

Nd:KYW 新型全固体激光器研究

刘忻钢 刘英同

(长春理工大学, 吉林 长春 130022)

摘要 报道了采用半导体二极管抽运的掺钕钨酸钪钾 $[\text{Nd}^{3+}:\text{KY}(\text{WO}_4)_2]$ (简称 Nd:KYW)蓝绿光激光器。腔内倍频采用了 I 类临界相位匹配 LBO(LiB_3O_5)晶体作为倍频器, 阈值抽运功率为 400 mW, 在抽运功率为 2 W 时获得了 200 mW 的 530 nm 连续激光输出, 其倍频光的光-光转换效率为 10%。

关键词 激光器; Nd:KYW 晶体; LBO 倍频晶体; 蓝绿光激光器

中图分类号 TN248.1 文献标识码 A doi: 10.3788/AOS200828s1.0001

Research of a New All-Solid-State Nd:KYW Laser

Liu Xingang Liu Yingtong

(Changchun University of Science and Technology, Changchun, Jilin 130022, China)

Abstract A laser diode (LD) pumped $\text{Nd}^{3+}:\text{KY}(\text{WO}_4)_2$ (Nd:KYW) blue-green laser is reported. LBO (LiB_3O_5) crystal with type I critical phase matching was used for intracavity frequency doubling. The threshold pump power is 400 mW. The laser performance at 530 nm was demonstrated. The maximum CW output power of 200 mW was obtained with an incident pump power of 2 W. The optical-to-optical conversion efficiency of frequency-doubled output is about 10%.

Key words lasers; Nd:KYW crystal; LBO crystal; blue-green laser

1 引 言

近年来,随着固体激光器在光通信、激光制导、遥感、生物医学、环境监测、激光测距、激光加工等领域的广泛应用,促进了它在高效率、小型化、波长可调谐等方向上的发展。尤其是半导体二极管激光器(LD)抽运全固态激光器的发展,大大延长了激光器的使用寿命,降低了使用维护成本,获得了用户的青睐。这促进了对激光器的工作物质新型激光晶体的需求^[1~4]。为了满足这种需求,近 5 年来,我们开展了对稀土钨酸盐系列激光晶体生长的研究,掺钕钨酸钪钾(Nd:KYW)是其中的一种。

碱金属稀土的复合钨酸盐已构成许多性能优良的激光材料,这类化合物具有激活离子掺杂浓度高,荧光猝灭小,尤适于制成激光二极管抽运、低阈值的微片固体激光器^[5~8]。

Nd:KYW 晶体具有吸收带宽、阈值低、增益大、掺杂浓度高、效率高等优点,是 YAG、YVO₄ 之后又一个有发展前景的新型激光晶体,对这种激光晶体的生长和性能研究成为当前热点之一。

掺钕钨酸钪钾分子式为 $[\text{Nd}^{3+}:\text{KY}(\text{WO}_4)_2]$ (简称 Nd:KYW),晶胞参数为 $a = 1.064 \text{ nm}$, $b = 1.032 \text{ nm}$, $c = 0.755 \text{ nm}$,属于单斜晶系,空间群是 C^2/c 。在 812 nm 处有很高的吸收峰,恰好与 808 nm 的 LD 发射波长重叠。在 899 nm、1057 nm 处具有很强的发射带,适宜用做二极管抽运激光材料。其晶体吸收光谱详见图 1。其晶体发射光谱详见图 2。

