

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

孟红祥 何良芳 余 锦 钱龙生 翁志成

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

方珍意 黄朝恩

(北京人工晶体研究所, 北京 100081)

摘 要 以 679 nm 的激光二极管泵浦 1 mm 厚掺杂摩尔分数为 0.022 Cr·LiSAF, 用 a -切割的 Γ 类非临界位相匹配的 KN 晶体进行内腔倍频。在吸收功率为 256 mW 时, 得到了峰值 3.15 mW、波长为 431.7 nm 的 TEM₀₀ 模蓝色激光输出, 激光阈值为 96 mW, 斜效率为 1.97%。通过改变 KN 晶体的温度, 实现了波长范围在 423.4~445.5 nm 之间的连续可调谐蓝色激光输出。

关键词 激光二极管泵浦, 内腔倍频, Cr·LiSAF, 可调谐, 蓝色激光。

1 引 言

激光二极管泵浦的全固体蓝色激光器由于波长短、转换效率和可靠性高等优点, 可广泛应用于激光致冷、激光显示、高密度存储和光谱学等领域。从 80 年代后期开始, 不少的学者开始研究激光二极管泵浦的蓝色激光器^[1-3]。但是所有这些研究工作, 都集中在一个固定波长上, 激光波长不能进行宽范围的调谐。最近基于 Γ -V 族 GaN 材料的蓝色激光二极管的技术有了很大的进步, 这些器件虽然可以借助外腔光栅实现波长调谐, 但光束质量较差。1992 年, 在 800~1000 nm 波段具有宽发射光谱的 Cr·LiSAF 晶体问世, 它在 640~690 nm 处有强烈吸收峰。而红色大功率激光二极管的技术成熟, 为激光二极管泵浦 Cr·LiSAF 晶体创造了条件。1996 年美国的 Melles Griot 公司和日立金属株式会社合作, 用 LBO 晶体内腔倍频 Cr·LiSAF 激光, 得到了 10 mW 的 430 nm 蓝色激光连续输出。但该器件未能实现激光的调谐输出。

Cr·LiSAF 激光晶体发射线偏振光, 它在 π 方向有较大的发射截面, 加上激光振荡必须自洽的条件, 可以近似地把腔体内的 Cr·LiSAF 激光晶体看作起偏器。Cr·LiSAF 晶体的一些主要特性如表 1 所列。由双折射滤光片的工作原理可知: 具有位相延迟的非线性晶体同 Cr·LiSAF 晶体一起, 可以实现激光波长的选择和调谐。实验证明这种假设是可行的。 a 向切割的 KN 晶体在 400~450 nm 左右可以达到非临界位相匹配。另外它有非常大的非线性系数

$d_{32} = 18.3 \text{ pm/V}$ 。虽然 KN 对温度的控制精度要求比较高，但是从某种程度上来说，这可以获得二次谐波具有较窄的线宽。本文利用 KN 晶体的温度调谐特性，结合腔内的非线性晶体，通过改变 KN 的温度，得到了 423.4~ 445.5 nm 的蓝色激光连续输出。

Table 1. The parameters of Cr·LiSAF^[4]

emission peak wavelength	peak stimulated emission cross section (// c)	spontaneous fluorescence lifetime	scatter losses /cm
856 nm	$4.8 \times 10^{-20} / \text{cm}^2$	67 μs	< 0.2%

2 实验与分析

本实验采用美国 AOC 公司的 600 mW、679 nm 的红色半导体激光二极管作为泵浦源。其发射面积为 $150 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ ，发射角 $38^\circ \times 8^\circ$ 。激光二极管激光经过一焦距为 4.5 mm 的非球面透镜和一对扩束比为 3×的棱镜对，由一个焦距为 25.4 mm 的会聚透镜将光会聚到 $3 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 的掺杂摩尔分数为 0.022 的 Cr·LiSAF 晶体上。会聚点的大小约 $75 \mu\text{m} \times 85 \mu\text{m}$ 。光束传输系统的透过率为 85%。Cr·LiSAF 晶体的吸收效率约为 85%。实验装置如图 1 所示。

