

文章编号 : 0258-7025(2001)02-0103-02

# Cr:LiSAF 激光器的双波长、双脉冲 四次谐波的获得\*

陈长水<sup>1</sup> 谢建平<sup>2</sup> 王佩琳<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院安徽光机所 合肥 230031; <sup>2</sup>中国科学技术大学物理系 合肥 230026)

**提要** 利用一块 BBO 晶体高效倍频产生的两束具有特定时间间隔和波长差的 Cr:LiSAF 二次谐波激光束,经合束,获得了双波长、双脉冲的 Cr:LiSAF 四次谐波激光束。

**关键词** 双波长,双脉冲,四次谐波

中图分类号:TN 248.1 文献标识码:A

## Obtaining a Dual-pulse and Dual-wavelength FHG Beam from Cr:LiSAF Lasers

CHEN Chang-shui<sup>1</sup> XIE Jian-ping<sup>2</sup> WANG Pei-lin<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031)  
(<sup>2</sup>University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

**Abstract** In this paper, a high-efficiency harmonic generation system capable of two beams which have a certain time interval and different wavelengths from two frequency doubling Cr:LiSAF laser passing through a BBO crystal at phase matching angles has been developed. The two beams are combined to obtain a dual-pulse and dual-wavelength FHG beam of Cr:LiSAF laser system.

**Key words** dual-wavelength, dual-pulse, fourth harmonic generation

### 1 引言

1989 年首次报道室温运转的闪光灯抽运 Cr:LiSAF 激光器以来<sup>[1]</sup>,对 Cr:LiSAF 激光晶体的研究成为近 10 年来的一个热点。

Cr:LiSAF 激光晶体的荧光范围为 780 ~ 1010 nm,荧光光谱带宽达 220 nm,其光谱带中 900 nm 附近输出的四倍频激光束(226 nm 附近)为激光差分吸收雷达实时检测空气中 NO 的有效波段<sup>[2,3]</sup>。现已有实用化的灯抽运钛宝石双脉冲激光雷达。Cr:LiSAF 激光晶体具有 67  $\mu$ s 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  $\mu$ s),更有利于灯抽运巨脉冲激光的获得。目前,已获得 Cr:LiSAF 激光器的单波长四次谐波<sup>[4,5]</sup>。但差分吸收激光雷达系统要求两个特定波长的巨脉冲激光相隔一定的时间输出。因而,研制双波长、双脉冲

四次谐波的 Cr:LiSAF 激光系统具有重要的现实意义。

本文报道利用同一 BBO 晶体同时倍频两束 Cr:LiSAF 可调谐激光束,在 900 nm 附近输出具有特定时间间隔的不同波长的巨脉冲谐波激光束,获得 Cr:LiSAF 可调谐激光器的四次谐波输出。

### 2 Cr:LiSAF 激光器双波长、双脉冲四次谐波的研究

由 Cr:LiSAF 激光器获得两束二次谐波激光(它们是由一台或两台 Cr:LiSAF 谐波激光器获得,两束二次谐波的激光脉冲在时间上有一定的间隔,一般为数十微秒)<sup>[6]</sup>,它们的偏振方向相同,经 BBO 晶体倍频,研制出测量大气中 NO 含量的差分吸收雷达用双波长、双脉冲巨脉冲 Cr:LiSAF 激光器。实验用 BBO 晶体为  $\theta = 63^\circ$ ,  $\varphi = 0^\circ$  切割,尺寸为 8 mm  $\times$  8 mm  $\times$  6 mm,其通光表面镀保护膜。由于 BBO 晶体在 453.6 nm 处的接收角仅为 0.305 mrad/cm,而测

\* 国家自然科学基金(编号 969200503)资助项目。

收稿日期:1999-11-11;收到修改稿日期:2000-01-03

量 NO 含量的两二次谐波激光束(453.6 nm 和 453.78 nm)在 BBO 晶体中四次谐波(226.8 nm 和 226.89 nm)的匹配角分别为  $62.268^\circ$  和  $62.218^\circ$ , 匹配角差为  $0.05^\circ$  ( $0.87 \text{ mrad}$ )。为在同一块 BBO 晶体中获得较高的谐波效率,两激光束在 BBO 晶体中应同时为相位匹配角。两束激光脉冲通过谐波晶体时,即使它们在晶体中通过的光路相交,由于双脉冲在时间上是分离的,因而双基波脉冲在晶体中不会重叠。所以,在谐波晶体中,上述的双脉冲、双波长二次谐波激光脉冲与谐波晶体的作用产生四次谐波的机理与单脉冲、单波长的二次谐波在谐波晶体中产生四次谐波的机理完全相同。

