

激光二极管抽运自倍频新型 Yb:GdYAB 晶体实现激光运转*

近年来,掺 Yb³⁺ 晶体因其在 980 nm 附近存在很好的吸收峰,适合高效的 InGaAs 激光二极管抽运,已经得到广泛关注。Yb³⁺ 离子量子缺陷小,可以得到高效率激光输出;而且这类晶体高浓度掺杂也不会产生浓度淬灭和激发态重吸收等不良作用,从而可以缩短晶体长度实现紧凑的激光系统。另外,该晶体比掺 Nd³⁺ 晶体的荧光带宽宽,材料色散低,这都有利于实现小型化的超短脉冲激光器。有意义的是,这种晶体中有的具有很高的非线性系数,它可以实现激光的自倍频运转,即同时得到基频光和倍频光的输出,如 Yb:YAB 晶体。

YAl₃(BO₃)₄ (简称 YAB) 属于三方晶系结构,空间群为 R32,具有良好的物理化学性能和热稳定性。YAB 具有非中心对称结构和 BO₃ 平面共轭基团,使得它具有很强的非线性光学效应,其倍频系数达到 KDP 的四倍,当掺杂少量 Yb³⁺ 时,Yb:YAB 便成为一种优秀的自倍频激光晶体。而当 Gd³⁺ 取代 YAB 中部分 Y³⁺ 时,晶体局部结构的对称性将进一步降低,从而有望提高其倍频系数。本文采用山东大学李静等最新生长的 Yb³⁺:Gd_{0.2}Y_{0.75}Al₃(BO₃)₄ (简称 Yb:GdYAB) 激光晶体,实现了激光二极管(LD)抽运的自倍频激光输出。

实验中的样品两面抛光并镀有宽带增透膜,垂直切割尺寸为 3 mm × 3 mm × 3 mm,按照对 1064 nm 倍频的 I 类相位匹配方向进行切割。图 1 显示了室温下晶体的吸收和荧光谱,激活离子 Yb³⁺ 的原子数分数为 5%。从图中可以看出吸收主峰对应于 974 nm 波段,恰好适合 InGaAs 二极管的有效抽运。而发射荧光带有较宽的带宽(半峰全宽约为 50 nm),理论上可以支持 22 fs 的激光脉冲输出。

首先采用简单的平面腔结构对晶体进行基频光性能的测试,抽运源中心波长为 970 nm,调节抽运光偏振,使晶体平均吸收达到 83%。平面输出镜的透射率为 10%,它与输入平面双色镜分开的距离约为 1 cm 左右,利用这种结构实现了 Yb:GdYAB 晶体在 1040.5 nm 处激光输出。测量激光光谱(光谱仪:Istrees Laser Spectrum Analyzer)如图 2。激光

阈值为 1.57 W,增加抽运功率到 4.22 W 时,获得最大输出功率为 1.38 W,光-光转换效率为 32.7%,最大激光斜率效率达到 54%。由于抽运源的光束质量很差,准直聚焦到晶体内的光斑横向和纵向的尺寸分别为 100 μm 和 400 μm,且抽运光斑存在缺陷,所以阈值相对比较高,通过进一步改善抽运条件应该可以获得更高功率的激光输出。在实验中观测到,利用所设计的抽运结构,在各种抽运功率下输出激光始终保持 TEM₀₀。经过自倍频的初步试验,已经获得 50 mW 的绿色激光输出。

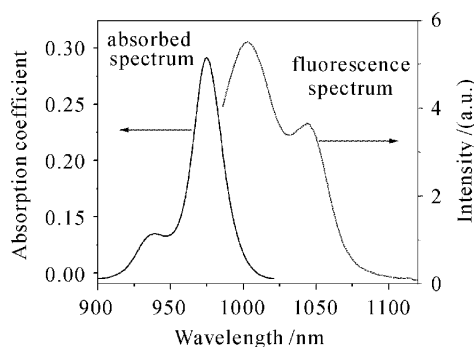


图 1 Yb:GdYAB 晶体的光谱曲线
Fig. 1 Curves of Yb:GdYAB's spectra

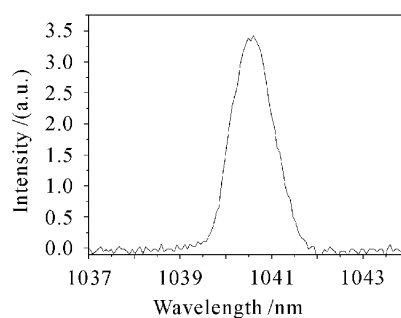


图 2 Yb:GdYAB 激光光谱
Fig. 2 Laser emission spectrum of Yb:GdYAB

¹ 天津大学精密仪器与光电子工程学院, 光电信息技术科学教育部重点实验室, 天津 300072
² 山东大学晶体材料国家重点实验室, 山东 济南 250100
薛迎红¹, 王清月¹, 李 静²,
刘庆文¹, 王继扬², 柴 路^{1**}
收稿日期: 2006-03-27

* 国家重点基础研究(2003CB314904)和国家 863 计划(2002AA311030)资助项目。

** 通信联系人。E-mail: lu_chai@tju.edu.cn