

文章编号 : 0258-7025(2001)04-0298-03

双脉冲、双波长巨脉冲 Cr:LiSAF 激光器*

陈长水¹ 赵柯¹ 王佩琳¹ 谢建平² 是度芳³ 沙先武³ 贺渝龙³

(¹ 中国科学院安徽光机所 合肥 230031; ² 中国科技大学物理系 合肥 230036; ³ 华中科技大学物理系 武汉 430074)

提要 在闪光灯抽运 Cr:LiSAF 激光器中插入棱镜分束器获得了 860 ~ 920 nm 可调谐双脉冲、双波长巨脉冲激光输出。研究了两输出巨脉冲激光脉宽和能量与抽运能量的关系, 获得了两巨脉冲激光间最佳的延时调节范围为 0 ~ 20 μ s。

关键词 Cr:LiSAF 激光器 棱镜分束器 双波长 双脉冲

中图分类号 TN 248.1 **文献标识码** A

Generation of Dual Wavelength and Dual Pulse in a Q-switched Cr:LiSAF Laser

CHEN Chang-shui¹ ZHAO Ke¹ WANG Pei-lin¹ XIE Jian-ping²
SHI Du-fang³ SHA Xian-wu³ HE Yu-long³

(¹ Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031)
(² Department of Physics, University of Science and Technology of China, Hefei 230036)
(³ Department of Physics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Abstract In this paper, a flashlamp-pumped Cr:LiSAF laser system with a prism splitter to obtain dual pulse and dual wavelength laser output has been designed. The relation of laser output behaviors with input energy is studied experimentally. The time space of zero to 20 μ s, and the tunable range of 860 to 920 nm for each wavelength of the dual wavelength and dual pulse laser are obtained in experiments.

Key words Cr:LiSAF laser, prism splitter, dual wavelength, dual pulse

1 引言

自 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^[1], 闪光灯抽运^[1,3,8]和光抽运^[4~6]Cr:LiSAF 激光器相继问世, 获得了静态、纳秒和飞秒运转。

Cr:LiSAF 激光器的调谐范围为 780 ~ 1010 nm, 荧光光谱带宽达 220 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 SO₂, NO₂ 和 NO 的有效波段^[7]。因而, 研制 Cr:LiSAF 激光器的差分吸收雷达系统具有重要的现实意义。差分吸收激光

雷达系统要求两个特定的波长的巨脉冲激光相隔一定的时间输出。现已有灯抽运钛宝石双脉冲激光雷达^[7], 但是, Cr:LiSAF 激光晶体具有 67 μ s 的激光上能级荧光寿命^[1], 远大于钛宝石的激光上能级荧光寿命(3.2 μ s), 更有利于灯抽运巨脉冲激光的获得。

文献[2]介绍了氙离子激光器连续抽运的双波长 Cr:LiSAF 激光器, 但它的双波长输出的调谐范围不能重叠, 且不能形成双脉冲。

本文报道双脉冲、双波长巨脉冲激光输出的灯抽运 Cr:LiSAF 可调谐激光器的实验研究。

2 实验研究

为获得双脉冲、双波长巨脉冲 Cr:LiSAF 激光器, 我们设计了如图 1 所示的实验装置。

Cr:LiSAF 激光晶体尺寸为 ϕ 5 mm \times 55 mm, 闪光

* 国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1999-10-12; 收到修改稿日期: 1999-11-22

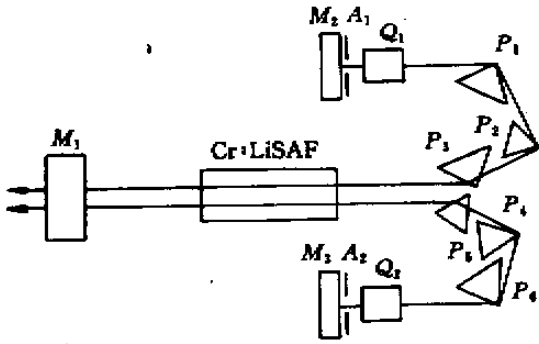


图1 实验装置示意图

M_1 输出耦合器; M_2, M_3 不透明反射镜; A_1, A_2 光阑;

