

文章编号: 0258-7025(2002)Supplement-0444-03

Nd:Gd_xLa_{1-x}VO₄ ($x = 0.8, 0.6, 0.45$) 晶体制备 和性能研究*

张怀金 王长青 祝 俐 刘均海 王继扬 江怀东 胡小波 孟宪林 蒋民华
(山东大学晶体材料研究所晶体材料国家重点实验室, 济南 250100)

提要 用提拉法生长了 Nd:Gd_xLa_{1-x}VO₄ 系列晶体 ($x = 0.8, 0.6, 0.45$), 对影响晶体质量的因素进行了分析, 测量了三种晶体的结构和晶胞常数; 测量了 Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ 和 Nd:Gd_{0.6}La_{0.4}VO₄ 晶体的室温吸收谱和荧光谱; 用 LD 泵浦 Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ 晶体, 实现了 1.06 μm 和 1.34 μm 的激光输出。

关键词 Nd:Gd_xLa_{1-x}VO₄ 系列晶体, 光谱, 激光性能

中图分类号 O782:O734 **文献标识码** A

Preparation and Properties of Nd:Gd_xLa_{1-x}VO₄ ($x = 0.8, 0.6, 0.45$) Series Crystals

ZHANG Huai-jin WANG Chang-qing ZHU Li LIU Jun-hai WANG Ji-yang
JIANG Huai-dong HU Xiao-bo MENG Xian-lin JIANG Min-hua

(Institute of Crystal Materials and National Laboratory of Crystal Materials, Shandong University, Jinan 250100)

Abstract Nd:Gd_xLa_{1-x}VO₄ ($x = 0.8, 0.6, 0.45$) series crystals were grown by the Czochralski method, and some factors influencing the quality of crystal were also discussed. The lattice constants of three kind crystals were measured. The absorption and fluorescence spectra at room temperature were measured. The laser output of Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ crystal at 1.06 μm and 1.34 μm were demonstrated when the crystal was pumped by a LD.

Key words Nd:Gd_xLa_{1-x}VO₄ series crystals, spectrum, laser properties

1 引 言

由于在材料加工、制导、雷达技术、医学、光通讯、激光显示和激光核聚变等方面的应用, 激光二极管(LD)抽运的激光晶体引起了人们的极大关注。人们对激光晶体的研究主要表现在以下两个方面: 一是通过提高现有激光晶体的质量使之激光性能最优; 二是寻求性能更加优良的新型激光晶体。

在目前的激光晶体中, 具有锆英石结构的钒酸盐晶体(如 Nd:YVO₄, Nd:GdVO₄ 晶体等^[1-4])是性能优良的激光晶体, 并被广泛研究和应用。为了进一步拓宽该类晶体的研究范围, 在本文中我们报道了 Nd:Gd_xLa_{1-x}VO₄ ($x = 0.8, 0.6, 0.45$) 晶体的制备和性能。

2 晶体生长和晶胞常数

化学试剂为纯度 99.99% 的 V₂O₅, Gd₂O₃, La₂O₃ 和 Nd₂O₃, 按分子式 Nd_{0.015}(Gd_{0.8}La_{0.2})_{0.985}VO₄, Nd_{0.015}(Gd_{0.6}La_{0.4})_{0.985}VO₄, Nd_{0.015}(Gd_{0.45}La_{0.55})_{0.985}VO₄ 配制。把称量好的化合物混合均匀, 压块, 烧结, 就可合成生长 Nd:Gd_xLa_{1-x}VO₄ 系列晶体用的多晶料。

采用中频感应加热的提拉法(Czochralski)在 N₂ 气氛(约含 2% 的氧气)下从 Ir 坩埚中提拉生长单晶。用尺寸为 3 mm × 3 mm × 20 mm 的 a 方向 Nd:GdVO₄ 晶体作为籽晶。通常, 等径生长时提拉速率在 0.5~1 mm/h 范围, 转速为 10~30 rpm。等径生长结束后, 以 60 × 80 °C/h 的降温速率将晶体的温度降到室温。

