

激光二极管纵向泵浦 Nd·S-FAP 晶体 激光特性研究

孙连科 张少军 程瑞平 刘训民

(山东大学晶体材料研究所, 济南 250100)

王青圃 赵圣之

(山东大学光学系, 济南 250100)

摘 要 掺钕氟磷酸锶(Nd·Sr₅(PO₄)₃F 简称 Nd·S-FAP) 晶体是一种最近报道的激光工作物质。本文通过纵向泵浦 Nd·S-FAP 晶体研究了它的激光特性, 得到基横模(TEM₀₀)输出, 泵浦阈值为 9 mW, 斜效率为 37.3%。

关键词 Nd·S-FAP 晶体, 激光二极管泵浦, 激光特性.

1 引 言

半导体激光二极管泵浦的固体激光器(DPL)因其效率高、体积小、运转可靠等诸多优越的性能, 可广泛用于科学研究、光学信息处理、光通信、彩色显示等领域。Nd·S-FAP 晶体是一种最近报导的激光工作物质, 通过对 Nd·S-FAP 晶体进行氙灯泵浦的激光器性能的研究^[1], 表明 Nd·S-FAP 晶体是一种高效的优质激光工作物质。本文仅就激光二极管泵浦的 Nd·S-FAP 晶体激光器激光特性予以研究。

2 晶体性能

掺钕氟磷酸锶, 为磷灰石结构, 属单轴晶的六方晶系, 是一种新的适合于激光二极管泵浦固体激光工作物质。其室温下的吸收峰值在 805.4 nm^[2] 处, 吸收截面为 $2.26 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$, 吸收线宽 $\Delta\lambda$ 为 1.6 nm(FWHM)。激光发射波长为 1059.4 nm, 偏振方向平行于 C 轴的有效发射截面为 $5.4 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$, 发射寿命典型数据为 190 μs 。Nd·S-FAP 晶体的热导率为 2.0(W/m·K), 折射率为 1.631, 1.625。通过激光干涉仪测量实验晶体样品的光学均匀性良好。

3 激光实验

本实验中使用的半导体激光二极管是由中国科学院半导体研究所生产, 厂家标定在温度 25°C 时, 输出波长为 808 nm, 波长随温度的变化系数为 $\Delta\lambda/\Delta T = 0.3 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ 。利用温度控制

装置将发射波长调整到 Nd·S-FAP 晶体的吸收峰处。

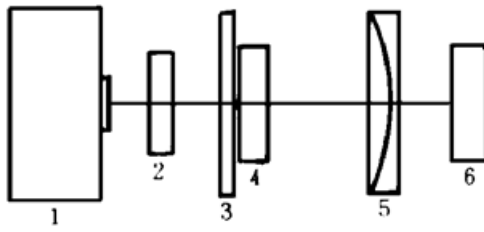


Fig. 1 Schematic diagram of LD pumped Nd·S-FAP laser

激光二极管泵浦 Nd·S-FAP 激光器结构如图 1 所示。激光器谐振腔为平凹型腔。输出镜的曲率半径为 200 mm，透过率为 3%，腔长约 100 mm，为近半共焦腔结构。实验中，使用的晶体尺寸为 3 mm×6 mm×1.8 mm，a 轴方向切割，两通光面均镀 1059 nm 增透膜。根据纵向泵浦激光器泵浦光能量与谐振腔的有效模体积匹配原则，使晶体尽量靠近输入耦合镜，仔细调整泵浦光的焦点位置，以便得到最佳的耦合效果。

实验用 LPE-1B 型功率计对泵浦光和输出光功率进行测量，得到输入-输出关系曲线如图 2 所示。

在晶体吸收的泵浦功率为 135 mW 时，得到 1.0594 μm 激光最大功率输出 47 mW。由于阈值附近的输出不易测准，经推算得到泵浦阈值功率为 9 mW 左右，斜效率为 37.3%。实验用一维可移动微孔光阑和光电二极管测量了距输出镜 2.5 m 处的远场光强分布，如图 3 所示，结果表明输出光为基横模分布。