Q_1, Q_2 : KD^*P 晶体; $P_1 \sim P_6$: 棱镜

Fig.1 Experimental setup

M_1 : output coupler; M_2, M_3 : rear mirrors; A_1, A_2 : apertures;

Q_1, Q_2 : KD^*P crystals; $P_1 \sim P_6$: six prisms

灯长 $L = 80 \text{ mm}$, M_2 和 M_3 镜的曲率半径为 5 m , 对 $800 \sim 920 \text{ nm}$ 全反 ($R \geq 99\%$), M_1 镜对 $860 \sim 920 \text{ nm}$ 的反射率为 $50\% \sim 60\%$, 由 M_1 与 M_2 形成一路可调谐调 Q Cr:LiSAF 激光器, 由 M_1 与 M_3 形成另一路可调谐的 Cr:LiSAF 激光器。两激光系统分别调谐输出各自的调 Q 激光。调谐元件为 6 块色散较大的 ZF_5 三角棱镜 (900 nm 布儒斯特角切割) 组成的棱镜分束器。用 $\text{pH} = 7$ 的无水乙醇作冷却液。

氙灯的抽运脉宽 (半宽度) 为 $140 \mu\text{s}$, 电容为 $200 \mu\text{F}$ 远大于 Cr:LiSAF 激光晶体的上能级荧光寿命, 有利于两输出激光脉冲间的时间间隔的调节范围。将一路激光的调 Q 延时工作在最佳输出处, 并以此为延时零点, 调节另一路的调 Q 延时, 分别测量此两路调 Q 激光的输出能量和脉宽。图 2 为任一路激光在波长为 900.4 nm 处的调 Q 延时与它的调 Q 输出能量和脉宽的关系图 (调 Q 延时固定在最佳延时一路的激光输出波长为 890 nm , 实验中发现各波长激光的最佳调 Q 延时相同)。从图可见在调 Q 延时从 $-10 \mu\text{s}$ 到 $+10 \mu\text{s}$ 调节时, 所获得的调 Q 脉冲的能量与输出脉宽的波动均不大。因而两路巨脉冲的激光输出的时间间隔在 $0 \sim 20 \mu\text{s}$ 间连续可调。两路激光同时工作时, 用记忆示波器测得两脉冲间距的不稳定度不大于 $1.5 \mu\text{s}$ 。

分别测量单路调 Q 脉冲的激光振荡阈值 (部分利用工作物质) 与仅为单路调 Q Cr:LiSAF 激光系统 (腔内元件不变, 全部工作物质在光路中) 的激光振荡阈值, 发现激光振荡阈值基本不变。通过对输出能量的测量发现输出的总能量为两路激光系统分别

单独工作时 (此时, 仍各自部分利用激光工作物质) 输出能量之和。

图 3 为其中一路在激光输出波长为 900 nm 处的抽运能量与调 Q 激光器输出能量及脉宽的关系图。从图中可见 随着抽运能量的增加, 激光器输出能量在增加的同时, 输出的激光脉宽在变窄。图 4 为记忆示波器测得的两调 Q 双脉冲。

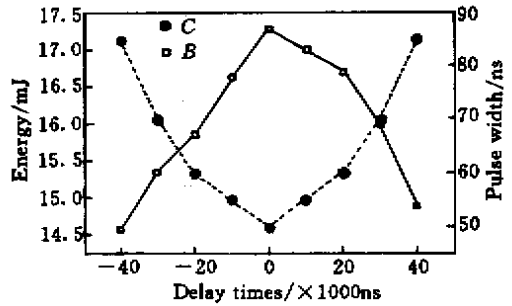


图2 输出能量(实线)及脉宽(虚线)与 Q 开关延时时间的关系

Fig.2 Output energy (solid line) and pulse width (dot line) versus the Q -switching delay times

