

全固态连续波 501nm 青光激光器

吕彦飞, 张喜和, 夏菁, 卢俊
(长春理工大学, 吉林 长春 130022)

摘要:报道了全固态连续波 501nm 青光激光器, 青激光是分别由 Nd:YAG 和 Nd:YVO₄ 晶体的 946nm 和 1064nm 谱线非线性和频产生, 两条谱线在各自晶体对应能级跃迁分别为 $^4F_{3/2} - ^4I_{9/2}$ 和 $^4F_{3/2} - ^4I_{11/2}$ 。实验中采用复合折叠腔结构, 利用 KTP II 类临界相位进行腔内和频, 当注入到 Nd:YAG 和 Nd:YVO₄ 晶体的泵浦功率分别为 20W 和 7.4W 时, 获得 660mW 的 TEM₀₀ 连续波 501nm 青光激光输出。24h 功率稳定度优于 $\pm 4\%$ 。

关键词:全固态; 复合腔; 和频; 青光激光器

中图分类号:TN248.1 **文献标识码:**A

All Solid-state Continuous-wave Cyan Laser at 501nm

LÜ Yan-fei, ZHANG Xi-he, XIA Jing, LU Jun

(Changchun University of Sciences and Technology, Changchun 130022, China)

Abstract: A all solid-state continuous-wave cyan laser at 501nm is reported, 946nm wavelength is obtained from $^4F_{3/2} - ^4I_{9/2}$ transition in Nd:YAG and 1064nm wavelength is obtained from $^4F_{3/2} - ^4I_{11/2}$ transition in Nd:YVO₄. Cyan laser at 501nm is obtained by using a doubly folded-cavity, type-II critical phase matching KTP crystal intracavity sum frequency mixing by 946nm and 1064nm, with incident pumped power of 18W in Nd:YAG and 7.4W in NdYVO₄, TEM₀₀ mode cyan laser at 501nm of 660mW is obtained at last. The power stability in 24h is better than $\pm 4\%$.

Key words: all-solid-state; doubly resonant; sum-frequency; cyan laser

1 引言

通过对激光二极管泵浦的掺钕离子激光器腔内倍频, 已获得了红、绿、蓝三色激光输出, 但是在 500~600nm 波段范围内的激光辐射由于缺少相应的基频光输出, 还很难通过倍频的方式获得, 而处于这一波段的光源由于在医疗、生物以及显示技术等方面却有很广泛用途, 寻求跟这一波段的激光相干辐射一直是人们研究的热点。由于大多数激光增益介质具有多条跃迁谱线, 如果通过谐振腔参量的控制, 激光谐振腔内可以获得两个或两个以上的不同波长激光谱线振荡, 选择确定切割角度的非线性晶体, 在腔内进行混频, 可以获得与激光发射谱线不同的和频或差频波长输出, 而腔内和频恰能够产生该波段激光。

激光二极管泵浦腔内和频激光器的理论基础是腔内双波长的产生, 从 20 世纪 90 年代初开始, 有些作者已对各种掺钕离子激光增益介质双波长振荡和输出的可能性进行了研究^[1-3], 并从理论上给出了双波长振荡条件。Y. F. Chen 首次利用激光二极管泵浦 Nd:YVO₄ 实现双波长运转^[4], 目前利用腔内或腔外产生双波长在非线性晶体和频已经有一些文章报道^[5-7]。本文首次以 Nd:YVO₄ 和 Nd:YAG 晶体作为增益介质, 利用非线性晶体 KTP, 通过复合

基金项目:兵器预研支撑基金项目 (No. 62301110109) 资助。

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研究。
E-mail: custlaser@163.com

