

Tm:YAG 光纤生长中熔区光谱的研究

吴路生 王爱华 杨春宁 朱桂霞 丁勇 曹余惠

(中国科学院安徽光学精密机械研究所 合肥 230031)

摘 要

本文报道了用激光加热基座法生长 Tm:YAG 单晶光纤时, 光照区在不同加热功率下光谱变化及其响应时间, 分析了形成的原因。

关键词 Tm:YAG, 单晶光纤, 光谱

1 引 言

Tm:YAG 是一种优良的激光及上转换材料^[1,2], 其可调谐激光作用主要在 $2\ \mu\text{m}$ 附近, 这已众所周知。Tm³⁺ 的亚稳态能级 3F_4 对激光上转换非常有利, Tm:YAG 晶体的激光上转换实验已有报道^[3], 但令人遗憾的是包括 Tm:YAG 在内, 几乎所有的晶体上转换激光器都需要低温运转, 然而室温运转有可能在单晶光纤中实现, 这使得人们对这种晶体光纤的生长产生了浓厚的兴趣。Tm:YAG 光纤的生长工作已有一些作者报道过^[4,5]。并进行了激光振荡实验。在本文中, 我们在 Tm:YAG 光纤生长过程中, 详细观察了不同加热功率下熔区颜色的变化, 记录了光谱和响应时间, 并研究了实验结果。

2 实验结果

Tm:YAG 光纤用激光加热基座法进行生长, 其源棒由提拉法生长的晶体切割而成, 尺寸为 $1\times 1\ \text{mm}^2$ 的方形棒。固定在送料器上, 二氧化碳激光分两路对称聚焦到源棒的顶端, 在光照区内形成熔珠, 然后馈入定向籽晶在熔区对接, 熔区稳定后, 提拉籽晶并同时馈送源棒, 在籽晶下端便生长出单晶光纤。我们在实验中仔细观察了熔区颜色的变化, 当二氧化碳激光功率由低变高时, 光照区开始呈深红色, 强度逐渐加大, 此时, 材料并没有融化, 功率继续增大, 颜色逐渐变为橘红色, 材料开始融化。当功率增加到一定时, 虽然光强增加, 但颜色却不断变淡, 最后逐渐发白, 光照区充分得到融化。

图 1 为记录光谱实验的装置示意图。用一块单透镜将熔区的像成在光栅单色仪 (WDS-3 型) 的狭缝上, 狭缝宽度为 $0.2\ \text{mm}$ 。光强信号由 GDB-28 型光电倍增管在单色仪的出射狭缝端接收。为增强光信号, 在熔区的背面放置一反射镜, 将熔区反射像调到与正面像重合为止。输出电信号直接送入 X-Y 记录仪的 Y 端。单色仪由伺服电机驱动, 实现波长自动扫描。单色仪的波长由氦氖激光标定, 扫描范围为 $900\sim 400\ \text{nm}$, 同步控制单色仪和 X-Y 记录仪, 便可将熔区光谱记录下来。

* 国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1997-03-12

修改日期: 1997-04-18

图 2 为不同加热功率下记录的熔区光谱, 在较低功率下, 该光谱主要两个主发射带组成, 分别位于 650~720 nm 和 750~850 nm。另外, 在蓝绿波段还有一个很弱的发射带, 由于相对强度太弱, 而未能明显记录下来。这些发射带的宽度和带型都不随加热功率改变而改变。在相对强度上, 低功率时长波带较强, 高功率下逐渐变为短波带较强, 当功率进一步加大时, 开始出现一连续谱, 并与发射峰叠加, 最终将峰掩盖。蓝绿带始终很弱, 并很快被掩盖掉。

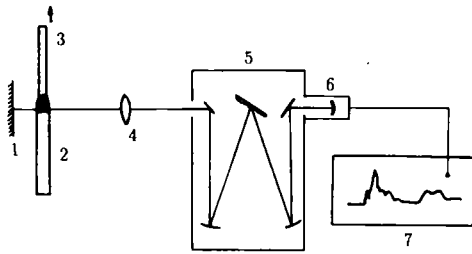


图 1 Tm:YAG 光纤生长的熔区光谱测量装置示意图

- 1. 平面反射镜, 2. Tm:YAG 源棒,
- 3. Tm:YAG 光纤 4. 透镜, 5. 光栅单色仪,
- 6. 光电倍增管, 7. X-Y 记录仪

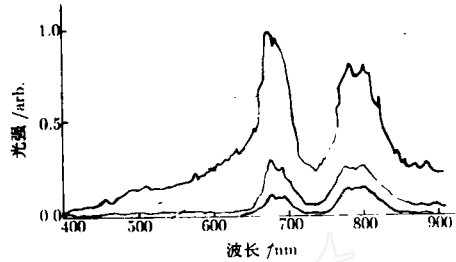


图 2 Tm:YAG 光纤生长时, 不同加热功率下的熔区发射光谱

3 分析讨论

显而易见, 连续谱是由基质材料的热辐射造成的, 那么发射峰是什么形成的呢?

