

振放双池受激布里渊散射相位共轭镜 的脉冲波形研究*

何伟明 吕志伟 王 骥 马祖光

(哈尔滨工业大学光电子技术研究所, 哈尔滨 150001)

摘 要 受激布里渊散射(SBS)应用到激光驱动器中, 就要考虑脉冲的变形。针对上升前沿 2 ns 的毫微秒泵浦脉冲, 在其脉冲前沿根部引入缓慢上升的小信号和小的预脉冲后, 研究振放双池受激布里渊散射相位共轭镜所产生的受激布里渊散射脉冲波形。结果表明, 采用短放大池及短焦透镜能基本保真激光脉冲波形, 对短放大池, 采用不同的透镜焦距, 可改变受激布里渊散射脉冲的预主脉冲峰值的比例。

关键词 受激布里渊散射, 相位共轭镜。

1 引 言

受激布里渊散射相位复共轭(PC)对于高功率激光器已显示出是一种具有很大价值的实用技术^[1], 将它应用在激光驱动器中, 一方面可以改善激光光束质量, 另一方面可以降低对驱动器大口径光学元件的光学精度要求, 从而降低器件造价。由于振放双池受激布里渊散射相位共轭镜产生的受激布里渊散射具有高的稳定的相位共轭保真度, 且此结构能承受较高的泵浦激光功率^[2~6], 所以振放双池受激布里渊散射相位共轭镜是可实际应用的结构, 近年来受到人们的关注^[6,7]。对激光驱动器而言, 根据物理实验的要求, 其输出激光脉冲的陡上升前沿根部有时需要引入缓慢上升的小信号, 或者引入小幅度的预脉冲。对于这种激光脉冲, 应用受激布里渊散射技术, 所产生的受激布里渊散射脉冲可能会发生畸变。本文就是用振放双池受激布里渊散射相位共轭镜来研究这种泵浦激光所产生的受激布里渊散射脉冲畸变情况。

2 受激布里渊散射脉冲波形

采用文献[8]的实验光路, 其虚线框内的振荡器可以产生 2 ns (10% ~ 90%) 的陡前沿激光脉冲(半高全宽为 7.2 ns), 改变透镜 1 在池 1 中焦点与反射镜 2 间的距离 S , 能在脉冲前沿根部引入缓慢上升的小信号(或者引入预脉冲)。该脉冲经两级钕玻璃放大后, 泵浦振放双池受激布里渊散射相位共轭镜。

对激光驱动器而言, 激光脉冲经光学系统后其主激光脉冲前沿根部小信号(或预脉冲)的

* 本课得到国家高技术惯性约束聚变主题和国家自然科学基金的资助。

收稿日期: 1995 年 12 月 24 日; 收到修改稿日期: 1996 年 3 月 26 日

变形应尽可能的小。对振放双池受激布里渊散射相位共轭镜,其产生的受激布里渊散射脉冲变形主要是受激布里渊散射脉冲前沿优先放大所造成的。受激布里渊散射的放大区域有两个,一是泵浦光束经聚焦进入振荡池,焦点到振荡池端面的距离(若透镜紧靠振荡池,那么这个距离就是透镜焦距);二是放大池的长度。对于确定的透镜,放大池端面与透镜的间距 L 决定了振荡池所产生的受激布里渊散射脉冲前沿在反馈进入放大池时,若与泵浦脉冲的峰值区域相遇,那么受激布里渊散射脉冲前沿将得到最为有效的放大,并且使得泵浦脉冲后沿的能量抽空最为有效,也就使得所产生的受激布里渊散射后沿压缩最窄;对于几个纳秒的泵浦脉冲, L 值不宜太大,否则受激布里渊散射主脉冲在放大池中仅与泵浦脉冲的下降后沿相遇,受激布里渊散射脉冲得不到有效放大,也就失去了双池的特点。所以一般使 L 值应尽可能的小。由此可见,影响受激布里渊散射脉冲波形的参数主要是振放双池结构中放大池的长度、聚焦透镜的焦距以及透镜和放大池端面的间距 L 。下面研究不同的泵浦脉冲所产生的受激布里渊散射脉冲波形。

