

激光二极管抽运的高效率低阈值 Yb:GSO 激光器*

近年来,掺 Yb 离子的晶体备受关注:掺 Yb 离子晶体能级结构简单,可以避免激发态再吸收、频率上转换、弛豫振荡和浓度猝灭等效应。此外,掺 Yb 离子晶体的吸收光谱位于 900~1000 nm,无需严格的温度控制即可与 InGaAs 激光二极管有效耦合,并且具有很宽范围的荧光发射谱,因此这种晶体很有潜力成为 1 μm 波段的宽调谐及超快激光光源。

实验采用的是中国科学院上海光学精密机械研究所赵广军、徐军小组研制生长的 Yb:GSO 晶体。由表 1 可知其吸收光谱主要由四个吸收峰组成:

897 nm, 922 nm, 940 nm 和 976 nm, 其中 976 nm 为零声子线。Yb:GSO 的一个显著特征即零声子线附近的发射光谱具有很低的强度,因而其吸收光谱和发射光谱之间的重叠很小,更多的辐射跃迁处于长波长区域,再吸收损耗小。如表 1 所示 Yb:GSO 基态能级分裂值达到 1067 cm⁻¹,这是至今为止基态能级分裂值最大的掺 Yb 激光晶体。而且 Yb:GSO 在 1088 nm 具有较大的发射截面,故在 1088 nm 附近可实现高效、低阈值的激光运转。

表 1 掺 Yb 晶体的参数对比

Table 1 Comparison of the parameters of Yb-doped crystals

| Host | LSO | YSO | GSO |
|----------------------------------|---------|----------|-----------------|
| Absorption bands /nm | 978,991 | 978,1005 | 897,922,940,976 |
| $\Delta(^2F_{7/2}) /cm^{-1}$ | 971 | 964 | 1067 |
| Lifetime of fluorescence /ms | 0.95 | 0.67 | 1.1 |
| Laser threshold /W | 1.1 | 1.0 | 0.127 |
| Maximum pump power /W | 14.4 | 14.4 | 3.8 |
| Laser output power /W | 7.3 | 7.7 | 3.1 |
| Slope efficiency /% | 62 | 67 | 81.5 |
| Optical-to-optical efficiency /% | 50 | 53 | 81 |

实验采用了 5 W 的高亮度光纤耦合半导体激光器作为抽运源,其中心波长为 976 nm,芯径和数值孔径分别为 50 μm 和 0.22。所采用的 Yb:GSO 晶体两端面镀了 976 nm 增透膜及 1020~1120 nm 的宽带高反膜,晶体长度为 2 mm, Yb 离子的摩尔分数为 5%。晶体由铝箔包裹固定于铜质的水冷系统上,温度控制在 14 °C。通过 1:1 的光学成像系统将抽运光聚焦到激光晶体上。

实验中采用了 V 型腔结构,如图 1 所示,其中

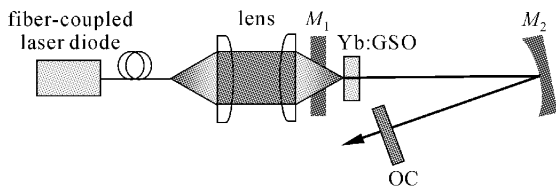


图 1 Yb:GSO 激光腔的示意图

Fig. 1 Schematic of Yb:GSO laser cavity

抽运镜、凹面镜 (R = 150 mm) 和输出耦合镜均镀有 976 nm 的高反膜和 1020~1120 nm 的增透膜。利用 ABCD 传输矩阵计算出晶体上最佳模式匹配的光斑尺寸为 41 μm。为优化实验结果,实验中选择

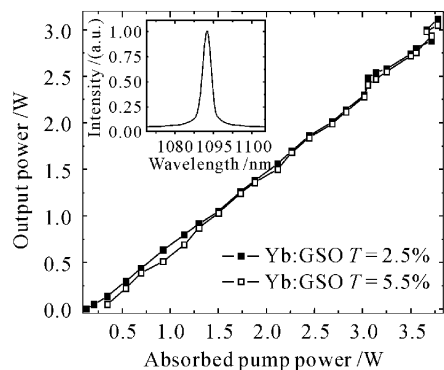


图 2 激光输出的平均功率随吸收功率的变化曲线

Fig. 2 Average output power versus absorbed pump power

* 国家自然科学基金(60478011, 10374028)资助项目。

了透射率分别为 $T = 2.5\%$ 和 5.5% 的输出耦合镜。图 2 为所测量到的激光输出功率和吸收的抽运功率的实验曲线,由图 2 可知 $T = 2.5\%$ 的输出耦合镜获得了较好的实验结果。此时输出激光的中心波长为 1092.5 nm ,激光阈值为 127 mW 。当吸收的抽运功率为 3.8 W (对应的人射抽运功率为 4.7 W) 时,激光的输出功率达 3.1 W ,此时对应的斜效率为 81.5% 。当采用 $T = 5.5\%$ 的输出耦合镜时斜效率可以高达 86% ,而之前报道的实验结果中斜效率仅为 49% ,优化 Yb:GSO 激光运行参数,激光输出的性能可能会进一步提高。如表 1 所示,与 Yb:LSO 和 Yb:YSO 连续激光器比较,Yb:GSO 激光器显示了高效、低阈值的优越性,这是因为在这三个晶体

中它的基态能级分裂值最大,故终态能级上的热布局数最小,且 Yb:GSO 在 1088 nm 附近具有最大的发射截面。因此,可见 Yb:GSO 激光晶体很有潜力支持宽带调谐以及超快超短脉冲输出。

¹ 华东师范大学光谱学与波谱学教育部重点实验室, 上海 200062
² 中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800
 翟 惠¹, 李文雪¹, 郝 强¹, 曾和平¹,
 严成锋², 赵广军², 苏良碧², 徐 军²
 收稿日期:2006-07-11
 收到修改日期:2006-07-19



"名家讲坛" 征稿启事

为了让读者进一步全面了解光电子各领域的发展历程及研究进展,《激光与光电子学进展》杂志将从 2006 年下半年开始推出专题栏目“名家讲坛”,邀请国内外著名学者、教授、高级研发人员讲述激光与光电子技术发展过程中的关键技术、重要突破以及目前的研究热点。内容涉及理论探讨、技术突破、材料研发和市场开拓等相关领域。同时面向广大读者征稿,要求如下:

- 1、作者在激光与光电子应用领域具有一定造诣,并在某一方面有较深入的研究或对该领域的发展态势有较全面和前瞻的把握。
- 2、文章涉及内容应在激光与光电子领域占有重要地位,具有客观的总结性或者高度的前瞻性。
- 3、文章最好配有一定数量的图表(最好为彩色),字数不少于 6000,最好不超过 20 000。
- 4、投稿同时,请作者提供作者简介,包括研究领域、研究成果等。
- 5、论文一经录用,本刊将优先发表,并酌付稿酬。
- 6、投稿地址:上海市 800-211 邮政信箱《激光与光电子学进展》编辑部



欢迎大家踊跃投稿,让我们共同期待“名家讲坛”的精彩呈现!

邮政编码: 201800
 电子邮件: gwjg@mail.shcnc.ac.cn
 联系电话: 021-69918166

《激光与光电子学进展》编辑部

主编 刘真元