

高功率 1079.5 nm Nd:YAlO₃ 连续激光器

沈鸿元 周玉平 李敢生 曾瑞荣 郭喜彬
于桂芳 黄呈辉 曾政东 张卫家 叶启金

(中国科学院福建物质结构研究所, 福州 350002)

提要: 基于激光跃迁截面、荧光寿命、光学机械系数和抗击热应力能力的分析, 表明 Nd:YAlO₃ 晶体与 Nd:Y₃Al₅O₁₂ 晶体一样, 是发展高功率连续固体激光的有用晶体。利用 $\phi 7 \times 155$ mm 的 Nd:YAlO₃ 晶体已得到了 424 W 1079.5 nm 连续激光, 器件总效率 2.54%, 斜率效率为 3.77%。

关键词: 高功率铝酸钇连续激光器

A high power 1079.5nm Nd:YAlO₃ CW laser

*Shen Hongyuan, Zhou Yuping, Li Gansheng, Zeng Ruirong, Guo Xibing, Yu Guifang,
Huang Chenghui, Zeng Zengdong, Zhang Weijia, Ye Qijing*
(Fujian Institute of Matter Structure, Academia Sinica, Fuzhou)

Abstract: On the basis of analysis and contrast for the stimulated emission cross section the fluorescent lifetime and optomechanical coefficient as well as the ability to resist the thermal stress, it is shown that similar to the Nd:Y₃Al₅O₁₂ crystal the Nd:YAlO₃ crystal is a useful material to develop high power CW solid state lasers. 424W output power with an overall efficiency of 2.54% and a slope efficiency of 3.77% have been achieved from a $\phi 7 \times 155$ mm Nd:YAlO₃ rod.

Key words: high power Nd:YAlO₃ CW laser

掺钕铝酸钇 Nd:YAlO₃ Nd:YAP 晶体自 1969 年问世以来^[1,2], 由于它的各向异性给使用带来一定的困难, 使得这种晶体没有得到广泛的应用。迄今, M. J. Weber 等^[3,4]在 1971 年得到的 100 W 连续输出仍是除我们工作外报道的最高的连续激光输出功率。我们研究了这种正交晶系激光晶体泵浦过程的热效应^[5]及其对激光性能的影响, 研制成输出功率为 162 W 的连续激光器^[6]。利用这种晶体能否获得几百瓦甚至千瓦的激光输出呢?

本文分析、对比了这种晶体和 Nd:Y₃Al₅O₁₂(Nd:YAG)晶体的一些基本性能, 并利用 $\phi 7 \times 155$ mm Nd:YAP 晶体得到了输出功率高达 424 W 的 1079.5 nm 连续激光。上述结果表明 Nd:YAP 晶体与 Nd:YAG 晶体相仿, 是发展千瓦级固体激光器的有用激光晶体。

激光跃迁截面和荧光寿命是激光晶体重要的基本参数, 它们的乘积直接与激光的阈值和输出功率相关。表 1 中给出了我们对 Nd^{3+} 离子在 YAG 和 YAP 晶体中的跃迁截面和荧光寿命的测量结果^[7]。从表中看到, 钕离子在这二种晶体中的跃迁截面几乎相等, 但荧光寿命在 YAG 晶体中较长些。由于钕离子在二种晶体中的吸收光谱、荧光量子效率相差不多, 所以若晶体吸收、散射损耗控制得好, 可以预期二者阈值和输出功率不会相差很大。

对于高功率连续激光还必须考虑工作物质的热光性能和热应力引起工作物质的破坏问题。光学机械系数^[10]是衡量激光晶体热光性能优劣的一个重要参数。表 2 中给出了我们测

Table 1 Transition cross section and fluorescent lifetime of Nd in YAP and YAG crystals

	Nd:YAG		Nd:YAP	
	S. Singh ^[8]	Lian Tianquan et al. ^[7]	M. J. Weber ^[9]	Lian Tianquan et al. ^[7]
Cross section ($\times 10^{-19} \text{cm}^2$)	4.6	4.3	4.4	4.6
Fluorescent lifetime (μs)	230	253	150	142

Table 2 Opto-mechanic coefficients of Nd:YAP and Nd:YAG crystals

Laser crystal	Opto-mechanic coefficients ($\text{m}^{-1} \text{kW}^{-1}$)	
	S. D. Silvestri ^[10]	Zhou Yuping et al. ^[11]
Nd:YAG	3.8×10^{-4}	3.7×10^{-4}
Nd:YAP	—	4.29×10^{-4}

