

文章编号: 0258-7025(2009)07-1819-03

# 双波长双巨脉冲调 Q 倍频 Cr : LiSAF 激光器

陈长水 潘 涛 张艺士 余锦望 刘颂豪

(华南师范大学信息光电子技术学院, 广东 广州 510631)

**摘要** 为差分测量 NO<sub>2</sub> 气体浓度, 获得 448.1 nm 与 449.15 nm 的双波长双脉冲光源具有重要价值。实验中采用分时高压方波驱动电光 Q 开关, 在一次闪光灯抽运条件下, 在同一光路上实现了双波长、双脉冲的 Cr : LiSAF 可调谐激光输出。利用一块波长为 900 nm 倍频切割的 LBO 晶体, 进行腔外的双波长双脉冲的谐波研究, 实现单光束双波长、双脉冲 Cr : LiSAF 调 Q 谐波激光输出, 获得了波长分别为 448.1 nm 与 449.15 nm 同光束双波长激光输出, 脉冲能量分别为 13.7 mJ, 脉冲间隔 62 μs。输出的谐波光束线宽小于 0.02 nm。

**关键词** 激光器; Cr : LiSAF 激光器; 谐波; LBO 晶体; 调 Q

中图分类号 TN248.1 文献标识码 A doi: 10.3788/CJL20093607.1819

## Dual Wavelength and Dual Pulse Q-switched Frequency Doubling of Tunable Cr : LiSAF Laser

Chen Changshui Pan Tao Zhang Yishi Yu Jinwang Liu Songhao

(School of Information Photoelectric Science & Technology, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510631, China)

**Abstract** The dual wavelength and dual pulse light source with wavelengths of 448.1 nm and 449.15 nm have potential application in differential absorption lidar (DIAL) for measuring NO<sub>2</sub> concentration in atmosphere. A dual wavelength (896.2 nm and 898.3 nm) and dual pulse Cr : LiSAF laser output is achieved adopting the high pressure and square wave to drive the electric light Q-switch. Using one LBO crystal as the frequency doubling crystal, a dual wavelength (448.1 nm and 449.15 nm) and dual pulse laser is got. The output for one wavelength is about 13.7 mJ, the line width is less than 0.02 nm, and the time interval for two pulse in one pumping is about 62 μs.

**Key words** lasers; Cr : LiSAF laser; frequency doubling; LBO crystal; Q-switched

### 1 引 言

自从 1989 年首次报道闪光灯抽运 Cr : LiSAF 激光器可以在室温下运转以来<sup>[1]</sup>, 闪光灯抽运<sup>[1~3]</sup>和光抽运 Cr : LiSAF 激光器相继问世, 获得了静态、纳秒和飞秒运转<sup>[4]</sup>。Cr : LiSAF 激光器的调谐范围为 780~1020 nm, 其光谱带中 900 nm 附近输出的激光的倍频光(二次倍频为 450 nm 附近, 三倍频为 300 nm 附近, 四倍频为 226 nm 附近)分别为激光差分吸收雷达实时检测空气中的 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> 和 NO 的有效波段。现已有灯抽运钛宝石双脉冲激光雷达, 但 Cr : LiSAF 激光晶体具有 67 μs 的激光上

能级荧光寿命<sup>[1]</sup>, 远大于钛宝石的激光上能级荧光寿命(3.2 μs), 更有利于灯抽运巨脉冲激光的获得。本实验室已经获得双波长、双脉冲的谐波和基波激光束<sup>[5,6]</sup>, 但是它们是非共线光束, 倍频晶体多块并由两块晶体所产生。差分吸收激光雷达(DIAL)系统要求激光器实现双脉冲双波长谐波输出, 并且要求双脉冲双波长之间实现毫秒到微秒量级的快速切换。

本文报道了采用高压方波驱动电光 Q 开关快速切换来实现双脉冲、双波长巨脉冲激光输出的灯抽运 Cr : LiSAF 可调谐激光器, 利用同一块倍

收稿日期: 2008-05-22; 收到修改稿日期: 2008-10-27

基金项目: 广东省自然科学基金(8251063101000006)和广州市科技攻关项目(2007Z3-D0301)资助课题。

作者简介: 陈长水(1969—), 男, 博士, 研究员, 一级岗位教授, 主要从事激光器、非线性光学、光子生物学及其应用等方面的研究。E-mail: cschen@aiofm.ac.cn; Cschen7375@yahoo.com.cn

频晶体进行腔外双波长双巨脉冲的倍频实验研究。

## 2 实验研究

为获得双脉冲、双波长巨脉冲 Cr : LiSAF 激光器,设计了如图 1 所示的实验装置,其中  $M_1, M_2$  为后腔镜; $M_3$  为前腔镜; $M_4$  为薄膜偏振片; $M_5$  为双色镜; $P_1, P_2$  为棱镜组。