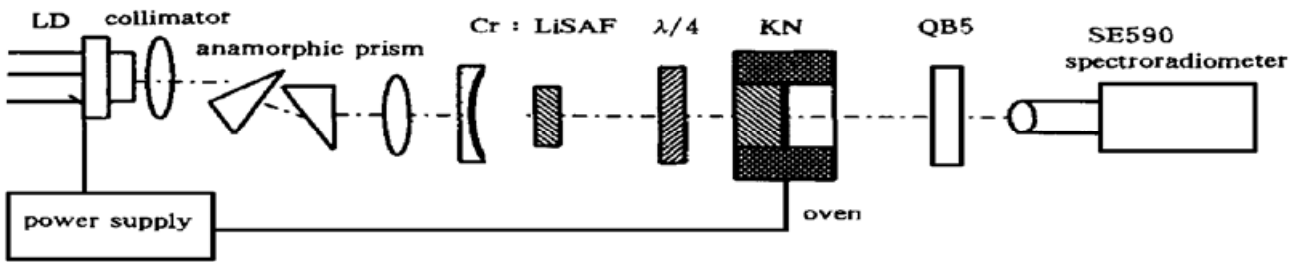


Fig. 1 Schematic of tunable blue laser

激光腔体由激光输入镜 M_1 和 $3 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 的 KN 晶体组成。 M_1 对 860 nm 的反射率为 99.80%，对 670 nm 的透过率为 90%。KN 晶体上直接镀制激光输出耦合镜，对 860 nm 的反射率为 99.8%，对 430 nm 的透过率为 95%。激光反射镜在高反区大约有 100 nm 的宽度 ($R > 99.5\%$)。整个激光腔长为 45 mm，采用平凹腔结构。1/4 波片的引入是为了控制腔内模式之间的耦合引起的输出不稳定性。

图 2 为蓝色激光的单向峰值输出功率与 679 nm 激光的吸收功率对应图。测试时在辐射功率计前面加一块厚度为 3 mm 的 QB5 的蓝色玻璃，以消除未吸收的 679 nm 激光和溢出的基波光对测试结果的影响。由图 2 可知，激光的阈值为 96 mW。在吸收功率为 256 mW 时，

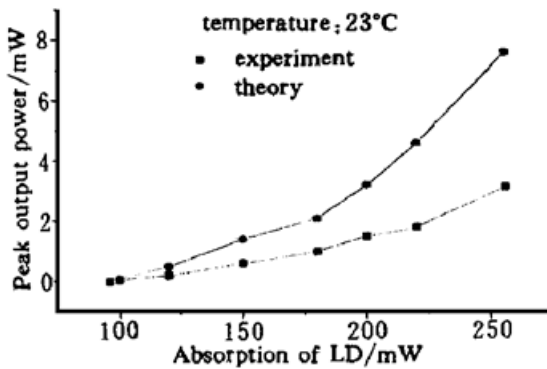


Fig. 2 SHG peak power via absorption power of 679 nm LD

蓝光的峰值输出功率为 3.15 mW，峰值波长为 431.7 nm。蓝色激光的单向峰值斜效率为 1.97%。

图 3 是吸收功率为 256 mW 时测定的激光调谐范围和归一化输出功率分布，由美国 Spectrum Engineering 公司的 SE590 扫描光谱仪获得。当 KN 倍频晶体的温度从 -3.5℃ 变化到 98℃ 时，激光波长从 423.4 nm 连续变化到 445.5 nm。输出功率由 0.35 mW 逐步上升，到 23℃ 时到达峰值，单向激光输出功率为 3.15 mW，激光波长为 431.7 nm。其激光线宽小于 3 nm；然后输出功率随着波长的变长而降低到 98℃ 时的 1.1

