

文章编号: 0258-7025(2006)Supplement-0138-03

非聚焦抽运条件下 CS₂ 介质中的受激布里渊散射

龚华平, 吕志伟, 林殿阳

(哈尔滨工业大学可调谐激光国家级重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要 以波长 1.053 μm, 脉宽 28 ns 的 Nd:YLF 激光器作为光源, 采用 3:1 的缩束系统, 对非聚焦抽运条件下 CS₂ 液体介质中的受激布里渊散射(SBS)进行了实验研究, 获得了受激布里渊散射能量反射率和脉冲宽度随抽运光能量变化的规律, 并与聚焦抽运条件下的结果进行了比较。实验结果表明, 在非聚焦抽运条件下同样可以产生受激布里渊散射, 不同的是阈值能量大幅提高, 能量反射率也较聚焦条件下低得多, 抽运能量 155 mJ 时仅为 17%, 输出能量的不稳定性达到 10%。受激布里渊散射脉冲宽度在非聚焦和聚焦条件下的变化几乎一致, 都随着抽运能量的增大而变宽, 在阈值附近具有最小值, 约为 16 ns。

关键词 非线性光学; 受激布里渊散射; 能量反射率; 阈值能量

中图分类号 O437.2 **文献标识码** A

Stimulated Brillouin Scattering in CS₂ Media Under Non-Focusing Pump

Gong Hua-ping, Lü Zhi-wei, LIN Dian-yang

(National Key Laboratory of Tunable Laser Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang 150001, China)

Abstract Using 1.053 μm, 28 ns Nd:YLF laser as pump source, adopting 3:1 inverse expander, stimulated Brillouin scattering (SBS) in CS₂ liquid media under non-focusing pump is investigated experimentally. The rules of SBS energy reflectivity and pulse width versus pump energy are acquired, and compared with the results of focusing pump. The experimental results indicate that, SBS can be generated under non-focusing pump as also, but the threshold energy increases largely, and energy reflectivity is lower than that of focusing pump, just 17% for 155 mJ input energy. The instability of SBS energy is 10%. The rules of SBS pulse width versus pump energy are almost consistent with that under focusing pump. The pulse width of SBS is broadened with the increase of pump energy, and has a minimum ~16 ns around threshold energy.

Key words nonlinear optics, stimulated Brillouin scattering, energy reflectivity, threshold energy

1 引 言

受激布里渊散射(SBS)是一种非常重要的非线性光学现象, 近几十年来在脉冲压缩、相位共轭以及相干破坏机理等研究领域引起了人们广泛的兴趣。实验上, 为了有效地产生受激布里渊散射, 在布里渊介质前都要放置汇聚透镜, 以提高抽运光的功率密度, 降低受激布里渊散射的阈值能量。但是也有很多时候抽运光是非聚焦的情况, 比如高功率强激光系统的光束传输过程, 需要考虑各种非线性效应是否会对光学元件造成损伤, 而后向受激布里渊散射造成的光学损伤就是其中之一^[1~3]。因此, 研究非聚焦抽运条件下的受激布里渊散射对于高功率强激光系统的安全运行具有重要意义。目前报道的文献中几乎都是研究聚焦抽运条件下的受激布里渊散

射^[4~8]。本文以 CS₂ 液体作为布里渊介质, 对非聚焦抽运条件下的受激布里渊散射进行了实验研究, 得到其能量反射率和脉冲宽度随抽运光能量的变化规律, 并与聚焦抽运条件下的结果进行了比较。

2 实验装置

实验装置如图 1 所示, 输出激光经放大级放大后最大能量 155 mJ, 波长 1.053 μm, 脉宽 28 ns。偏振片 P₂ 和 λ/4 波片组成隔离器, 防止后向受激布里渊散射光回到激光器, 激光器输出的 P 偏振光经 λ/4 波片后变成圆偏振光, 反射镜 R 反射出一部分抽运光, 由探测器 D₁ 测量其特性。缩束系统由焦距 30 cm 的凸透镜 L₁ 和焦距 -10 cm 的凹透镜 L₂ 组成, 缩束比为 3:1, 经过缩束后光斑大小约为

