

全固态 Cr:LiSAF/LBO 腔内倍频蓝光激光器

贾富强^{1,2}, 郑 权¹, 薛庆华^{1,2}, 谭成桥^{1,2}, 钱龙生¹

(1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130022; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 本文报道了利用最大输出功率为 650mW 的全固态 Nd:YVO₄/LBO 671nm 红光激光器作为泵浦源, 纵向泵浦 Cr:LiSAF, 利用 LBO 腔内倍频, 获得 430nm 的连续蓝光输出的实验研究, 并解释了当泵浦功率继续增大时, 输出功率下降的原因。在泵浦功率为 560mW 时, 获得了最大输出功率为 9mW 的 430nm 蓝光输出, 激光的阈值为 230mW。

关键词: 腔内倍频; Cr:LiSAF; LBO; 蓝光激光器

中图分类号: TN248.1

文献标识码: A

文章编号: 0253-2743(2005)04-0016-02

All - solid - state Cr :LiSAF/LBO intracavity - frequency - doubling blue laser

JIA Fu - qiang^{1,2}, ZHENG Quan¹, XUE Qing - hua^{1,2}, QIAN Long - sheng¹

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, CAS, China Changchun 130022, China; 2. Chinese Academic of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The blue laser at 430nm is obtained when the Cr:LiSAF is end - pumped by the all - solid - state Nd:YVO₄/LBO 671nm Laser, with the maximum output power of 650mW and through the type I critical phase matching of LBO intracavity frequency doubling. The reason of the output power decrease with the increasing of the incident pump power is analyzed. The maxim output power CW at 430nm laser is 9mW at the incident pump power of 560mW, the threshold is 230mW.

Key words: Intracavity - Frequency - Doubling; Cr:LiSAF; LBO; Blue Laser

全固态蓝色激光器是继绿光激光器之后的一种崭新的可见激光光源, 可广泛应用于激光致冷、激光显示、激光海底通讯、高密度光存储和光谱学等领域。目前, 通过非线性手段是获得大功率、高光束质量蓝光的主要手段。人们对 Nd:YAG 或 Nd:YVO₄ 激光进行倍频实现 473nm^[1] 或 457nm^[2] 的激光输出。另外有人还利用 LD 发射的 808nm 的激光和 1064nm 的激光进行和频得到 459nm^[3] 的蓝光。目前, 对近红外可调谐激光的倍频是实现蓝光输出的又一个新的方法^[4,8]。常用的激光晶体有 Ti:Al₂O₃、Cr:LiSAF、Cr:LiCAF 等, 其中采用 Cr:LiSAF 作为工作物质, KN 作为倍频晶体的报道较多^[6,7], 但由于 KN 的波长接受范围和接受角都比较小^[8], 不利于获得稳定的激光输出。Cr:LiSAF 的主要吸收峰在 670nm 附近, 文献中多采用性价比很低的红光 LD 作为泵浦源^[7,9], 虽然红光 LD 已经商品化, 但因其光束质量差, 成本高等缺点限制了 Cr:LiSAF 激光器的发展, 同时由于 Cr:LiSAF 属于低增益激光介质, 激光输出效率受泵浦源的亮度和光束质量影响很大^[10-12]。Nd:YVO₄/LBO 红光激光器具有好的光束质量, 优良的工作稳定性以及合适的价格, 已经成为 Cr:LiSAF 的理想泵浦源^[11], 这里我们采用自行研制的 650mW 全固态 Nd:YVO₄/LBO 红光激光器作为泵浦源, 用按 I 类临界相位匹配切割的 LBO 作为倍频晶体, 采用平凹腔结构, 在实验中已经获得了 9mW 的 430nm 蓝光输出。