收稿日期:2008-05-21

腔在腔内Ⅱ临界相位和频获得 501nm 青光输出。

2 实验方案

全固态连续波 501nm 青光激光器实验装置如图 1 所示,采用的是复合腔结构。

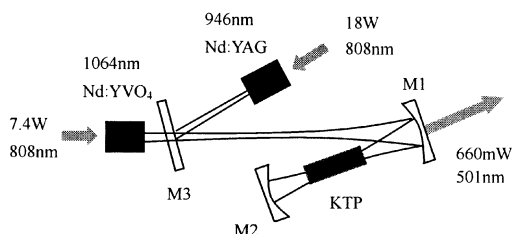


图1 实验装置图

泵浦源是最大输出功率为 20W 和 8W 的光纤耦合激光二极管阵列,通过温度调解,使泵浦光中心波长与 Nd:YAG 和 Nd:YVO₄ 的中心吸收波长重合,经过准直聚焦系统(传输耦合效率约为 82%)会聚成半径为均 200 μ m 的泵浦光斑注入到 Nd:YAG 和 Nd:YVO₄ 晶体中。Nd:YAG 晶体钕离子掺杂原子分子数为 1.0%,尺寸为 $\phi 4\text{mm} \times 3\text{mm}$,靠近泵浦端面镀 946nm HR(高反)/1064nm HR(减反),另一端面镀 946nm/808nm AR;Nd:YVO₄ 晶体钕离子掺杂原子分子数为 0.5%,尺寸为 $3\text{mm} \times 3\text{mm} \times 5\text{mm}$,靠近泵浦端面镀 1064nm HR,另一端面镀 1064nm/808nm AR;其中由于在 Nd:YAG 晶体中 1064nm 发射截面 ($4.6 \times 10^{-19} \text{cm}^2$) 是 946nm 的发射截面 ($0.43 \times 10^{-19} \text{cm}^2$)^[8] 的 10.7 倍,因此在制备高反膜时应对 1064nm 的反射率小于 5%;在两激光晶体的侧面裹上一层铝箔安装在紫铜热沉上,通过半导体制冷器进行温度控制。曲率半径为 50mm 的平凹镜作为输入镜(M1),凹面镀 1064/946nm HR,501nm AR,平面对 501nm AR;曲率半径为 200mm 的平凹镜作为反射镜(M2),凹面镀 1064/946/501nmHR;和束器(M3)是由 1mm 厚的 K9 玻璃制成,一面对 1064nm 15°水平偏振入射 AR,另一面对 946nm 15°垂直偏振入射 HR,同时对 1064nm 15°水平偏振入射 AR;非线性晶体采用Ⅱ类临界位相匹配 KTP,由 SNLO^[9] 软件计算,尺寸为 $2\text{mm} \times 2\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的 KTP 晶体沿 $x-y$ 轴的切割角度为 $\theta = 90^\circ$, $\varphi = 45.9^\circ$,由 1064nm(e-光)和 946nm(o-光)和频产生 501nm(e-光)。KTP 晶体的有效非线性系数为 $d_{\text{eff}} = 2.82 \text{pm/V}$, 走离角为 $\text{walk-off} = 5.91 \text{mrad}$,KTP 的两端面镀 1064/946/501nm 三色

增透膜。利用 ABCD 矩阵和稳定腔条件,考虑到 Nd:YAG 和 Nd:YVO₄ 的热效应以及谐振腔的基横模与激光晶体有效增益体积之间的空间匹配,通过计算机数值计算,我们在实验中含 Nd:YAG 和 Nd:YVO₄ 的谐振腔的腔长分别取 86mm 和 94mm。

3 实验结果

采用 KTP 晶体进行腔内和频,测量了 501nm 青光激光输出功率随泵浦功率的变化,图 2 是 501nm 青光激光输出功率随注入到 Nd:YAG 和 Nd:YVO₄ 晶体 808nm 泵浦功率变化情况。

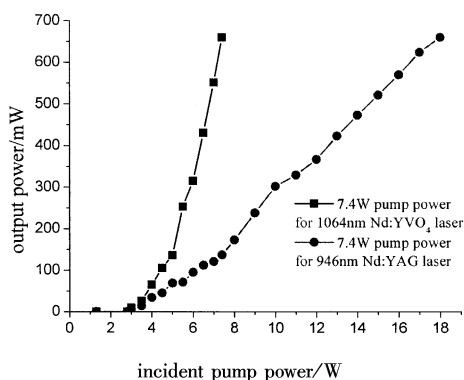


图2 501nm 和频激光输出功率随入射泵浦功率变换关系

从图 2 中可以看出,激光器的阈值功率约为 2.5W。当注入到 Nd:YAG 和 Nd:YVO₄ 晶体的泵浦功率分别为 18W 和 7.4W 时,获得的 501nm 青光激光输出功率为 660mW,并且可以看出在该泵浦功率下,激光输出功率并未出现明显饱和,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。