生长晶体的结果表明: Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ 晶体

* 国家自然科学基金(编号: 59823003)资助课题。

可用于激光实验;而 Nd:Gd_{0.6}La_{0.4}VO₄ 晶体不能用于激光实验(晶体开裂,且晶体内部散射严重),可用于进行吸收光谱和荧光谱的测量;Nd:Gd_{0.45}La_{0.55}VO₄ 晶体只能用于测量其结构(晶体严重开裂)。生长 Nd:Gd_xLa_{1-x}VO₄ 系列晶体的难度明显高于 Nd:GdVO₄ 晶体。主要有如下原因:1) 在晶体生长过程中, V⁵⁺ 离子的变价;由于 Nd:Gd_xLa_{1-x}VO₄ 系列晶体的熔点在 1770 °C 左右,不能用 Pt 坩埚生长,最好的坩埚材料为 Ir。Ir 坩埚必须在无氧或低氧的气氛中应用,因此必须选择生长气氛合适的氧气含量。2) 钒酸盐晶体由于生长过程中容易出现开裂、散射颗粒和小角度晶界等缺陷,选用合适的温场来克服这些缺陷,但是克服这些缺陷的手段有时是矛盾的。3) 由于 LaVO₄ 和 GdVO₄ 的晶体结构不同,为了保持锆英石结构,La³⁺ 离子需取代 Gd³⁺ 离子的位置,这种替代会在晶体内部形成缺陷和结构应力。

用 X 射线粉末衍射方法对生长的 Nd:Gd_xLa_{1-x}VO₄ 系列晶体进行结构和晶胞参数测定。结果表明:我们生长晶体的结构为四方晶系,空间群为 I4₁/amd, 对 Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ 晶体,其晶胞参数为 $a = b = 0.7239(1)$ nm, $c = 0.6360(1)$ nm;对 Nd:Gd_{0.6}La_{0.4}VO₄ 晶体其晶胞参数为 $a = b = 0.7247(1)$ nm, $c = 0.6400(2)$ nm;对 Nd:Gd_{0.45}La_{0.55}VO₄ 晶体,其晶胞参数为 $a = b = 0.7315(1)$ nm, $c = 0.6442(2)$ nm。Nd:Gd_xLa_{1-x}VO₄ 系列晶体的晶胞常数的数值均大于 GdVO₄ 晶体的晶胞常数数值。这是由于 La³⁺ 进入 Nd:Gd_xLa_{1-x}VO₄ 系列晶体的缘故。当 La 离子在多晶料中的比率为 55% 时,生长的晶体还能保持锆英石结构。

3 晶体的吸收和荧光谱

用于测定吸收光谱的 Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ 晶体样品的尺寸为 3 mm × 3 mm × 1 mm ($b \times c \times a$), 大面为 a 面,并对两个大面抛光, Nd:Gd_{0.6}La_{0.4}VO₄ 晶体样品的尺寸为 3.4 mm × 5.6 mm × 1.1 mm ($b \times c \times a$), 大面为 a 面,也对两个大面抛光。用 HITACHI-340 型记录式分光光度计测量了 Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ 和 Nd:Gd_{0.6}La_{0.4}VO₄ 晶体的吸收光谱,主要结果示于图 1 和图 2。

由图 1 和图 2 可知, Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ 晶体在 808.5 nm 的吸收半宽(full width at half maximum, FWHM)约为 8 nm, 而 Nd:Gd_{0.6}La_{0.4}VO₄ 晶体在

808.5 nm 的吸收半宽约为 9 nm。

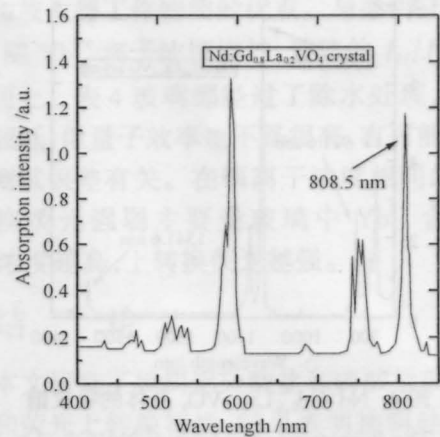


图 1 Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ 晶体的吸收谱

Fig. 1 The polarization absorption spectrum of Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ single crystal

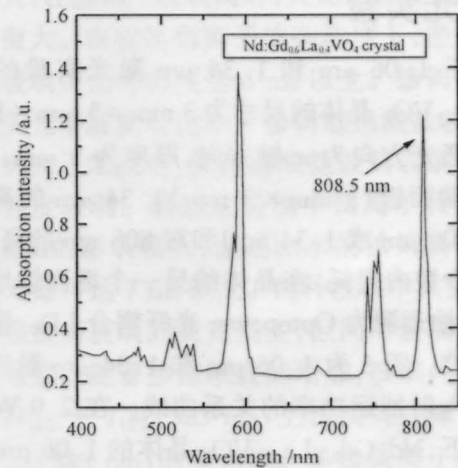


图 2 Nd:Gd_{0.6}La_{0.4}VO₄ 晶体的吸收谱

Fig. 2 The polarization absorption spectrum of Nd:Gd_{0.6}La_{0.4}VO₄ single crystal

Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ 和 Nd:Gd_{0.6}La_{0.4}VO₄ 晶体的室温下荧光谱测量,主要结果示于图 3 和图 4。

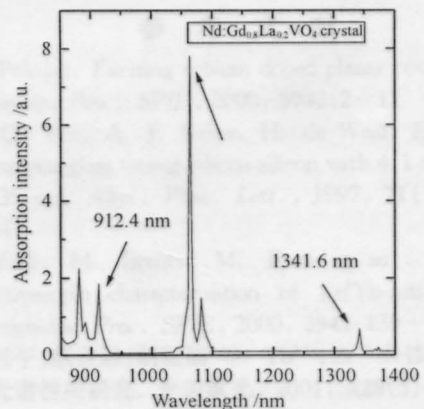
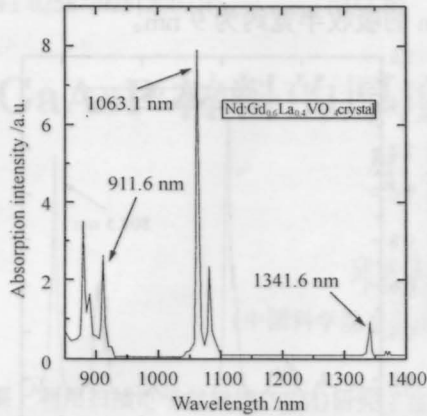


图 3 Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ 晶体的吸收谱

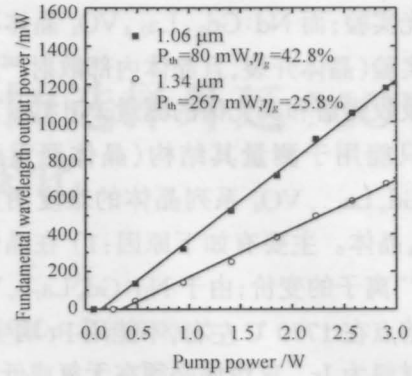
Fig. 3 The fluorescence spectrum of Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ single crystal

图4 Nd:Gd_{0.6}La_{0.4}VO₄晶体的吸收谱Fig. 4 The fluorescence spectrum of Nd:Gd_{0.6}La_{0.4}VO₄ single crystal

4 激光实验

用于 1.06 μm 和 1.34 μm 激光实验的 Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ 晶体的尺寸为 3 mm \times 3 mm \times 1 mm, 晶体的通光方向为 a 轴方向, 厚度为 1 mm。晶体的抽运端面镀 (3 mm \times 3 mm) 1.34 μm 的高反膜 (HR, 1.06 μm 或 1.34 μm) 和对 808 nm 的高透膜。为了减少腔内损耗, 在晶体的另一个端面镀增透膜 (AR)。抽运源为 Optopower 光纤耦合 LD。激光腔为平凹腔。图 5 为 1.06 μm 和 1.34 μm 激光输出功率和入射抽运功率的关系曲线。在 2.9 W 的抽运功率下, Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ 晶体的 1.06 μm 的激光输出功率为 1.18 W, 1.34 μm 激光输出功率为 671 mW, 抽运阈值分别为 80 mW 和 267 mW, 斜效率分别为 42.8% 和 25.8%。

结论 用提拉法可以生长 Nd:Gd _{x} La_{1- x} VO₄ ($x =$

图5 Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ 晶体 1.06 μm 和 1.34 μm 激光输出功率和入射抽运功率的关系曲线Fig. 5 Output powers of Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ crystal at 1.06 μm and 1.34 μm as a function of the input power

0.8, 0.6, 0.45) 晶体, 但生长难度比其他钒酸盐晶体大。用 LD 抽运 Nd:Gd_{0.8}La_{0.2}VO₄ 晶体实现了 1.06 μm 和 1.34 μm 激光输出。

参考文献

- 1 R. A. Fields, M. Birnbaum, C. L. Fincher. Highly efficient Nd:YVO₄ diode-laser end-pumped laser. *Appl. Phys. Lett.*, 1987, **51**:1885~1886
- 2 Y. F. Chen. Design criteria for concentration optimization in scaling diode end-pumped lasers to high power: influence of thermal fracture. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1999, **25**:234~239
- 3 H. J. Zhang, X. L. Meng, L. Zhu *et al.*. Investigation on the growth and laser properties of Nd:GdVO₄ single crystal. *Cryst. Res. Technol.*, 1998, **33**:801~806
- 4 J. Liu, Z. Shao, H. Zhang *et al.*. Diode-laser-array end-pumped 14.3 W CW Nd:GdVO₄ solid-state laser at 1.06 μm . *Appl. Phys. B*, 1999, **69**:241~243