

文章编号: 0258-7025(2006)Supplement-0192-04

KrF 准分子激光在 SF₆ 介质中产生后向散射特性的 实验研究

蒋萧村, 林殿阳, 王双义, 赵晓彦, 吕志伟

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

摘要 实验研究了利用带宽为 81 cm^{-1} 的 KrF 激光抽运 SF₆ 介质所产生的后向散射现象特性。任意改变抽运光的光斑形状均不影响后向散射光的光斑形状, 随透镜焦距的增加散射光光斑口径增大; 散射光的脉冲宽度和能量大小随介质气压的升高先升后降, 存在极值现象; 能量反射率为 $1\% \sim 3\%$; 后向散射光脉宽具有脉宽压缩特性, 且与介质气压有关; 用聚焦透镜和介质池取代激光器的后镜, 可自动成腔输出激光。

关键词 激光技术; KrF 激光; SF₆; 后向散射

中图分类号 O437.2 **文献标识码** A

Experimental Investigation on Backward Scattering Characteristic in SF₆ Pumped by a KrF Laser

JIANG Xiao-cun, LIN Dian-yang, WANG Shuang-yi,
ZHAO Xiao-yan, LÜ Zhi-wei

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

Abstract The characteristics of the backward scattering phenomena generated by the 81 cm^{-1} bandwidth KrF laser pumping SF₆ medium are explored. The spot patterns of the backward scattering light does not change with the pumping light spot, but its size is enlarged with the increase of the focal length of the lens. There exists maximum for the pulse width and the energy of the scattering light, which rise and then fall, with the rise of the gas pressure of the medium. The energy reflectivity is $1\% \sim 3\%$, and there exists pulse width compression effect for the backward scattering light, related with gas pressure of the medium. With the focusing lens and the medium pool replacing the back mirror, auto cavity-forming and laser output are realized.

Key words laser technique; KrF laser; SF₆; backward scattering

1 引 言

1993 年 D. A. Glazkov 等^[1]在利用宽带 KrF 准分子激光器抽运正己烷研究相位共轭的实验中发现, 当抽运光为环状时, 后向散射光的光斑形状与抽运光光斑形状不同; 当用狭缝、正方形和一系列随机形状的小孔改变抽运光光强分布时, 后向散射光的光强分布不变。他们获得的反射光的近场结构在本质上是独立于抽运光的光强分布的, 把这种现象称为“后向散射的空间锁模”。1995 年, 宋影松等^[2]利用带宽为 81 cm^{-1} 的 KrF 激光抽运 SF₆ 介质时, 在实验上获得了后向散射光与抽运光是相位共轭的。此后, 一直未

见有进一步的相关报道。本文利用自由运转的 KrF 激光抽运高压 SF₆ 气体, 对其产生的后向散射现象进行了详细的实验观察, 获得了后向散射现象的实验特性及随实验参量变化的规律, 并与已有类似的散射现象受激布里渊散射(SBS)和受激拉曼散射(SRS)进行了比较, 说明了该散射特性与它们的不同。

2 实验装置

实验装置如图 1 所示。激光器是 GAM LASER INC 公司生产的 EX100/125-102 型 KrF 激光器, 在自由运转条件下激光输出波长 248 nm , 线宽

81 cm⁻¹,最大能量 80 mJ,脉宽 16 ns。抽运激光经透镜聚焦入射到 SF₆ 高压散射池中,产生后向散射光,返回光束由分束片(BS)分束。利用 ED500 型能量计测量抽运光能量,用 OPHIR 公司生产的 PE-10S 型微焦耳能量计测量后向散射光能量,用 TDS3032B 型示

波器观测脉冲波形。抽运光空间分布是通过不同形状的光阑改变的,用 MTV-1881EX 型 CCD 记录抽运光和后向散射光的空间分布。

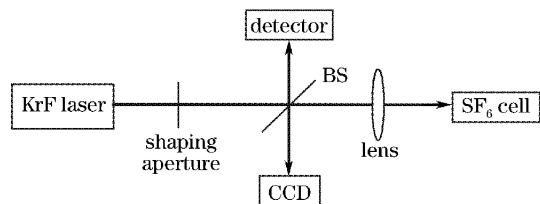


图 1 实验装置示意图

Fig. 1 Experimental setup

3 实验结果

在透镜焦距为 5 cm,抽运光的形状分别为圆形、长方形、不规则、中空、多条形时,得到的后向散射光斑如图 2 所示。散射光的形状为一亮环,直径在 0.5~1.1 cm,中间有一亮点,且后向散射光的空间分布不随抽运光空间分布改变而变化。实验中还观察到,只有当抽运光能量达到一定值时,后向散射才会产生,并有光环出现,同时在 SBS 池的焦点处会有击穿现象发生。