在输出功率为 660mW 时,采用 Photon Inc. 公司生产的椭圆光束轮廓仪测量激光输出光斑质量如图 3 所示,该光束的椭圆率为 0.98。

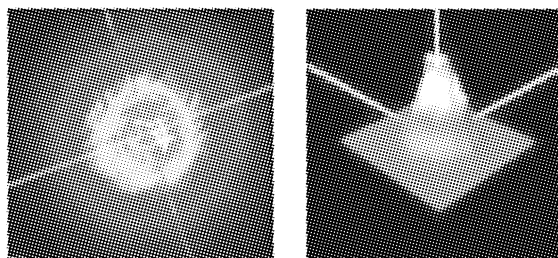


图3 501nm 青光激光光束质量

4 结论

首次利用Ⅱ类临界位相和频获得了全固态 501nm 激光器,以 Nd:YVO₄ 和 Nd:YAG 晶体作为增益介质,利用非线性晶体 KTP,通过复合腔在腔内和频获得 660mW 连续波基横模青光,输出功率

稳定,光束质量好。实验结果表明采用实验结果表明采用两种激光晶体进行腔内和频是获得501nm 青激光的高效方法,并可以将该技术推广到其他两种激光晶体进行腔内非线性和频,还可以获得更多不同波长激光。因此,本文所利用的腔内和频技术为新波长全固态激光器的发展提供了一个新的方向。

参考文献:

- [1] Nadocheev V E, Nanil O E. Two-wave emission from a CW solid-state YAG:Nd³⁺ laser[J]. Sov. J. Quantum Electron, 1989, 19(4): 444 - 446.
- [2] SHen H Y, Zeng R R, Hou Y P, et al. Comparison of simultaneous multiple wavelength lasing in neodymium host crystals at transitions from ⁴F_{3/2} - ⁴I_{11/2} and ⁴F_{3/2} - ⁴I_{13/2} [J]. Appl. Phys. Lett., 1990, 56(20): 1937 - 1938.
- [3] Shen H Y. Oscillation condition of simultaneous multiple wavelength lasing[J]. Chinese Physic Letters, 1990, 7(4): 174 - 176.
- [4] Chen Y F. CW dual-wavelength operation of a diode-end-pumped Nd:YVO₄ laser[J]. Appl. Phys., 2000, B70: 475 - 478.
- [5] 吕彦飞, 张喜和, 姚志海, 等. 全固态连续波 555nm 黄-绿光激光器[J]. 光学精密工程, 2007, 15(5): 674 - 677.
- [6] Yanfei Lü, Xihe Zhang, Zhihai Yao. All solid-state sum-frequency generation of 1.12W cw laser at 588nm[J]. Chinese Optics Letters, 2007, 5(6): 353 - 354.
- [7] 吕彦飞, 檀慧明, 钱龙生. 全固态 589nm 复合腔连续波和频激光器[J]. 光学精密工程, 2005, 13(3): 260 - 264.
- [8] Aull B F, Jenssen H P. Vibronic interactions Nd:YAG resulting in Nonreciprocity of absorption and stimulated emission cross[J]. IEEE J. of Quantum Electron, 1982, 18(5): 925 - 930.
- [9] Snlo. free software for modeling nonlinear frequency conversion processes in nonlinear crystals, <http://www.sandia.gov/imrl/X1118/xxtal.htm>.

第十八届全国红外科学技术交流会圆满闭幕

为了推进红外技术的发展,促进红外技术交流,构建红外技术与红外产业间的桥梁和纽带,2008年10月23~27日,第十八届全国红外科学技术交流会在江西南昌召开。本次会议由中国电子科技集团公司第十一研究所主办,由中国航天科工集团公司第八三五八研究所、中国科学院上海技术物理研究所、中国兵器工业集团公司第二一一研究所、中国空空导弹研究院以及中国光学光电子行业协会红外分会联合承办。

参加本次会议的单位共有12家,出席人数67人,会议首先由中国电子科技集团公司第十一研究所副所长、中国光学光电子行业协会红外分会理事长杨定江、中国科学院上海技术物理研究所副所长戴宁、中国兵器工业集团公司第二一一研究所副所长侯阳、中国航天科工集团公司第八三五八研究所原所长孙再龙、中国空空导弹研究院光电所副所长司俊杰分别对本单位近年来的研究成果进行了通报,然后由中国电子科技集团公司第十一研究所喻松林、中国科学院上海技术物理研究所丁瑞军、中国航天科工集团公司第八三五八研究所刘会通作了3篇特约报告,探讨了国内外红外技术领域的热点问题,接下来对会议收录的35篇论文进行了分组报告和讨论。经过专家组的评审,有8篇论文被评为优秀论文,对优秀论文的作者进行了物质奖励和颁发荣誉证书以示鼓励,最后由中国电子科技集团公司第十一研究所副所长杨定江作了总结发言,至此,本届会议划上了圆满的句号。

(本刊通讯员)