

文章编号: 1001-3806(2008)03-0312-02

## LD 抽运 Nd YAG/KTP 腔内倍频 16W 连续波绿光激光器

戴厚梅<sup>1</sup>, 白晋涛<sup>2</sup>

(1. 武汉科技大学 理学院, 武汉 430081; 2 西北大学 光子学与光子技术研究所, 西安 710069)

**摘要:** 为了得到一台大功率连续波绿光激光器, 采用 9 个 20W 的高功率半导体激光器侧面抽运 Nd YAG 棒, 倍频晶体选用 II 类相位匹配的 KTP 晶体, 设计了三镜折叠腔结构, 使得放置倍频晶体位置处基频光的光腰稍大, 从而尽量避免 KTP 晶体的“灰线效应”, 通过调节角度的办法来补偿倍频晶体热效应导致的相位失配, 得到在抽运电流为 19.5A 时, 连续波绿光输出可达 16W, 倍频转换效率为 40% 的结果。实验结果表明, Nd YAG/KTP 是产生大功率连续绿光的较佳组合。

**关键词:** 激光器; 输出功率; 倍频; Nd YAG; KTP

**中图分类号:** TN248.4 **文献标识码:** A

## LD-pumped Nd YAG/KTP intra-cavity double frequency 16W CW green laser

DAI Houmei<sup>1</sup>, BAI Jintao<sup>2</sup>

(1. College of Science, Wuhan University of Science & Technology, Wuhan 430081, China; 2 Institute of Photonics & Photon Technology, Northwest University, Xi'an 710069, China)

**Abstract:** In order to get high power CW green output, the laser pumped by 9 × 20W high power laser diode arrays with a type II phase matched KTP crystal was developed. Properly enlarging the light waist where KTP crystal was laid to avoid “gray tracks effect”. At last, 16W CW green laser output and 40% second-harmonic generation conversion efficiency were achieved at pumping current of 19.5A, with compensating phase mismatch by angle departure. The results show that Nd YAG/KTP are good choice for high power CW green output.

**Key words:** lasers; output power; double frequency; Nd YAG; KTP

### 引 言

激光二极管抽运的全固态大功率连续波绿光激光器由于具有体积小、效率高、寿命长和稳定性好等优点, 近年来成为国际上竞相研究开发的热点, 其可取代结构庞大、效率低的氩离子激光器, 在军事、医疗、科研等领域有着广阔的应用前景。发达国家在这方面已经进行了很多的研究, 美国光谱物理公司和相干公司已分别推出了 5W, 8W 及 10W 的全固态连续波绿光激光器产品; 国内由于国外高功率半导体激光器禁运、价格等条件限制一直落后于发达国家。近年来, 随着国产半导体激光器质量的提高以及国外半导体激光器价格的降低, 全固态高功率绿光光源的研究也有了极大的进展, 2004 年, XU 等人采用内腔倍频全固态 Nd YAG 绿光激光器得到脉冲绿光可达 104W<sup>[1]</sup>, 2006 年, WANG 等人采用 Nd YAG/KTP 腔内倍频声光调 Q

可输出脉冲绿光高达 138W<sup>[2]</sup>。国内也有许多超过 5W 的连续波绿光激光器的研究报道<sup>[3-6]</sup>。

Nd YAG 晶体具有较大的吸收系数、吸收带宽和受激发射截面, 且具有很好的热导率, 适合在大功率下工作, 并且很容易生长出大尺寸的晶体; KTP<sup>[7]</sup> 晶体具有非线性系数大、允许角大、走离角小、倍频效率高等优点, 因而 Nd YAG/KTP 容易获得大功率绿光输出, 被人们认为是全固态大功率绿光激光器比较理想的组合。

本文中报道了一种采用激光二极管阵列侧面抽运 Nd YAG 晶体, KTP 腔内倍频的高效率全固态连续波绿光激光器, 连续波绿光输出功率可高达 16W, 此时倍频转换效率为 40%。

### 1 实验装置

实验中采用三镜折叠腔结构, 实验装置见图 1。

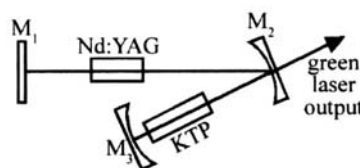


Fig 1 Experimental setup

作者简介: 戴厚梅 (1982-), 女, 助教, 主要从事全固态激光器的研究工作。

E-mail: memorymoon@126.com

收稿日期: 2007-03-13; 收到修改稿日期: 2007-04-20

实验中采用美国 CEO 公司生产的半导体激光器组件,它由 9 个 20W 的二极管激光器组成,按照三角形等间距侧面抽运 Nd:YAG 棒,其总抽运功率为 180W,结构示意图如图 2 所示。激光棒的尺寸为  $\varnothing 3\text{mm} \times$

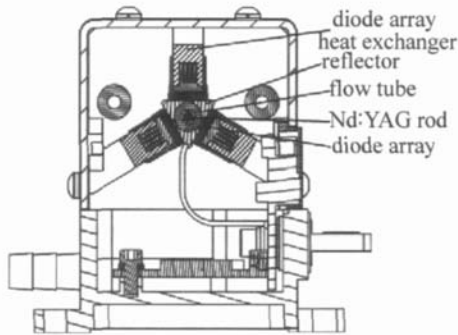


Fig 2 Cross section of pumping module

60mm, 掺 Nd 的质量分数为 0.006, 侧面打毛, 两端面镀 1064nm 增透膜。采用长春光机所提供的高稳定性驱动电源对 LD 提供稳定的电流。倍频晶体选用从山东大学晶体所购进的 II 类相位匹配的 KTP 晶体 ( $\Phi = 23.6^\circ, \theta = 90^\circ$ ), 尺寸为  $3\text{mm} \times 3\text{mm} \times 10\text{mm}$ , 两通光面镀 1064nm 和 532nm 双色增透膜, 晶体用铝箔包裹后放入水冷铝块中制冷。水冷却方式采用北京莱伯泰科实验室应用技术有限公司生产的 H100 型恒温冷却水循环器, 控温范围:  $5^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ , 温度稳定度:  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ , 可以严格控制激光晶体和倍频晶体的温度, 有利于提高输出功率、改善光束质量。