2 mm。介质池长 60 cm，采用 CS₂ 为介质，产生的后向斯托克斯光经过 $\lambda/4$ 波片后变为 S 偏振光，再被偏振片 P₂ 反射，由探测器 D₂ 测量其特性。抽运光和受激布里渊散射光的能量用能量计 ED200 探测，脉冲波形用 PIN 光电二极管探测，用数字示波器 TDS3032B 记录。通过衰减片调整抽运光能量在 2~155 mJ 变化，测量不同抽运光能量下受激布里渊散射光的能量和脉宽。

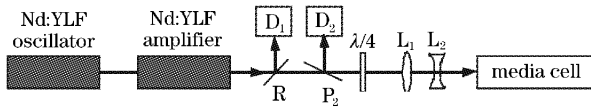
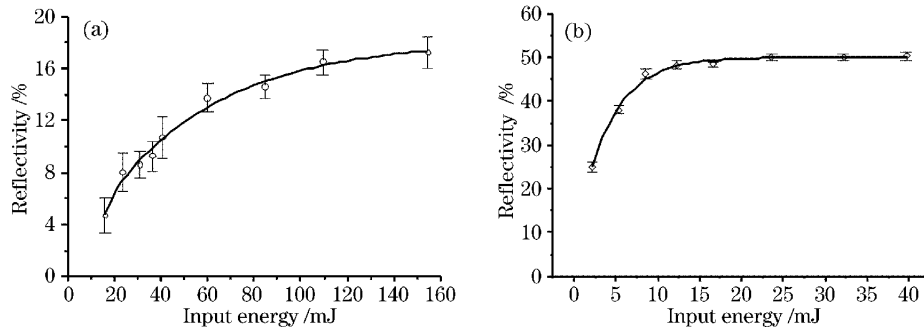


图 1 实验装置

Fig. 1 Experimental setup

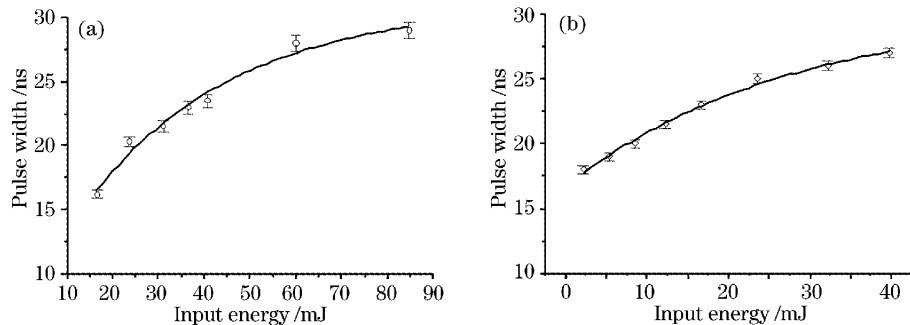
3 实验结果及讨论

受激布里渊散射能量反射率随入射的抽运光能

图 2 受激布里渊散射能量反射率随输入能量的变化。(a)非聚焦；(b)聚焦 ($f=20$ cm)Fig. 2 SBS energy reflectivity versus the input energy. (a) Non-focusing; (b) focusing ($f=20$ cm)

量变化如图 2 所示(图中的实线为拟合曲线)。由图中可以看出,在非聚焦条件下(a),随着抽运光能量增加,受激布里渊散射的能量反射率也逐渐增大,当抽运光能量为 155 mJ 时能量反射率仅为 17%,这比聚焦条件下的能量反射率低得多。在聚焦条件下(b),受激布里渊散射能量反射率随着抽运光能量增加而迅速上升,然后很快趋向饱和,最大的能量反射率约为 50%。在实验中还发现,非聚焦条件下受激布里渊散射输出能量的波动较大,不稳定性(定义为实验数据的标准差与算术平均值的比值)达到了 10%,而聚焦时的不稳定性仅为 3%。此外,在非聚焦条件下,受激布里渊散射的阈值能量约为 16 mJ,比聚焦条件下的阈值能量(小于 2 mJ)要高出很多。这说明在非聚焦条件下,受激布里渊散射的产生具有阈值能量高、转换效率低和稳定度差的特点。

近受激布里渊散射脉冲宽度具有最小值,非聚焦条件下约为 16 ns,聚焦时约为 17 ns,其脉冲波形如图 4 所示,脉冲前沿明显变陡。

图 3 受激布里渊散射脉宽随输入能量的变化。(a)非聚焦；(b)聚焦 ($f=20$ cm)Fig. 3 SBS pulse width versus the input energy. (a) Non-focusing; (b) focusing ($f=20$ cm)