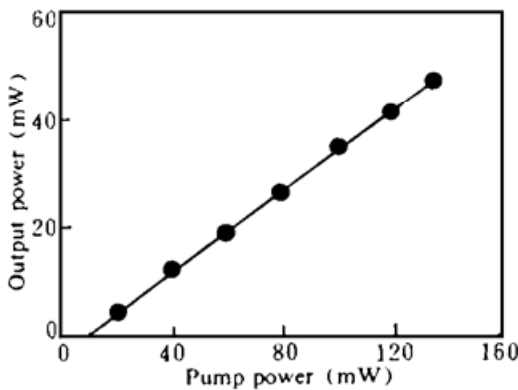


Fig. 2 Laser efficiency results for LD-pumped Nd·S-FAP laser

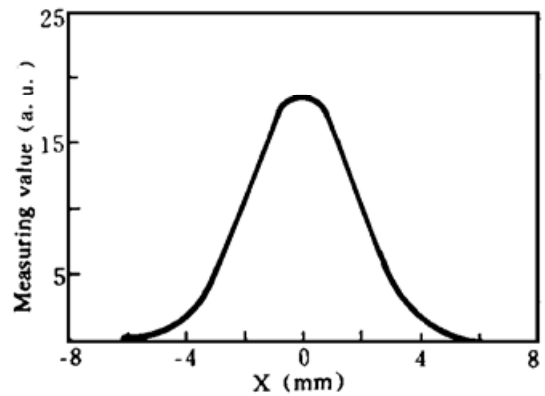


Fig. 3 Intensity profile of laser output

对于端面泵浦的激光器，理论上泵浦阈值功率的表达式为：

$$P_{th} = \frac{\pi h \nu_p \delta}{4\sigma_e \tau \eta_p} (\omega_0^2 + \omega_p^2) \tag{1}$$

式中 ν_p 为泵浦光的光子能量， η_p 为泵浦量子效率， τ 为 Nd·S-FAP 晶体的上能级寿命， δ 为谐振腔的全部损耗， σ_e 为 Nd·S-FAP 晶体的发射截面， ω_0 为激光谐振腔的基横模的腰半径， ω_p 为泵浦光的腰半径。

由于 ω_0 等于 ω_p 时，激光器处于最佳泵浦情况。 ω_0 的值可由下式确定：

$$\omega_0^2 = (N\pi)[L(R-L)]^{1/2} \tag{2}$$

式中 L 为激光器的有效腔长， R 为输出镜的曲率半径。

实验测量了图 1 所示谐振腔的损耗 δ 为 0.048，用(1)式得出的泵浦阈值功率的计算值为 11.3 mW，这与实验结果基本一致。实验也利用格兰棱镜测量了输出光的偏振度，结果为偏振度大于 99%。偏振方向平行于 Nd·S-FAP 晶体的 C 轴。

由于本实验中的输入耦合镜不是直接镀在晶体上，导致腔内损耗较大，所以 Nd·S-FAP 晶体的泵浦阈值在优化的谐振腔结构中肯定会降低。

结 论 Nd·S-FAP 晶体具有高的发射截面和辐射寿命积($10.3 \times 10^{-20} \text{ mscm}^2$), 吸收系数大, 机械性能好, 是一种比较理想的激光工作物质。作为微型激光器的工作物质而言, Nd·S-FAP 晶体的吸收峰恰好处于大功率激光二极管发射波段 800~ 810 nm, 且 Nd·S-FAP 晶体较 Nd·YVO₄ 晶体易生长。特别是 Nd·S-FAP 晶体在 1.328 μm 处具有大的发射截面, 是目前发射 1.328 μm 波长最有效的工作物质。故 Nd·S-FAP 晶体在激光二极管泵浦的微型激光器中可能会得到广泛应用。

参 考 文 献

- [1] 王青圃, 赵圣之, 张行愚等. 氙灯泵浦 Nd·S-FAP 晶体激光特性研究. 光学学报, 1996, **16**(5): 700~702
- [2] X. X. Zhang *et al.*. Efficient laser performance of Nd³⁺·Sr⁵(PO₄)₃F at 1.059 and 1.328 μm . *Appl. Phys. Lett.*, 1994, **64**(24): 3205~ 3207

Characteristics of LD Pumped Nd·S-FAP Laser

Sun Lianke Zhang Shaojun Cheng Ruiping Liu Xunmin
(*Institute of Crystal Materials, Shandong University, Jinan 250100*)

Wang Qingpu Zhao Shengzhi
(*Department of Optics, Shandong University, Jinan 250100*)

(Received 8 October 1995)

Abstract Nd·S-FAP is a low threshold and high efficiency laser crystal. The characteristics of diode-laser end-pumped lasing of Nd·S-FAP are studied. The single transversal TEM₀₀ has been obtained. The pumping threshold is 9 mW and the slope efficiency is 37.3%.

Key words Nd·S-FAP crystal, LD pumping, Laser characteristics.