

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0058-03

钛宝石激光抽运 Nd:GdAl₃(BO₃)₄ 晶体 输出蓝绿色激光

陈雨金¹, 黄妙良², 罗遵度¹, 黄志云¹, 黄艺东^{1*}

(¹中国科学院福建物质结构研究所, 福建 福州 350002; ²华侨大学材料科学与工程学院, 福建 泉州 362011)

摘要 利用钛宝石激光器抽运 Nd³⁺:GdAl₃(BO₃)₄(NGAB)非线性激光晶体,通过抽运光与基波光自混频实现了连续蓝色激光输出。在此基础上,将一块 KTP 非线性光学晶体插入到 NGAB 晶体和输出镜之间,实现了蓝绿色激光的同时输出。

关键词 激光技术; 蓝绿色激光; 自混频; 钛宝石激光抽运; NGAB 晶体

中图分类号 TN248.1; O437.1

文献标识码 A

Green and Blue Laser Emission Based on Nd:GdAl₃(BO₃)₄ Crystal Pumped by Ti:sapphire Laser

CHEN Yu-jin¹, HUANG Miao-liang², LUO Zun-du¹, HUANG Zhi-yun¹, HUANG Yi-dong¹

(¹ Fujian Institute of Research on the Structure of Matter, Chinese Academy of Sciences, Fuzhou, Fujian 350002 China)
(² College of Materials Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou, Fujian 362011, China)

Abstract Pumped by a Ti:sapphire laser, a continuous wave blue laser emission was generated in a non-linear laser crystal Nd:GdAl₃(BO₃)₄ (NGAB) by self-sum-frequency-mixing (SSFM) between the pumping and the fundamental lasers. Based on the SSFM, simultaneously CW green and blue laser emission were achieved by insert a non-linear optical crystal KTP between the NGAB crystal and the output mirror of the cavity.

Key words laser technique; green and blue laser emission; self-sum-frequency-mixing; Ti:sapphire laser pump; NGAB crystal

1 引言

利用激光二极管(LD)或钛宝石激光抽运非线性激光晶体,通过自变频途径可以实现蓝绿色激光输出^[1-3]。这种方法集基频激光产生和倍频、混频过程于一块晶体上,从而使器件具有一体化、易调整、高紧凑等优点,在光信息存储、激光显示、海底通讯、生物医学和光谱学等领域都具有广阔的应用前景^[1-6]。

掺钕硼酸铝钪晶体[Nd:GdAl₃(BO₃)₄,简称 NGAB]是一种新型的非线性激光晶体,属于三方晶系,空间群为 R32。目前,国内外对 NGAB 晶体进行了大量的研究,已经利用 LD 和脉冲染料激光器抽运得到了自倍频绿光以及利用脉冲染料激光器抽运得到了脉冲自混频蓝光^[4,5]。

2 实验装置

2.1 蓝色激光实验

根据折射率色散方程及相位匹配条件^[8],可以计算出在 I 类(o+o→e)相位匹配条件下,自混频相位匹配角为 34.06°。

激光谐振腔为平凹腔,采用纵向抽运方式。输入镜对 1062 nm 激光高反($R>99\%$),在 440~470 nm 范围内的反射率 R 约为 90%,对 807 nm 抽运光高透($T\approx 90\%$);输出镜曲率半径为 98 mm,对 1062 nm 激光高反 ($R=99.6\%$),在 459 nm 处的透过率 $T\approx 85\%$ 。激光腔长为 61 mm。抽运光通过聚焦透镜(焦距为 71 mm)直接入射到晶体中,晶体表面处的光斑直径约为 30 μm 。

基金项目: 国家自然科学基金(60088004)、福建省重大科技计划(2002H004)和中国科学院资助项目

作者简介: 陈雨金(1977-),男,中国科学院福建物质结构研究所硕士研究生,主要从事固体激光材料和器件研究。

*通信联系人。E-mail: huyd@ms.fjirsm.ac.cn

实验中采用的 NGAB 晶体尺寸为 3 mm×3 mm×5.5mm,并按 I 类自混频匹配角进行切割,晶体没有镀增透膜。晶体中钕离子掺杂浓度为 3.35at%。

2.2 蓝绿色激光同时输出实验

在自混频实验的基础上,激光腔内插入一块 KTP 非线性光学晶体,将腔内剩余的基波倍频转换成绿色激光,即可实现蓝绿色激光同时输出。

长度为 6 mm 的 KTP 晶体在 II 类相位匹配条件下,按倍频的相位匹配角($\theta=90^\circ, \phi=25.56^\circ$)切割,没有镀增透膜。激光腔与自混频实验相似,KTP 晶体放在 NGAB 晶体与输出镜之间。

