

参 考 文 献

- 1 王松岳 *et al.*, 中国激光, **12**(8), 478~491(1985)
- 2 王松岳 *et al.*, 科学通报, **33**(4), 274~278(1988)
- 3 Byron A. Palmer *et al.*, "An Atlas of Uranium Emission Intensities in A Hollow Cathode Discharge", LA-8251-MS Informal Report Ue-34s Issued: July 1980, 92
- 4 Jean Blaise *et al.*, *J. Opt. Soc. Am.*, **66**(7), 644(1976)
- 5 C. E. Moore, "Atomic Energy Levels", Vol. 3, NBS Monograph 35, Washington D. C., 1971, pp. 136~138
- 6 G. R. Harrison *et al.*, *J. Opt. Soc. Am.*, **35**(10), 658~669(1945)

(收稿日期: 1990年5月21日; 修改稿收到日期: 1990年6月18日)

高效率光学参量发生器

李 港 姚煜球*

(北京工业大学激光技术实验室, *应用物理系, 100029)

郝海琳

(北京市微技术研究所)

High efficient optical parametric generator

*Li Gang, Yao Yuqiu**

(Laboratory of Laser Technology, *Department of Applied Physics, Beijing Polytechnic University, Beijing)

Hao Hailin

(Beijing Institute of Tiny Technology, Beijing)

Abstract: This paper reports the optical parametric generator pumped by the second, the third and the fourth harmonics of mode-locked YAG laser. The experimental results concerning influence of the physical parameter on the threshold, the conversion efficiency and the bandwidth of optical parametric generator in BBO crystal are obtained. The conversion efficiency is over 30%.

Key words: optical parametric generator BBO crystal

早期光学参量效应方面的研究着重于光学参量振荡器(OPO), 近年来随着超短脉冲技术的发展, 光学参量发生器(OPG)以其没有谐振腔的特殊优势得到了迅速发展^[1~3]。

目前, 在光学参量发生器后再加一级光学参量放大器, 人们已经取得了参量转换效率超过50%的出色成果^[4]。

80年代诞生的新型非线性光学晶体 β -BaB₂O₄(BBO), 具有透明范围宽、损伤阈值高、非线性系数大等优点^[5]。本文利用中国科学院福建物质结构研究所生产的BBO晶体, 用YAG锁模激光的二倍频、三倍频、四倍频光作为泵浦源, 进行了光学参量发生器方面的研究。参量光转换效率超过30%。

实验装置由图 1 给出。YAG 主被动锁模激光器输出的锁模脉冲串经单选系统选出单脉

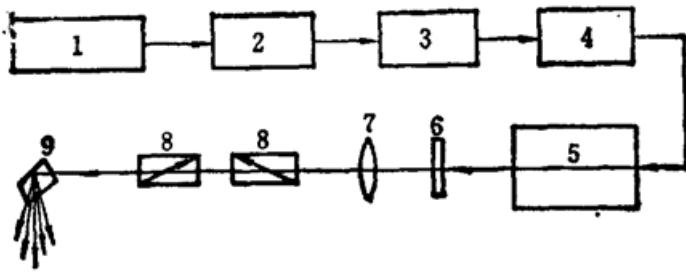


Fig. 1 Experimental set-up

- 1—mode-locked laser; 2—single pulse selector;
- 3—amplifier; 4—frequency-doubler; 5—frequency tripler/quadrupler;
- 6—filter; 7—lens; 8—parametric crystal; 9—prism

冲, 再经过放大系统放大后, $1.064 \mu\text{m}$ 波长激光的输出能量为 75 mJ , 脉冲宽度为 35 ps 。然后倍频并滤光, 获得的 $0.532 \mu\text{m}$ 波长激光的输出能量为 30 mJ , $0.3547 \mu\text{m}$ 波长激光的输出能量为 10 mJ , $0.266 \mu\text{m}$ 波长激光的输出能量为 6 mJ 。经过适当的缩束或聚焦后, 使得 $0.532 \mu\text{m}$ 、 $0.3547 \mu\text{m}$ 、 $0.266 \mu\text{m}$ 三种波长激光的光强均达到或超过 15 GW/cm^2 , 以此作为光学参量发生器的泵浦光源。产生的参量光经 Pellin-Broca 棱镜分光后输出, 能量用 LPE-1 B 型能量功率计测量。

Broca 棱镜分光后输出, 能量用 LPE-1 B 型能量功率计测量。

当泵浦光强达到几 GW/cm^2 时, 由光学参量发生器 (BBO 晶体) 可产生彩色的参量光环, 其大小及光频率随泵浦光的发散角和晶体的入射角而变化。不同的频率成份在总参量光中所占的比例, 随晶体入射角的变化而有规律地变化, 并且重复性很好。随着泵浦光发散角的逐渐增大, 彩色圆环的宽度逐渐变窄, 最后形成一个窄的彩色光环, 当晶体角度转动时, 这个窄的彩色环中不同颜色的光也有规律地变化。

