

文章编号: 1001-5078 (2007) 06-0506-02

LD 泵浦 Nd YVO₄ /B BO 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 B BO 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; B BO 倍频; 蓝光激光

中图分类号: TN248.1 **文献标识码:** A

Laser-diode Pumped Nd YVO₄ /BBO 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 BBO 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; BBO 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、海洋资源探测和光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 $^4F_{3/2} - ^4I_{5/2}$ 跃迁获得

914nm 激光, 在利用 BBO 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 类临界相位匹配 B BO,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 B BO用半导体制冷器 (TEC2)进行严格的温控,温度精度为 ±0.02 。

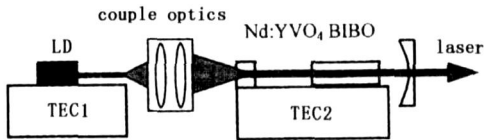


图 1 457nm 激光器实验装置

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 B BO 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	B BO ()	B BO ()	LBO ()	LBO ()
转换方式	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 B BO 比 LBO 的有效非线性系数 d_{eff} 大, B BO 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。

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

其中, p_ω 为倍频光输出功率; p 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 B BO 类临界相位匹配时有效非线性系数最大,虽然 B BO 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 B BO 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 B BO 的允许角较小,所以给实验调试带来一些困难,这是 B BO 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。

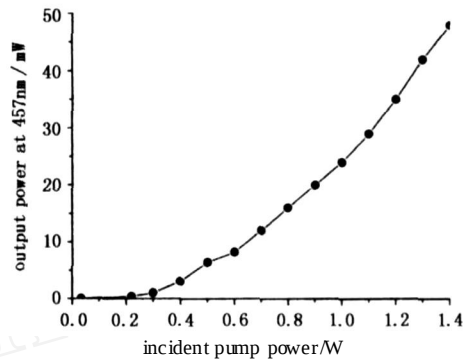


图 2 457nm 激光输出功率随注入抽运功率变换

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 B BO 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 B BO 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 B BO 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 KDP 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] 卜轶坤,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 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.