

文章编号: 1001-5078 (2006) 07-0542-02

双波长电光调 Q Nd YAP 脉冲激光在 LBO 中的和频作用

黄呈辉, 张戈, 魏勇, 黄凌雄
(中国科学院福建物质结构研究所, 福建 福州 350002)

摘要: 文章介绍了 Nd YAP 电光调 Q 脉冲激光器发射的 1079.5 nm 与 1341.4 nm 双波长激光在 LBO 非线性晶体中实现和频作用, 在输入调 Q 激光能量为 149 mJ 时, 获得输出能量为 12 mJ, 脉宽为 45 ns, 峰值功率为 0.2667 MW 的 598.1 nm 黄色激光, 能量转换效率大于 8%。

关键词: 双波长; LBO 晶体; 和频

中图分类号: TN248.1 **文献标识码:** A

The Sum Frequency Mixing Generation of 598.1 nm Coherent Radiation Using a Q-switched Dual Wavelength Nd YAP Pulsed Laser

HUANG Cheng-hui, ZHANG Ge, WEI Yong, HUANG Ling-xiong
(Fujian Institute of Research on the Structure of Matter, Chinese Academy of Sciences, Fuzhou 350002, China)

Abstract: The frequency mixing generation of 598.1 nm coherent radiation using a Q-switched dual wavelength Nd YAP pulsed laser is presented. The output with 12 mJ of energy and about 45 ns of pulse duration is obtained when the input energy of Q-switched dual wavelength laser is 149 mJ. The efficiency of energy conversion is more than 8%, and the peak power is 0.2667 MW.

Key words: dual wavelength; LBO; sum frequency mixing

1 引言

众所周知, 特定的激光波长有其特定的应用对象和范围, 拓展具有应用价值的新激光波长引起了人们的兴趣。例如, 不同部位的眼组织, 由于所含色素的不同, 对不同波长激光的吸收存在明显差异, 选择激光治疗时, 首先应考虑到这种激光在其靶组织中有高的吸收率, 而其所经过的路径上的屈光间质及其它组织对它的吸收越小越好。含氧血红蛋白对蓝、绿、黄光的吸收率很高, 因此常用于虹膜、房角组织、视网膜色素上皮层及新生血管膜等, 氦离子激光的黄光和红光不大可能被叶黄素所吸收, 对视网膜神经上层损害较小, 用来治疗黄斑区病变较好。已经发展了一些获得黄色相干辐射的技术, 如染料激光器或一些气体激光器可获得黄色相干辐射^[1]; 用闪光灯或 LD 泵浦 Nd:YAG、Nd:YVO₄、Nd:YAP 等固体双波长激光, 通过不同非线性晶体和频也可获得黄色相干辐射^[2-5]。文献 [6] 报道了采用腔内和频的 LD 泵浦 Q 开关 Nd:YVO₄ 黄光激光器, 在泵浦功率为 12.5 W 时, 获得的平均功率和峰值功率分别为

340 mW 与 2 kW。

激光使光能量在空间上高度集中, 如采用 Q 开关、锁模等技术, 又使它在时间上也高度集中, 就能产生相当大的电场强度, 从而引起明显的生物效应。本文通过对 1079.5 nm 和 1341.4 nm 双波长同时振荡的 Nd:YAP 脉冲激光器同时进行电光调 Q 以加大其峰值功率, 然后在 LBO 非线性晶体中进行和频, 在输入的调 Q 双波长激光能量为 149 mJ 时, 获得输出能量为 12 mJ, 脉宽为 45 ns 的 598.1 nm 相干辐射, 能量转换效率大于 8%。由于本工作得到的黄色相干辐射是调 Q 脉冲激光, 其峰值功率大大提高, 达到 0.2667 MW。

2 实验

光学和频是利用光学介质在强辐射场下的非线性光学效应产生新的频率, 是实现频率上转换的一

基金项目: 本项目由福建省科技计划项目资助 (No. 2003H047-2)。

作者简介: 黄呈辉 (1951 -), 男, 高级工程师, 从事激光技术研究工作。

收稿日期: 2005-12-20

个手段。和频有效产生的匹配条件是：

$$k = k_1 + k_2 \quad (1)$$

其相应的频率关系是：

$$\omega_3 = \omega_1 + \omega_2 \quad (2)$$

即激光频率为 ω_1 、 ω_2 的两个基频辐射的有效混频产生和频频率为 ω_3 的相干辐射。

本实验装置如图 1 所示。用来产生双波长激光的 b 轴 Nd YAP 激光棒的尺寸为直径 6.2mm、长度 100mm 和一支直径为 8mm、极间距为 80mm 的泵浦氙灯安装在紧包型聚光腔内。由图中可以看出,当频率分别为 ω_1 、 ω_2 两光波入射到通光方向长度为 6mm 的 LBO 晶体时,只要满足 (1) 式给出的和频相位匹配条件,则可实现和频作用而产生黄色相干辐射。输出的 598.1nm 相干辐射通过对 1079.5nm 和 1341.4nm 高反、对 598.1nm 高透的滤光片滤光后,由束分片分出约 4% 的 598.1nm 激光,经光电二极管接收后,用 TDS3052B 数字式荧光示波器测量其脉冲宽度。