定义在实验上刚刚能观察到微弱参量光时的泵浦强度为参量发生的阈值强度。图 2 和图 3 给出了 BBO 晶体中参量光的阈值光强随晶体长度和泵浦波长的变化, 可以看出参量晶体越长, 泵浦光波长越短, 阈值光强越低。

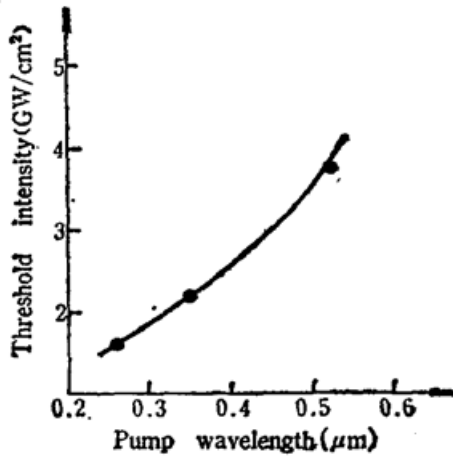


Fig. 2 Variation of threshold intensity versus pump wavelength, length of crystal—15mm

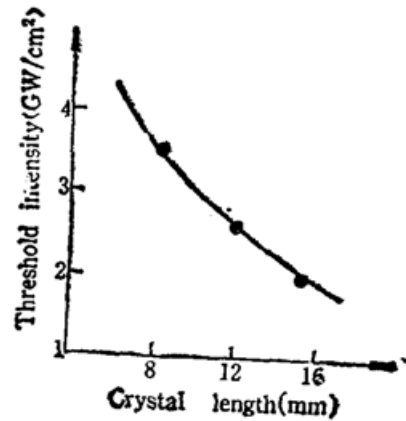


Fig. 3 Variation of threshold intensity versus length of crystal, pump wavelength—354.7nm

转换效率定义为参量光的输出能量与泵浦能量之比, 从图 4 可以看出, 晶体越长, 转换效率随泵浦光强的增长越迅速。当泵浦光强达到 14 GW/cm^2 时, 15 mm 长晶体的转换效率可以高达 36% 。图 5 表明, 泵浦光波长越短, 转换效率越高。显然, 当相同数量的泵浦光子转换为参量光子时, 泵浦光的波长越短, 每个光子的能量就越高, 因此转换效率也越高。

对于光参量发生器, 引起线宽展宽的主要原因有以下四个方面^[6]: <1> 参量光的高增益; <2> 泵浦光的发散角; <3> 泵浦光的线宽; <4> 偏轴参量的发生。BBO 晶体色散大, 接收角小,

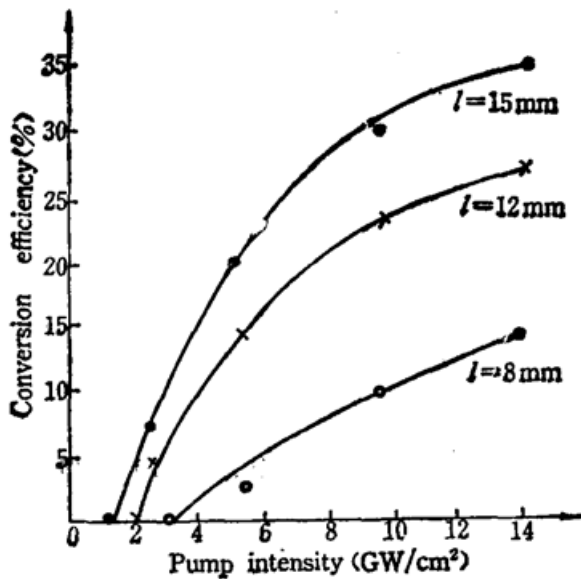


Fig. 4 Variation of parametric conversion efficiency versus pump intensity, pump wavelength—354.7nm

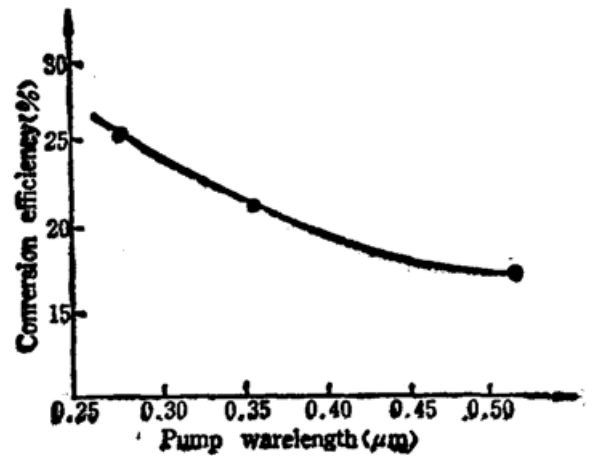


Fig. 5 Variation of parametric conversion efficiency versus pump wavelength, pump intensity is 6GW/cm², length crystal—15 mm

偏轴参量发生对线宽的影响相当大, 加上其它三方面因素, 使得 BBO 晶体参量发生器出射的参量光线宽非常宽。

压缩参量光线宽的一个有效的方法就是增加一块晶体, 进行参量放大。由于第二块晶体相位匹配条件的限制, 使得由第一块晶体出射的参量光中, 只有一小部分光满足相位匹配条件被放大, 大部分光不满足相位匹配条件而不能被放大, 因此由第二块晶体出射的参量放大光的线宽可以大大被压缩。

