

径向偏振光在正己烷中的受激布里渊散射研究

熊梦苏 陈旭东 蒲继雄

(华侨大学信息科学与工程学院, 福建 厦门 361021)

摘要 使用 532 nm 高功率激光作为光源, 经过径向偏振片(SVR)产生径向偏振光束, 并在实验上实现了高功率径向偏振光在正己烷中产生受激布里渊散射。研究表明, 径向偏振光激发的受激布里渊散射光同样具有径向偏振的特性。

关键词 激光技术; 高功率激光; 径向偏振; 受激布里渊散射

中图分类号 O436 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/AOS201434.s114003

Study of Stimulated Brillouin Scattering in the N-Hexane with Radially Polarization

Xiong Mengsu Chen Xudong Pu Jixiong

(College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Xiamen, Fujian 361021, China)

Abstract The experiment uses a 532 nm high power laser as the light source, and the beam passes through the spirally varying retarder (SVR) to generate a polarized beam. A novel Brillouin scattering is found by the stimulation of a high power radially polarization laser in the n-hexane. The resultant of Brillouin scattering is in radial polarized distribution when it is stimulated by the high power radially polarization laser. This phenomenon reveals the reservation of the same characteristics of radially polarization beam in the Brillouin scattering experiment.

Key words laser technique; high power laser; radially polarization; stimulated Brillouin scattering

OCIS codes 140.3535; 290.5855; 260.5430; 290.5900

1 引 言

径向偏振光最早是由 Mushiake 等^[1]在实验室中获得的。在大数值孔径透镜聚焦时, 径向偏振光的聚焦光斑极小, 因此可以应用于激光切割、光刻、光学数据存储、微小粒子捕获和光学微操控领域^[2-6]。

近年来, 受激布里渊散射(SBS)也成为了热门的课题。受激布里渊散射是一种非常重要的非线性光学现象, 在脉宽压缩、相位共轭等领域的研究引起了人们的广泛兴趣^[7-12]。

本文实现了径向偏振光的受激布里渊散射实验, 采用激光光束通过径向偏振转换器的方式产生径向偏振矢量光束, 径向偏振光经过透镜聚焦到盛

有正己烷的布里渊散射池, 并研究了径向偏振光的受激布里渊散射光的特性。

2 实验与理论分析

实验装置如图 1 所示, 其中 SVR 为径向偏振转换器, BS 为分光镜, f 为焦距为 300 mm 的透镜, P 为偏振片, SBS cell 为受激布里渊散射池。实验中采用的是激光波长为 1064 nm 的 Nd:YAG 激光器, 激光经过倍频晶体后产生波长为 532 nm、脉宽为 10 ns 的能量可调谐的脉冲激光。激光直接入射到径向偏振片上, 产生径向偏振光, 再经过一个 BS 和一个焦距为 300 mm 的透镜 f 聚焦到盛有正己烷(C_6H_{14})的受激布里渊散射池中。产生的受激布里

收稿日期: 2013-12-01; 收到修改稿日期: 2014-01-11

基金项目: 国家自然科学基金(61178015)

作者简介: 熊梦苏(1988—), 男, 硕士研究生, 主要从事非线性光学方面的研究。E-mail: xmengsu@126.com

导师简介: 蒲继雄(1962—), 男, 博士, 教授, 主要从事光束传输与非线性光学方面的研究。E-mail: jixiong@hqu.edu.cn (通信联系人)

渊散射光经分光镜反射后,入射到 CCD 接收,并在计算机上记录散射光光斑。

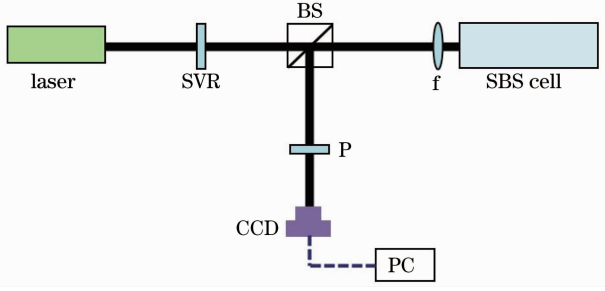


图 1 径向偏振光的受激布里渊散射实验装置

Fig. 1 Stimulated Brillouin scattering experimental setup of radially polarization beam

径向偏振光束在光束的横截面上的任意点上的电场矢量方向都沿着径向方向。假定在源平面 $z = 0$ 处的径向偏振光束的电场分布为

$$\mathbf{E}_{\rho 1}(r, 0) = \frac{E_0 \sqrt{2} r}{\omega_0 L_p^1} \left(\frac{2r^2}{\omega_0^2} \right) \exp\left(-\frac{r^2}{\omega_0^2}\right) \mathbf{e}_r, \quad (1)$$