从和频的一种特例的二次谐波功率计算公式可知,在满足相位匹配条件时,和频光的输出功率正比于基频光功率的功率密度、晶体的非线性系数和入射基频光在晶体中有效长度的平方。因此,为了获得尽可能高的和频转换效率,我们采用以下措施: 1) 用有效非线性系数较大的 LBO,且它的损伤阈值强度很高,大于 GW/cm^2 ; 2) 通常用相位匹配的聚焦光束所产生的二次谐波功率要比同样条件下未聚焦的大一个数量级以上,我们采用腔外倍频方式,通过透镜聚焦以提高倍频晶体中的基频功率密度,以提高和频转换效率。

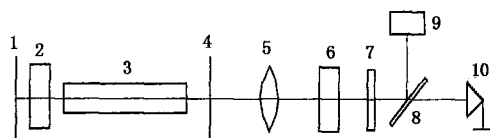


Fig 1 the setup of sum frequency mixing of dual wavelength Nd YAP pulsed laser

根据 LBO 晶体的折射率及其色散方程,计算得到 类相位匹配最佳相位匹配角 $\theta = 29.5^\circ$; $\phi = 90^\circ$; 类最佳相位匹配角为 $\theta = 14.77^\circ$; $\phi = 0^\circ$ 。在我们的实验中采用 类相位匹配。经 KD*P 电光 Q 开关调 Q, 输出能量为 149mJ 的双波长 1079.5nm 和 1341.4nm Nd YAP 脉冲激光, 经焦距为 10cm 的透镜聚焦后入射位于焦点处的 LBO 晶体, 很容易观察到 1079.5nm 和 1341.4nm 基频光的和频作用以

及产生的 598.1nm 黄色相干辐射。我们用对基频光高反而对和频光高透的滤光片滤去其它波长激光, 对感兴趣的 598.1nm 相干辐射的输出能量用 LPE-10 激光能量计测量, 其和频光输出能量为 12mJ, 能量转换效率大于 8%。激光脉冲宽度的测量, 在滤光片之后放置一分束片将部分黄色激光辐射反射到接受器上, 用光电二极管接收脉冲信号, 再由 TDS3052B 数字存储示波器记录显示, 测得的脉冲宽度约为 45ns, 激光峰值功率约为 0.2667MW。

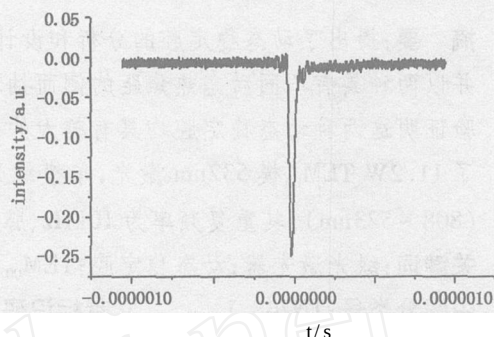


Fig 2 the duration of 598.1nm Q-switched pulse laser

3 结果讨论

通过将 1079.5nm 和 1341.4nm 双波长 Nd YAP 脉冲激光入射到 LBO 晶体中实现了 $o + o \rightarrow e$ 的和频作用, 获得了黄色相干辐射。上述的实验结果已经证实了在 1079.5nm 和 1341.4nm 双波长 Nd YAP 电光调 Q 脉冲激光中, 通过和频得到具有应用前景的黄色相干辐射的技术途径是可行的。在今后的实验研究中, 我们将采取在作为产生和频的 LBO 晶体表面镀上相应波长的增透膜, 以降低其表面损耗; 使用更大尺寸的优质 Nd YAP 激光晶体及相应长度的泵浦灯, 以提高 1079.5nm 和 1341.4nm 双波长 Nd YAP 调 Q 脉冲激光较为均衡的输出能量, 这些措施将有效提高 598.1nm 激光的输出能量。

参考文献:

- [1] 雷仕湛. 激光技术手册 [M]. 北京: 科学出版社, 1992, 807 - 811.
- [2] 贾富强, 卜铁坤, 郑全, 等. LD 泵浦腔内和频连续 589nm 黄光激光器 [J]. 激光与红外, 2004, 34 (6): 439 - 441.
- [3] 吕彦飞, 檀慧明, 任旭升, 等. KTP 类临界相位匹配腔内和频 593.5nm 激光器 [J]. 激光杂志, 2005, 26 (2): 3 - 4.
- [4] 吕彦飞, 檀慧明, 高兰兰, 等. LBO 类临界相位匹配腔内和频 593.5nm 激光器 [J]. 激光与红外, 2005, 35 (1): 45 - 47.
- [5] Shen lei, Ming hai, Zhou Yuping. The sum frequency mixing action of dual-wavelength Nd YAP laser in MgO LNbO_3 crystal [J]. Chinese Laser, 1999, 26 (2): 159.
- [6] Yung-Fu Chen, S W Tsai. Diode-pumped Q-switched Nd YVO₄ yellow laser with intracavity sum-frequency mixing [J]. OPTICS LETTER, 2002, 27 (6): 397 - 399.