

文章编号:1001-5078(2007)06-0506-02

LD 泵浦 Nd:YVO₄/BIBO 腔内倍频 457nm 蓝光激光器

吕彦飞,张喜和,姚治海,李昌立,卢俊
(长春理工大学理学院,吉林 长春 130022)

摘要:用国产半导体激光二极管泵浦 Nd:YVO₄ 晶体,在室温下获得 914nm 激光连续输出,用 I 类临界位相匹配 BIBO 腔内倍频获得 457nm 蓝光激光输出,当注入泵浦功率为 1.4W 时,蓝光最大输出为 48mW,光光转化效率为 3.4%,功率稳定度 24h 内优于 $\pm 2.8\%$ 。

关键词:激光二极管泵浦;Nd:YVO₄ 晶体;BIBO 倍频;蓝光激光

中图分类号:TN248.1 **文献标识码:**A

Laser-diode Pumped Nd:YVO₄/BIBO 457nm Blue Laser by Intracavity Doubling

LÜ Yan-fei, ZHANG Xin-he, YAO Zhi-hai, LI Chang-li, LU Jun
(Changchun University of Sciences and Technology, Changchun 130022, China)

Abstract: An optimized designed CW 914nm laser at room temperature is obtained. Using type-I critical-matching BIBO crystal, 457nm blue laser is obtained by 914nm intracavity frequency doubling. The maximum laser output power of 48mW is obtained when a incident pump laser of 1.4W is used. The optical-to-optical conversion up to 3.4%, the power instability in 24h is better than $\pm 2.8\%$.

Key words: LD-pumped; Nd:YVO₄ crystal; BIBO frequency-doubling; blue-laser

1 引言

近年来,LD 泵浦的全固态激光器已取得了长足的进步,尤其是利用倍频技术产生蓝光激光器^[1-6],一直是国际上研究的热点,实现 LD 泵浦的全固态蓝色激光器主要是采用 LD 泵浦 Nd:YAG 或 Nd:YVO₄ 晶体实现 946nm 或 914nm 波长的运转,再通过倍频晶体输出 473nm 或 457nm 的蓝光激光。目前在该领域的研究主要是 473nm 的蓝光激光,457nm 同 473nm 蓝光相比具有颜色更饱满、波长更短、光子能量更大、光点面积更小等优点,使其在高密度数据存储、激光彩色显示、水下通讯、海洋资源探测和量子学分析上有着更为广阔的应用前景。由于 Nd:YAG(946nm)和 Nd:YVO₄(914nm)获得蓝光激光的能级跃迁都是准三能级,Nd:YVO₄ 的激光下能级粒子数比 Nd:YAG 占能级粒子总数比例更大,导致激光阈值更高,使得 Nd:YVO₄ 的准三能级系统实现起来更为困难,但由于 Nd:YVO₄(914nm)与 Nd:YAG(946nm)相比,Nd:YVO₄ 发射截面和热导率更大,吸收带更宽^[7],所以利用 Nd:YVO₄ 实现 457nm 蓝光激光也有一定的优点。

本文利用 Nd:YVO₄ 晶体的⁴F_{3/2} - ⁴I_{9/2}跃迁获得

914nm 激光,在利用 BIBO 晶体 I 类临界相位匹配倍频获得 457nm 连续波蓝光输出。

2 实验装置

实验装置如图 1 所示,泵浦源是最大输出功率为 2W 的 LD,通过调节 LD 制冷器(TEC1)的电流,使泵浦光中心波长与 Nd:YVO₄ 的中心吸收波长 808.9nm 重合,经过准直、扩束、聚焦,最终成为椭圆度为 0.88、束腰半径约为 90 μ m 的泵浦光斑,入射到 Nd:YVO₄ 晶体中。由于 Nd:YVO₄ 晶体的基波场矢量平行于晶体光轴方向的 π 偏振和 σ 偏振的光谱特性具有明显的差异,其最强发射和最强吸收都发生在 π 偏振取向,因此在实验中我们采用 a 轴切割晶体获得 π 偏光输出,钕离子掺杂浓度为 0.5%,通光长度为 2mm,其左端镀 808nm 增透膜和 914nm 高反膜作为一个腔镜,右端对 914nm 增透,侧面裹上一层铝箔安装在紫铜热沉上,通过半导体制冷器

基金项目: 国家“863”高科技计划资助项目(No. 2002AA311140)。

作者简介: 吕彦飞(1976-),男,博士,主要从事光学设计,半导体激光泵浦全固态激光器及非线性光学频率变换技术等的研究,现在长春理工大学从事科研与教学工作。E-mail:custlaser@163.com

收稿日期: 2006-11-21

(TEC2)进行温度控制。曲率半径为 50mm 的平凹镜作为输山镜,凹面镀 1064nm 增透-膜、914nm 高反膜和 457nm 增透膜,平面对 457nm 增透,倍频晶体采用 I 类临界相位匹配 BIBO,尺寸为 2mm×2mm×7mm,两端面镀 914nm/457nm 双色增透膜。腔长约为 20mm,机械结构稳定、抗震动。对 LD、Nd:YVO₄ 利 BIBO 用半导体制冷器 (TEC2) 进行严格的温控,温度精度为 ±0.02℃。

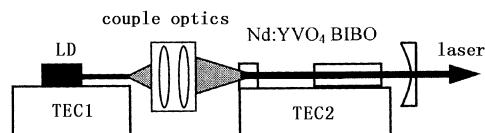


图1 457nm 激光器实验装置

Fig.1 the setup of 457nm blue laser

3 倍频晶体的选择

当腔内基频光斑半径取 100μm 时,对 BIBO 和 LBO 的两种倍频晶体临界相位匹配的主要参数如表 1 所示。

表 1 不同非线性晶体临界相位匹配倍频的主要参数

Tab.1 the parameters of critical phase-matching frequency-doubling of different crystals

