

# 基于新型 Loyt 滤波器选频的 Nd:GdVO<sub>4</sub> 单频绿光微片激光器

林海峰<sup>1</sup>, 陈建林<sup>2</sup>

(1. 厦门理工学院数理系, 福建 厦门 361024; 2. 福建华科光电有限公司研发部, 福建 福州 350014)

**摘要:**报道了一种 LD 泵浦 Nd:GdVO<sub>4</sub> 晶体的单频绿光微片激光器。采用 Rochon 棱镜与 KTP 倍频晶体构成的新型 Loyt 滤波器作为选频元件, 各元件之间采用光胶的方法结合在一起, 从而实现稳定的单纵模绿光输出。在 600 mW, 808 nm LD 泵浦时获得 95.3 mW 稳定的单频绿光输出, 光-光转换效率达 15.9%。

**关键词:**微片激光器; 单频; Nd:GdVO<sub>4</sub> 晶体; Rochon 棱镜; Loyt 滤波器

**中图分类号:** TN248.1

**文献标识码:** A

## Nd:GdVO<sub>4</sub> single frequency green micro-chip laser by new type Loyt filter

LIN Hai-feng<sup>1</sup>, CHEN Jian-lin<sup>2</sup>

(1. Department of Mathematics and Physics of Xiamen University of Technology, Xiamen 361024, China;

2. Research Department of CASIX Ltd. Fuzhou 350014, China)

**Abstract:** Using combination of short cavity and new type Loyt filter formed by Rochon prism and KTP crystal, the stable single frequency micro-chip green laser is obtained. With 600 mW LD-pumped power, 95.3 mW single frequency green laser output is achieved, and the optical-to-optical conversion is about 15.9%.

**Key words:** micro-chip green laser; single frequency; Nd:GdVO<sub>4</sub> crystal; Rochon prism; Loyt filter

### 1 引言

Nd:GdVO<sub>4</sub> 是近年来出现的一种新型激光晶体<sup>[1-2]</sup>, 较 Nd:YAG, Nd:YVO<sub>4</sub> 晶体, 存在许多优点: ①在 808 nm 处具有较宽的吸收带宽和较高的吸收系数, 吸收带宽是 Nd:YAG 的两倍, 吸收截面是 Nd:YAG 的 7 倍; ②在 1064 nm 处具有大的受激辐射截面<sup>[3]</sup>, 与 Nd:YVO<sub>4</sub> 相近, 约是 Nd:YAG 的三倍; ③荧光寿命长, 约 90 μs, 适合于高效率的激光器; ④与 Nd:YVO<sub>4</sub> 相比, 它还具有接近 Nd:YAG 的高热导率(在 < 100 > 方向上热导率高达 11.7 W · m<sup>-1</sup> · K<sup>[4]</sup>)。因此, 如果说 Nd:YVO<sub>4</sub> 适合于中、小功率 LD 泵浦的固体激光器 (diode-pumped solid-state laser, DPSSL), 那么 Nd:GdVO<sub>4</sub> 更适合于大功率的 DPSSL<sup>[5-6]</sup>。目前, 这种晶体已成为高重复频率、高效率、高光束质量激光器研究热点, 在激光测量、激

光雷达、激光医疗和激光打标等领域得到广泛的应用。

端面泵浦的固体激光器易于实现单横模输出, 但是这种激光器通常运行于多纵模状态, 多纵模又会产生所谓的“绿光问题”, 使倍频输出很不稳定<sup>[7]</sup>。现已可采用多种方法实现激光器单纵模运转, 如高吸收系数的激光增益介质的短腔谐振<sup>[8]</sup>、1/4 波片<sup>[9]</sup>、环形腔<sup>[10]</sup>、双折射滤光片<sup>[11]</sup>等。这些方法各有局限性, 短程吸收法由于要求激光增益介质很短, 难以得到较高的泵浦吸收效率; 后几种方法或由于插入元件会引起较大损耗, 或选频能力有限, 不易获得高效、稳定的单频激光输出。