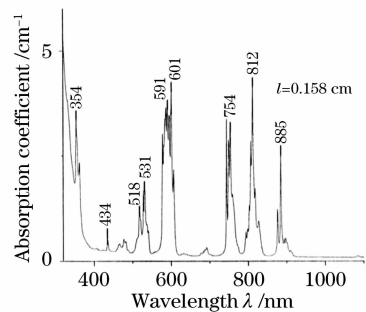


图 1 Nd:KYW 激光晶体的吸收光谱图

Fig. 1 Absorption spectra of Nd:KYW crystal

另外,由于 KYW 晶体结构的无序性,可以实现稀土离子的高浓度掺杂,有利于实现 LD 抽运的固体

作者简介: 刘忻钢(1975—),男,硕士,工程师,主要从事激光器设计、计算机仿真等方面的研究。

E-mail: seegerl@163.com

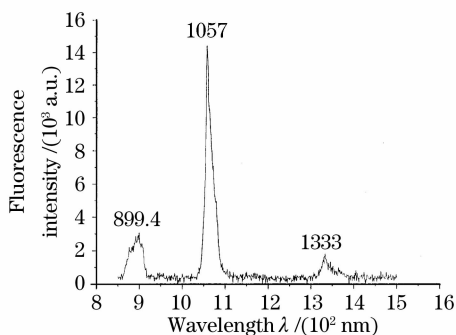


图2 Nd:KYW 的发射光谱图

Fig. 2 Emission spectra of Nd:KYW crystal

激光器的低阈值、高效率、高功率输出,便于器件的集成化和小型化^[9,10]。图3是我们做试验用的激光器。

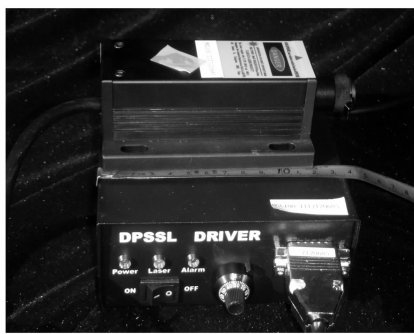


图3 Nd:KYW 激光器

Fig. 3 Nd:KYW laser

2 实验装置

LD 抽运 Nd:KYW/LBO 蓝绿激光器的光学原理图如图4。

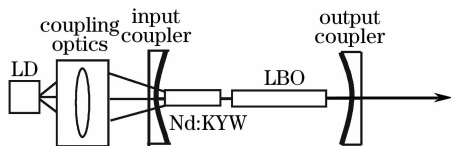


图4 激光二极管抽运的 Nd:KYW/LBO 蓝绿激光器的光学原理图

Fig. 4 Optical principle of laser diode pumped Nd:KYW/LBO blue-green laser

抽运源采用额定功率为2.5 W,发射波长为808 nm的激光二极管。Nd:KYW 晶体尺寸为3 mm×3 mm×2 mm薄片,2 mm 为通光方向,Nd³⁺掺杂原子数分数为0.05。晶体左端面镀810 nm高透,1057 nm高反膜;右端面镀1057 nm增透膜。

谐振腔采用双凹腔结构。其输入镜的膜系:平面810 nm高透;凹面1057 nm高反膜。凹面曲径半径R=50 mm。

其输出镜的膜系:凹面1000 nm高透,530 nm增透膜;平面530 nm增透膜。凹面曲率半径为R=50 mm。

倍频晶体尺寸为2 mm×2 mm×10 mm,按I类临界相位匹配的蓝绿光LBO,表面镀1000 nm和530 nm增透膜。与KTP倍频晶体相比,其走离角小,允许角大,相互作用长度长等优点,易于获得更高的倍频效率^[11~13]。

3 实验结果与分析

通光长度为2 mm的Nd:KYW对抽运光的吸收效率为85%,当抽运光波长变化时,吸收率变化不大,说明Nd:KYW吸收带宽较宽。

实验采用美国Coherent公司Field master功率计对实验装置进行了输出功率及输出稳定性测量(表1)。

表1 激光输出功率及转换效率

Table1 Laser output power and conversion efficiency

Pumped power /mW	2000
Green laser output power /mW	200
Threshold current density /mA	400
Double frequency optical-to-optical conversion efficiency /% 10	