2.1 不同放大池长度及不同振荡池聚焦透镜情况下产生的受激布里渊散射脉冲波形

首先振荡器的 $S = 18 \text{ cm}$, 合成泵浦脉冲如图 1(a) 所示。前沿根部信号缓慢上升,其能量约为 250 mJ , 脉冲半高宽度为 7.2 ns , 前沿 2 ns ($10\% \sim 90\%$)。取 $L = 4 \text{ cm}$ 。图 1(b)~图 1(d) 是振放双池在不同放大池长度及不同振荡池聚焦透镜所产生的受激布里渊散射脉冲波形。放大池的长度采用 80 和 30 cm 两种, 聚焦透镜采用焦长为 25 和 5 cm 的两个透镜, 并紧靠振荡池。对 $f = 25 \text{ cm}$ 的透镜, 其焦点至放大池端面的光程为 $(n \times f + L)$, n 为受激布里渊散射介质的折射率, 若取 $n = 1.5$, 那么此光程光束传输所需时间约为 1.5 ns 。由于光束的相向传输, 当受激布里渊散射脉冲到达放大池端面时, 在此处泵浦脉冲与受激布里渊散射脉冲的传输时差约为 3 ns , 从图 1(b)、图 1(c) 看到受激布里渊散射脉冲的产生是在峰值前约 6 ns 处, 也就是说, 此时在放大池端面处泵浦光是在峰值前约 3 ns 处。当采用 80 cm 的放大池, 其光程约为 4 ns , 这样受激布里渊散射脉冲的首部在放大池中部可以与泵浦脉冲的峰相遇, 从而泵浦脉冲前沿根部所产生的受激布里渊散射可以得到较好的放大, 如图 1(b) 所示, 泵浦脉冲根部小信号所产生的受激布里渊散射脉冲与主脉冲几乎等高, 从而脉冲变形很大。当采用 30 cm 的放大池, 其光程约为 1.5 ns , 这样受激布里渊散射脉冲首部在放大池中与泵浦脉冲的峰前约 $3 \text{ ns} \sim 1 \text{ ns}$ 部位(即图 1(a) 脉冲前沿的 $2/3$ 以上部位)相遇, 从而泵浦脉冲根部小信号所产生的受激布里渊散射的放大相对较小, 如图 1(c) 所示, 受激布里渊散射脉冲波形虽有失真, 但与泵浦脉冲已有相似。同样的当采用 $f = 5 \text{ cm}$ 的透镜和 30 cm 的放大池时, 受激布里渊散射脉冲首部在放大池中与泵浦脉冲和峰前约 $5.3 \text{ ns} \sim 2.3 \text{ ns}$ 部位(即图 1(a) 脉冲前沿的以下部位)相遇, 从而泵浦脉冲根部小信号所产生的受激布里渊散射的放大较小, 如图 1(d) 所示, 受激布里渊散射脉冲波形基本与泵浦脉冲接

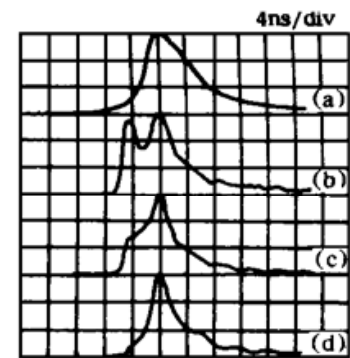


Fig. 1 SBS pulses produced by different SBS amplifying cells and different focal lengths of the lens with $L = 4 \text{ cm}$. (a) pump pulse. $S = 18 \text{ cm}$; (b) SBS pulse with 80 cm amplifying cell and $f = 25 \text{ cm}$ lens; (c) SBS pulse with 30 cm amplifying cell and $f = 25 \text{ cm}$ lens; (d) SBS pulse with 30 cm amplifying cell and $f = 5 \text{ cm}$ lens

近, 但后沿较陡, 这是由于受激布里渊散射信号在放大池中放大, 对泵浦主脉冲后沿能量抽空的结果。所以采用短放大池、短焦透镜, 能保真激光脉冲前沿波形, 并压缩激光脉宽, 由泵浦脉冲的 7.2 ns 压缩到约 4 ns, 从而提高了激光峰值功率

2.2 不同泵浦脉冲波形在两种焦距的透镜聚焦下产生的受激布里渊散射脉冲波形

在短放大池下, 图2给出了不同的泵浦脉冲波形(即振荡器不同的S, 具有不同的预脉冲),

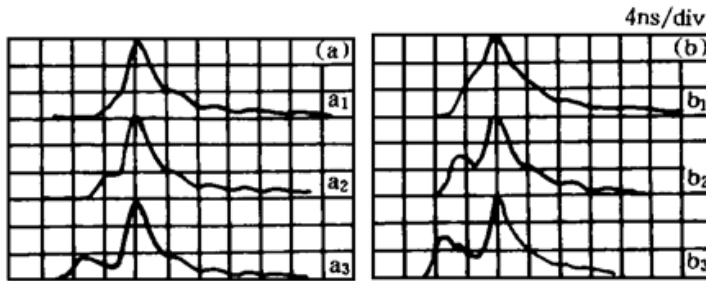


Fig. 2 SPS pulses produced by different SPS amplifying cells and different focal lengths of the lens with $L = 4$ cm. (a) pump pulse. $S = 18$ cm; (b) SPS pulse with 80 cm amplifying cell and $f = 25$ cm lens; (c) SPS pulse with 30 cm amplifying cell and $f = 25$ cm lens; (d) SPS pulse with 30 cm amplifying cell and $f = 5$ cm lens

