

文章编号: 1007-5461(2003)02-0168-04

光纤 SBS 压缩 Cr:LISAF 激光脉冲宽度的研究

屈 军^{1,2}, 张为俊¹, 高晓明¹, 黄 伟¹, 裴世鑫¹

(1 中国科学院安徽光学精密机械研究所, 合肥 230031)

(2 芜湖师范专科学校物理系, 芜湖 241008)

摘 要 将 Cr:LISAF 静态输出光聚焦于光纤介质中, 进行模式竞争, 实现了宽线宽、多横模 Cr:LISAF 激光脉冲的后向 SBS, 有效地压缩了激光脉冲。讨论了不同泵浦电压下的压缩情况, 以及焦距、光纤的粗细、长短对输出光脉宽压缩的影响。

关键词 宽线宽; Cr:LISAF; 光纤; 受激布里渊散射 (SBS); 脉宽压缩

中图分类号: TN248.1; O437.2 **文献标识码**: A

1 引 言

Cr:LISAF 是一种新型近红外、宽调谐固体激光晶体。其波长调谐范围从 760 nm 到 1000 nm 左右, 倍频处于蓝绿波段。它具有很长的上激光能级寿命 (67 μs) 以及两个宽的、红移的可见吸收带^[1], 可以方便有效地使用闪光灯或半导体激光作抽运源^[2,3], 非常有利于超短脉冲的产生及放大。利用 SBS 相位共轭技术压缩 Cr:LISAF 激光脉宽和线宽, 改善光束质量, 能得到高质量的窄脉冲输出^[4,5]。用受激布里渊散射相位共轭镜构成共轭腔, 也可以在腔外做脉冲压缩和光束质量的改善。目前人们已将相位共轭腔, 和 MOPA 系统应用于窄线宽 Nd:YAG, 以及宽线宽 XeCl^[6~8], Ti:Sapphire^[9] 激光系统中, 获得了高功率、近衍射极限的激光输出。用光纤做相位共轭腔^[10] 同样可以改善光束质量。最近, 国外报道了^[11,12] 了一种新的调 Q 机制, 用光纤的背向受激布里渊散射, 在掺镱光纤激光器中可以观测到不稳定的纳秒自调 Q 光脉冲。但直接用静态光在光纤中进行后向 SBS 来压缩脉宽, 这方面的工作至今未见报道, 本文就此进行了研究。实验中, 我们用聚焦透镜将 Cr:LISAF 静态脉冲聚焦于腔外的光纤中, 实现了宽线宽、多横模的 Cr:LISAF 激光脉冲的后向 SBS, 并观察到激光脉宽的有效压缩。

2 基本理论

高效率 SBS 产生一般要求抽运光为窄线宽、单横模激光, 因此产生 SBS。而许多高功率或高能量激光一般都是多横模、宽线宽光束。在高功率激光中除了零阶基横模外, 还有一些高阶横模存在, 这种激光的发散角大, 光束质量差, 不易聚成理想焦点, 降低了焦点处的激光功率密度。并且这类激光器具有宽线宽, 超过了 SBS 介质中的受激声子线宽。

设抽运激光的相干长度为 l_c , 它与激光线宽成反比, 激光束经过透镜聚焦后, 与介质的相互作用长度为 l_i , 一般在实验中取为瑞利长度 Z_R 的 5 倍^[13,14]

$$l_i \approx 5Z_R = \frac{5\pi\omega_0^2}{\lambda M^2}, \quad (1)$$

$$E_{th} = \frac{G^2 \pi \omega_0^2 \tau_B}{g l_c}, \quad (2)$$

$$\omega_0 = \frac{f \lambda M^2}{\pi d}. \quad (3)$$

G 值一般取 20 ~ 30, g 为介质的稳态 SBS 增益系数, ω_0 为聚焦区域的束腰半径, M^2 为混合模光束质量系数, l_c 为实际的有效作用长度, τ_B 为介质的声子寿命, d 为聚焦前抽运光束的束径。

当 $l_c > l_i$ 时, 实际的有效作用长度 $l_c = l_i$, 由 (1), (2) 式可得

$$E_{th} = \frac{G^2 \pi \omega_0^2 \tau_B}{g l_i} = \frac{G^2 \tau_B \lambda M^2}{5g}. \quad (4)$$

