

飞秒激光行波泵浦 BBO 晶体光参量放大*

许祖彦 张景园* 余朝文 孔羽飞 邓道群

(中国科学院物理研究所 光物理开放实验室, 北京 100080;

* Department of Physics Georgia Southern University, Landrum Box8031, Statesboro, GA 304602, U. S. A.)

提要 采用飞秒钛宝石激光放大器二次谐波为泵浦源, 行波泵浦 BBO 晶体光参量放大器, 获得了可调谐输出(0.44~2.6 μm), 最大输出能量约 40 μJ /脉冲, 测量了参量激光的调谐特性、能量分布和线宽, 理论与实验符合较好。

关键词 飞秒, BBO 晶体, 光参量放大

1 引言

超短激光是研究各学科领域超快过程的唯一手段, 飞秒激光的出现更加强了这一重要发展趋势。而众多的选择激发要求飞秒激光非但具有高功率与超短特性, 还需要宽的可调谐性。在发展宽调谐飞秒激光研究中, 非线性光学方法是成功的, 尤其是参量效应。连续波激光泵浦的锁模飞秒钛宝石激光器已成功地应用于同步泵浦光参量振荡器, 发展出宽调谐商品, 以高功率钛宝石飞秒激光放大器为泵浦源的行波泵浦光参量放大器正在开发中^[1]。这种高功率宽调谐飞秒光参量放大器, 大多使用 BBO 和 LBO 等高损伤阈值非线性晶体, 其飞秒可调谐种子源大体有两种方式: 一是重水或宝石等介质在飞秒泵浦光作用下产生的白光光源^[2,3], 另一种是非线性晶体产生的光参量荧光, 或称光参量发生器^[4,5]。与纳秒光参量振荡、皮秒光参量放大不同, 飞秒参量效应由于脉宽短、功率高, 常有各种伴生现象出现, 如多通道现象^[6]、三阶效应等。这些复杂的过程会影响到宽调谐的有效输出。本文报道一种高功率飞秒钛宝石激光为泵浦源的 BBO 晶体光参量激光系统, 包括参量的产生(OPG)和放大(OPA)。

2 实验装置

行波泵浦 BBO 晶体光参量激光系统光路原理如图 1 所示。泵浦光来自飞秒钛宝石激光放大器(美国光谱物理公司 TSA-10 型, 输出激光脉宽为 200 fs, 1.4 mJ/脉冲, 10 Hz, 790 nm)的二次谐波, 倍频器采用 BBO 晶体, 其谐波稳定输出约为 440 μJ /脉冲。此泵浦光被分光镜 BS 分为两束: 能量小的一束(106 μJ)通过反射镜 M_1 , M_2 组成的延时器后泵浦 BBO 晶体 C_1 (2 mm) 和 C_2 (4 mm) 组成的 OPG, 为获得较小的发散角, C_1 , C_2 相距较大(约 200 mm)。 L_1 和 L_2 组成的

* 国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1995年9月29日

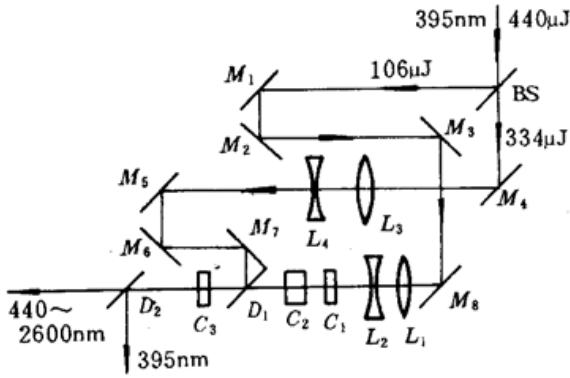


Fig. 1 Experimental setup

BS, beam splitter; $M_1 \sim M_8$, 45° 395 nm HR mirrors; D_1, D_2 , dichroic mirrors; $C_1 \sim C_3$, BBO crystals

GW/cm²,以便有效地产生放大作用。

3 结果和讨论

图 2 为实验测得的该激光系统调谐输出,调谐范围在 0.44~2.6 μm 之间。在简并点(790 nm)附近,由于输出不稳定,实验点有一小段不连续。图中同时给出了理论曲线(实线),结果表明实验和理论符合较好。