晶体 参数	BIBO (I)	BIBO (II)	LBO (I)	LBO (II)
转换方式 /mm	914(o) + 914(o) - 457(e)	914(o) + 914(e) - 457(o)	914(o) + 914(o) - 457(e)	914(o) + 914(e) - 457(o)
走离角 ρ/mrad	87.8	74.1	12.48	9.32
有效非线性系数 d _{eff} /pm·V	2.46	0.48	0.803	0.505
相位匹配角 (θ,φ)	(45.4°,0°)	(63.4°,0°)	(90°,21.7°)	(43°,90°)
允许角/(mrad·cm)	0.57	0.99	4.56	6.60

从表 1 中可以看出 BIBO 比 LBO 的有效非线性系数 d_{eff} 大,BIBO 比 LBO 的走离角大。由式(1)^[8]可知,当谐振腔结构和倍频晶体一定时,激光器的倍频效率 η 与有效非线性系数 d_{eff} 和非线性倍频晶体长度 l 的乘积的平方成正比。

$$\eta = \frac{p^{2\omega}}{p^\omega} = \frac{52 \cdot 2l^2 \cdot d_{\text{eff}}^2 \cdot p^\omega}{n^3 \cdot \lambda^2 \cdot C \cdot A} \cdot \text{sinc}^2(\Delta k \cdot l/2) \quad (1)$$

其中, $p^{2\omega}$ 为倍频光输出功率; p^ω 为基频光输出功率; d_{eff} 为倍频晶体的有效非线性系数; λ 为真空中基频波的波长; C 为真空中的光速; A 为基横模面积; Δk 为相位失配因子。

在表 1 中可以看出 BIBO I 类临界相位匹配时有效非线性系数最大,虽然 BIBO 比 LBO 的走离角大,影响了晶体的作用长度,但在中小功率的条件下,由于非线性晶体在腔内吸收损耗,一般晶体不能取得很长,所以在实验中我们选择 BIBO I 类临界相位匹配更有利于提高倍频效率。同时在表 1 中也可以看出 BIBO 的允许角较小,所以给实验调试带来一些困难,这是 BIBO 相对 LBO 的缺点。

4 实验结果

采用 LBO 晶体进行内腔倍频,用滤光片滤去 808nm 泵浦光和 914nm 基频光的干扰,测量了 457nm 蓝光激光输出功率随泵浦功率的变化。

图 2 给出了 457nm 蓝光输出功率随注入泵浦功率的函数曲线。从图 2 中可以看出,激光器的阈值功率约为 0.23W。在注入泵浦功率为 1.4W 时,测得 457nm 蓝光激光的功率为 48mW。并且可以看出在该泵浦功率下,激光输出功率并未达到饱和,这就说明如果泵浦功率进一步加大,激光的输出功率仍会增加。

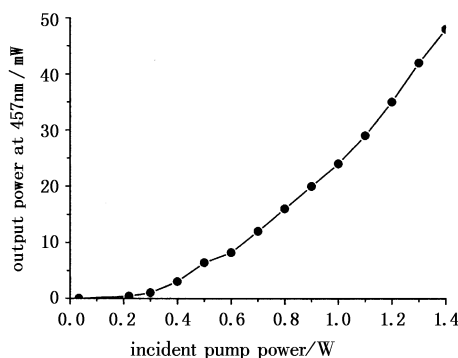


图2 457nm 激光输出功率随注入抽运功率变换

Fig.2 457nm output power via incident pump power

5 结论

研究了采用 2W 的 LD 抽运 Nd:YVO₄ 晶体,采用 BIBO I 类临界相位匹配腔内倍频,获得了 48mW 的 457nm 连续波蓝光激光输出,光光转换效率为 3.4%,功率稳定度 24h 内优于 ±2.8%。实验结果表明采用 LD 抽运 Nd:YVO₄,通过 BIBO 腔内倍频是获得 457nm 蓝光激光一种高效的方法,因此,LD 抽运 Nd:YVO₄ 的腔内倍频技术,为实现大功率全固态连续蓝光激光器的发展提供了一个新的方向。

参考文献:

- [1] Z Quan,Z Ling. Efficient blue laser generation at 473nm by a BIBO crystal[J]. Optics & Laser Technology, 2004, 36(6): 449-451.
- [2] M Pierrou,T Keller. Generation of 740mW of blue light by intra-cavity frequency doubling with a first-order quasi-phase-matched KTiOPO₄ crystal[J]. Opt. Lett., 1999, 24(4): 205-207.
- [3] 高兰兰,檀慧明. 利用复合 Nd:YAG 实现 600mW 高效紧凑型蓝光激光器[J]. 光子学报, 2004, 33(1): 8-10.
- [4] 郑权,赵岭,钱龙生. LD 泵浦 Nd:YAG/LBO 蓝光激光器的低噪声运转[J]. 光子学报, 2003, 32(11): 1291-1293.
- [5] 卜铁坤,陈颖新,郑权,等. LD 泵浦 Nd:YVO₄ 晶体 LBO 倍频 457nm 蓝光激光器[J]. 光子学报, 2005, 34(3): 336-339.
- [6] 刘伟仁,霍玉晶,何淑芳. 激光二极管抽运的全固体 457nm 深蓝激光器[J]. 光学学报, 2002, 22(8): 980-982.
- [7] W 克希耐尔. 固体激光工程[M]. 孙文,等译. 北京: 科学出版社, 2002: 40-55.
- [8] 姚建铨. 非线性光学频率变换及激光调谐技术[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 72.