

# 位相共轭激光器纠正畸变的实验研究\*

蒲继雄 张文珍 王 巍

(华侨大学电气技术系, 泉州 362011)

**摘要** 报道在丙酮中受激布里渊散射(SBS)构成的位相共轭 Nd:YAG 激光器. 实验证明这种位相共轭激光器能够纠正畸变板引起的畸变, 输出光束质量好的激光光束, 并讨论激光腔内 SBS 位相共轭镜的形成过程.

**关键词** 激光器, 受激布里渊散射, 位相共轭

**分类号** TN 248.13

1972 年 Zel'dovich 等人在实验中, 证实受激布里渊散射(SBS)对传播过程中产生的畸变具有补偿作用<sup>[1]</sup>; SBS 相互作用能够产生后向散射波; 它的(复)振幅正比于入射场振幅的复共轭. 后来, Yariv 等人在三波混频和四波混频也产生了光学位相共轭效应<sup>[2,3]</sup>. 近几年, 光学位相共轭效应已在许多领域得到应用<sup>[4~6]</sup>. 这些领域包括自适应光学, 光学信号处理, 光学计算机等. 光学位相共轭效应, 具有补偿畸变的独特能力而被应用于激光器<sup>[7~9]</sup>, 用在补偿激光器激活介质的热透镜效应引起的激光光束的热畸变. 本文报道在丙酮中 SBS 构成的位相共轭激光器. 实验证明, 这种位相共轭激光器能够补偿畸变, 输出光束质量好的激光光束. 文中还对激光谐振腔中 SBS 位相共轭镜的建立过程, 进行有益的讨论.

## 1 实验装置

实验装置如图 1 所示. 激光谐振腔的两个反射镜  $M_1$  和  $M_2$  都是平面的, 反射率分别为  $R_1=30\%$ ,  $R_2=99\%$  (对波长  $1.06\ \mu\text{m}$ ). Nd:YAG 棒的长度为 70 mm, 直径为 7 mm. 长为 100 mm 的布里渊池(丙酮)置于两块会聚透镜  $L_1$  和  $L_2$  之间,  $L_1$  和  $L_2$  的焦距分别为 50 mm 和 70 mm. 2 个透镜的间距为 165 mm, 使谐振腔为望远镜腔. 激光器的工作方式为脉冲式, 重复率可调. 波长为  $1.06\ \mu\text{m}$  的激光能量用 PT-1 型激光能量计测量.

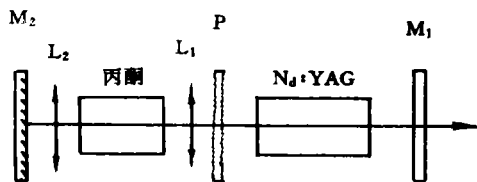


图 1 受激布里渊散射位相共轭激光器示意图

\* 本文 1993-10-24 收到; 福建省自然科学基金资助项目

## 2 实验结果

为了证明图1所示的SBS位相共轭激光器具有补偿畸变的特性,在图1所示的位置P插入1块畸变板(经HF腐蚀的玻璃板)。当输入电能为70 J时,得到一个能量为500 mJ激光脉冲,其光斑形状如图2(a)所示(照相机置于离 $M_1$ 镜1 m处拍照)。可见,光斑的能量很集中,近似为基模。为了比较,可把丙酮除去,重新调整 $L_1$ 和 $L_2$ 的间距,使谐振腔仍为望远镜腔。这时,在相同的泵浦电能量(70 J)的条件下,激光脉冲的能量只有120 mJ。而且,光斑形状杂乱无章(图2b)。光斑的畸变是由激光谐振腔内的畸变板P所产生的。值得注意的是,当激光谐振腔内有丙酮时,由畸变板引起的畸变得到补偿,输出光束质量好的激光光束。