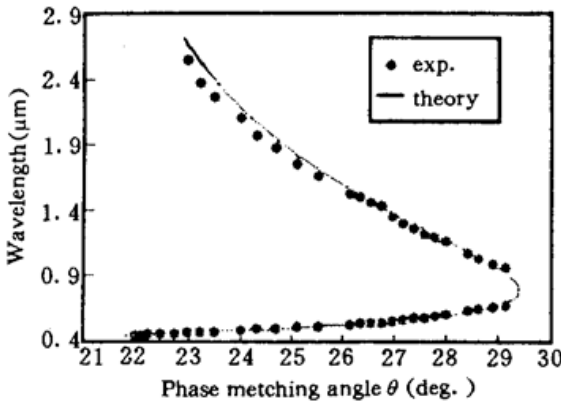


Fig. 2 Angle tuning curve of type I BBO for a 395 nm pump beam

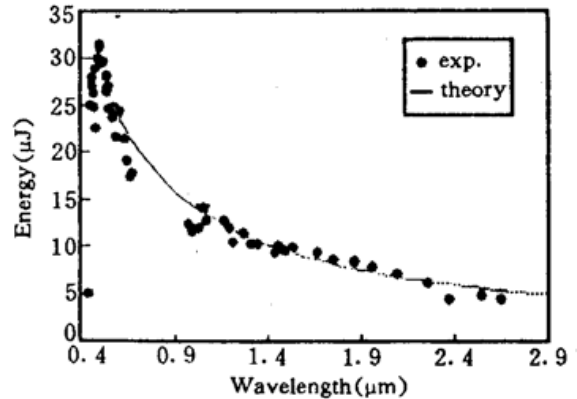


Fig. 3 Output energy of an optical parametric generator vs wavelength

图 3 是参量激光的输出能谱,在 0.5 μm 附近能量输出最高,此特性是 BBO 晶体材料决定的。一般说来,能量高峰在简并点附近,本实验未观察到,可能的解释是对于飞秒脉冲,群速度散影响的结果。在 0.44 μm 处,测得 5 μJ 输出,比峰值处的 31.5 μJ 降低了很多,原因是 0.44 μm 对应的闲置波为 3.8 μm,已超过 BBO 长波透过极限。闲置波能谱基本符合与波长成反比的理论(图 3 中实线),而信号波谱比较复杂,与晶体的透过谱、长度、泵浦光密度等因素均有关。

图 4 是信号波的线宽分布,其走向是越近简并点线宽越宽,与纳秒脉冲光参量振荡^[7]和皮秒脉冲光参量放大^[8]有同样趋势,但在飞秒脉冲条件下,线宽比纳秒大一个量级。

实验中常出现非共线参量彩环和三阶效应导致的白光闪烁点,这些伴生现象与泵浦光密度、发散角、注入种子强度等因素有关,如何消除或利用这些现象,我们正在研究中。

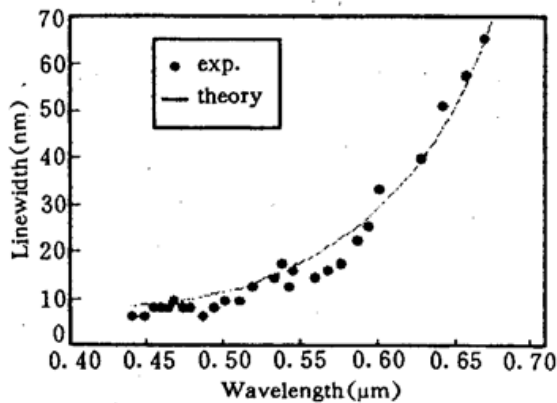


Fig. 4 The width of a signal pulse vs wavelength

综上所述,我们研究了一种三块 BBO 晶体组成的 OPG 加 OPA 飞秒光参量系统,获得了可见至近红外(0.44~2.6 μm)宽调谐输出,最大输出约 40 μJ/脉冲,相应的能量转换效率约 9%,此实验设备可用于一般超快现象研究。

致谢 本实验是在中国科学院物理所光物理开放实验室完成的。在实验过程中,得到了冯宝华、张秀兰高工和张东香工程师的大力帮助,在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 许祖彦. 光参量激光器. 中国激光, 1994, A21(4): 329
- 2 T. M. Jedju, L. Rothberg, A. Labrie. Subpicosecond time-resolved vibrational spectroscopy by transient infrared absorption. *Opt. Lett.*, 1988, 13: 961
- 3 M. K. Reed, M. K. Steinershepard, D. K. Negus. Widely tunable fs OPA at 250 kHz with Ti:S regenerative amplifier. *Opt. Lett.*, 1994, 19: 1855
- 4 R. Danielius, A. Piskarskas, A. Stabinis *et al.*. Traveling-wave parametric generation of widely tunable high coherent femtosecond light pulses. *J. Opt. Soc. Am. B*, 1993, 10: 2222
- 5 F. Salin, F. Estable, F. Savit. High power femtosecond optical parametric generators. CLEO '95, 140/MG7-1
- 6 W. Joosen, P. Agostini, G. Petite *et al.*. Broadband femtosecond infrared parametric amplification in β -BaB₂O₄. *Opt. Lett.*, 1992, 17: 133
- 7 Y. Wang, Z. Xu, D. Deng *et al.*. High efficient visible and infrared β -BaB₂O₄ optical parametric oscillator with pump reflection. *Appl. Phys. Lett.*, 1991, 58: 1463
- 8 Z. Xu, X. Liu, D. Deng *et al.*. Multi-wavelength optical parametric amplification and oscillation in angle-or temperature-tuned lithium triborate. *J. Opt. Soc. Am. B*, (accepted)

Femtosecond Traveling-wave Optical Parametric Amplifier with BBO

Xu Zuyan Zhang Jingyuan* Yu Chaowen Kong Yufei Deng Daochun

(Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080; * Department of Physics

Georgia Southern University, Landrum Box 8031, Statesboro, GA 304602, U. S. A.)

Abstract Parametric lasers with a tuning range of 0.44~2.6 μm have been obtained with a traveling-wave parametric amplifier employing BBO pumped by the second harmonic of a femtosecond Ti:sapphire laser. The highest output energy reaches 40 μJ/pulse. The tuning curve, output energy spectrum and linewidth curve vs wavelength have been measured, which are in good agreement with the calculated results.

Key words femtosecond, BBO crystal, optical parametric amplifier (OPA)