抽运光源为美国光谱物理 3900S 波长连续可调谐钛宝石激光器,输出激光经过棱镜分光,滤波后功率用 LPE-1B 功率计测量。

3 实验结果

3.1 自混频蓝光实验

图 1 给出了在 807 nm 连续钛宝石激光抽运下,NGAB 晶体 1062 nm 基波激光和自混频蓝色激光输出功率与吸收的抽运功率之间的关系。当吸收抽运功率为 0.99 W 时,基波和混频激光的输出分别为 53 μ W,48 μ W;混频激光的光斑为椭圆,长短轴比 $a:b=4:1$,线宽约为 0.3 nm。这是由于抽运光和基波激光有一定的发散度,部分光偏离匹配方向造成输出效率下降,因而混频波的光斑就发生变形;另一方面,经过聚焦的泵光发生变形也会造成类似的结果。

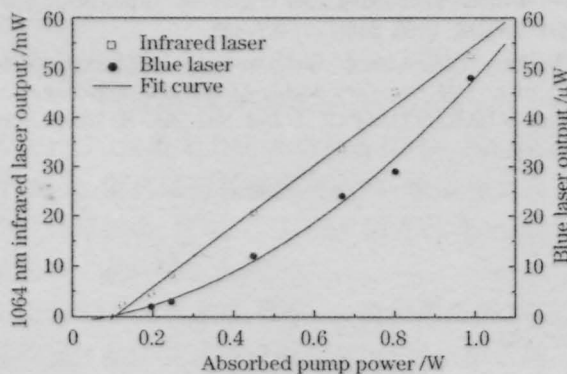


图 1 抽运波长为 807 nm 时 NGAB 晶体中基波、自混频蓝光输出功率与吸收抽运功率之间的关系

Fig.1 Infrared and blue laser output power as a function of absorbed pump power when the pump wavelength was 807 nm

当入射到晶体前端的抽运功率保持不变时(约为 800 mW),NGAB 晶体自混频蓝色激光输出功率与抽运波长之间的关系如图 2 所示。抽运波长从 795 nm 调谐至 825 nm 时,可以实现 455~464 nm 可

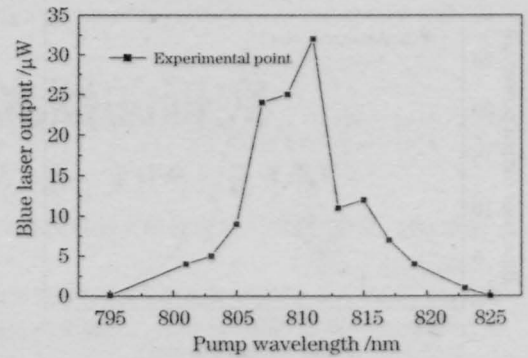


图 2 抽运光功率保持为 800 mW 时 NGAB 晶体中自混频蓝光输出功率与抽运波长之间的关系

Fig.2 Blue laser output versus pump wavelength when the pump power was kept as a constant of 800 mW

调谐蓝光输出。从图 2 可以发现:蓝光输出最大值并不在吸收峰值的 807 nm 抽运波长处(对应的吸收约为 90.3%),而是在 811 nm 附近(对应的吸收约为 75%)。在晶体表面入射抽运功率为 800 mW 时,两个抽运波长处的蓝光输出分别为 24 μ W 和 32 μ W。造成在 811 nm 抽运波长处蓝光输出比 807 nm 处大的原因:一是晶体的切割角度往 811 nm 与 1062 nm 相位匹配角方向偏离,此时,尽管在 811 nm 处晶体对抽运光的吸收比在 807 nm 处小,但由于波长失配(容承波长约为 4.5 nm)和角度失配,在 807 nm 处蓝光输出比 811 nm 处小;另外,也可能是由于在 807 nm 处晶体对抽运光的吸收比在 811 nm 处大,在晶体的后端抽运光功率太小,相当于晶体的有效长度减小,导致混频效率下降。

3.2 蓝绿色激光同时输出实验

在蓝绿色激光同时输出实验中抽运波长改用 811 nm。

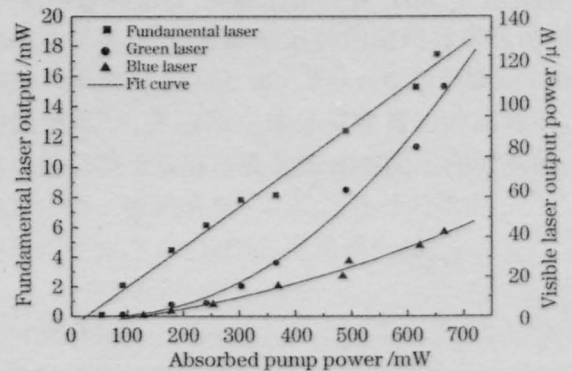


图 3 抽运波长为 811 nm 时 NGAB 晶体中基波、自混频蓝色激光和倍频绿色激光输出功率与吸收抽运功率之间的关系

Fig.3 Output power of the IR, green and blue lasers versus absorbed pump power when the pump wavelength is 811 nm