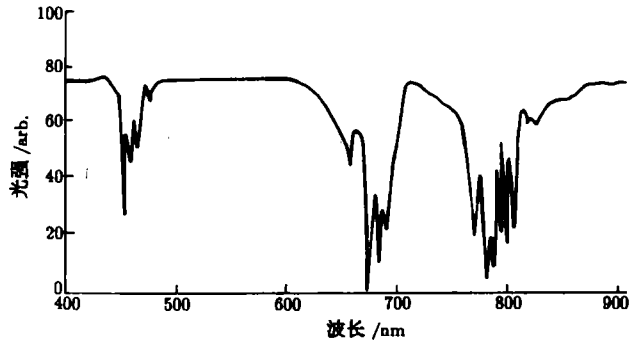


图 3 Tm:YAG 晶体的吸收光谱

图 3 为 Tm:YAG 的吸收光谱, 不难看出它和记录的发射峰正好对应, 而且带型也基本一致, 显然是 Tm^{3+} 离子的能级跃迁的特征谱。由 Tm:YAG 的能级图可知^[3], 750~850 nm 对应到 3H_4 到基态 3H_6 的跃迁, 而 650~720 nm 对应于 3F_3 到基态 3H_6 的跃迁, 蓝绿波段的发射则是 1G_4 到基态的跃迁。这些能级由于 stark 效应而分裂成若干个能级, 使得发射谱形成一宽带的光谱。

为了确定其激发机制, 测量了光谱相应时间, 图 4(a) 表示启动时间, 即激光开启到光谱稳定的时间, 约 0.8 s。图 4(b) 为衰减时间, 即激光切断到光谱消失的时间约 6 s。无论启动时间还是衰减时间都相当长, 可断定这一光谱主要激发机制是热激发。光谱相对强度随激光功率增加而向短波方向移动, 这一现象也从另一方面证明了这一热激发的机理。

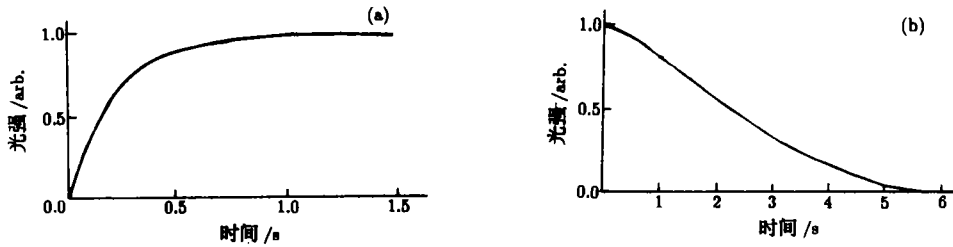


图 4 熔区光谱的响应时间

(a) 启动时间(激光打开), (b) 衰减时间(激光关闭)

综上所述, 我们可以得出以下结论: 整个光谱主要是由热发射的机制支配着, 其中特征峰是 Tm^{3+} 的能级跃迁所产生的。然而在 Tm:YAG 晶体生长过程中却没有发现这一现象。换句话说, 激发过程除热激发外, 是否还存在多光子过程, 尚有待进一步的实验研究。

参 考 文 献

- 1 Stoneman R C *et al.* Efficient, broadly tunable, laser-pumped Tm:YAG and Tm:YSGG CW laser. *Opt.lett.*, 1990, 5: 486.
- 2 Paul J Suni *et al.* 1-mJ/pulse Tm:YAG laser pumped by a 3W diode laser. *Opt. Lett.*, 1991, 16(11): 817
- 3 Scott B P, Zhao F *et al.*, Up-conversion-pumped blue laser in:YAG. *Opt. Lett.*, 1993, 18: 113
- 4 Chang R S F. Lasing performance of Tm:YAG minirod grown by laser-heated pedestal growth technique. *IEEE, Photonics, Technol.lett.*, 1990, 2: 675
- 5 黄莉雷, 赵渭忠, 王彦超等. 掺入敏化离子的 Tm:YAG 光纤研究. 第 10 届中国晶体生长与材料会议论文摘要专刊, 人工晶体学报 (增刊), 1994, 23: 230

Research on Melting Zone Spectrum in the Tm:YAG Fiber Growth

Wu Lusheng Wang Aihua Yang Chunling Zhu Guixia Ding Yong Cao Yuhui
(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica Hefei 230031)

Abstract

The spectrum of melting zone and its response time have been reported in various heating power during Tm:YAG single crystal fiber growth by using Laser Heated Pedestal Growth method. The mechanism of exciting and emitting is discussed.

Key words: Tm:YAG, single crystal fiber, spectra

吴路生 见本刊 1994 年第 11 卷第 1 期.