1 实验装置与结果

实验装置如图 1 所示。

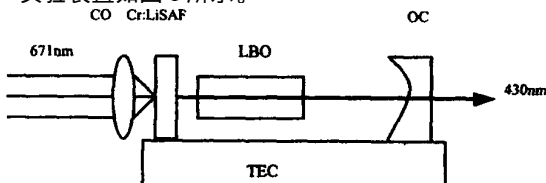


图 1 Cr:LiSAF/LBO 激光器的实验原理图

实验中采用的泵浦源是最大输出功率为 650mW 的 671nm Nd:YVO₄/LBO 红光激光器, 光斑质量非常的好, 它的

发射波长正好跟 Cr:LiSAF 最强的吸收峰相匹配。良好的光束质量不需要通过复杂的耦合光学系统进行整形, 只需要通过简单的准直聚焦就可以。通过光学系统 (CO: Couper Optics) 以后的泵浦光的腰斑半径为 70μm 左右, 实验中为了保证泵浦光斑不随泵浦功率的变化而变化, 我们在红光激光器输出功率不变的情况下, 只是通过选择不同透过率的滤光片和同一滤光片不同的入射角度来改变泵浦光的功率。掺杂浓度为 1.0at% 的 Cr:LiSAF 的尺寸为 3 × 3 × 5mm, 用铝箔包裹以后放在导热性很好的铜基座上, 便于热的扩散。TEC 是半导体致冷器, 对谐振腔和激光晶体进行整体温度控制。耦合输出镜 (OC: Output coupler) 采用的是平凹镜, 凹面的曲率半径为 50mm, 输出镜凹面对 860nm 高反和对 430nm 高透, 平面对 430nm 高透, Cr:LiSAF 的入射端面作为激光器的输入耦合镜, 所镀膜层对 671nm 高透, 对 860nm 高反, 另一端对 860nm 高透, 谐振腔的长度约为 35mm。长 10mm 的 I 类临界匹配角切割 ($\theta = 90^\circ, \phi = 26.1^\circ$) LBO 晶体两端都镀有对 860nm 和 430nm 双色增透膜。

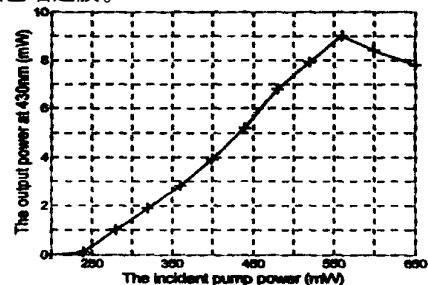


图 2 倍频光输出功率随泵浦光功率变化曲线

通过精细调节各元件及温控至最佳状态, 在 560mW 泵浦功率下, 在腔内加入 I 类临界相位匹配的 LBO 倍频晶体, 获得了 9mW 的 430nm 蓝光输出, 激光的阈值约为 230mW。利用 Field Master - GS 功率计测量了倍频光的输出功率随输入功率的变化曲线如图 2 所示。

从实验结果来看, 倍频效率比较低是因为 Cr:LiSAF 发射的谱线很宽, 增益带宽达 300nm 之多自由运转时也约为 10nm 左右, 而且所选倍频晶体的接受波长范围比较小, 只能对 860nm 附近很窄范围的基频光波产生有效的倍频输出。为了提高倍频效率, 应该在谐振腔中加入一定的选频元件, 充分利用上能级的粒子数, 提高 860nm 附近的激光辐射强度。同时从图 2 中发现当泵浦功率超过 560mW 以后, 再想通过增加泵浦光功率来提高倍频输出功率时出现输出功率反而下降的现象。这归因于 Cr:LiSAF 存在明显的激发态吸收 (ESA)

收稿日期: 2005 - 03 - 06

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (2002AA311141) 资助项目。

作者简介: 贾富强 (1980 -), 男, 现在在中国科学院长春光学精密机械与物理研究所攻读硕士学位, 研究方向: 全固态激光器件与非线性频率变换技术。

过程、上转换过程和热效应起的荧光猝灭,反转粒子数受温度的影响很大,当晶体温度超过某一特定的温度时(临界温度),反转粒子数开始下降,特定的泵浦功率密度对应一个特定的晶体温度,即在注入功率密度到达某一个特定值(临界功率密度)的时候,输出功率开始下降,最后导致荧光猝灭^[13,14]。所以为了保证晶体在较高的泵浦功率密度下,激光上能级粒子数和寿命不会明显降低,需要通过改善工作物质的制冷能力和温度环境,以提高临界功率密度,保证在更高的泵浦功率下,输出功率不随泵浦功率的增加而降低,从而获得更高的倍频光输出。

