

文章编号: 1007-6654(2007)02-0138-03

LD泵浦 Nd: YVO₄ /LBO单频 671 nm激光器*

刘 侠, 王 宇, 常冬霞, 贾晓军, 彭堃堃

(量子光学与光量子器件国家重点实验室, 山西大学光电研究所, 山西 太原 030006)

摘要: 利用半导体激光器 (LD)端面抽运位于四镜环行腔中的 Nd: YVO₄ 晶体, 保证激光器单频运转的腔内光学单向器由 TGG和 $\lambda/2$ 波片构成。腔内倍频晶体选用 I类临界相位匹配 LBO晶体, 我们获得了输出功率为 360 mW, 波长为 671 nm 的单频红光。

关键词: 红光激光器; LBO晶体; I类临界相位匹配

中图分类号: O431

文献标识码: A

0 引言

Nd: YVO₄晶体中掺杂的 Nd³⁺ 离子除了 1064 nm 的受激辐射跃迁外, 还可产生 1342 nm 波段的弱辐射^[1]。相对于 Nd: YAG晶体 (产生 1320 nm 激光), 前者具有发射截面大、吸收带宽、输出光为线偏振等优点, 很适合利用 LD抽运, 经内腔倍频, 可获得输出波长为 671 nm 的红光激光。

全固态激光器具有效率高、结构简单、稳定、寿命长等优点。因此, 高功率全固态红光激光器必将在很大程度上替代价格昂贵、效率低、设备复杂的氦离子激光器, 并可应用于彩色显示、医学等领域。尤其是单频运转, 在光谱学、相干测量、全息等领域有广泛的应用。而 1.3 μm 区域激光由于与硅光纤传输窗口符合而有非常广泛的应用前景, 利用波长为 671 nm 的单频红光激光器, 通过参量下转换得到光纤中低损耗传输的 1.34 μm 纠缠源将是今后探索量子信息实用化的一个有效途径。

对于 LD抽运 Nd: YVO₄晶体、内腔倍频的红光激光器, 国内外已有一些文献报道。1998年, Agnesi等人首次利用 II类非临界相位匹配 (温度约 38°C) LBO内腔倍频, 实现了 430 mW 的 671

nm 输出^[2]; 中国科学院物理研究所采用了 II类临界相位匹配 KTP和 I类非临界相位匹配 (温度约 5°C) LBO倍频^[3,4], 分别得到了 70 mW 和 502 mW 的 671 nm 红光。随后, 大量报道中都采用了 I类临界相位匹配 LBO倍频以获得高功率的红光输出^[5~7]。其中, 天津大学研究组利用 I类临界相位匹配 LBO内腔倍频得到了最高 2.85 W 的 671 nm 输出。以上研究工作集中在获得单横模运转, 据我们所知, 仅有文献 [8] 采用在驻波腔中插入标准具的方法获得了 37 mW 的单纵模红光输出。

利用激光谐振腔内高功率密度的基频光进行倍频是一种有效的倍频方式。但是由于倍频晶体的插入, 不可避免地出现了和频和交叉饱和效应, 使得谐波纵模输出变得很不稳定^[9]。通常通过采用环行腔结构消除空间烧孔^[10]并控制基频光在倍频晶体及谐振腔内的偏振方向方法以获得稳定的谐波输出。对于 1342 nm 激光倍频, LBO晶体相对于 KTP晶体有效非线性系数虽然小一些, 但却具有走离角小、允许角大、相互作用长度长的优点。而与 LBO的其它相位匹配方式相比, I类临界相位匹配 LBO具有较大的有效非线性系

* 收稿日期: 2007-04-05

基金项目: 国家自然科学基金 (批准号: 10674088, 60608012)

作者简介: 刘侠 (1982-), 男, 湖南宁乡人, 山西大学光电研究所光学工程专业硕士。

数,且不需要苛刻的温度条件,此外双折射晶体 LBO在 I类相位匹配工作时不会改变基频光的偏振方向,从而使得谐振腔内基频光具有良好的偏振特性。因此,我们采用四镜环行腔结构和 I类临界相位匹配 LBO来实现稳定的单频 671 nm 红光输出。