利用法国JY公司微区拉曼光谱仪测得倍频光输出波长为530 nm,光谱如图5所示。

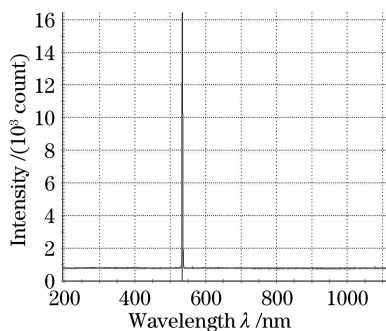


图5 Nd:KYW 激光器倍频输出光谱图

Fig. 5 Frequency-doubled output spectra of Nd:KYW laser

蓝绿光输出随抽运光的变化曲线,如图6所示。

功率稳定性测量:一小时功率不稳定性为4.23%,如图7所示。

采用美国Photon公司轮廓分析仪进行光斑及发散角测量,测得激光输出模式为TEM₀₀模,激光器出光口光斑约为350 μm如图8所示,发散角为0.75 mrad。

用格兰棱镜对Nd:KYW激光器进行了偏振测量,蓝绿光输出具有很强的偏振性,偏振方向为垂直方向。偏振比大于100:1。

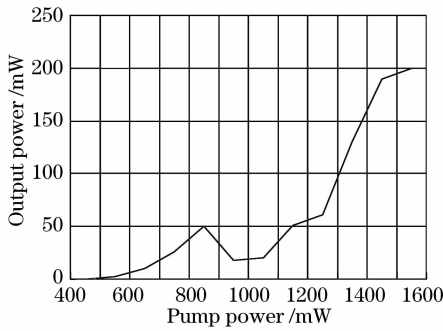


图 6 蓝绿光输出变化图

Fig. 6 Blue-green laser output curve

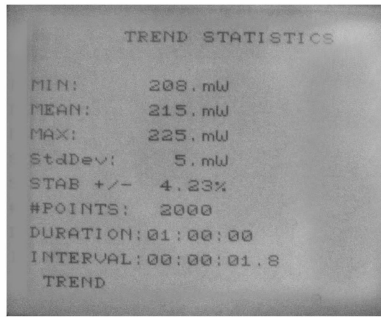


图 7 稳定性测量图

Fig. 7 Trend statistics

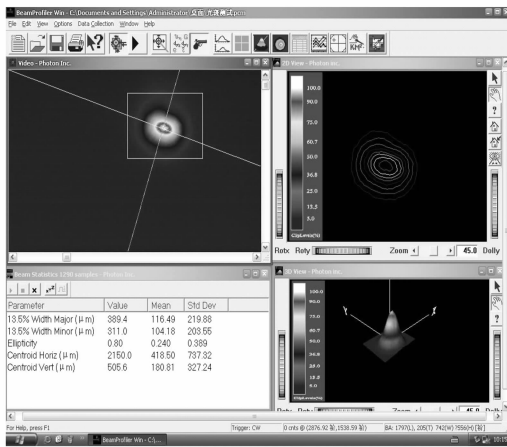


图 8 Nd:KYW 蓝绿激光器光斑测量图

Fig. 8 Measured Nd:KYW blue-green laser faculae

实验中,由于条件所限,所用激光晶体的长度、掺杂浓度与实验中采用的一系列条件不是最优匹配;倍频晶体的匹配角度、膜系的选择以及谐振腔膜系的选用,仍需进行优化设计。

另外在 2 W 的抽运条件下,未发现输出饱和现象,如采用更高输出功率 LD 作为抽运源,输出功率还可提高。

4 结 论

本文报道了采用半导体二极管激光器抽运的掺

钕钨酸铀钾 $[Nd^{3+}:KY(WO_4)_2]$ (简称 Nd:KYW)蓝绿光激光器。腔内倍频采用了 I 类临界相位匹配 LBO (LiB_3O_5) 作为倍频器,阈值抽运功率为 400 mW,在抽运功率为 2 W 时获得了 200 mW 的 530 nm 连续激光输出,其倍频光-光转换效率为 10%。实验结果证明 Nd:KYW 晶体是一种阈值低、增益大、掺杂浓度高、效率高、无猝灭现象的优良晶体。