mW。图 4 是在 3 m 远处拍摄的激光光斑照片。从图 4 可以看出输出激光为 TEM₀₀ 模。另外激光的发散角为 3.2 mrad。

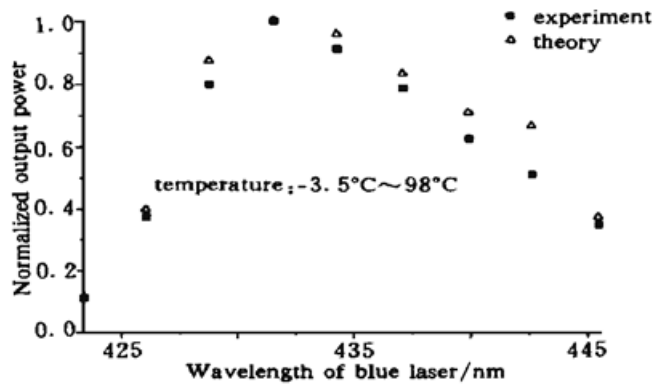


Fig. 3 Blue laser tunable curve

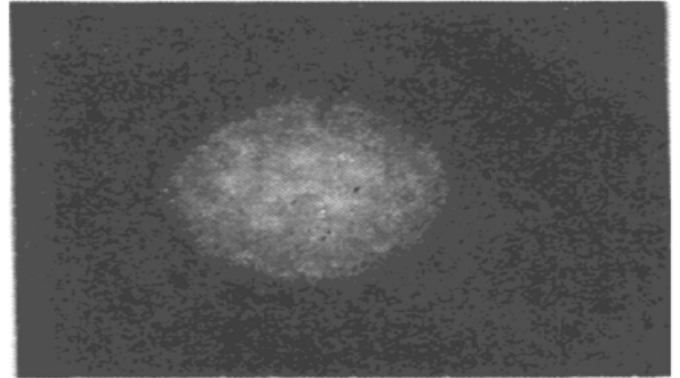


Fig. 4 A picture of laser spot

结 论 在实验中, 由于本文使用的激光腔体结构未经优化和腔内线性损耗大的原因, 限制了光-光转换效率的提高。同时实验观察到激光输出的起伏在 10 分钟内仅为 $\pm 3\%$ 。主要是由于温度影响所致, 有待今后改进 KN 晶体的控温精度。另外, 如果把 KN 倍频晶体从激光腔体内移走, 置换激光输出镜, 就可以得到 800~ 1000 nm 的微型全固体调谐激光输出。

感谢安徽光机所的张尚安老师, 袁恽谦老师以及我所禹秉熙老师在测试中的大力帮助!

参 考 文 献

- [1] Hemmerich A. Compact source of coherent blue light. *Appl. Opt.*, 1994, **33**(6): 988~ 991
- [2] Mizell G J, Fay W K. Performance of KN in the generation of blue laser light using Ti:Al₂O₃. *Proc. SPIE*, 1989, **1104**: 61~ 63
- [3] Kean P N. Generation of 20 mW of blue laser radiation from a diode-pumped sum-frequency laser. *Appl. Phys. Lett.*, 1993, **63**(3): 302~ 304
- [4] 佐藤, 正纯等. LD 励起 Cr·LiSAF-SHG 青色レーザーモジュール. *Opt. Pulse E*, 1997, 118~ 124

Diode Pumped Cr·LiSAF-SHG to Obtain CW and Tunable Blue Laser Output

Meng Hongxiang He Liangfang Yu Jin Qian Rongsheng Weng Zhicheng
(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Fang Zhenyi Huang Caoen
(Beijing Institute of Syntec, Beijing 100081)
(Received 9 March 1998; revised 20 April 1998)

Abstract A 0.022 mol fraction doped Cr·LiSAF crystal with 1 mm in thickness is pumped by a 679 nm laser diode, and NCPM KN crystal is used as intracavity doubler. Maximal output of TEM₀₀ 3.15 mW of blue laser at 431.7 nm is obtained with the absorption power of 256 mW. The laser scheme shows a threshold of 96 mW and slope efficiency of 1.97%. Continuous-wave tunable output is demonstrated in the blue region of 423.4~ 445.5 nm only by changing temperature of KN crystal.

Key words LD pumping, intracavity double, Cr·LiSAF, tunable, blue laser.