可见, 对于有很长相干长度的窄线宽抽运激光束来说, SBS 阈值能量受聚集透镜焦距 f 的影响不明显。

当 $l_c < l_i$ 时, 实际的有效作用长度只能取抽运光的相干长度 l_c , 因为只有在相干长度 l_c 的范围内, 抽运光才能与 SBS 介质发生强烈的相互作用。由 (1) ~ (3) 式, 可得:

$$E_{th} = \frac{G^2 \pi \omega_0^2 \tau_B}{g l_c} = \frac{G^2 \lambda^2 M^2 \tau_B}{g l_c \pi d^2} f^2. \quad (5)$$

宽线宽抽运激光具有很短的相干长度, 一般都是 $l_c < l_i$ 。因此其阈值可由 (5) 式计算。为降低宽线宽 SBS 的阈值, 可以采用短焦距聚焦透镜, 增大抽运光束的束径。对光纤的选择, 有两点必须考虑, 一是整个光束的横截面对于 SBS 过程都有贡献, 其次是光纤端面的损伤阈值要降低。

3 实验装置

图 1 为实验所使用的装置。其中, 1 为中心波长为 850 nm、带宽为 780~920 nm 的全反镜, 3 为 1.06 μm 的 80%~90% 反射镜, 2 为 Cr:LISAF 棒, 长 100 mm、直径为 7 mm。4 为分束镜。5 为聚焦透镜, 焦距为 5 cm, 6 为非线性光学光纤, 长为 3 m, 芯径为 650 μm 。7 为白片, 8 为 PIN 管, 9 为 TDS220 示波器。

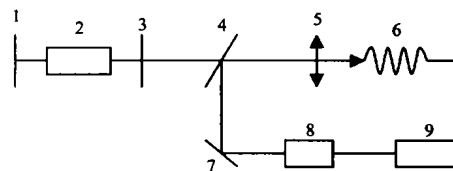


Fig.1 Experimental setup

静态激光经分束镜, 透过部分经透镜后聚焦于光纤中, 焦点在端面后一点, 产生后向 SBS 光反向经分束镜, 分出部分再经发射镜反射至 PIN 管光敏面, 脉冲光波形被 TDS220 数字示波器采集。

4 实验结果

不同的泵浦电压下静态激光输出的脉冲波形, 如图 2~3 所示。随泵浦电压的升高, 输出波形的脉冲宽度变小。当泵浦电压为 1000 V 时, 脉宽为 100 μs , 泵浦电压为 1050 V 时, 脉宽为 85 μs , 泵浦电压为 1100 V 时, 脉宽为 75 μs 。单个子脉冲宽度都大于 200 ns, 且随泵浦电压的升高, 单个子脉冲宽度减小。

将静态激光经过分束镜和透镜, 聚焦在光纤中, 后向散射光脉宽减小, 如图 4 所示。单个子峰脉冲的脉宽小于 140 ns, 且随泵浦电压的升高, 模式数目减少, 脉宽压缩得更窄。在泵浦电压为 1100 V 以上时, 有单峰出现, 且脉宽为 100 ns 左右。

对于 1150 V 泵浦电压, 单峰出现。当焦距为 20 cm 时, 脉宽小于 100 ns, 压缩效果比 5 cm 的好。结果见图 5(a), 实验保持泵浦电压为 1150 V 和光纤长度 (3 m) 不变, 直径粗的 (650 μm) 光纤比直径细的 (400 μm) 的光纤效果好, 直径细的脉宽大于 100 ns。如图 5(b)。保持泵浦电压 1150 V, 焦距为 5 cm, 光纤直径为 650 μm 不变, 3 m 长的光纤比 1 m 长的光纤好。见图 5(c)。