式中 E_0 为任意的振幅常数, ω_0 为光束的束腰, $r = \sqrt{(x^2 + y^2)}$, L_p^1 为相关的拉盖尔多项式, p 为径向指数, 角向指数为 1, \mathbf{e}_r 为沿径向的单位矢量。将柱坐标转换为直角坐标, 在 $z = 0$ 平面任意一点 x, y 分

量可分别表示为

$$E_{\rho 1x}(x, y, 0) = \frac{E_0 \sqrt{2}}{\omega_0 L_p^1} \left[\frac{2(x^2 + y^2)}{\omega_0^2} \right] \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{\omega_0^2}\right) x, \quad (2)$$

$$E_{\rho 1y}(x, y, 0) = \frac{E_0 \sqrt{2}}{\omega_0 L_p^1} \left[\frac{2(x^2 + y^2)}{\omega_0^2} \right] \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{\omega_0^2}\right) y. \quad (3)$$

因此, 径向偏振光束的光强表达式为

$$I(x, y) = |E_x(x, y)|^2 + |E_y(x, y)|^2. \quad (4)$$

为了使计算更加方便, 取 $p = 0$, 因此 $L_p^1 = 1$, 径向偏振光束的电场分布表达式简化为

$$\mathbf{E}(r, 0) = \frac{E_0 \sqrt{2} r}{\omega_0} \exp\left(-\frac{r^2}{\omega_0^2}\right) \mathbf{e}_r. \quad (5)$$

3 理论模拟与实验结果

实验中使用能量为 10 mJ, 脉宽 10 ns 的径向偏振激光产生的受激布里渊散射光, 能量为 0.17 mJ, 脉宽为 10 ns。图 2(a) 为模拟得到径向偏振光束横截面光强分布图, 从图 2(a1) 中可以看出径向偏振光光强分布呈环形, 且中心光强分布为轴上零点; 图 2(a2)~(a5) 分别为径向偏振光经过偏振片光轴偏转角度为 0° 、 45° 、 90° 、 135° 时的横截面光强分布。

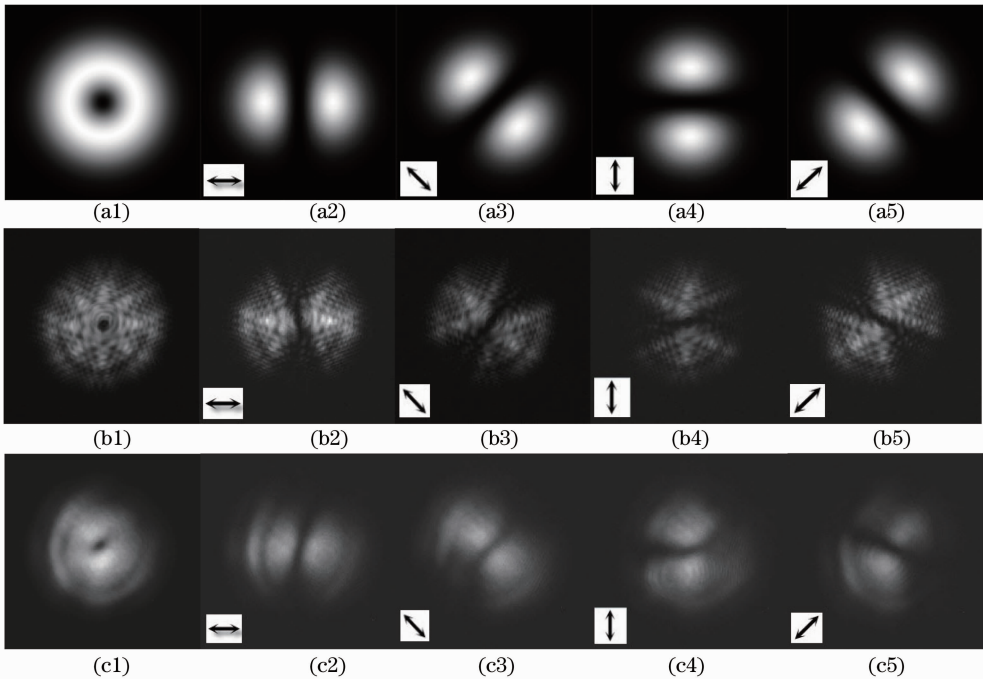


图 2 (a1)~(a5) 模拟的径向偏振光截面光强; (b1)~(b5) 实验获得径向偏振光截面光强; (c1)~(c5) 受激布里渊散射光截面光强

Fig. 2 (a1)~(a5) Simulation results of radial polarization section of the light intensity; (b1)~(b5) experimental results of radial polarization section of the light intensity; (c1)~(c5) stimulated Brillouin scattering section of the light intensity