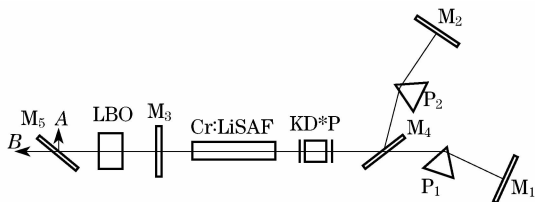


图 1 单光束双波长双巨脉冲倍频激光器的示意图

Fig. 1 Diagram of the experimental setup

实验采用双灯抽运,抽运脉宽  $130 \mu\text{s}$ , Cr : LiSAF 晶体激光棒尺寸为  $\phi 7 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ ,与两支尺寸为  $\phi 8 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$  的氙灯一起封装在有效腔长为  $100 \text{ mm}$  的金属双椭圆聚光腔中。后腔镜  $M_1, M_2$  为曲率半径为  $4 \text{ m}$ ,对  $860 \sim 950 \text{ nm}$  波段全反射 ( $R \geq 99\%$ ) 的球面反射镜,  $M_3$  是对  $850 \sim 950 \text{ nm}$  反射率为  $80\% \sim 85\%$  的前腔输出镜。调谐元件分别为三块色散较大的  $\text{ZF}_5$  三角棱镜 ( $900 \text{ nm}$  布儒斯特角切割) 组组成。Q 开关为  $\text{KD}^* \text{P}$  调 Q 晶体。在调 Q 晶体与调谐棱镜之间插入一块表面镀以对 p-偏振光增透、对 s-偏振光高反射的偏振膜片。偏振膜片主要起分光作用,使整个激光系统由  $M_1$  和透过偏振膜片的 p-偏振光与  $M_3$  形成一路激光振荡输出;而 s-偏振光经过反射由  $M_2$  和  $M_3$  形成另一路激光振荡输出。由于它们利用了同一支 Cr : LiSAF 激光晶体的一次抽运获得两束激光输出,且共用同一个前腔输出镜,同一块调 Q 晶体,因而不仅保证了输出两激光束的平行,还使其得到有效的重叠,有效地解决了两束激光同轴度的难题。腔外倍频晶体采用接收角较大的 LBO 晶体。然后利用分色镜进行基波光束与谐波光束的分离。

两路偏振态不同的激光由控制调 Q 晶体上充放电的时间及不同高压来完成<sup>[7]</sup>,其原理如图 2 所示。

在调 Q 晶体的一端上加  $3\lambda/4$  波电压 ( $HV_1$ ),两光路都处于封闭状态。氙灯放电一定延时后,在晶体的另一端加一定延时的  $\lambda/4$  波电压 ( $HV_2$ ),使

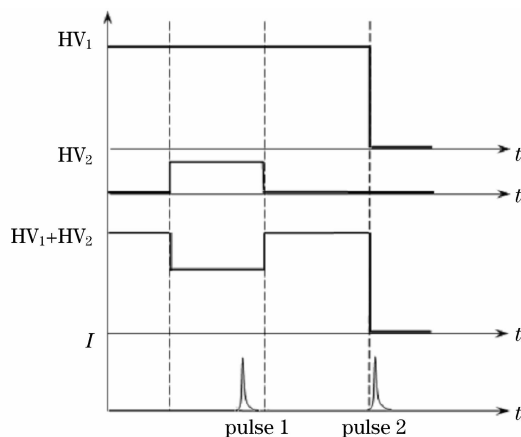


图 2 调 Q 晶体两端电压的变化与双脉冲激光的关系

Fig. 2 Relationship of the voltage changes between the two sides of Q-switch crystal and the output pulses

晶体两端的压差成为  $\lambda/2$  波电压 ( $HV_1 + HV_2$ ),此时由  $M_2$  和  $M_3$  形成的光路发生激光振荡(激光器工作支路为  $M_2$ - $P_2$ -偏振膜片-KD\*P-Cr : LiSAF 晶体- $M_3$ ),产生调 Q 输出。由于  $\lambda/4$  波电压有一定的延时,调 Q 输出完成后,调 Q 晶体两端的压差又重新恢复到  $3\lambda/4$  波电压,两光路又都处于封闭状态。而氙灯还在继续放电,经过一定的延时后,退掉加在晶体一端的  $3\lambda/4$  波电压,Q 开关打开,此时由  $M_1$  和  $M_3$  形成的光路发生激光振荡(激光器工作支路为  $M_1$ - $P_1$ -偏振膜片-KD\*P-Cr : LiSAF 晶体- $M_3$ ),产生调 Q 输出,完成氙灯一次充放电产生双波长、双脉冲激光调 Q 的输出。在整个调 Q 方式中采用了一路退压 ( $HV_1$ ) 和一路加压 ( $HV_2$ ) 的方式。实验中的关键技术是很好地控制调 Q 晶体上高压充放电的延迟时间。一般调 Q 方式为加压式与退压式两种,而这里需要的是加压与退压结合在一起的方式。