1 实验装置及结果

实验装置如图 1所示,激光器采用“8”字形环形谐振腔结构。抽运源是中心波长在 808 nm 的光纤耦合输出的激光二极管;光纤输出的光经两个凸透镜组成的整形聚焦系统后入射到激光晶体上,激光晶体采用 Nd:YVO₄,而 Nd:YVO₄晶体中 Nd³⁺离子存在 1064 nm,1342 nm 和 914 nm 三条荧光谱线,但 1064 nm 辐射比 1342 nm 辐射的发射截面大。因此,若想获得 1342 nm 激光,必须首先抑制 1064 nm 激光起振。故晶体两个端面除了镀 808 nm、1342 nm 减反膜外,还需要镀 1064 nm 减反膜,且保证组成谐振腔的四个腔镜对 1064 nm 红外光的总透过率大于 90%以防止 1064 nm 激光起振。晶体尺寸为 3 mm ×3 mm ×8 mm,掺杂浓度为 0.5%;输入镜 M1是一个平面镜,一面镀有 808 nm 减反膜,另一面镀 1342 nm 高反和 808 nm 增透膜;输出镜 M4是一个凹面镜,凹面镀 1342 nm 高反和 671 nm 增透膜,平面镀 671 nm 减反膜;另外两个腔镜均对 1342 nm 高反;倍频晶体是 LBO,晶体尺寸 3 mm ×3 mm ×20 mm,采用 I类临界相位匹配,被放置在工作温度为 27℃、控制精度为 5%的自制控温炉中;腔内放置由 TGG晶体和 $\lambda/2$ 波片构成的光学单向器以

实现激光器稳定的单纵模输出;输出光包括 671 nm 的单频红光和腔镜不完全反射漏出的部分波长为 1342 nm 的单频红外光;从激光器输出的光束被一个对 671 nm 高反,对 1342 nm 增透的平面镜 M5分成两束,透射的红外光被耦合进一个 F-P腔,用来监视激光器的纵模模式;反射的红光被送入功率计探头监视输出红光的功率并结合计算机采集系统记录输出光的功率稳定性。

在 16 W 泵浦时,红光最大输出 450 mW,稳定输出 360 mW,图 2 为自由运转时的功率稳定性曲线,1小时内功率波动小于 $\pm 1.0\%$ 。用自由光谱范围为 1 500 MHz 的 F-P腔和存储示波器记录了激光器自由运转下 1 min 内的频率漂移曲线,如图 3所示,基频光的频率漂移优于 ± 4.7