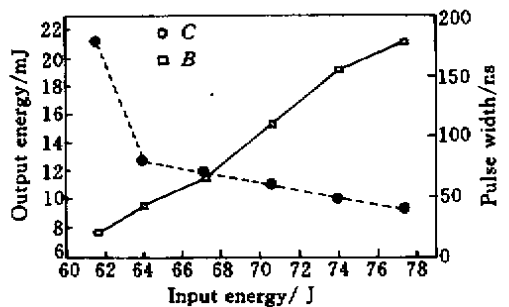


图3 输出能量(实线)及脉宽(虚线)与输入能量的关系

Fig.3 Output energy (solid line) and pulse width (dot line) versus input energy

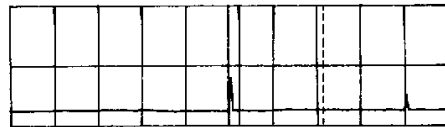


图4 两双脉冲的时间间隔图

Fig.4 Diagram of the time interval of two pulses

两路激光系统分别获得了 $860 \sim 920 \text{ nm}$ 的激光波长调谐范围。在抽运能量为 77.5 J 时, 两路分别在 900 nm 处获得 45 ns 21 mJ 的激光输出, 在 920 nm 处分别获得 (抽运相同) 55 ns 15 mJ 的激光输出。为避免损伤激光晶体, 在较短波长输出 (靠近激光晶

体的荧光峰值方向)时,降低了抽运输入能量。

测得激光线宽不大于 0.2 nm;激光输出的能量不稳定性不大于 2.5%。曲率半径为 5 m 的腔镜对 Cr:LiSAF 晶体的热效应有一定的补偿,但仍使输出的激光束有较大的发散(约为 3 mrad)。

对获得的双脉冲、双波长激光谐波可望获得激光测污(测 NO₂, SO₂ 和 NO)雷达所需的激光波长。

如果进一步改善条件,使用合适长度的氙灯及抽运脉宽,补偿晶体的热效应,可望获得更高效率。

参 考 文 献

- 1 S. A. Payne, L. L. Chase, L. K. Smith *et al.*. Laser performance of LiSrAlF₆:Cr³⁺. *J. Appl. Phys.*, 1989, **66** (3):1051 ~ 1056
- 2 Yuan Shuangchen, Hou Xun, Wang Shuicai. Dual-wavelength Cr:LiSAF laser. *Acta Photonica Sinica* (光子学报), 1996,

25(8):768 (in Chinese)

- 3 T. Shimada, J. W. Eealy, C. S. Lester *et al.*. Advanced solid state laser. *OSA Proceedings Series* (Optical Society of America, Washington D.D.), 1994, **20**:188 ~ 191
- 4 N. H. Rizvi, P. M. W. French, J. R. Taylor. 50-fs pulse generation from a self-starting CW passively mode-locked Cr:LiSAF₆ laser. *Opt. Lett.*, 1992, **17**(12):877 ~ 879
- 5 M. J. P. Dymott, A. I. Ferguson. Self-mode-locked diode-pumped Cr:LiSAF laser producing 34-fs pulses at 42-mW average power. *Opt. Lett.*, 1995, **20**(10):1157 ~ 1159
- 6 F. Falcoz, F. Balembois, P. Georges *et al.*. All-solid-state continuous-wave tunable blue-light source by intracavity doubling of a diode-pumped Cr:LiSAF laser. *Opt. Lett.*, 1995, **20**(11):1274 ~ 1276
- 7 J. P. Wolf. 3-D monitoring of air pollution using mobile "all-solid-state" lidar systems. *Optics & Photonics News*, Special Issue/Remote Sensing, 1995, Jan. 27
- 8 Wang Dongmei, Ni Wengjun, Xia Runyu *et al.*. Flashlamp pumped Cr:LiSAF laser. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1999, **A26**(3):209 ~ 210 (in Chinese)