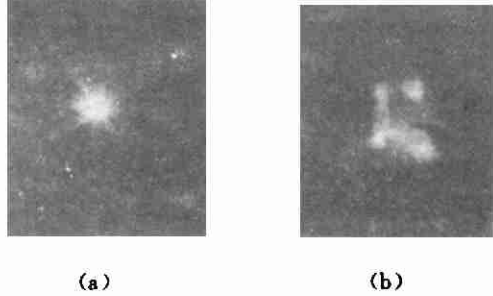


图2 激光器输出的光斑形状  
(a) 含有畸变板的位相共轭激光器  
(b) 含有畸变板的普通激光器

激光腔内SBS位相共轭镜的建立过程与腔外情形略不同。把图1所示的SBS位相共轭激光器简化为图3所示。图中, $M_1$ 和 $M_2$ 是谐振腔的两个镜片, $M'_2$ 为SBS位相共轭镜,其反射率 $R'_2$ 随着光强的增大而增大。 $\text{Nd:YAG}$ 棒位于 $M_1$ 和 $M'_2$ 之间。众所周知,激光的形成起始于自发发射。方向沿着谐振腔轴线上的自发发射的光子在 $M_1$ 和 $M_2$ 镜之间来回反射、振荡,并不断得到放大。刚开始振荡时,腔内的光强 $I$ 很小,还达不到丙酮SBS的阈值 $I_m$ ,即SBS位相共轭镜不起作用。光仍在 $M_1$ 和 $M_2$ 镜之间振荡、放大, $I$ 愈来愈强。当光强 $I$ 达到 $I_m$ 时, $R'_2$ 迅速增大,即SBS位相共轭镜开始起作用。这时, $R'_2$ 可达到70%以上<sup>[10]</sup>,这意味着 $M_1$ 和 $M_2$ 之间多了一个损耗大于70%的损耗。因此, $M_1$ 和 $M_2$ 之间就不能再继续维持振荡。此时,振荡就限制在 $M_1$ 和 $M'_2$ 之间,激光就从 $M_1$ 镜输出。由于SBS位相共轭镜具有补偿畸变的能力,由 $M_1$ 镜和位相共轭镜 $M'_2$ 组成的激光谐振腔就具有补偿畸变,即使在有畸变板存在的条件下,也能输出光束质量好的激光光束。

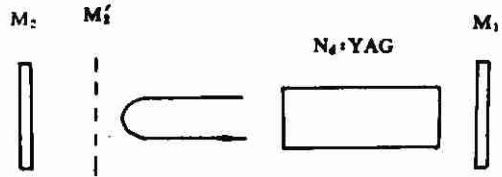


图3  $M_1$ 镜和位相共轭镜 $M'_2$ 振荡建立示意图

## 3 结论与讨论

本文通过实验,证明了SBS位相共轭激光器确实具有补偿畸变的能力。同时,其实验装置简单,是一种实用的位相共轭激光器。

由于丙酮的光学击穿阈值不高,当泵浦能量较大时(>80 J),出现光学击穿。肉眼可以看见激光击穿丙酮发出的亮线,并且可以听到响声。光学击穿无疑限制激光脉冲重复率和稳定

性的提高. 寻找高光学击穿阈值的布里渊池, 是提高激光重复率和稳定性的关键<sup>[10]</sup>.

另外, SBS 反射镜产生下移. 即入射的激光频率为  $\omega_1$ , 从 SBS 反射镜反射回来的光频率则为  $\omega_1 - \omega_B$  ( $\omega_B$  为布里渊频移). 因此, SBS 位相共轭镜不适用于连续激光器. 连续激光器通常采用简并四波混频位相共轭镜<sup>[7]</sup>.

## 参 考 文 献

- 1 Zel'dovich Y, Popovichev V I, Ragul'skii V V, et al. Connection between the wave fronts of reflected and exciting light in stimulated Mandel'shtam-Brillouin Scattering. JETP, 1972, 15: 109~112
- 2 Yariv A. Compensation for atmospheric degradation of optical beam transmission by nonlinear optical mixing. Opt. Commun., 1977, 21: 49~53
- 3 Hellwarth P W. Generation of time-reversed wave fronts by nonlinear refraction. J. Opt. Soc. Am., 1977, 67: 1~10
- 4 Wang V. Nonlinear optical phase conjugation for laser systems. Opt. Eng. 1978, 17: 267~272
- 5 O'Meara T R. Application of nonlinear phase-conjugation in compensated active imaging. Opt. Eng., 1982, 21: 231~236
- 6 Agrawal G P, Flytzanis C. Biastability and hysteresis in phase-conjugated reflectivity. IEEE J. Quant. Electron. 1981, 17: 374~380
- 7 Gololmb M C, Fischer B, Nilsen J, et al. Passive (self pumped) mirror: theoretical and experiment investigation. Appl. Phys. Lett. 1982, 41: 689~691
- 8 Carr I D, Hanna D C. Performance of a Nd : YAG oscillator/amplifier with phase conjugation via SBS. Appl. Phys. B, 1985, 36: 83~92
- 9 Rockwell D A. A review of PC solid-state laser. IEEE J. Quant. Electron., 1988, 24: 112.
- 10 Andreev N F, Khazanov E, Pasmanik G A. Application of brillouin cells to high repetition rate solid-state lasers. IEEE. J. Quant. Electron., 1992, 28: 330~341

## Experimental Study of a Phase-Conjugate Laser Capable of Correcting the Distortion

Pu Jixiong   Zhang Wenzhen   Wang Wei

(Dept. of Electric Technique, Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

**Abstract** A phase-conjugate Nd : YAG laser was formed in acetone by stimulated Brillouin scattering (SBS). This kind of phase-conjugate laser are demonstrated to be capable of correcting distortion caused by a distorting plate and to have a laser output with laser beams of fine quality. The construction of SBS phase-conjugate mirror in laser cavity was discussed finally.

**Keywords** laser, stimulated Brillouin scattering, phase-conjugate