在实验中产生径向偏振光的径向偏振转换器是由 8 个半波片组成的零级波片组,波片的快轴方向排列可以使线偏振光束变成类径向偏振光。采用的 8 个半波片产生的径向偏振光效率可以达到 92%。已经达到实验要求。图 2(b2)~(b5)分别为实验中激光通过径向偏振片产生的径向偏振光及其在偏振态分别为 0° 、 45° 、 90° 、 135° 下的截面光强分布图。

图 2(c1)所示为实验中径向偏振光产生的受激布里渊散射光的横截面光强分布图,图 2(c2)~(c5)分别为受激布里渊散射光经过偏振片光轴偏转角度为 0° 、 45° 、 90° 、 135° 时的横截面光强分布。从图 2 中可以清楚的看到径向偏振光束的受激布里渊散射光斑的偏振特性和入射激光斑以及理论模拟的光斑的偏振特性完全一致。

4 结 论

实现了径向偏振高功率激光的受激布里渊散射,并且从理论模拟和实验两方面分析和检测了径向偏振光束的偏振特性。在实验中用径向偏振高功率激光产生了受激布里渊散射。经过对受激布里渊散射散射光的分析,得到受激布里渊散射散射光同样具有径向偏振光的偏振特性。

参 考 文 献

- 1 Y Mushiake, K Matstumura, N Nakajima. Generation of radially polarized optical beam mode by laser oscillation [J]. Proc IEEE, 1972, 60(9): 1107-1109.
- 2 Tian Bo, Pu Jixiong. Trapping two types of particles using a partially coherent radially polarized doughnut beam [J]. Chinese J Lasers, 2011, 38(s1): s102006
田 博, 蒲继雄. 部分相干径向偏振光束对两种粒子的捕获[J]. 中国激光, 2011, 38(s1): s102006.

- 3 Chen Huifang, Liu Tao, Zhang Zaixuan. Shaper focus of radially polarized beam with a continuous phase filter [J]. Chinese J Lasers, 2012, 39(6): 0616001.
陈慧芳, 刘 涛, 张在宣. 连续相位滤波器缩小径向偏振光束聚焦[J]. 中国激光, 2012, 39(6): 0616001.
- 4 Jiangming Xu, Rongtao Su, Hu Xiao, *et al.*. 90. 4-W all-fiber single-frequency polarization-maintained 1083-nm MOPA laser employing ring-cavity single-frequency seed oscillator [J]. Chin Opt Lett, 2012, 10(3): 031402.
- 5 Xiumin Gao, Xiangmei Dong, Jiancheng Yu, *et al.*. Axial multiple foci of radially polarized hollow Gaussian beam [J]. Chin Opt Lett, 2012, 10(s1): s11406.
- 6 Lin Huichuan, Liu Hui, Pu Jixiong. Extra cavity coherent superposition for generation of radially polarized beam [J]. Chinese J Lasers, 2009, 36(s1): 251-256.
林惠川, 刘 辉, 蒲继雄. 腔外相干叠加产生径向偏振光[J]. 中国激光, 2009, 36(s1): 251-256.
- 7 Gong Huaping, Lu Zhiwei, Lin Dianyong. Stimulated Brillouin scattering in CS₂ media under non-focusing pump [J]. Chinese J Lasers, 2006, 33(s): 138-140.
龚华平, 吕志伟, 林殿阳. 非聚焦抽运条件下 CS₂ 介质中的受激布里渊散射[J]. 中国激光, 2006, 33(s): 138-140.
- 8 Wang Qing, Liu Xiaoming, Wang Yan, *et al.*. Stimulated Brillouin scattering suppression and optical parametric amplification in highly nonlinear optical fiber [J]. Chinese J Lasers, 2004, 31(7): 802-806.
王 青, 刘小明, 王 燕, 等. 高非线性光纤中受激布里渊散射的抑制和光参量放大[J]. 中国激光, 2004, 31(7): 802-806.
- 9 Wang Chao, Lü Zhiwei, Lin Dianyong, *et al.*. Theory and experiment of stimulated Brillouin scattering pumped with broadband laser [J]. Chinese J Lasers, 2004, 31(s1): 207-209.
王 超, 吕志伟, 林殿阳, 等. 宽带抽运对受激布里渊散射影响的研究[J]. 中国激光, 2004, 31(s1): 207-209.
- 10 Wuliji Hasi, Zhiwei Lü, Weiming He, *et al.*. Experimental investigation on the improvement of SBS characteristics by purifying the mediums [J]. Chin Opt Lett, 2004, 2(12): 718-721.
- 11 Youlun Ju, Baoquan Yao, Sheng Qi. High power 1.57- μ m OPO pumped by MOPA with SBS [J]. Chin Opt Lett, 2005, 3(6): 358-360.
- 12 Anling Liu, Weijun Zhang, Xiaoming Gao, *et al.*. Effect of focal pumping conditions on the phase-conjugation characteristics of STS and SBS [J]. Chin Opt Lett, 2004, 2(7): 421-422.

栏目编辑: 史 敏