

Yb:(Y_{1-x}La_x)₂O₃ 透明陶瓷实现激光输出*

掺 Yb³⁺ 的晶体是用激光二极管(LD)抽运的一种极有前景的固体激光材料。Yb³⁺ 为最简单的激光活性离子,电子构型为 [Xe]4f¹³, 仅有一个基态²F_{7/2} 和一个激发态²F_{5/2}, 两者的能量间隔为10000 cm⁻¹, 在晶场作用下, 能级产生斯塔克分裂, 形成准三能级的激光运行机制。掺 Yb³⁺ 的激光增益介质具有宽的吸收带宽和荧光带宽, 本征量子缺陷低, 不存在激发态吸收和上转换效应, 高的光光转换效率, 以及长的毫秒级荧光寿命, 因此它在高功率以及超短脉冲激光应用方面具有很大的潜力。

Y₂O₃ 为立方晶体, 作为三价镧系激活离子的激光基质晶体, 它具有良好的热、化学、光学和机械性能, 是一种非常有前景的固态激光材料。其热导率是 YAG 的 2 倍, Sr₃(PO₄)₃F 的十几倍, 但 Y₂O₃ 熔融温度高达 2430 °C, 且在 2280 °C 时 Y₂O₃ 会发生立方相向六方相的多晶相变, 使得 Y₂O₃ 单晶很难制备, 所以采用陶瓷工艺制备透明激光 Y₂O₃ 陶瓷成为研究的热点和趋势, Y₂O₃ 透明陶瓷样品一般是在高温(大于等于 2000 °C)、热压烧结而成。日本科学家 Saito N. 等采用纳米技术制备纳米粉末来制备 Y₂O₃ 透明陶瓷, 其烧结温度降至约 1700 °C。Yb:Y₂O₃ 透明陶瓷是国际上第一台实现锁模飞秒激光输出并保持最高斜效率的陶瓷激光材料。

我们采用氧化镧钪固溶体有效降低了 Y₂O₃ 的熔融温度, 最近上海大学和中国科学院上海光学精密机械研究所合作, 获得高质量 Yb:(Y_{0.9}La_{0.1})₂O₃ 多晶陶瓷并初步实现了 500 mW 连续波激光输出。材料的吸收光谱、发射光谱与日本的 Yb:Y₂O₃ 透明陶瓷基本相同, 荧光寿命则提高 40% 以上, 达 1.48 ms。图 1 为 Yb:(Y_{0.9}La_{0.1})₂O₃ 多晶陶瓷照片, Yb³⁺ 的掺杂原子数分数为 5%, 样品厚度为 4 mm。



图 1 Yb:(Y_{0.9}La_{0.1})₂O₃ 多晶陶瓷样品(φ12 mm×4 mm)

Fig. 1 Photo of Yb:(Y_{0.9}La_{0.1})₂O₃ transparent ceramics

图 2 和图 3 分别为室温下 Yb:(Y_{0.9}La_{0.1})₂O₃ 多晶陶瓷的透射和吸收光谱, 从中可以看出, 透射光谱基底保持水平, 基底透射率大于 81%, 没有出现明显的瑞利散射和米氏散射, 并且实现了 Yb³⁺ 的高浓度掺杂和激光输出。

采用激光二极管端面抽运三镜折叠腔结构。Yb:(Y_{0.9}La_{0.1})₂O₃ 多晶陶瓷样品的尺寸为 3 mm×3 mm×1.8 mm, 抽运源采用光纤耦合输出的激光二极管, 光纤芯径为 200 μm, 输出中心波长为 976 nm, 最大输出功率为 20 W, 采用 1:1 透镜组聚焦在 Yb:(Y_{0.9}La_{0.1})₂O₃ 多晶陶瓷表面。测试了当输出透射率 T = 9% 时的激光输出功率, 在波长为

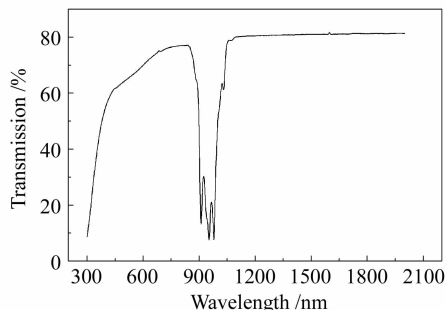


图 2 室温下 Yb:(Y_{0.9}La_{0.1})₂O₃ 多晶陶瓷的直线透射光谱
Fig. 2 Room temperature in-line transmission spectrum of Yb:(Y_{0.9}La_{0.1})₂O₃ ceramics

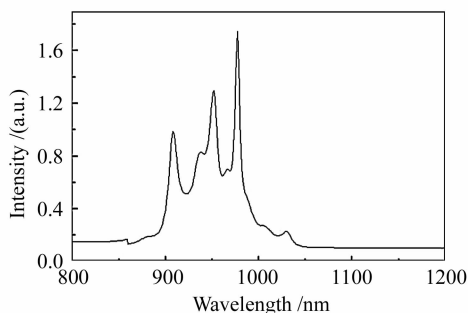


图 3 室温下 Yb:(Y_{0.9}La_{0.1})₂O₃ 多晶陶瓷的吸收光谱
Fig. 3 Room temperature in-line absorption spectrum of Yb:(Y_{0.9}La_{0.1})₂O₃ ceramics

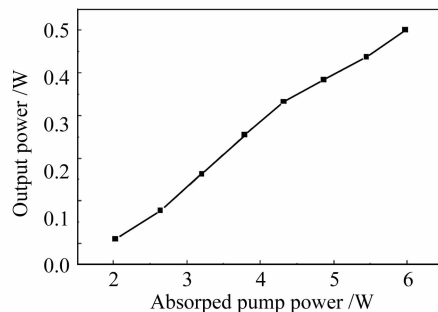


图 4 激光输入、输出关系曲线

Fig. 4 Curve of laser input and output power
1080 nm 处获得最大输出功率 500 mW, 斜率效率约为 13%, 如图 4 所示。可以预测, 陶瓷质量的进一步提高将会获得更高效率的输出。

¹ 中国科学院上海光学精密机械研究所
强场物理国家重点实验室, 上海 201800
² 上海大学材料学院, 上海 200072
梁晓燕¹ 何晋平¹ 杨秋红² 豆传国²
徐军¹ 周洪旭² 苏良碧¹
收稿日期: 2008-01-09; 收到修改稿日期: 2008-02-02