

# 具有受激布里渊共轭镜的激光系统

徐捷 吴存恺 王志英 何国珍  
(中国科学院上海光学精密机械研究所)

## 提 要

本文报道一种具有受激布里渊散射相位共轭镜的激光系统。该系统是由 Nd:YAG 振荡器, 激光放大器和布里渊共轭镜组成。为了把后向共轭波完全从激光系统中耦合出来, 本文使用一种偏振隔离技术。实验研究了布里渊室的几何效应。使用有效长度为 300 mm 的丙酮作散射介质, 已获得补偿了相位畸变的 100 mJ 以上调 Q 激光输出。

非线性相位共轭光学技术的发展为适应光学提供了用全光学方法补偿相位畸变的可能性。产生相位共轭波的非线性光学方法主要有两种: 简并的四波混频和受激布里渊散射 (SBS)。Gruliano 等人提出在激光系统中, 特别是激光振荡器中采用这两种共轭镜和构成共轭腔的各种方案<sup>[1]</sup>。如果能在激光振荡器中用共轭镜代替普通反射镜, 将会对激光技术的发展产生巨大影响。但是, 由于受到非线性材料的限制, 至今尚未报道实用化的相位共轭腔。众所周知, 当物波和共轭波两次通过相位畸变介质后, 可以补偿介质的各种相位畸变, Basov 等人<sup>[2]</sup>采用 SBS 共轭镜, 对高功率钽玻璃激光系统的放大器实现了相位畸变补偿。Hon<sup>[3]</sup>提出用 SBS 共轭镜, 对钽石榴石激光系统的放大器进行补偿。我们<sup>[4]</sup>曾报道过, 用简并的四波混频共轭镜补偿放大器相位畸变的激光系统。本文提出一种具有 SBS 共轭镜的激光系统方案。它是由激光振荡器、激光放大器和 SBS 共轭镜组成。采用偏振隔离技术, 能够把相位畸变已得到补偿的激光辐射完全耦合出来。

**实验装置和结果** 众所周知, 在受激布里渊后向散射中, 其偏振状态是不守恒的, 当入射的泵浦波为右旋圆偏振时, 其后向散射波为左旋圆偏振, 反之亦然。这种情况与简并的四波混频不同。利用这种偏振特性, 作者提出如图 1 所示的实验方案。该方案中, 激光系统是由 Nd:YAG 振荡器, 激光放大器和 SBS 共轭镜 PCM 组成。反射镜  $M_1$  和  $M_2$  构成激光振荡器谐振腔。在腔内置一偏振膜片  $P$  作耦合器及起偏器, 此偏振膜片  $P$  的性质是让  $p$ -偏

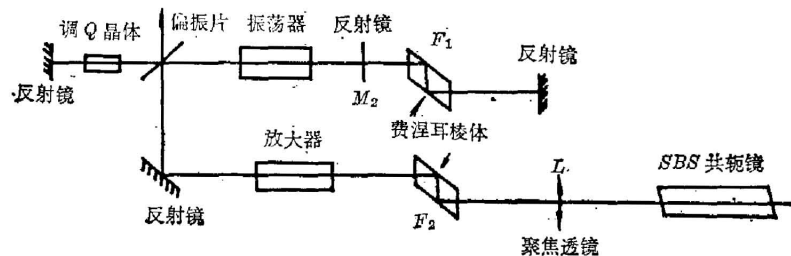


图1 具有SBS共轭镜的激光系统

Fig. 1 A laser system with SBS phase conjugating mirror

收稿日期: 1984年10月24日; 收到修改稿日期: 1984年12月17日

振光完全透射,  $s$ -偏振光完全反射。用辐照过的 LiF 晶体作调 Q 元件。这样一来, 振荡器的输出是调 Q 的  $p$  振激光辐射。此线偏振光束通过菲涅耳菱体  $F_1$  后变为圆偏振光。该圆偏振光经反射镜  $M_3$  反射后返回, 再次通过菲涅耳菱体  $F_1$ , 由反射镜  $M_2$  耦合到振荡器中, 但这时激光辐射已变为  $s$  偏振。它经过振荡器 YAG 棒放大后, 被偏振片  $P$  全反射输入到放大器中。放大后的  $s$ -偏振激光束, 经过菲涅耳菱体  $F_2$  后又变成圆偏振光。此圆偏振光经聚焦透镜  $L(f=200\text{ mm})$ , 投射到布里渊室 PCM 内。受激布里渊后向散射光仍为圆偏振光, 但它与入射泵浦光具有相反的旋转方向。于是后向散射光再次通过菲涅耳菱体  $F_2$  后, 就变成了  $p$ -偏振的线偏振光。此光波是入射光波的相位共轭波, 当它第二次通过放大器棒时, 放大器的相位畸变得得到补偿。由于它是  $p$ -偏振光, 故从偏振片  $P$  完全耦合出来。