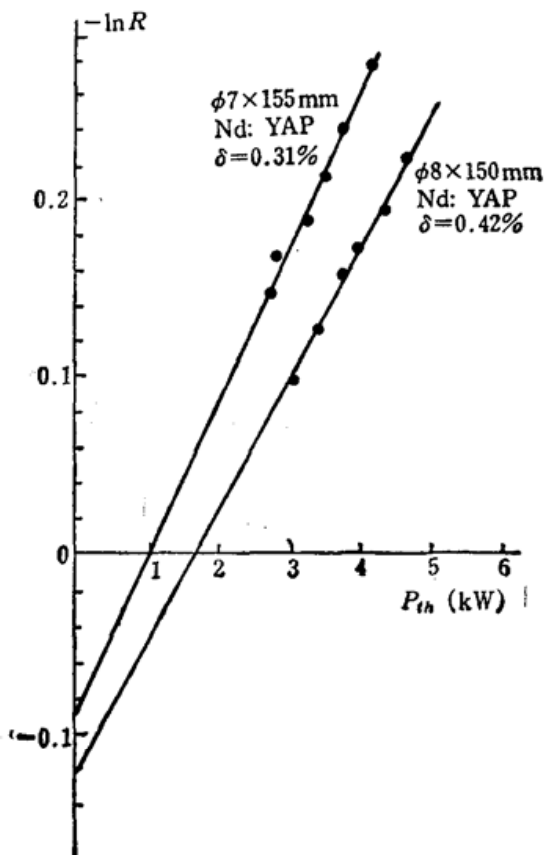


Fig. 1 P_{th} - $\ln R$ diagram of Nd:YAP

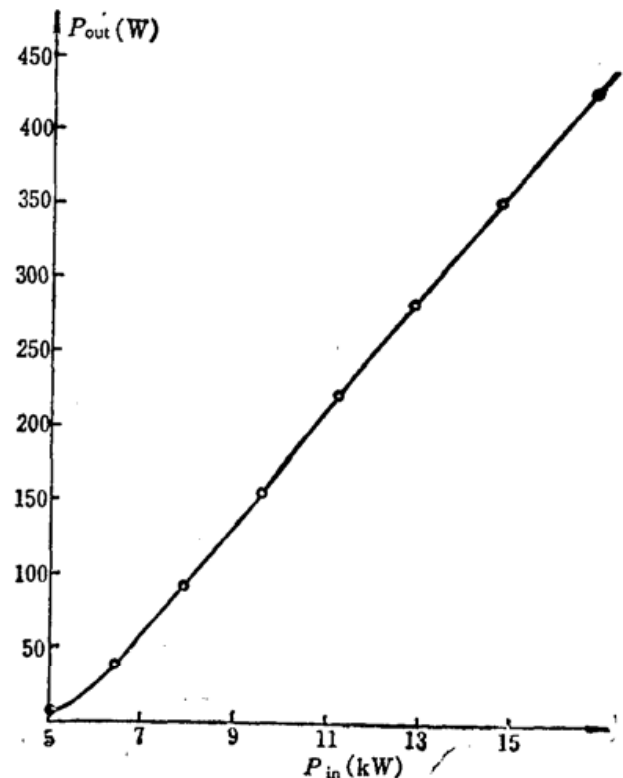


Fig. 2 1079.5nm CW output of Nd:YAP laser

量的 Nd:YAG 和 Nd:YAP 晶体光学机械系数的结果,二者相当接近,均属具有较好光学机械系数的晶体。

此外,在双椭圆镀金聚光腔中用二支 Kr 灯泵浦 Nd:YAP 晶体,观察其抗强光泵辐射的能力。结果在输入 1.6×10^4 W 时,晶体能稳定、可靠地工作。

在激光实验中,利用阈值法测量了二根 Nd:YAP 棒的单程损耗,图 1 表明单程损耗分别是 0.31%/cm 和 0.42%/cm。

在连续实验中, $\phi 7 \times 155$ mm 的 Nd:YAP 棒在镀金双椭圆聚光腔中用二支内径 8 mm、极间距 150 mm 的 Kr 灯泵浦,介质镜为平面镜,输出镜反射率为 82%。

图 2 给出了连续激光的输出曲线,从图中看到阈值为 3.4 kW,最大输出是 424 W,总效率 2.54%,斜率效率是 3.77%。在输出功率 261 W 时测定了激光输出功率的不稳定度,在 35 min 中,随机采集了 88 个数据,结果激光输出功率的不稳定度为 2.63%。

上述结果表明,Nd:YAP 晶体是一种发展高功率连续固体激光的有用基质晶体。

参 考 文 献

- 1 M. J. Weber, M. Bass *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **15**(10), 342(1969)
- 2 K. S. Bagdasarov, A. A. Kaminskii, *Pis'ma Zh. Exsp. Tero. Fiz.*, **9**, 501(1969)[*JETP Lett.*, **9**, 501(1969)]
- 3 M. Bass *et al.*, *Laser Focus*, **7**, 34(1971)
- 4 M. J. Weber *et al.*, AD-746-032
- 5 沈鸿元,物理学报,**30**(8), 1085(1981)
- 6 沈鸿元,周玉平 *et al.*,物理学报,**51**(9), 1235(1982)
- 7 连天泉,沈鸿元,中国激光,**17**(1), 5(1990)
- 8 S. Singh, R. G. Smith *et al.*, *Phys. Rev.*, **10**, 2556(1974)
- 9 M. J. Weber, T. E. Varilimos, *J. Appl. Phys.*, **42**(12), 4996(1971)
- 10 Sandro De Silvestri, Paolo Laporta *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-23**(11), 1999(1987)
- 11 周玉平,沈鸿元 *et al.*,中国激光增刊-激光器件专集,**17**, 138(1990)