图 1 为实验光路图。图中  $M_1, M_2$  为  $400 \sim 470 \text{ nm}$   $45^\circ$  平面全反射镜 ( $R \geq 99\%$ ),  $M_3, M_4$  为  $400 \sim 470 \text{ nm}$  高透,  $210 \sim 240 \text{ nm}$  高反射的  $45^\circ$  平面分色镜,  $M_1, M_2, M_3, M_4$  均加工成尖劈状结构。首先让  $\lambda_1$  光束经  $M_1$  镜反射后,从 BBO 晶体的中心通过,调整 BBO 谐波晶体的方位获得最佳的谐波效率,再调整  $M_2$  镜的位置让  $\lambda_2$  光束在 BBO 晶体中也以相位匹配角通过,获得最佳的谐波效率。当  $\lambda_1, \lambda_2$  分别为  $453.6 \text{ nm}$  和  $453.78 \text{ nm}$  时,对应的 BBO 晶体中位相匹配角为  $62.268^\circ$  和  $62.218^\circ$ 。谐波晶体后的光束经  $M_3, M_4$  镜分束后,获得 Cr:LiSAF 激光器输出的  $\lambda_3, \lambda_4$  四次谐波光束和剩余的二次谐波光束  $\lambda_1, \lambda_2$ 。由于用于检测大气中 NO 含量的两激光束经扩束后,要求能从同一路径上传输,以便测得此路径上 NO 的浓度,所以仔细调整  $M_3, M_4$  镜,让两光束分别在  $M_3$  镜尖劈的下顶端和  $M_4$  镜尖劈的上顶端反射,并保证  $\lambda_3, \lambda_4$  两光束平行,且两光束的横截面相切,合成了双脉冲、双波长的激光束。让此激光束经 50 倍扩束后,传输 100 m,发现它们仍很好地重叠。

若  $\lambda_1, \lambda_2$  两光束的空间夹角较大,影响  $M_1$  或  $M_2$  镜的反射率,可另加其他的光路矫正元件或改变

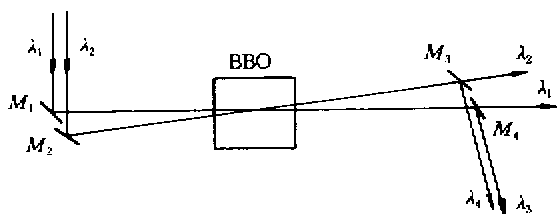


图 1 实验装置图

Fig. 1 Diagram of the experimental setup

$M_1$  与  $M_2$  镜镀膜,实现最佳的谐波效果。

由于 LEP-1A 型能量计最短的波长响应范围为  $250 \text{ nm}$ ,对  $225 \text{ nm}$  附近的紫外激光不灵敏,我们用光电探测器探测,示波器观察谐波。发现脉宽为  $45 \text{ ns}$ (半宽度),能量为  $7 \text{ mJ}$ ,波长为  $450 \text{ nm}$  单脉冲激光束的倍频光与  $0.6 \text{ mJ}$  的三次谐波(波长  $300 \text{ nm}$ ,脉宽约  $38 \text{ ns}$ )在示波器上的信号幅度相同,可见,所获得的  $225 \text{ nm}$  激光的能量约为  $0.6 \text{ mJ}$ ,对应的谐波效率约为  $8.6\%$ 。 $450 \text{ nm}$  输入激光束的能量不稳定性小于  $3\%$ <sup>[7]</sup>,在示波器上获得四次谐波的双脉冲信号幅度的不稳定性小于  $3.2\%$ 。当波长分别为  $453.6 \text{ nm}$  和  $453.78 \text{ nm}$  的双波长、双脉冲激光束经同一块 BBO 四次谐波晶体倍频后,测得四次谐波的两脉冲的脉宽(半宽度)均为  $33 \text{ ns}$ 。通过对双波长、双脉冲的二次谐波(两脉冲的幅度与脉宽相同)的倍频光与单路(单脉冲、单波长)二次谐波(与双脉冲二次谐波光束的幅度与脉宽相同)的倍频光在示波器上的信号幅度的比较,发现当调整成相位匹配角的两路二次谐波光束通过 BBO 晶体时,所获得的四次谐波双脉冲的幅度相等,且与单脉冲倍频的信号幅度相等。可见,它们均为最佳的谐波效率。四次谐波光束的偏振方向与二次谐波光束的偏振方向垂直。

本系统也可用在其他相近波长的双波长谐波上。

## 参 考 文 献

- 1 S. A. Payne, L. L. Chase, L. K. Smith *et al.*. Laser performance of  $\text{LiSrAlF}_6:\text{Cr}^{3+}$ . *J. Appl. Phys.*, 1989, **66** (3):1051 ~ 1056
- 2 E. NaVa, M. Garibi, G. Monibrini. UV to near IR solid state narrow-band laser for amobile differential lidar. CLLO/Europe, 1994, CMA 3
- 3 M. Bicola, W. Corio, A. Marzorati. Upgraded mobile DIAL laboratory for air quality measurements. CLLO/Europe 1994, CF13
- 4 M. Deneva, E. Stoykova, A. Gizbreakht *et al.*. A pulsed two-wavelength self-injection locking controlled Ti:sapphire laser. CLLO/Europe, 1994, CTUJ 36
- 5 H. H. Zenzie, Y. Isyanova. High-energy, high-efficiency harmonic generation from a Cr:LiSAF<sub>6</sub> laser system. *Opt. Lett.*, 1995, **20**(2):169 ~ 171
- 6 Joseph F. Pinto, Leon Esterowitz. Unstable Cr:LiSAF laser resonator with a variable reflectivity output coupler. *Appl. Opt.*, 1998, **37**(15):3272 ~ 3275
- 7 Chen Changshui, Wang Peilin, Xie Jianpin. Output pulses of Q-switched intracavity frequency doubling and tripling of a tunable Cr:LiSAF laser are gained. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1999, **A26**(7):602 (in Chinese)