参 考 文 献

- Xu Shixiang, Li Wenxue, Hao Qiang *et al.*. Laser diode-pumped efficient tunable Yb:LYSO laser[J]. *Acta Optica Sinica*, 2006, **26**(5): 799~800
徐世祥,李文雪,郝强等. 半导体激光器抽运新型高效、调谐 Yb:LYSO 激光器[J]. *光学学报*, 2006, **26**(5): 799~800
- Li Haifeng, Zhou Rui, Zhao Pu *et al.*. 1386 nm continuous wave output from laser diode end-pumped 1386 nm Nd:YVO₄ laser [J]. *Acta Optica Sinica*, 2006, **26**(7): 1069~1072
李海峰,周睿,赵璞等. 激光二极管端面抽运 Nd:YVO₄ 实现 1386 nm 连续波激光输出[J]. *光学学报*, 2006, **26**(7): 1069~1072
- A. A. Kaminski. *Laser Crystal* [M]. Chen Changgeng, Lin Zhongda transl., Beijing: Science Press, 1981
A. A. 卡明斯基. 激光晶体[M]. 陈长庚,林仲达译,北京: 科学出版社, 1981
- Zang Jingcun, Zhan Yongling. *Photoelectron Laser*, 1997, **8**(2): 10~13
臧竞存,詹永玲. LD 抽运高效多波长激光晶体: 掺钕钨酸铀钾 [J]. *光电子·激光*, 1997, **8**(2): 10~13
- Zang Jingcun, Wu Shaohua, Liu Yanhang *et al.*. Codoped Nd³⁺ ion improvement lasing efficiency of Cr:ZnWO₄ crystal[J]. *Chin. J. Lasers*, 1994, **A21**(9): 721~723
臧竞存,武少华,刘燕行等. 共掺 Nd³⁺ 离子改善了 Cr:ZnWO₄ 的激光效率[J]. *中国激光*, 1994, **A21**(9): 721~723
- Liebau F. *Structural Chemistry of Silicates: Structure, Bonding, and Classification* [M]. Xi Yaozhong transl., Beijing: China Architecture & Building Press, 1989
F. 利鲍. 硅酸盐结构化学[M]. 席耀忠译,北京: 中国建筑工业出版社, 1989
- Kocchner W. *Solid-State Laser Engineering* [M]. Sun Wen, Jiang Zewen, Cheng Guoxiang transl., Beijing: Science Press, 2002
克希耐尔 W. 固体激光工程[M]. 孙文,江泽文,程国祥译,北京: 科学出版社, 2002
- Li Shimin, Huang Weiling. *Principle and Design of Laser Devices* [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2005
李适民,黄维玲. 激光器件原理与设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005
- V. Volkov, C. Zaldo. Czochralski pulling of scheelite-type NaBi (WO₄)₂ single crystals [J]. *J. Crystal Growth*, 1999, **206**(122): 60~64
- Liu Jinghe, Ge Jianjun, Zhu Zhongli *et al.*. Nd:NaY(WO₄)₂ crystal growth by Czochralski method[J]. *J. Synthetic Crystals*, 2003, **32**(6): 657~660
刘景和,葛建军,朱忠丽等. Nd:NaY(WO₄)₂ 激光晶体生长 [J]. *人工晶体学报*, 2003, **32**(6): 657~660
- Zheng Quan, Wang Junying, Xue Qinghua *et al.*. LBO frequency doubled CW red laser at 671 nm up to 1.8 W [J]. *Chin. J. Lasers*, 2005, **32**(1): 9~12
郑权,王军营,薛庆华等. LBO 倍频 1.8 W 连续 671 nm 红光激光器[J]. *中国激光*, 2005, **32**(1): 9~12
- Stankov K A, Marowsky G. High-efficiency multicolour Q-switching of a diode pumped Nd:KFW laser[J]. *Appl. Phys.*, 1997, **64**(1): 21~24
- Flood C J, Walker D R, van Driel H. CW diode pumping and FM mode locking of a Nd:KFW laser[J]. *Appl. Phys.*, 1995, **60**(3): 309~312