2 结论

利用最大输出功率为650mW的Nd:YVO₄/LBO 671nm红光激光器纵向泵浦Cr:LiSAF,通过LBO腔内倍频,获得连续430nm蓝光输出。在泵浦功率为560mW时,430nm的最大输出功率为9mW,激光的阈值为230mW。当想通过继续增加泵浦功率来提高蓝光输出功率时,发现由于Cr:LiSAF存在明显的激发态吸收(ESA)过程,上转换过程和热效应引起的荧光猝灭,这些过程的存在导致上能级粒子数随泵浦功率的增加而减少,进而导致输出功率下降,为了得到更高的转换效率和更大功率的倍频光输出,我们应该在以后的实验中提高工作物质的制冷能力,以及选取低掺杂的工作物质来改善泵浦区的热环境,在腔内加入适当的选频元件压缩基频光的光谱宽度,以及镀膜尽量窄高反射膜层,从而对能够起振的基频光光谱进行选择,获得更大功率的430nm蓝光输出。

参考文献

[1] Risk WP, Lenth W. Room temperature CW 946 nm Nd:YAG Laser pumped by laser - diode - array and intracavity - frequency - dou-

- bling to 473nm [J]. Opt. Lett., 1987, 12(12): 993 - 995.
- [2] 刘伟仁, 霍玉晶等. 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.
- [3] PN Kean, R. W. Stanley, G. J. Dixon. Generation of 20mW of blue laser radiation from a diode pumped sum - frequency laser [J]. Appl. Phys. Lett., 1993, 63(3): 302 - 304.
- [4] Franck, Falcoz, et al. Proceeding On Advanced Solid - state - laser [A]. OSA, 1995, 24(1): 68 - 70.
- [5] Joseph F. Pinto and Leon Esterowitz. Proceedings. Advanced Solid - state - laser unstable resonator [A]. OSA, 1995, 24(1): 89 - 90.
- [6] 余锦, 檀慧明等. 全固体蓝色激光综述[J]. 激光杂志, 1999, 20(4): 43 - 46.
- [7] 孟红祥, 何良芳等. 激光二极管泵浦的Cr:LiSAF二次谐波产生获得可调谐蓝色激光连续输出[J]. 光学学报, 1999, 19(7): 876 - 878.
- [8] 高兰兰, 檀慧明. LD泵浦全固体连续蓝紫光激光器的实验研究[J]. 激光与红外, 2003, 33(3): 191 - 193.
- [9] 龙井华, 阮双琛等. 半导体激光器纵向泵浦准连续Cr:LiSAF激光器的实验研究[J]. 光子学报, 2001, 30(5): 559 - 561.
- [10] S. Tsuda, W. H. Konox, S. T. Cundiff. High efficiency diode pumping of a saturable Bragg reflector - mode - locked Cr:LiSAF femtosecond laser [J]. Appl. Phys. Lett., 1996, 69(11): 1538 - 1540.
- [11] A. Agenesi, A. Guandalini, G. Reali. Efficient 671nm pump source by intracavity - frequency - doubling of a diode - pumped Nd:YVO₄ Laser [J]. OSA, B, 2002, 19(5): 1078 - 1082.
- [12] I. T. Sorokina, E. Sorokin, E. Wintner, A. Cassanho, H. P. Jenssen, M. A. Noginov. Efficient Continuous - wave TEM₀₀ and femto - second kerr - lens mode - locked Cr:LiSrGaF Laser [J]. Opt. Lett., 1996, 21(3): 204 - 206.
- [13] Stephen A. Payne, LL. Chase, et al. Laser performance of LiSrAlF₆: Cr³⁺ [J]. Appl. Phys., 1989, 66(3): 1051 - 1056.
- [14] Payne SA, Smith L K, Beach RJ, et al. Properties of Cr:LiSAF crystals for laser operation [J]. Appl. Opt., 1994, 33(24): 5526 - 5536.