**基金项目:**福建省教育厅项目基金 (No. JA09225) 资助。

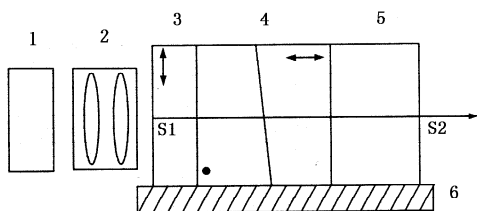
**作者简介:**林海峰 (1976 -), 男, 工程师, 从事激光晶体及全固态蓝绿光固体激光器的研究。E-mail: hflin@xmut.edu.cn

**收稿日期:** 2009-06-22; **修订日期:** 2009-09-08

本文利用 Nd:GdVO<sub>4</sub> 作为激光增益介质, Rochon 棱镜和 KTP 晶体所构成的滤波器作为选频元件, 各元件之间用光胶的形式结合在一起, 获得了全固化、小型化、高效、稳定的单频绿光激光输出。

## 2 实验结果与讨论

实验装置如图 1 所示, 采用激光二极管(LD)端面泵浦的平行平面腔腔内倍频结构。LD 由 coherent 公司提供, 中心波长 808 nm, 最大输出功率 1 W。LD 输出的泵浦光经由两个非球面透镜组成的光学耦合系统聚焦后, 形成半径为  $W_p \approx 80 \mu\text{m}$  泵浦光斑; Nd:GdVO<sub>4</sub> 晶体尺寸为 3 mm × 3 mm × 1 mm, Nd<sup>3+</sup> 掺杂浓度为 3%, 其中一个端面 S1 镀 808 nm 增透、1064 nm 和 532 nm 高反射膜, 作为激光器的一个腔镜; KTP 倍频晶体尺寸为 3 mm × 3 mm × 2 mm, 采用 II 类相位匹配, 其匹配角为  $\theta = 90^\circ$ ,  $\psi = 23.5^\circ$ , KTP 晶体的一端面 S2 镀 1064 nm 高反射膜 ( $R > 99.8\%$ ), 532 nm 高透膜 ( $T > 95\%$ ) 作为激光器的另一个腔镜。Rochon 棱镜作为偏振元件, 与 KTP 晶体一起构成滤波器, 实现激光选频。Rochon 棱镜与 Nd:GdVO<sub>4</sub> 晶体、KTP 晶体之间采用光胶的形式结合在一起, 因此无需进行调节。为了实现单频激光稳定输出, 采用了自制的半导体制冷系统对激光腔进行整体温控, 温度控制在 25.0 °C, 温控精度  $\pm 0.1$  °C。激光输出功率由 Newport 公司的 2832 c 功率计测量, 激光光谱由共焦球面扫描干涉仪和示波器来进行测量。



1 - LD; 2 - 光学耦合系统; 3 - Nd:GdVO<sub>4</sub> 晶体; 4 - Rochon 棱镜;  
5 - KTP 晶体; 6 - 温控系统  
1 - LD; 2 - couple system; 3 - Nd:GdVO<sub>4</sub> crystal; 4 - Rochon Prism;  
5 - KTP crystal; 6 - temperature controller

图 1 实验装置原理图

Fig. 1 schematic diagram of experiment setup

通过控制 LD 工作温度, 使其发射波长与 Nd:GdVO<sub>4</sub> 的中心吸收波长 808.5 nm 一致, 在不同的泵浦功率下, 单频 532 nm 波长激光输出功率如图 2 所示, 激光阈值约为 100 mW, 在泵浦功率为 600 mW 时, 532 nm 激光输出功率为 95.3 mW, 光-光转换效率为 15.9%, 随着泵浦功率的进一步增大, 由

于 Nd:GdVO<sub>4</sub> 激光晶体对泵浦光的饱和吸收, 激光输出功率反而略有下降; 同时, 由于激光晶体的热效应增大, 激光输出的稳定性变差。利用共焦球面扫描干涉仪测量激光器的单纵模输出情况如图 3 所示。

