

# LD 泵浦的共掺 $\text{Er}^{3+}$ , $\text{Yb}^{3+}$ 磷酸盐 玻璃激光器 \*

宋 峰 陈晓波 冯 行 商美茹 张万林 张光寅  
(南开大学物理学院 天津 300071)

S. Jiang \* \* M. J. Myers  
(美国 Kigre 公司, SC29926)

**提要** 报道了半导体激光泵浦的共掺  $\text{Er}^{3+}$ ,  $\text{Yb}^{3+}$  磷酸盐玻璃激光器的连续运转, 最大输出功率为 10.2 mW, 斜率效率为 5.3%, 激光光谱范围为 1516~1547 nm, 峰值波长为 1533 nm。

**关键词** LD 泵浦,  $\text{Er}:\text{Yb}$ :磷酸盐玻璃, 1.5  $\mu\text{m}$  激光

## 1 引 言

以掺铒玻璃为介质的激光器能发射 1.5  $\mu\text{m}$  附近的激光, 共掺  $\text{Yb}^{3+}$  可以大大提高激光效率。这种激光器可应用于光通讯、人眼安全激光测距等方面, 自 1965 年首次实现脉冲运转<sup>[1]</sup>以来, 得到了广泛的重视, 尤其是 1991 年首次采用了激光二极管(LD)作泵浦光源<sup>[2]</sup>, 更是推动了该课题的研究。此后, 在短短的几年内又相继实现了窄线宽输出、单模及单频输出、调 Q 及锁模运转<sup>[3~5]</sup>。与 Er 光纤激光器相比, Er 玻璃激光器具有体积小、成本低的特点。

目前从事 1.54  $\mu\text{m}$  Er 玻璃激光器研究的单位中比较突出的主要有意大利的 P. Laporta 教授率领的科研小组及 Kigre 公司, 前者以实验室内的科研为主, 后者则更着重于产品的开发。

我们用 Kigre 公司生长的 Er, Yb 共掺的磷酸盐玻璃为激光介质, 用半导体激光泵浦, 在国内实现了激光运转, 得到了大于 10 mW 的 1.54  $\mu\text{m}$  附近的激光输出。

## 2 激光材料

Kigre 公司的 QX/7S 型共掺  $\text{Er}^{3+}$ ,  $\text{Yb}^{3+}$  磷酸盐玻璃的掺杂浓度分别为 1.08%  $\text{Er}_2\text{O}_3$ , 15%  $\text{Yb}_2\text{O}_3$  (重量分数), 图 1 和图 2 分别为 980 nm 附近的吸收光谱和 1.54  $\mu\text{m}$  区域的荧光光谱 (测量用样品的厚度均为 1.6 mm)。分别采用 UV365 型分光光度计和 F111AI 型荧光光度计测量。

由吸收光谱可见, 共掺 Er, Yb 磷酸盐玻璃在 870~1040 nm 波段有一个很宽的吸收带, 对

\* 天津市 21 世纪青年科学基金(编号 973700711)、博士后科学基金及国家自然科学基金资助项目。

\* \* 现在工作单位: Optical Center, University of Arizona, USA.

收稿日期: 1998-04-06; 收到修改稿日期: 1998-06-19

976 nm 的光吸收很强,经计算其吸收系数约为  $22 \text{ cm}^{-1}$ 。

由图 2 的荧光谱可见,荧光带很宽,从 1400 nm 到 1650 nm,有效半宽度约为 81 nm。

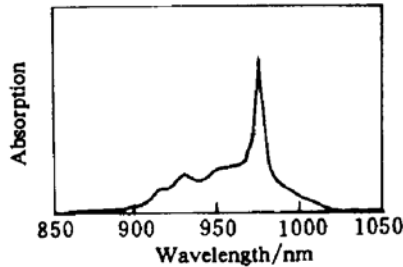


图 1 Er:Yb:磷酸盐玻璃在 980 nm 附近的吸收光谱

Fig. 1 Absorption spectrum of Er:Yb:phosphate glass near 980 nm

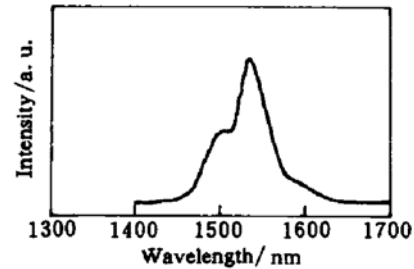


图 2 Er:Yb:磷酸盐玻璃常规荧光谱 (966 nm LD 激光激发)

Fig. 2 Fluorescence spectrum of Er:Yb:phosphate glass (excited by 966 nm LD)

### 3 实验装置

图 3 为实验装置示意图。泵浦光源为中国科学院半导体研究所生产的半导体激光器,最大输出功率约为 0.5 W,中心波长为 969 nm。用两个准直透镜(焦距分别为 60 mm 和 80 mm)将 LD 的发散光束尽可能地整形为半径为几十微米的光斑。由于两透镜均未镀对泵浦光的增透膜,而第一个透镜又未能将 LD 发出的所有光都收集起来,测算表明大约只有 70% 的耦合效率;Er:Yb:玻璃的一面镀 1510~1560 nm 高反(99.9%)同时 970 nm(大于 85%)高透膜,用作激光谐振腔的全反镜,另一面镀 1510~1560 nm 的增透膜(大于 99.9%)。激光介质的长度为 0.8 mm。输出镜对 1510~1560 nm 的透过率约为 1%,其曲率半径为 7 mm。实验结果用热释电功率计测量功率,用单色仪测量激光波长。