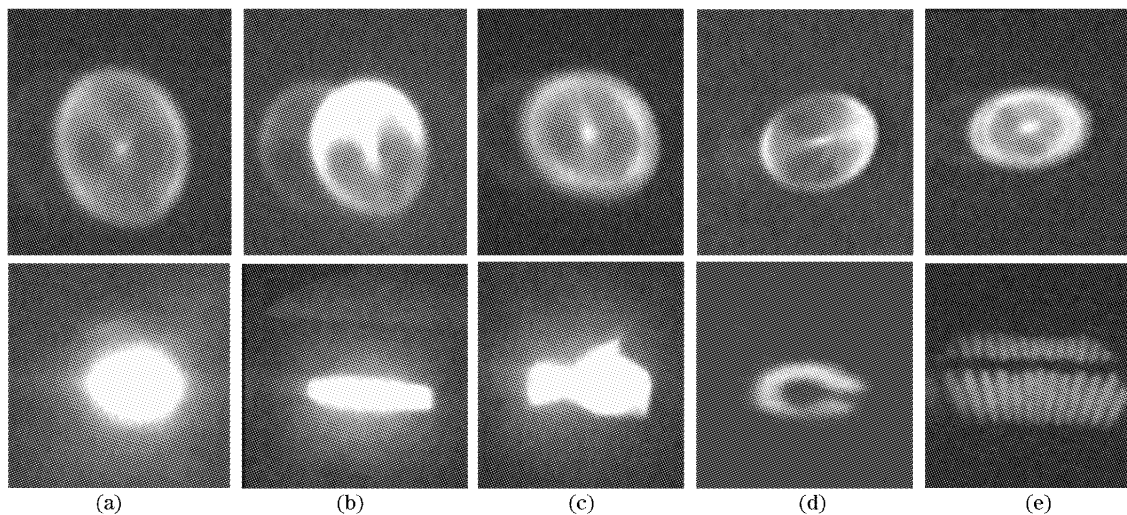


图 2 抽运光光斑与后向散射光光斑抽运光形状分别为:(a)圆形,(b)长方形,(c)不规则,(d)中空,(e)多条形。

上面为后向散射光的光斑形状,下面为对应的抽运光光斑

Fig. 2 Pump beam spots and backward scattering beam spots pump laser spots are: (a) rotundity, (b) rectangle, (c) abnormity, (d) hollow, (e) crow's-feet. The top line figures are backward scattering beam spots, and the bottom line figures are pump laser spots

通过改变透镜焦距,可以观察后向散射光光斑大小的变化情况。随焦距增大,后向散射光光斑口径逐渐变大,如表 1 所示。

实验中测量了抽运光的脉宽与后向散射光的脉宽,观察到明显的脉宽压缩特性,脉冲波形如图 3 所示。

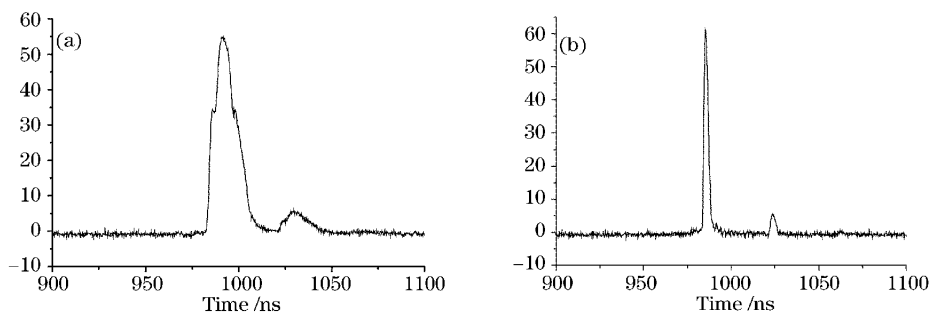


图 3 抽运光(a)及后向散射光(b)的脉冲波形

Fig. 3 Pulse shapes of pump (a) and backward scattering light (b)

当抽运光脉宽为 16 ns, 透镜焦距为 5 cm, 且光路中加 1.2 cm 圆孔光阑时, 后向散射光的脉宽为 3.4 ns。在抽运光能量为 42 mJ, 透镜焦距为 3 cm 时, 改变 SF₆ 介质的气压(0.8~1.8 MPa), 测得后向散射光脉冲宽度的变化如图 4 所示。

表 1 不同透镜焦距下的后向散射光斑大小

Table 1 Sizes of backward scattering beam spots corresponding to various lens focal lengths

Lens focal lengths /cm	3	5	8
Size of backward scattering beam spot /cm	0.48	0.65	1.10
Standard error /cm	0.020	0.023	0.015