在两种焦距的透镜聚焦下产生的受激布里渊散射脉冲波形。从图中波形比较可知, 采用同一个透镜, 对不同预脉冲的泵浦脉冲, 所产生的受激布里渊散射波形预脉冲和主脉冲峰值的比例基本可保持不变, 而长焦透镜所产生的受激布里渊散射脉冲预、主脉冲峰的比差小, 短焦透镜所产生的受激布里渊散射脉冲预、主脉冲峰的比差较大, 其结果与上面的分析一致。这样通过选用不同的透镜, 可以适当改变激光的预、主脉冲强度比。

结 论 针对快上升前沿根部有缓慢上升小信号和预脉冲的泵浦激光脉冲, 本文采用振放双池受激布里渊散射相位共轭镜研究了受激布里渊散射的脉冲波形, 实验结果表明, 采用短放大池、短焦透镜能保真受激布里渊散射脉冲的预脉冲及主脉冲前沿, 而主脉冲的后沿被压缩, 从而主脉冲宽度压窄。对短放大池, 采用不同焦距的透镜所产生的受激布里渊散射, 其预脉冲与主脉冲的峰值强度比是不同的, 在激光驱动器设计受激布里渊散射时必须考虑这些因素; 用短焦透镜产生受激布里渊散射, 对于强激光泵浦就更要求选用高光学击穿阈值的受激布里渊散射介质。

参 考 文 献

- [1] D. A. Rockwell, A review of phase-conjugate solid-state lasers. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1988, **QE-24**(6): 1124~ 1140
- [2] A. F. Vassil'ev, V. E. Yashin, Stimulated brillouin scattering at high values of excess if the pump energy above the threshold. *Sov. J. Quant. Electron.*, 1987, **17**(5): 644~ 647
- [3] G. J. Crofts, M. J. Damzen, Steady-state analysis and design criteria of two-cell stimulated brillouin scattering systems. *Opt. Commun.*, 1991, **81**(3, 4): 237~ 241
- [4] G. J. Crofts, M. J. Damzen, R. A. Lamb, Experimental and theoretical investigation of two-cell stimulated-Brillouin-scattering system. *J. Opt. Soc. Am. (B)*, 1991, **8**(11): 2282~ 2288
- [5] V. N. Alekseev, V. V. Golubev, D. I. Dmitriev *et al.*, Investigation of wavefront reversal in a phosphate glass laser amplifier with a 12 cm output aperture. *Sov. J. Quant. Electron.*, 1987, **17**(4): 455~ 458
- [6] N. F. Andreyev, E. A. Khazanov, O. V. Palashov *et al.*, Phase conjugation fidelity fluctuations for various stimulated-brillouin-scattering mirror geometries. *J. Opt. Soc. Am. (B)*, 1994, **11**(5): 786~ 788
- [7] M. S. Magir, D. A. Rockwell, 45 J brillouin phase-conjugate mirror producing excellent near-and far-field fidelity. *J. Opt. Soc. Am. (B)*, 1993, **10**(8): 1396~ 1340

- [8] 何伟明, 吕志伟, 王琪等, 陡前沿脉冲产生的受激布里渊散射稳定性研究. 光学学报, 1996, 16(10): 1431~ 1436

Pulse-Shape Dependence of Two-Cell Stimulated Brillouin Scattering Phase-Conjugation Mirror

He Weiming Lu Zhiwei Wang Qi Ma Zuguang

(*Institute of Opto-Electronics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001*)

(Received 24 December 1995; revised 26 March 1995)

Abstract When stimulated-Brillouin-scattering (SBS) is applied in laser drive system, it is necessary to consider the changes of SBS pulse-shape, especially the leading edge shape, compared to pump pulse. For the pump pulse with several ns pulse-width and 2ns leading edge, adding a small slow rising signal or a pre-pulse at the root of pump pulse steep leading edge, then the SBS pulse-shape is investigated for different two-cell SBS phase-conjugation (PC) mirror. The results show that the SBS leading edge shape can keep almost the same as the pump pulse for short amplifying cells and short focal length. The intensity ratio of SBS main-and pre-pulse is changed with different focal lengths for short amplifying cell.

Key words stimulated-Brillouin-scattering, phase-conjugation mirror.