图 2(a) 和 (b) 分别给出未经补偿的放大器输出辐射的近场和远场图。由图可知, 光束是严重畸变的, 强度分布也很不均匀, 光束包含很宽的角谱。该光束的方向性测量表明, 其发散角约为  $10\text{ mrad}$ 。用这种光束经 KDP 晶体倍频, 倍频效率低于 10%。当入射基频为  $1.06\ \mu\text{m}$ 、辐射功率为  $110\text{ mJ}$  时, 倍频光辐射约为  $9\text{ mJ}$ 。图 2(c) 和 (d) 分别给出从偏振片  $P$  透射输出的激光束的近场和远场图。从图中可明显看到, 激光束质量有明显改善。相位畸变补偿后的光束的发散角为  $3\text{ mrad}$ 。采用上述同一块晶体, 对该光束进行倍频, 其倍频效率可达 20%。当输入基频辐射为  $103\text{ mJ}$  时, 倍频绿光辐射为  $21\text{ mJ}$ 。图 2(e) 和 (f) 分别给出了振荡器输出辐射的近场和远场图。在近场图中的强度分布的直线条纹是由于偏振片  $P$  两个面反射光相干涉引起的。这可由下面实验证实: 用一楔形镜代替偏振片  $P$  作输出耦合器光场分布中的直线条纹结构消失。

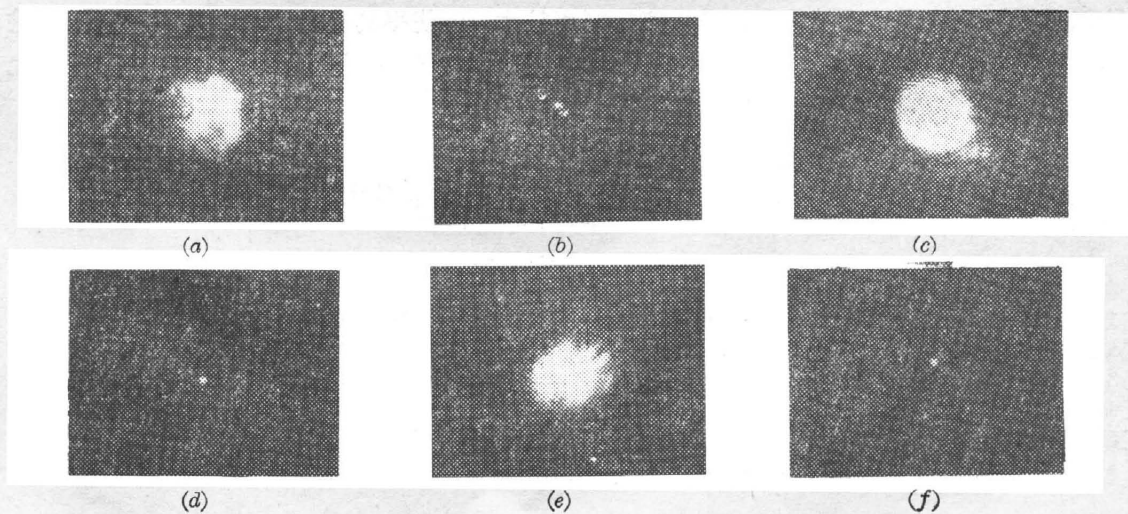


图 2 激光辐射的近场和远场图

Fig. 2 Near- and far-field patterns of laser radiation

实验研究了布里渊散射介质的影响。我们研究了液体介质二硫化碳、丙酮、乙醚、四氯化碳、苯、甲苯、酒精等的受激布里渊后向散射。对于二硫化碳介质, 由于它有高的折射率 ( $n=1.63$ ), 可采用毛细管或布里渊室, 入射泵浦光在毛细管内全反射, 增加相互作用长度<sup>[5]</sup>。实验表明, 由于入射激光的功率密度较高, 毛细管壁很容易损坏, 所以我们没有仔细地研究这种方案。在相同实验条件下, 二硫化碳、丙酮、乙醚、四氯化碳都能获得较强的受