首先通过调整调 Q 的两路放电的延时,让系统工作在单路的情况下,这是相当于普通的调 Q Cr : LiSAF 激光器,在抽运能量为  $100 \text{ J}$  时,在  $900 \text{ nm}$  处获得基波光脉冲能量为  $78 \text{ mJ}$ ,脉冲宽度约  $32 \text{ ns}$ 。利用 LBO 晶体进行倍频,获得  $34 \text{ mJ}$  的  $450 \text{ nm}$  的巨脉冲激光束。由于差分探测  $\text{NO}_2$  气体的有效波长为  $448.1 \text{ nm}$  和  $449.15 \text{ nm}$ ,为此将两路激光分别调整到输出  $896.2 \text{ nm}$  和  $898.3 \text{ nm}$ ,通过调整调 Q 的两路放电的延时,让系统工作在单路情况下,分别在输出  $896.2 \text{ nm}$  和  $898.3 \text{ nm}$  时,均能获得输出脉冲能量为  $78 \text{ mJ}$ ,脉冲宽度约  $32 \text{ ns}$  的脉冲。调整系统的调 Q 延时,在一次抽运条件下,让两路激

光均能输出,通过示波器观察,让两路输出的能量基本相同,并通过分别遮挡两激光光路的方法,只输出单路激光。由于腔内调 Q 元件的作用,这时的单路激光输出应该与不进行分别遮挡两激光光路的单路输出相同。检测输出的脉冲,输出脉宽约 43 ns,脉冲能量约 34 mJ。一次抽运时,输出总能量为 68 mJ,与普通调 Q 对比,一次抽运双脉冲输出的能量是普通调 Q 输出能量的 87.2%,一次抽运中输出的两脉冲的时间间隔约 62  $\mu$ s。

然后在输出激光的光路上加上 LBO 晶体进行激光倍频实验。在通过分别遮挡两激光光路的方法,只输出单路激光时,获得 14.2 mJ 的倍频激光束。再将两路激光同时工作,通过调整倍频晶体的角度,同时用示波器观察,让输出的两脉冲倍频激光能量基本相同,获得了 27.4 mJ 的激光输出。一次抽运中的两脉冲的能量分别为 13.7 mJ,是两波长分别最佳匹配倍频效率的 96.5%。测得输出的谐波光束的线宽小于 0.02 nm。

### 3 结 论

利用一次闪光灯抽运,通过腔内调制元件进行光束切换,获得了同光束输出的双波长双脉冲激光束。并在腔外利用一块 LBO 晶体同线倍频双波长光束,获得了波长分别为 448.1 nm 与 449.15 nm

同光束双波长激光输出,脉冲能量分别为 13.7 mJ,脉冲间隔 62  $\mu$ s。输出的谐波光束的线宽小于 0.02 nm。研究的成果在差分吸收雷达系统中有应用价值。

### 参 考 文 献

- 1 S. A. Payne, L. L. Chase, L. K. Smith *et al.*. Laser performance of LiSrAlF<sub>6</sub> : Cr<sup>3+</sup> [J]. *J. Appl. Phys.*, 1989, **66**: 1051~1065
- 2 Martin Stalder, Bruce H. T. Chai, Michael Bass. Flashlamp pumped Cr : LiSAF laser[J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1991, **58**: 216~218
- 3 H. H. Zenzie, Y. Isyanova, High-energy, high-efficiency harmonic generation from a Cr : LiSrAlF<sub>6</sub> laser system[J]. *Opt. Lett.*, 1995, **20**: 169~171
- 4 Wang Jiasheng, Chen Changshui, Fang Xiaojun *et al.*. Cr : LiSAF femtosecond laser pulses amplifier[J]. *Chinese J. Lasers*, 2003, **30**(sl.): 1~3  
汪家升,陈长水,方小军等. Cr : LiSAF 晶体飞秒激光放大器[J]. *中国激光*, 2003, **30**(sl): 1~3
- 5 Chen Changshui, Zhao Ke, Wang Peilin *et al.*. Generation of dual wavelength and dual pulse in a Q-switched Cr : LiSAF laser [J]. *Chinese J. Lasers*, 2001, **A28**(4): 298~299  
陈长水,赵柯,王佩琳等. 双波长巨脉冲 Cr : LiSAF 激光器的研究[J]. *中国激光*, 2001, **A28**(4): 298~299
- 6 Wu Bian, Chen Changshui, Wang Jin *et al.*. Generation of single light beam and dual wavelength and dual pulse in a Q-switched Cr : LiSAF laser[J]. *Applied Laser*, 2005, **25**(4): 242~244  
吴边,陈长水,王瑾等. 单光束双脉冲双波长巨脉冲 Cr : LiSAF 激光器[J]. *应用激光*, 2005, **25**(4): 242~244