

BBO-I 非共线光学参量啁啾脉冲放大 增益带宽实验研究*

杨晓东 徐至展 张正泉 彭家晖 冷雨欣 王建安 金石琦

(中国科学院上海光学精密机械研究所强光光学开放研究实验室, 上海 201800)

摘 要 报道了在光参量啁啾脉冲放大全新原理验证方面取得的最新实验研究结果。

关键词 光学参量啁啾脉冲放大, 非共线夹角, 增益带宽

光学参量啁啾脉冲放大(OPCPA)是近年来国际上提出的一种全新的超短激光脉冲放大技术^[1],它不仅具有啁啾脉冲放大(CPA)高增益的优点^[2],同时还兼具光学参量放大(OPA)技术宽增益带的优点,避免了放大过程的增益窄化。另外,采用光学参量啁啾脉冲放大可以大大降低激光脉冲的预脉冲,且只有很低的 B 积分累积和较小的热畸变,因此,它将完全可以替代现有的钛宝石再生放大器和多通放大器,从而大大提高台式超短激光脉冲系统的峰值输出功率和激光的聚焦功率密度。

本文报道纳秒激光脉冲抽运的光学参量啁啾脉冲放大增益带宽研究的最新部分实验研究结果。

实验中采用自锁模钛宝石激光器的输出(波长 800 nm,脉宽小于 30 fs,光谱半高全宽约 36 nm)作为种子信号源,该信号脉冲首先经过一个全反射式光栅展宽器,把脉冲展宽为约 300 ps 的啁啾脉冲。然后利用一个普克尔盒脉冲选择器从 80 MHz 的脉冲列中选出重复频率为 10 Hz 的脉冲,并通过一个 4:1 的望远成像系统将光束进行缩孔后入射到光学参量啁啾脉冲放大晶体上,作为光学参量啁啾脉冲放大信号脉冲。实验中的抽运光来自一个倍频调 Q 输出的 Nd:YAG 激光器(波长 532 nm,脉宽 6 ns,能量 10 mJ,重复率 10 Hz),一个焦距为 $f = 3$ m 的会聚透镜将抽运光会聚到晶体上,抽运光的光强为 200 MW/cm^2 。实验采用 BBO(CASIX, $\theta = 22.4^\circ$)晶体作为放大介质,光学参量放大工作在 BBO 第 I 类($e \rightarrow o+o$)非共线相位匹配条件下,信号光与抽运光的夹角为 2.38° (0.0415 rad)。放大后的信号光经分束后,分别用光纤光学光谱仪和能量计监测其输出光谱和能量。

图 1 为输入信号光的光谱,光谱宽度约为 36 nm(FWHM)。在非共线夹角 α 为 2.38° 时,成功地对信号脉冲进行了放大,增益为 55(与理论值 60 倍接近)。放大后的光谱宽度仍然为

* 中国科学院知识创新重大项目经费资助。

收稿日期: 2000-05-17; 收到修改稿日期: 2000-06-20

36 nm, 如图 2 所示, 与输入信号光的光谱进行比较, 放大过程没有出现光谱畸变。

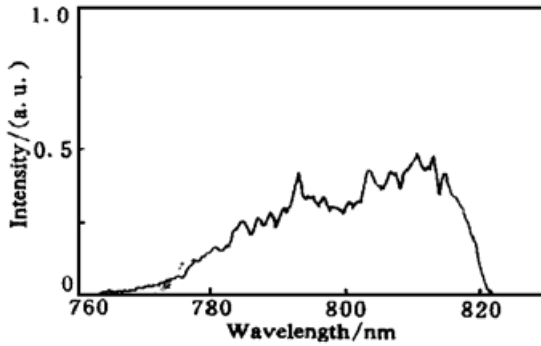


Fig. 1 The input signal spectrum (FWHM \approx 36 nm)

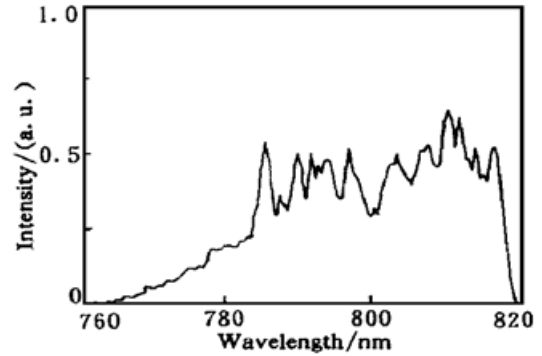


Fig. 2 The measured amplified signal spectra of BBO-I NOPA with noncollinear angle $\alpha = 2.38^\circ$

保持其他条件不变, 改变光学参量啁啾脉冲放大过程的非共线角 α , 并测量其放大光谱。当 α 增大 0.057° (1 mrad) 时, 并未发现光谱有明显的变化, 再减小 α , 光谱也未见明显变化; 但当 α 约减小 0.057° 时, 光谱开始产生畸变, 如图 3 所示。继续减小 α , 光谱开始变窄, 当 α 约为 1.72° 时, 放大信号光的带宽只有 $3\sim 4 \text{ nm}$, 如图 4 所示。

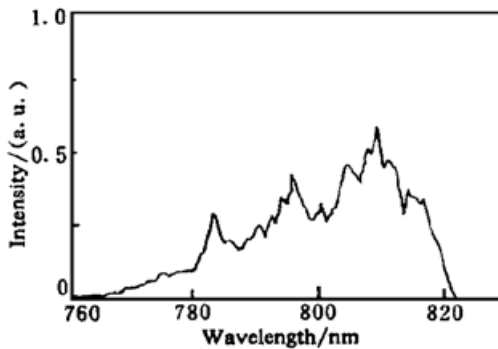


Fig. 3 The measured amplified signal spectra of BBO-I NOPA with noncollinear angle $\alpha = 2.35^\circ$

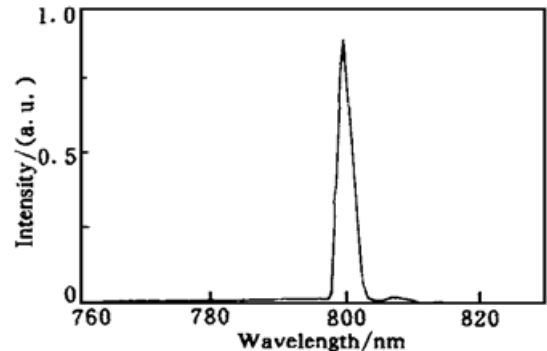


Fig. 4 The measured amplified signal spectra of BBO-I NOPA with noncollinear angle $\alpha = 1.72^\circ$

实验结果表明, 采用光学参量啁啾脉冲放大技术可以消除放大过程的增益窄化效应, 放大过程可以支持极宽的增益带宽。因此, 采用大口径的非线性晶体作为放大介质, 以纳秒级高功率激光作为抽运光, 可以得到 10^{12} W 甚至 10^{15} W 级的超强超短激光脉冲输出, 从而创造极端超强超快光场条件, 为强光光学科学技术的重大前沿课题与许多相关的重要高技术应用与交叉学科领域的研究提供有力的实验工具。

本项目的实验研究与理论模拟仍在进行中。

参 考 文 献

- [1] Ross I N, Matousek P, Towrie M *et al* . . The prospects for ultrashort pulse duration and ultrahigh intensity using optical parametric chirped pulse amplifiers. *Optics Commun* ., 1997, **144**(1): 125~ 133
- [2] 杨晓东, 张正泉, 徐至展. 钛宝石再生放大器实验研究. *光学学报*, 1998, **18**(9): 1170~ 1173