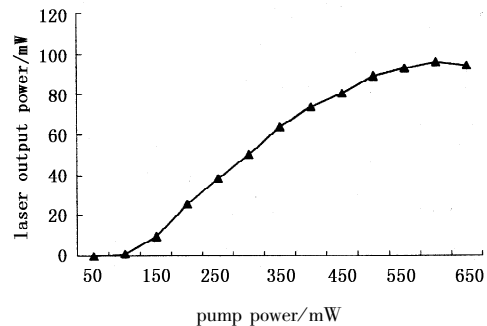


图 2 激光输出功率随泵浦功率的变化

Fig. 2 relationship of laser output power and pump power

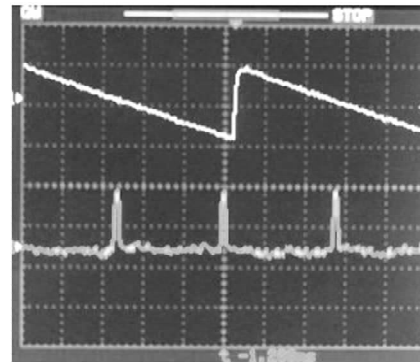


图 3 单频绿光微片激光器的光谱特性

Fig. 3 output spectrum of single frequency micro-chip green laser

## 3 结论

利用 Rochon 棱镜和 KTP 晶体构成新型的 Loyt 滤波器作为选频元件, Nd:GdVO<sub>4</sub> 晶体作为激光增益介质, 各元件之间通过光胶方法结合在一起; 同时, 利用自行设计的半导体制冷系统, 对激光器进行整体温控, 成功研制出性能稳定的单频绿光微片激光器, 在常温下获得最大功率 95.3 mW 的单频绿光激光输出, 光-光转换效率达 15.9%。该器件结构简单、无需装配、易模块化、成本低, 在激光演示、激光医疗等诸多领域具有广泛的应用前景。

## 参考文献:

- [1] Jensen T, Ostroumov V G, Mdyen J P, et al. Spectroscopic characterization and laser performance of diode-laser pumped Nd:GdVO<sub>4</sub> [J]. *Apl. Phys. B*, 1994, 58 (5): 373 - 379.
- [2] Huaijin Zhang, Xianlin Meng, Junhai Liu, et al. Growth of lowly Nd doped GdVO<sub>4</sub> single crystal and its laser properties [J]. *J Crystal Growth*, 2000; 216: 367 - 371.

- [3] 张庆礼,殷绍棠,王爱华,等. Nd:GdVO<sub>4</sub> 的晶体生长和光谱特性[J]. 量子电子学报, 2002, 4(19): 310-313.
- [4] 尹钊,沈德元,植田宪一. 激光二极管抽运的Nd:GdVO<sub>4</sub> 激光器[J]. 光学学报, 2000, 20(10): 1374-1377.
- [5] 刘蓉,李锋,白晋涛. 热效应不敏感的Nd:GdVO<sub>4</sub>/全固态绿光激光器设计[J]. 激光与红外, 2009, 39(4): 379-382.
- [6] 张彪,侯学元,李宇飞,等. 端面泵浦 Nd:GdVO<sub>4</sub> 的热焦距及基频运转[J]. 光电子·激光, 2002, 13(9): 920-922.
- [7] T Baer. Large-amplitude fluctuations due to longitude mode coupling in diode-pumped intracavity-doubled Nd:YAG lasers[J]. J. Opt. Soc. A (B), 1986, 3(9): 1175-1180.
- [8] G J Kintz, T Baer. Single-frequency operation in solid-state laser materials with short absorption depths[J]. IEEE J. Quant. Electron., 1990, QE - 26(9): 1457-1459.
- [9] Wu E, Pan H, Zhan G S, et al. High power single longitude mode operation in a twisted mode cavity laser with a c-cut Nd:GdVO<sub>4</sub> crystal[J]. Appl. Phys., 2005: 1-4.
- [10] 张靖,张宽收,王润林,等. 全固化单频 Nd:YVO<sub>4</sub> 环形激光器[J]. 中国激光, 2000, 27(8): 594-596.
- [11] Hideo Nagai, Masah irokume. Low noise operation of a diode-pumped intracavity-doubled Nd:YAG laser using a brewster plate [J]. IEEE J. Quant. Electron. 1992, 28(4): 1164-1168.