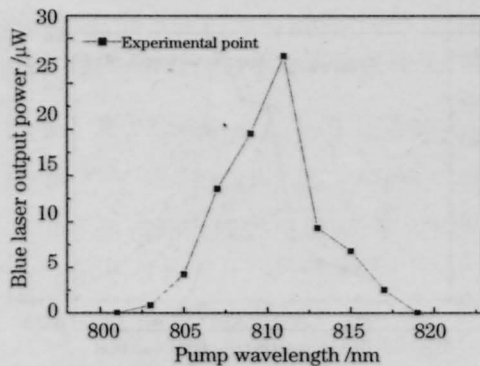


图4 抽运光功率保持为 645 mW 时自混频蓝光输出功率随抽运波长变化的实验结果

Fig.4 Blue laser output power versus pump wavelength when the pump power was kept as a constant of 645 mW

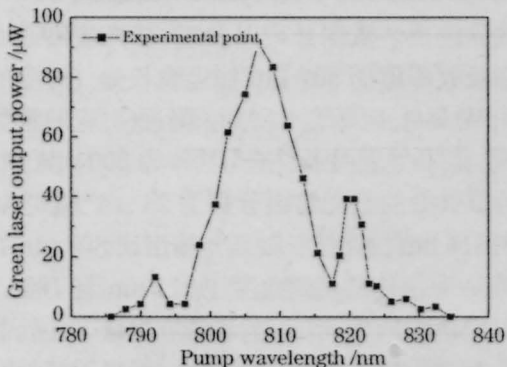


图5 抽运光功率保持为 645 mW 时倍频绿光输出功率随抽运波长变化的实验结果

Fig.5 Green laser output power versus pump wavelength when the pump power was kept as a constant of 645 mW

图3给出了在 811nm 连续钛宝石激光抽运情况下,NGAB 晶体 1062 nm 基波激光、自混频蓝色激光以及 KTP 腔内倍频绿色激光输出功率与吸收抽运功率之间的关系。当吸收抽运功率为 653 mW 时,基波激光、KTP 腔内倍频绿光、自混频蓝色激光

输出功率分别为 17 mW, 0.12 mW, 42 μW。

图4, 图5给出了当入射到晶体前端面的抽运功率保持不变(约为 645 mW)时,NGAB 晶体自混频蓝光、倍频绿光输出功率随抽运波长变化的实验结果。当抽运波长从 801 nm 调至 819 nm 时,均有蓝色激光输出,其相应的波长调谐范围为 457~462 nm。在 811 nm 处,混频光的输出最大(当吸收功率为 485 mW 时,输出为 28 μW)。倍频绿光输出功率的最大值在 807 nm 处,功率为 92 μW。

4 讨论

从实验结果看,激光输出效率还比较低。除了晶体质量及器件参量未优化等因素影响外,晶体的热效应以及由它引起的相位失配是影响自变频转换效率的重要原因之一。因此,如果对晶体进行充分的冷却或者采用新的激光运转方案来降低量子缺损,激光输出效率就会得到较大幅度的提高。

参考文献

1. E. Montoya, J. Capmany, L. E. Bausa. Infrared and self-frequency doubled laser action in Yb^{3+} -doped $\text{LiNbO}_3:\text{MgO}$ [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1999, **74**(21):3113-3115
2. Luo Zundu, Jiang Aidong, Huang Yichuan *et al.*. Xenon flash lamp pumped self-frequency doubling NYAB pulsed laser [J]. *Chin. Phys. Lett.*, 1989, **6**(10):440-443
3. D. Jaque, J. Capmany, F. Molero *et al.*. Blue light laser source by sum-frequency mixing in $\text{Nd}:\text{YAl}(\text{BO}_3)_4$ [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1998, **73**(25):3659-3661
4. Tu Chaoyang, Qiu Minwang, Huang Yichan *et al.*. The study of a self-frequency-doubling laser crystal $\text{Nd}^{3+}:\text{GdAl}_3(\text{BO}_3)_4$ [J]. *J. Cryst. Growth.*, 2000, **208**(1-4):487-492
5. A. Brenier, Tu Chaoyang, Qiu Minwang *et al.*. Spectroscopic properties, self-frequency doubling, and self-sum frequency mixing in $\text{GdAl}_3(\text{BO}_3)_4:\text{Nd}^{3+}$ [J]. *J. Opt. Soc. Am. B*, 2001, **18**(8): 1104-1110