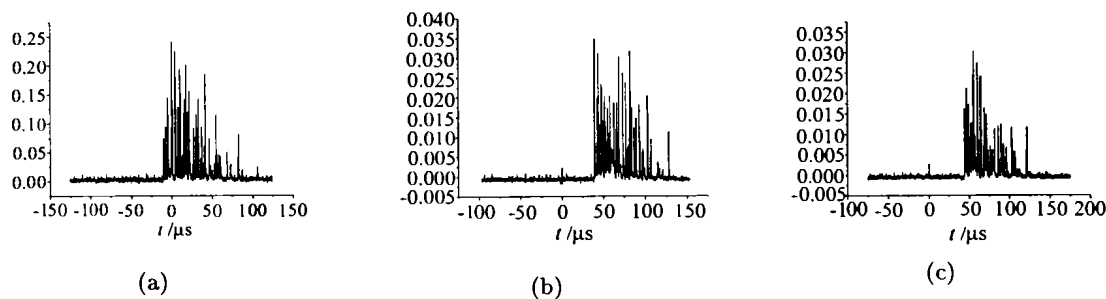


Fig.2 The pulse widths of (a), (b), (c) corresponding to pump voltage: 1000 V, 1050 V, 1100 V

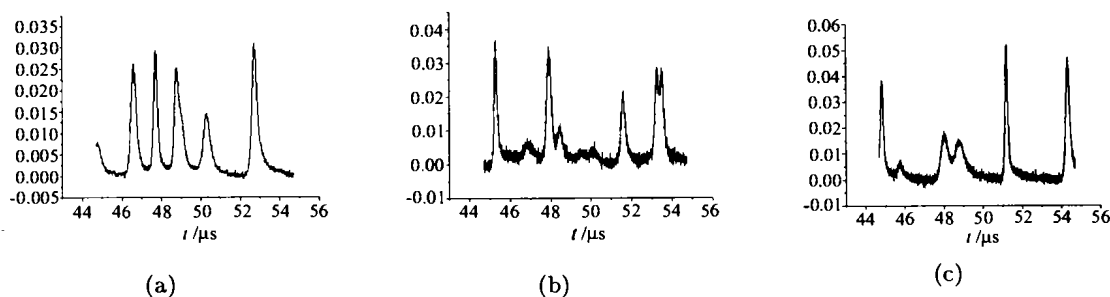


Fig.3 The local waves of (a), (b), (c) corresponding to pump voltage: 1000 V, 1050 V, 1100 V

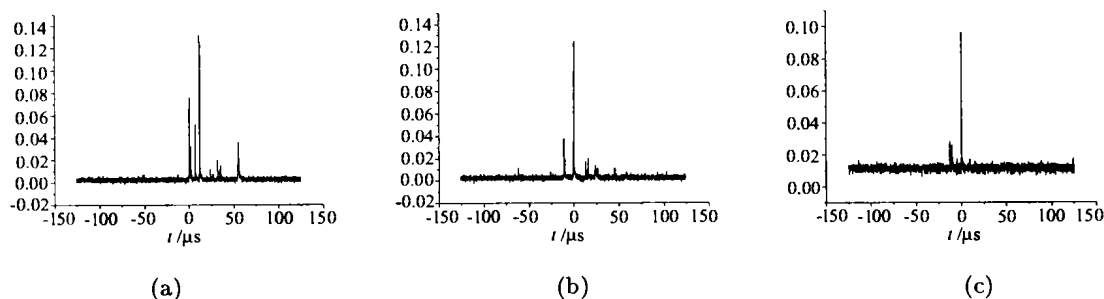


Fig.4 The pulse widths of backward SBS of (a), (b), (c) corresponding to pump voltage: 1000 V, 1050 V, 1100 V

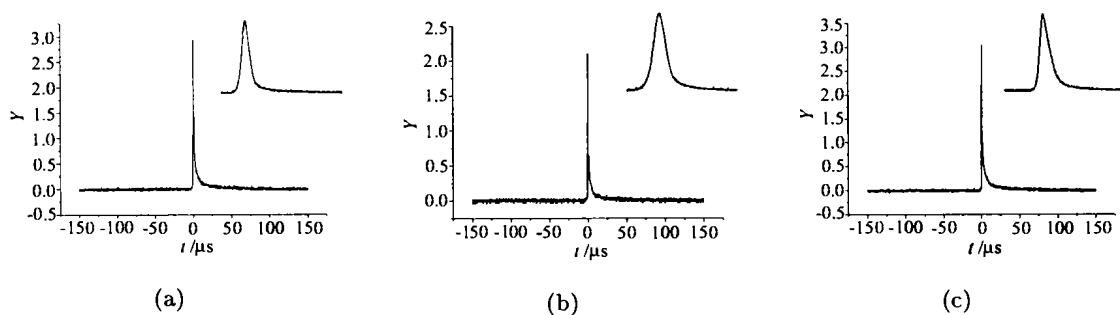


Fig.5 The pulse widths of different conditions as pump voltage is 1150 V

5 结 论

实验结果表明,在光纤中由于模式竞争,有效压窄了激光脉宽。对于粗的光纤,耦合到光纤内的光越强,模式竞争易于产生单个脉冲,而且由于后向的SBS散射,对脉宽进行了一定的压缩。但是不稳定,输出光束的能量较低。要提高输出能量,关键是提高光的耦合问题,提高耦合的效率。这一方面的工作正在进行。