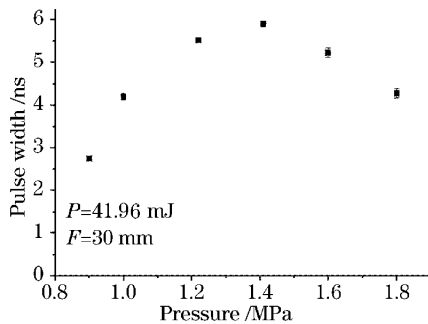


图 4 后向散射光脉冲宽度随气压的变化

Fig. 4 Variation of pulse width of backward scattering with gas pressure

在抽运光能量为 42 mJ, 透镜焦距为 3 cm 时, 改变 SF₆ 介质的气压(0.8~1.8 MPa), 测得后向散射光能量的变化如图 5 所示。

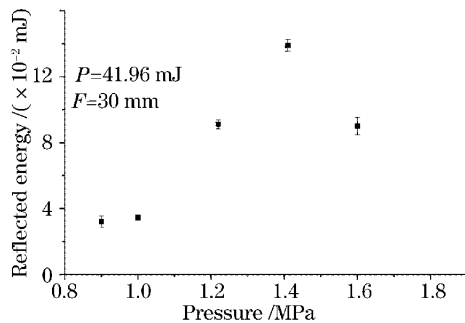


图 5 后向散射光能量随气压的变化

Fig. 5 Variation of energy of backward scattering beam with gas pressure

在介质气压为 1.8 MPa 和聚焦透镜焦距为 3 cm 情况下, 测量了能量反射率随抽运光能量的变化关系, 如图 6 所示, 发现反射率近似保持不变。

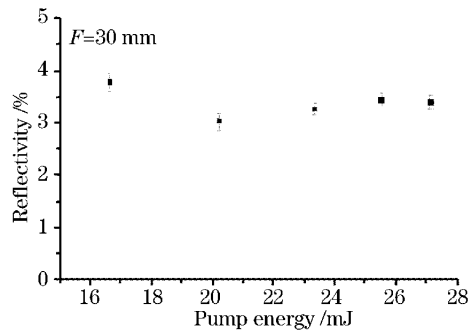


图 6 能量反射率随抽运光能量的变化

Fig. 6 Variation of energy reflectivity with pump energy

当把聚焦透镜和 SF₆ 散射池放置到 KrF 激光器后部, 代替激光振荡后镜时, 可以观察到散射光能自动成腔, 在输出端可以输出激光, 激光光斑为环状, 能量可达到 5 mJ 左右。

4 讨论与分析

通过对实验结果分析可知, 只有当抽运光能量达到一定值时, 才会产生后向散射, 且在焦点处同时伴有光学击穿现象, 因此, 可以认为后向散射的产生与光学击穿有关, 且具有明显的阈值特性。在该阈值以下, 不会产生环状后向散射。实验发现后向散射光的光斑形状不受抽运光光斑形状变化的影响, 始终为环形, 中心有一亮点; 随着透镜焦距的变大, 光斑口径变大, 但形状不变; 这与文献[1]的实验现象一致, 因此可以说后向散射光具有空间锁模特性。由图 3 可以看出后向散射光具有明显的脉宽压缩特性, 并且后向散射光的脉冲宽度和能量都随介质气压的增加先升后降, 且存在极值现象。用聚焦透镜和介质池取代激光器的后腔镜时, 可以自动形成激光振荡, 说明该散射现象具有自准直特性。

虽然受激布里渊散射也具有后向散射、脉宽压缩和阈值特性, 它的相位共轭特性也可自动形成相位共轭腔, 但它的光斑一般与抽运光光斑相同, 而本实验中的后向散射光斑与抽运光光斑形状无关, 这与受激布里渊散射的相位共轭特性相矛盾, 因此, 不能简单地把此现象解释为受激布里渊散射。至于散射光的环形光斑与受激拉曼散射光斑比较相似, 但它一般只有在向前时才由反斯托克斯产生环状光斑, 而后向是不能形成环状光斑的。因此, 我们认为观察到的实验现象与已有的实验现象不同。

5 结 论

利用自由运转 KrF 激光抽运高压 SF₆ 气体,观察到后向散射具有空间锁模特性、阈值特性、脉宽压缩特性和自准直特性,并对后向散射光光斑口径随聚焦透镜聚焦的变化、后向散射光脉宽和能量随介质气压的变化及后向散射光能量反射率的变化进行了实验研究。通过与已有的类似散射现象(SBS 和 SRS)比较,说明了该实验现象与它们的不同,该现象可能是一种新的散射现象,其产生机制有待于进

一步研究和探讨。

参 考 文 献

- 1 D. A. Glazkov, A. A. Gordeev, I. G. Zubarev *et al.*. Stimulated Brillouin scattering of wideband focused pump [J]. *Quantum Electron.*, 1993, 23(1): 87~88
- 2 Song Yingsong, Liu Fengxiang, Lü Chuanxin *et al.*. Experimental investigation On SBS of KrF laser with wide bandwidth in SF₆[J]. *High Power Laser and Particle Beams*, 1995, 7(2): 199~204
宋影松,刘丰香,吕传信等. 宽频带 KrF 激光在 SF₆ 介质中的 SBS 实验研究 [J]. *强激光与粒子束*, 1995, 7(2): 199~204