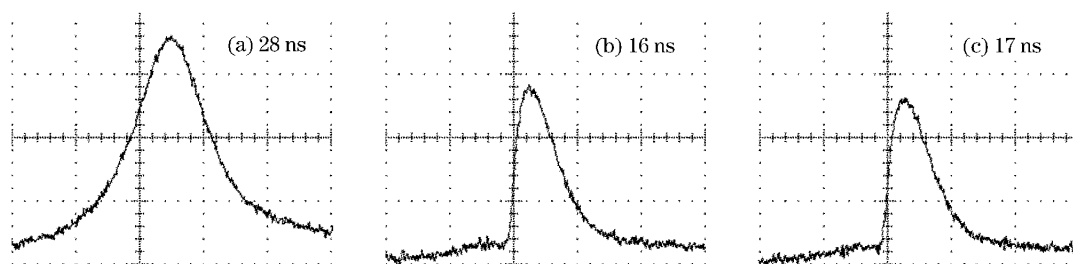


图 4 入射脉冲(a)与受激布里渊散射脉冲的波形,(b)非聚焦,入射能量 16 mJ,聚焦 (c) $f=20$ cm,入射能量 2 mJ

Fig. 4 Input pulse (a) and SBS pulse shape, (b) non-focusing, input energy 16 mJ, (c) focusing, $f=20$ cm, input energy 2 mJ

4 结 论

对非聚焦抽运条件下 CS_2 液体介质中的受激布里渊散射进行了实验研究,获得了受激布里渊散射能量反射率和脉冲宽度随抽运光能量变化的规律,并与聚焦抽运条件下的结果进行了比较。实验结果表明,在非聚焦抽运条件的液体介质中同样可以产生受激布里渊散射,而且这种条件下受激布里渊散射的产生具有阈值能量高、转换效率低和稳定度差的特点。这些结果对进一步研究受激布里渊散射的产生机制具有一定指导意义。

参 考 文 献

- 1 Chen Fei, Meng Shaoxian. Damage of optical glasses materials with 2 ns large aperture high power laser [J]. *Acta Optica Sinica*, 1998, **18**(10): 1362~1365
陈 飞,孟绍贤. 2 ns 大口径高功率激光对光学玻璃材料破坏研究 [J]. *光学学报*, 1998, **18**(10): 1362~1365
- 2 Yu H W, Meng S X. Transient stimulated Brillouin scattering and damage of optical glass [J]. *J. Appl. Phys.*, 1997, **81**(1): 85~88
- 3 Guo Shaofeng, Lu Qisheng, Cheng Xiangai *et al.*. Theoretical study on damage induced by stimulated Brillouin scattering process [J]. *High Power Laser and Particle Beams*, 2003, **15**(9): 850~854
郭少锋,陆启生,程湘爱等. 后向受激布里渊散射诱导的光学材料破坏机理研究 [J]. *强激光与粒子束*, 2003, **15**(9): 850~854
- 4 M. J. Damzen, H. Hutchinson. Laser pulse compression by stimulated Brillouin scattering in tapered waveguide [J]. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1983, **QE-19**(1): 7~14
- 5 Babin V, Mocoanescu A, Vlad V I. Analytical treatment of laser-pulse compression in stimulated Brillouin scattering [J]. *J. Opt. Soc. Am. B*, 1999, **16**(1): 155~163
- 6 Kuo Yungsheng, Choi Kyunam, McIver J K. The effect of pump bandwidth, lens focal length and lens focal point location on stimulated Brillouin scattering threshold and reflectivity [J]. *Opt. Commun.*, 1991, **80**: 233~238
- 7 C. B. Dane, W. A. Neuman, L. A. Hackel. High-energy SBS pulse compression [J]. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1994, **30**(8): 1907~1915
- 8 Stephan Schiemann, Wim Ubachs, Wim Hogervorst. Efficient temporal compression of coherent nanosecond pulses in a compact SBS generator-amplifier setup [J]. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1997, **33**(3): 358~366
- 9 M. A. Davydov, I. N. Koshevnikova. Laser-pulse compression by stimulated Brillouin scattering in liquids [J]. *Phys. Lett. A*, 1988, **127**: 345~346