经过参量放大后的线宽随泵浦光强和参量光波长的变化见图 6 和图 7。在光参量放大中, 由高增益引起的线宽展宽是主要因素, 故参量光的线宽随泵浦光强的增加而急剧增长。要得到较窄线宽, 应减小泵浦光强。参量放大光的线宽随参量光波长的变化略有起伏, 考虑到实验条件及其它因素的影响, 可近似认为参量光线宽不随参量光波长变化。实验中还发现参量放

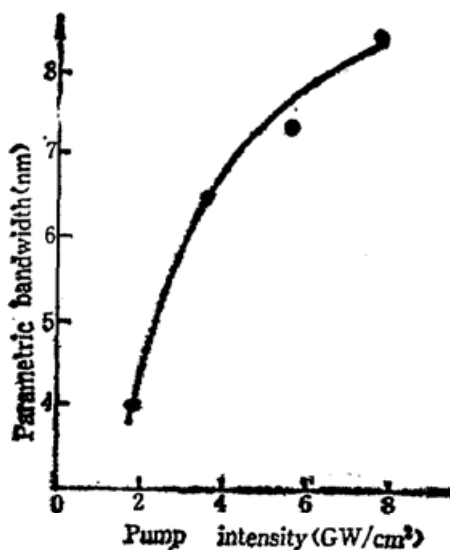


Fig. 6 Variation of parametric bandwidth versus pump intensity, pump wavelength is 354.7nm, parametric wavelength—556.7nm

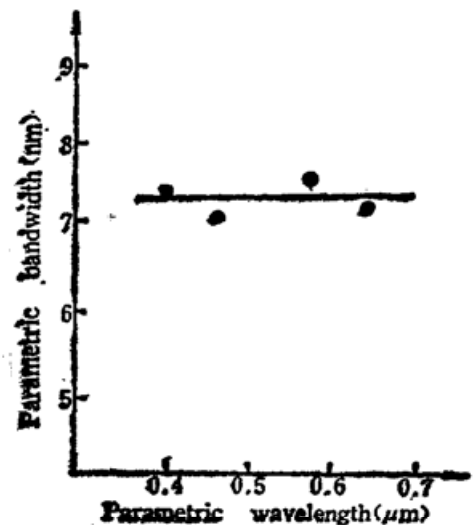


Fig. 7 Variation of parametric bandwidth versus parametric wavelength, pump intensity is 5.7GW/cm², pump wavelength—354.7 nm

大光的线宽与两晶体的间隔有关: 两晶体相距越远, 线宽越窄, 但同时转换效率也下降; 两晶体相距越近, 线宽越宽, 同时转换效率增加。

参 考 文 献

- 1 P. G. Kryukov *et al.*, *Sov. J. Quant. Electr.*, **7**(1), 127(1977)
- 2 A. Seilmeier *et al.*, *Appl. Phys.*, **23**, 113(1980)
- 3 D. W. Anthon *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.*, **58**(1), 2054(1987)
- 4 V. Kabelka *et al.*, *Sov. J. Quant. Electr.*, **9**(8), 1088(1979)
- 5 陈创天 *et al.*, 中国科学B辑, **28**(3), 598(1984)
- 6 A. Seilmeier *et al.*, *Opt. Commun.*, **24**(3), 237(1978)

(收稿日期: 1990年8月3日; 修改稿收到日期: 1990年10月23日)

固体火箭推进剂燃烧粒子场的离轴全息研究

赖天树

谭玉山

陈树响 王敬超

(中国科技大学近代物理系, 230026)

(西安交通大学机械系, 710049)

(陕西动力机械研究所)

Off-axis holographic investigation of particle fields of solid rocket propellant combustion

Lai Tianshu

(Department of Modern Physics, University of Science and Technology of China, Hefei)

Tan Yushan

(Dept. of Mechanical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an)

Chen Shuxiang, Wang Jingchao

(Shanxi Power Mechanical Institute, Xi'an)

Abstract: In this paper, the particle fields of solid rocket propellant combustion are investigated using the off-axis laser-pulsed holography and the reconstructed particle images are obtained with higher quality.

Key words: particle field, holography, solid rocket propellant

一、引 言

粒子场测量在能源、动力和航空航天等工程领域中是一个重要的研究课题。根据粒子场的背景介质的性质, 粒子场可分为两大类: 均匀背景介质粒子场和非均匀背景介质粒子场。目前研究的粒子场主要是均匀介质粒子场^[1, 2], 对非均匀背景介质粒子场的研究较少^[3, 4]。本课题是由航空航天部提出的。为了提高固体推进剂的密度比冲和燃烧温度, 通常在推进剂中添加铝粉。添加铝粉的优越性是否得到充分发挥与燃烧后生成的氧化铝粒子的大小及空间分布有关。国际上已开始应用全息术研究推进剂燃烧粒子场^[4], 国内还未开展这一工作, 但随着航天技术