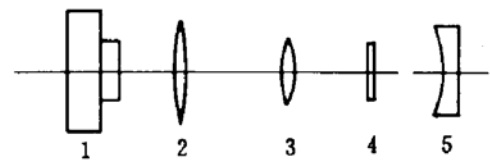


图 3 LD 泵浦的 Er:Yb:磷酸盐玻璃激光器示意图

1: 半导体激光器; 2, 3: 准直透镜;  
4: Er:Yb:玻璃片; 5: 输出镜

Fig. 3 Experimental setup of the LD pumped Er:Yb:phosphate glass laser

1: LD; 2, 3: collimating lens;  
4: bulk Er:Yb:glass; 5: output coupler

## 4 实验结果及讨论

### 4.1 阈值泵浦功率、输出功率、斜率效率

激光的阈值泵浦功率为 145 mW。最大输出功率为 10.2 mW,光-光转换效率为 2.06%,若考虑到耦合效率,则光-光转换效率为 2.94%;斜率效率为 5.26%,这与早期文献报道的结果<sup>[2]</sup>相似。

### 4.2 光谱范围

Er:Yb:磷酸盐玻璃具有较宽的荧光带,其自由运转时的激光输出有一定的带宽。图 5 为通过单色仪测得的激光光谱图。光谱范围从 1516~1547 nm,峰值波长为 1533 nm。

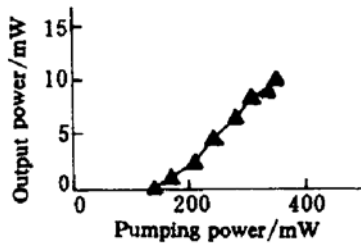


图 4 激光器的输入与输出关系

Fig. 4 Relationship between the pump and output power

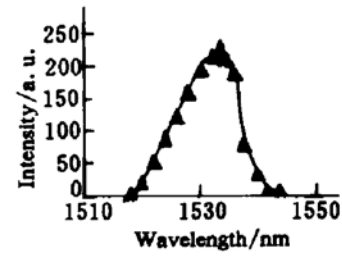


图 5 激光光谱图

Fig. 5 Laser profile around 1.5 μm

## 5 结 论

由于用作泵浦光源的 LD 的中心波长(969 nm)不在 Er:Yb:玻璃的吸收峰(976 nm)上,影响了激光介质对泵浦光的有效吸收;又由于未在激光介质的另一面镀上对泵浦光的高反射膜,从而未能完全利用泵浦光;此外,我们只是采用了普通球面透镜对 LD 光束聚焦,泵浦光的光束质量不好,与振荡激光的模式未能有效地匹配。这些原因影响了激光效率。下一步,我们将对以上问题进行改进,进一步提高激光转换效率和激光输出功率。

## 参 考 文 献

- 1 E. Snitzer, R. Woodcock. Yb<sup>3+</sup>-Er<sup>3+</sup> glass laser. *Appl. Phys. Lett.*, 1965, 6(3):35~36
- 2 P. Laporta, S. D. Silvestri, V. Magni *et al.*. Diode-pumped CW bulk Er:Yb:glass laser. *Opt. Lett.*, 1991, 16(24):1952~1954
- 3 S. Taccheo, P. Laporta, S. Longhi *et al.*. Diode-pumped bulk erbium-ytterbium lasers. *Appl. Phys. B*, 1996, B63(5):425~436
- 4 P. Laporta, S. Longhi, S. Taccheo *et al.*. 10 kHz-linewidth diode-pumped Er:Yb:glass laser. *Electron. Lett.*, 1992, 28(22):2067~2069
- 5 E. Tanguy, J. P. Pocholle, G. Feugnet *et al.*. Mechanically Q-switched codoped Er-Yb glass laser under Ti:sapphire and laser diode pumping. *Electron. Lett.*, 1995, 31(6):458~459

## Er<sup>3+</sup>, Yb<sup>3+</sup> Codoped Phosphate Glass Laser Pumped by LD

Song Feng Chen Xiaobo Feng Yan

Shang Meiru Zhang Wanlin Zhang Guangyin

(College of Physics Sciences, Nankai University, Tianjin 300071)

S. Jiang M. J. Myers

(Kigre Incorporation, SC 29926, USA)

**Abstract** An Er<sup>3+</sup>, Yb<sup>3+</sup> codoped phosphate glass CW laser pumped by LD is reported in this paper. The maximum output power is 10.2 mW and the slope efficiency is 5.3%. The laser spectral range is from 1516 to 1547 nm, and the peak laser wavelength is 1533 nm.

**Key words** LD pumped, Er:Yb:phosphate glass, 1.5 μm laser