平面腔镜  $M_1$  右端面镀 1064nm 高反膜; 平凹输出镜  $M_2$  的凹面曲率半径为 200mm, 凹面镀 1064nm 高反膜和 532nm 增透膜, 平面镀 532nm 增透膜; 平凹腔镜  $M_3$  的凹面曲率半径为 1000mm, 凹面镀 1064nm 和 532nm 双色高反膜。最后选用 LPE1B 型功率计测量绿光输出功率。

## 2 实验结果及分析讨论

图 3 为实验中测得的连续波绿光输出功率与抽运电流的关系曲线, 抽运阈值为 6.8A。连续加大抽运电

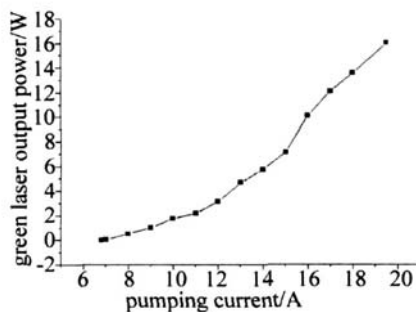


Fig 3 The curve of CW green laser output power versus pumping current 流时, 发现绿光输出功率并非线性增长, 究其原因, 可能是高功率时激光晶体及倍频晶体热效应的影响, 尤

其是倍频晶体, 热效应使得晶体的折射率发生改变, 从而导致相位失配, 影响了倍频效率及输出功率。通过调整相位匹配角进行补偿发现功率明显上升, 当抽运电流为 19.5A 时, 绿光输出可达 16W, 模式为  $\text{TEM}_{00}$  模, 此时倍频转换效率为 40%。

KTP 晶体在高功率密度激光的长期作用下, 晶体中的  $\text{Ti}^{4+}$  会得到一个电子变成  $\text{Ti}^{3+}$ , 产生肉眼可见的所谓“灰线”<sup>[8]</sup>, 灰线一旦形成, 会吸收传播光束, 使晶体损伤, 倍频效率也会因此而下降, 从而影响最后激光器的输出功率, 该实验通过合理选择腔镜及腔参数, 使得放置 KTP 晶体位置处基频光的光腰稍大<sup>[9-10]</sup>, 从而大大减少了损伤几率, KTP 晶体大的非线性系数仍可使我们获得较高的倍频效率。

## 3 结论

选用 Nd:YAG/KTP, 使得放置倍频晶体位置处基频光的光腰稍大, 从而尽量避免 KTP 晶体的“灰线效应”, 在抽运电流为 19.5A 时, 绿光输出功率高达 16W, 此时倍频转换效率为 40%, 且具有较好的稳定性。实验过程中, 通过调节角度的办法来补偿倍频晶体热效应导致的相位失配, 效果甚佳。

## 参考文献

- [1] XU D G, YAO J Q, GUO L, *et al* 104W laser diode pumped intracavity frequency-doubled Nd:YAG green light laser [J]. *Acta Optica Sinica*, 2004, 24(7): 925-928 (in Chinese).
- [2] WANG N R, WANG C Zh, YUAN L G, *et al* 138W narrow pulse-width solid-state green laser operation [J]. *Chinese Journal of Lasers*, 2006, 33(8): 1017-1020 (in Chinese).
- [3] LIL, TAN F, ZHAO Zh M, *et al* LD end-pumped folded cavity Nd:YVO<sub>4</sub>/LBO laser [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2004, 33(4): 396-399 (in Chinese).
- [4] BAI Y, LIL, CHEN H W, *et al* Continuous-wave green laser of 9.9W by intracavity frequency doubling in laser-diode single-end-pumped Nd:YVO<sub>4</sub>/LBO [J]. *Chinese Physics Letters*, 2004, 21(8): 1532-1534.
- [5] HOU W, ZHANG H L, LI J, *et al* CW laser by intracavity frequency doubling with LBO in a LD pumped Nd:YVO<sub>4</sub> Laser [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2001, 21(4): 437-439 (in Chinese).
- [6] HE J L, HOU W, ZHANG H L, *et al* 8.8W Green laser by intracavity frequency doubling of a LD pumped Nd:YVO<sub>4</sub> laser [J]. *Chinese Journal of Lasers*, 2000, 27(6): 481-484 (in Chinese).
- [7] CAO S S, ZHANG X Y, HUANG Y L, *et al* 1J high energy frequency-doubled Nd:YAG laser [J]. *Laser Technology*, 2003, 27(2): 101-105 (in Chinese).
- [8] TYMNSKI J K. Photo-refractive damage in KTP used as second harmonic generator [J]. *Appl Phys*, 1991, 70(10): 5570-5576.
- [9] GUO M X, LU Y T. Study on Nd:YVO<sub>4</sub>/KTP all-solid-state frequency doubling laser [J]. *Laser Technology*, 2003, 27(3): 236-239 (in Chinese).
- [10] SHIP, LIL, LID L, *et al* Temperature field analytical analysis of KTP crystal in laser system [J]. *Laser Technology*, 2005, 29(1): 6-8 (in Chinese).