激布里渊后向散射,它们之间的差别在 15% 以内,甲苯和苯则次之,但与上述几种材料相比,强度要降低 60%。而使用酒精介质时,强度要下降 90%,仅能得到约 10 mJ 的激光输出,由于二硫化碳有较大的毒性,所以大部分实验都使用乙醚或丙酮作布里渊散射介质。在原则上,为了避免其它非线性效应,特别是喇曼散射过程的竞争,应当选用布里渊散射截面大,喇曼散射截面小的介质。

实验还研究了有效相互作用长度的影响。改变布里渊室的有效长度,在其它条件相同的情况下测量了激光输出强度,所使用的布里渊室的长度  $L=15、30、100、200、300、500$  mm 六种。实验表明,当  $L=300$  mm 时为最佳。由于布里渊散射阈值较高,当布里渊室的前窗镜靠近聚焦透镜焦点时,很容易损坏窗片。改变前窗镜与聚焦透镜之间的距离,即焦点在布里渊室的位置测量激光输出。实验表明,当前窗镜与聚焦透镜( $f=200$  mm)的距离约为 150 mm 时,输出最大,并且随着布里渊室有效长度的增加,对这个距离越不灵敏。例如,当  $L=300$  mm,该距离为 140~160 mm 时,对输出没有明显影响。由于这个原因,为了保护窗镜,使用较长的布里渊室更为有利。为使 SBS 共振镜稳定地工作,必须控制入射到布里渊室窗镜上的功率密度,否则窗镜与液体介质接触面会产生损坏。我们选取  $L=300$  mm,聚焦透镜( $f=200$  mm)与布里渊室前镜距离为 140 mm,使用丙酮作介质,可得补偿了放大器相位畸变的调 Q 激光输出为 103 mJ,输入泵浦光功率约为 110 mJ。在我们的实验条件下,放大器的增益  $g \approx 2.7$ ,此时  $Rg \approx 1$ ,其中  $R$  为 SBS 共振镜的非线性反射率。于是可对放大器的相对畸变进行较完全的补偿<sup>[6]</sup>。

**结论** 在激光振荡放大系统中使用有效长度为 300 mm,丙酮等液体作介质的 SBS 共振镜,用  $f=200$  mm 透镜聚焦,采用偏振隔离技术,可获得具有实用价值的高质量激光输出。由于这种系统能够补偿放大器的相位畸变,因此可以选用质量差的放大器介质,并且允许在高泵浦状态下工作,显然这些特点是很吸引人的。

西安交通大学研究生邱复生同志参加部分工作,作者在此致谢。

### 参 考 文 献

- [1] C. R. Giuliano, R. C. Lind *et al.*; *Laser Focus*, 1983, **19**, No. 2 (Feb), 55.
- [2] N. Basov, I. Zubarev; *Appl. Phys.*, 1979, **20**, No. 3 (Nov), 261.
- [3] David T. Hon; *Opt. Engng.* 1982, **21**, No. 2 (Mar/Apr), 252.
- [4] 吴存恺,王志英;《科学通报》,1984, **29**, No. 18 (Sep), 1106
- [5] 徐捷,陈钰明等;《激光》,1981, **8**, No. 5 (May), 41.
- [6] 吴存恺,王志英;《光学学报》,1984, **4**, No. 10 (Oct), 918.

## **A laser system with a stimulated Brillouin scattering phase conjugating mirror**

XU JIE WU CUNKAI WANG ZHIYING AND HE GUOZHEN  
(*Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica*)

(Received 24 October 1984; revised 17 December 1984)

### **Abstract**

In this paper a new laser system with an SBS phase conjugating mirror is described. It consists of a Nd:YAG laser oscillator, a laser amplifier, and an SBS phase conjugating mirror. A polarization discrimination technique is used to completely couple out the backward conjugating wave from the laser system. Effects of Brillouin cell geometry have been studied experimentally. By using acetone (300 mm in length) as the scattering medium, Q-switched laser output of 100 mJ which compensated phase distortion has been obtained.