅下降, 因此基于低温冷却的 Yb:YAG 晶体有望支持高重复频率高能量激光脉冲的输出。

本团队积极探索低温 Yb:YAG 激光放大技术, 前期采用低温棒状 Yb:YAG 晶体进行了激光放大, 获得了重复频率为 1 kHz、脉冲能量为 61 mJ 的单模纳秒激光。为进一步克服热效应并提升功率和能量, 我们开展了低温 Yb:YAG 碟片激光器放大技术研究。将片状 Yb:YAG 晶体 [直径为 20 mm, 厚度为 2 mm, Yb 掺杂原子数分数为 2%, 碟片晶体一个端面 (s1) 的镀膜在 1030 nm 和 940 nm 处增透, 另一个端面 (s2) 的镀膜在 1030 nm 和 940 nm 处高反] 焊接到热沉, 使用液氮对热沉进行制冷。该结构的优势是保证了散热效果, 同时泵浦结构相对简单。在实验中, 泵浦光经过 s1 面入射到晶体中并经过 s2 面反射后再次通过晶体 (即两通泵浦), 此时激光晶体对泵浦光的吸收率可达 69%。为了验证基于该晶体的激光输出效果, 我们搭建了激光谐振腔, 光路结构图如图 1 所示。

实验中, 泵浦光中心波长为 938 nm、芯径为 330  $\mu\text{m}$ , 通过成像系统后在片状 Yb:YAG 晶体上的光斑直径为 1.8 mm。施加的泵浦光功率为 10 W 左右时谐振腔开始输出激光, 随着泵浦光功率的增加, 谐振腔输出的

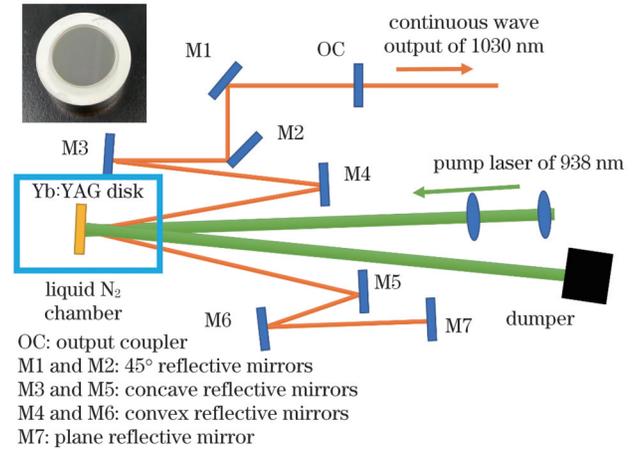


图 1 低温 Yb:YAG 碟片激光器的光路图, 插图为焊接在热沉上的 Yb:YAG 晶体照片

Fig. 1 Optical path diagram of cryogenic Yb:YAG disk laser with photo of Yb:YAG crystal soldered on heat sink shown in inset

激光功率呈线性增加, 受限于泵浦功率, 当最高吸收泵浦功率为 147 W 时, 输出的激光功率为 82 W, 光光转换效率为 56% (图 2)。由于较好的散热效果, 在整个出光过程中, 斜效率保持不变, 未出现热饱和现象, 且输出激光的光斑均为高斯分布。

低温 Yb:YAG 碟片激光器良好的散热性能和激光输出能力得到了验证, 该模块将用于本团队的高重复频率高能量激光放大系统, 有望实现高光光转换效率、高光束质量的激光放大效果。

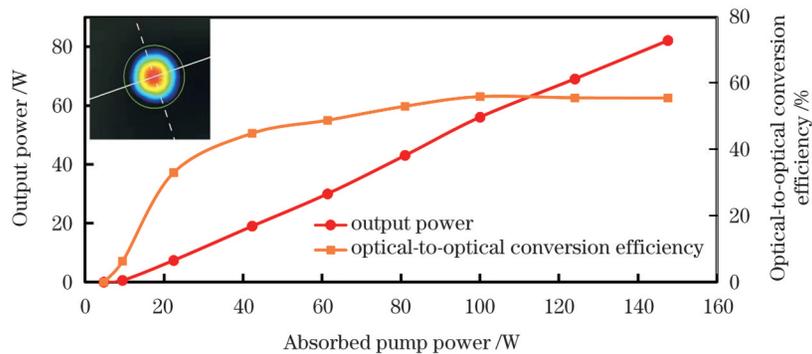


图 2 低温 Yb:YAG 碟片激光器的输出功率, 插图为输出光斑形貌

Fig. 2 Output powers of cryogenic Yb:YAG disk laser with output spot profile shown in inset

何会军, 余军, 林庆典, 郭晓杨\*, 周沧涛, 阮双琛

深圳技术大学工程物理学院先进材料测试技术研究中心深圳市超强激光与先进材料技术重点实验室, 广东 深圳 518118

通信作者: \*[guoxiaoyang@sztu.edu.cn](mailto:guoxiaoyang@sztu.edu.cn)

基金项目: 国家自然科学基金(12004262, 62005184)、深圳市高层次人才项目(202024555101039)

收稿日期: 2023-11-24; 修回日期: 2024-01-04; 录用日期: 2024-01-05; 网络首发日期: 2024-01-12