参 考 文 献

- 1 Payne S A , Chase L L, Smith L K *et al.* Laser performance of LiSrAlF:Cr [J]. *J. Appl. Phys.*, 1989, 66(3): 1051-1056
- 2 Stalder M, Chai B H T, Bass M. Flashlamp pumped Cr:LISAF laser [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1991, 58(3): 216-218
- 3 Scheps R, Myers J F, Serreze H B *et al.* Diode pumped Cr:LISAF laser [J]. *Opt. Lett.*, 1991, 16(11): 820-822
- 4 Ge Chuanwen, Zhang Weijun, Chen Changshui *et al.* Experimental investigation of broadband laser's SBS based on frequency band-dispersing method [J]. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 2001, A28(4): 304-306 (in Chinese)
- 5 Ge Chuanwen, Zhang Weijun, Chen Changshui *et al.* Studies on the Compression of electro-optical Q-switched LISAF Cr: laser pulse width by SBS phase-conjugator [J]. *Chinese Journal of Laser* (中国激光), 2001, 21(12): 1454-1457 (in Chinese)
- 6 Perron M R, Yao Y B. Phase conjugation Xe II laser resonator [J]. *Opt.lett.*, 1994, 19(14): 1052-1054
- 7 Berger D, Eichler H J, Baudach S *et al.* Beam quality of self starting SBS resonators for excimer lasers [C] // *Proc SPIE-Int. Soc. Opt. Eng.*, (USA), 1998, 3267: 287-294
- 8 Perrone M R, Yao Y B. On the improvement of broadband stimulated Brillouin scattering resonators [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1994, 64(1): 19-21
- 9 Hopps N W, Dickinson M R, King T A. Enhanced performance flashlamp pumped Ti: sapphire laser with phase conjugate resonator [C] // *OSA Trends in Optics and Photonics on Advanced Solid State Laser*, 1996, 1: 109-116
- 10 Haase A, Mehl O. Nd-oscillator with fiber phase Q-switch [C] // *SPIE*, 1998, 3267: 273-279
- 11 Chernikov S V, Zhu Y, Taylor J R *et al.* Supercontinuum self-Q-switched ytterbium fiber laser [J]. *Opt.Lett.*, 1997, 22(5): 298-230
- 12 Chen Z J, Grudinin A B, Porta J *et al.* Enhanced Q-switching in double-clad fiber lasers [J]. *Opt.Lett.*, 1998, 23(6): 454-456
- 13 Munch J, Wuerker R F, Lefebvre M J. Interaction length for optical phase conjugation by stimulated Brillouin scattering: an experimental investigation [J]. *Appl.Opt.*, 1989, 28(15): 3099-3105
- 14 Eichler H J, Konig R, Patzold H J *et al.* SBS mirrors for XeCl lasers with a broad spectrum [J]. *Appl. phys B*, 1995, 61: 73-80

Studies on Cr:LISAF Laser Pulswidth Compression by Fiber SBS

Qu Jun^{1,2}, Zhang Weijun¹, Gao Xiaoming¹, Huang Wei¹, Pei Shixin¹

(1 Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031 China)

(2 Department of physics, Wuhu college, Wuhu 241008 China)

Abstract By focusing the static beam of Cr:LISAF laser on fiber medium, the mode competition will take place. Effective compression of laser pulses using backward SBS of broad-band and multi-transverse mode Cr:LISAF laser pulses is realized. Compression under different pump voltage is discussed in this paper. Influence of focal length and influence of radius and length of fiber on pulswidth compression are also analyzed.

Key words broad-band; Cr:LISAF laser; SBS; pulse width compression; fiber

屈 军 (1970 -), 男, 芜湖师范专科学校讲师。现在安徽光机所攻读光学专业博士学位。