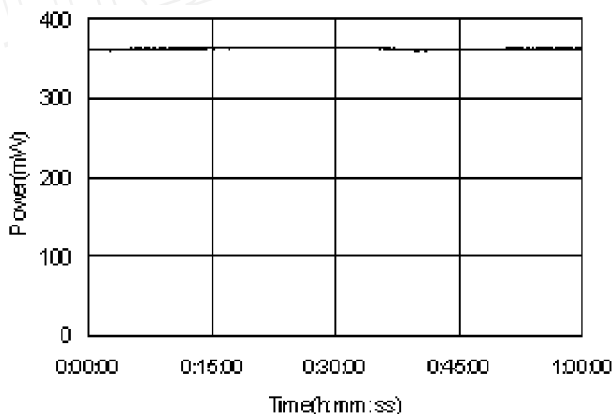


图 2 1小时功率稳定性曲线

Fig 2 the output power stability curve in 1 hour

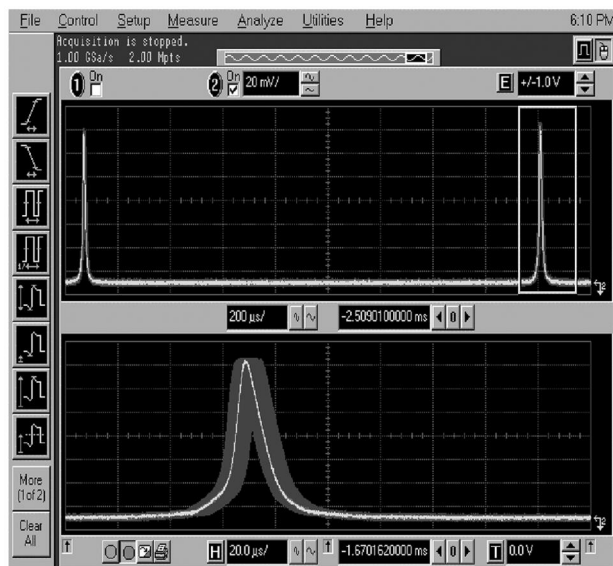


图 3 基频光 1分钟的频率漂移

Fig 3 laser frequency shift in 1 minute at 1342 nm

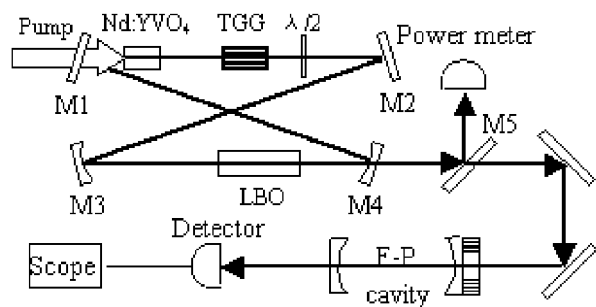


图 1 内腔倍频单频激光器的实验方案

Fig 1 Schematic of intracavity frequency-doubling red laser

MHz, 换算后得到红光的频率漂移优于 ± 9.4 MHz.

2 结论

本文报道了一种光纤耦合 LD 泵浦全固态 Nd: YVO₄/LBO 环行腔单频红光激光器, 采用 I 类

临界相位匹配 LBO 作为倍频晶体, 在 16 W 的泵浦功率下, 获得了最高达 450 mW, 稳定输出达到 360 mW 的连续 671 nm 单频红光输出。下一步将考虑利用它抽运光学参量振荡腔产生波长 1342 nm 的纠缠源, 此波长与硅光纤传输窗口符合, 因此将具有非常广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] TUCKER A W, BERNBAUM M, FINCHER C L, *et al* Stimulated-emission Cross Section at 1064 and 1342 nm in Nd: YVO₄ [J]. *J Appl Phys*, 1997, **48**(12): 4907-4911.
- [2] AGNESIA, REAL I G C, GOBBIP G 430 mW Single-transverse-mode Diode-pumped Nd: YVO₄ Laser at 671 nm [J]. *IEEE J Quantum Electron*, 1998, **34**(7): 1297-1300.
- [3] 王长青, 沈得元, 卢建仁, 等. 激光二极管泵浦的 1.34 μm 及其腔内倍频红光 Nd: YVO₄ 激光器 [J]. 中国激光, 1997, **A24**(7): 577-580.
- [4] 张恒利, 何京良, 等. 激光二极管抽运 Nd: YVO₄ 晶体 1342 nm 和 671 nm 激光器研究 [J]. 物理学报, 1998, **47**(9): 1579-1584.
- [5] HAMISH O, MICHAEL J W, PETER D, *et al* Efficient Diode Double-end-pumped Nd: YVO₄ Laser Operating at 1342 nm [J]. *OPTICS EXPRESS*, 2003, **11**(19): 2411-2415.
- [6] ZHENG Q, WANG J Y, ZHAO L. 2.23 W Diode-pumped Nd: YVO₄/LBO Laser at 671 nm [J]. *Opt Laser Technol*, 2004, **36**: 485-487.
- [7] ZHOU R, DING X, WEN W Q, *et al* High-Power Continuous-Wave Diode-End-Pumped Intracavity Frequency Doubled Nd: YVO₄ Laser at 671 nm with a Compact Three-Element Cavity [J]. *Chin Phys Lett*, 2006, **23**(4): 849-851.
- [8] 郑权, 赵岭, 钱龙生. 二极管泵浦单纵模 Nd: YVO₄/LBO 红光激光器 [J]. 量子电子学报, 2003, **20**(5): 547-549.
- [9] BAER T. Large-amplitude Fluctuations Due to Longitudinal Mode Coupling in Diode Pumped Intracavity-doubled Nd: YAG Lasers [J]. *J Opt Soc Am B*, 1986, **3**(9): 1175-1180.
- [10] PAN Q, ZHANG T C, ZHANG Y, *et al* Intracavity Frequency-doubled and Frequency-stabilized CW Ring Nd: YAP Laser [J]. *Appl Opt*, 1998, **37**(12): 2394-2396.

Diode-pumped Nd: YVO₄/LBO Single-Frequency 671 nm Laser

LU Xia, WANG Yu, CHANG Dong-xia, JIA Xiao-jun, PENG Kun-chi

(State Key Laboratory of Quantum Optics and Quantum Optics Devices, Institute of Opto-Electronics, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: We design and build a CW single-frequency and intracavity frequency-doubled Nd: YVO₄/LBO laser end-driven by a laser diode. A type-I LBO crystal, a TGG and a $\lambda/2$ wave plate are placed inside the ring resonator with four cavity mirrors to be the frequency-doubling crystal and the optical diode, respectively. The single-frequency second harmonic wave output of 360 mW at 671 nm wavelength is obtained.

Key words: red laser; LBO crystal; type-I critical phase matching