激光医学与医学·

临床医学课堂教学的方法性和艺术性探讨

谭旭民, 杨 桦, 李明红

(第三军医大学新桥医院耳鼻咽喉科教研室, 重庆 400037)

不断地提高教学质量, 一直是教育工作者不断追求的目标。教学要讲究方法, 方法包含着艺术。两年来, 我们从探讨课堂教学的方法性和艺术性入手, 探索如何进一步提高临床教学质量。具体做法是在授课内容的安排上注重讲求简明艺术, 在教学手段和方法上注重讲求推理艺术, 启发引导艺术, 以及板书艺术。

简洁明快, 重点突出, 讲求简明艺术, 也是40分钟的授课时间本身对课堂教学的要求。力求课堂授课的内容既有代表性, 又有概括性。忌冗杂繁琐, 面面俱到。要求教员能抓住疾病的基本病理、主要症状表现, 治疗处理原则进行讲述。同时做好重点、要点的黑板报。简明扼要, 深入浅出地讲述。选好重点疾病的讲授, 同时尽可能地对一些相关疾病做出概要描述。既抓住了'点', 又囊括了'面', 达到'纲举目张'的效果。

讲求推理艺术, 要求教员注重讲解疾病临床症状及表现的产生原理, 引导学生能运用解剖、病理、生理知识解释疾病的临床现象, 使之易懂易记。并能举一反三, 循证寻理。培养'症状表现, 要有理论解释'的临床意识。使临床课不再成为机械性记忆的课程, 而是好学好懂, 灵活有序的实践学问。在教学过程中, 通过培养推理能力, 让学生逐渐掌握一把分析解决临床问题的钥匙。

讲求启发引导艺术。现代教育理论提出'双主教学模式', 即以教师为主导, 学生为主体。以学生为主体, 课堂上要抓住调动学生的学习兴趣和积极性这条线。教员在课堂上要通过提问、自问、设置疑问, 让学生回答、应答、不答、默答的方式, 调动教员和学生两个积极性。即教员积极引导, 学员积极思维, 以提高课堂教学质量和效率。设置临床讨论课, 让学生敞开思路, 大胆联想, 积极发言。鼓励学生不要怕犯'错误', 有'错误'说明思维有飞跃。

讲求语言艺术, 要求教员吐字准确, 用词恰当, 语速适中, 急缓结合, 用词幽默。语言运用得好, 使学生在课堂上有一种享受艺术享受感。这方面做得好, 往往能有效的振奋学生的情绪和注意力, 吸引学

生主动地跟进教员讲解思路, 使得课堂教学过程变得顺利。幽默的表达, 往往给学生留下深刻的印象。讲话语速有变化, 容易激起注意力。内容精彩的地方, 突然放慢放低声调, 往往引导学生更注意探其究竟。

讲求板书和视觉艺术, 利用黑板、图画、模型、多媒体等是不可缺少的教学手段。做好板书有利于帮助学生做好笔记, 掌握重点。配合必要的草图绘画, 更有利于学生的理解和记忆。而且优美的文字和图画本身就是一种艺术, 可以给学生一种视觉艺术享受。作为临床医学教员, 应注重文字和必要的绘画训练和学习。多媒体教学是一种好的教学表述手段, 观看好的多媒体也是一种艺术享受。它直观、形象、生动、简明, 又能节省板书的时间。然而有的课堂教学, 把所有的讲述内容都制成幻灯片, 内容平淡, 缺乏艺术性, 放映由始至终, 板书甚至一个字也没有。整节课学生犹如在看电影。学生感觉, 一是视觉疲劳, 二是思维凝滞。即使是质量较好的幻灯片, 过多地应用之, 也不能取得大好的效果。看多媒体幻灯时, 为了视觉效果, 教室灯光又往往较暗, 容易诱导大脑的抑制作用。连续的多媒体视觉刺激, 这种目不暇接的效果, 往往导致大脑不能进行有效的思维活动, 不利于学生对课堂讲述内容的当堂理解和消化。课堂教学对多媒体的应用, 我们体会应坚持'形象说明, 图像记忆'的原则来选取。即有利于通过形象演示, 图像记忆的内容, 选择应用多媒体图片幻灯片。如对于一些疾病, 如耳鼻咽喉科的声带息肉、声带小结、大疱性鼓膜炎、耳前漏管、外耳道炎、耳垂瘢痕疙瘩...等临床病象, 及某些病理过程的动画演示, 采用多媒体等教学的手段, 既能起到增强记忆, 又能扩大视野, 丰富认知, 起到事半功倍教学的效果。

总之, 课堂教学要从艺术性的高度考虑课程内容的安排, 教学手段的搭配, 表述方法运用。这些是影响教学质量的重要因素。两年来, 由于我们注意了这些方面, 使我们的教学变得更加生动活泼, 教学成绩有了进一步提升。