

# 积分球腔内 $\text{BaTiO}_3 \cdot \text{Ce}$ 晶体的 自泵浦相位共轭增强现象的观测

周金运 张为俊 高晓明 韩亚农 季明 王沛 周士康  
(中国科学院安徽光机所激光光谱开放实验室, 合肥 230031)

**摘 要** 报道了聚四氟乙烯积分球腔内光折变晶体  $\text{BaTiO}_3 \cdot \text{Ce}$  在 He-Ne 激光作用下产生自泵浦相位共轭的增强现象, 并对实验结果进行了分析。

**关键词**  $\text{BaTiO}_3 \cdot \text{Ce}$ , 自泵浦相位共轭(SPPC), 积分球。

光折变晶体产生相位共轭光可用简并四波混频、自泵浦和互泵浦相位共轭方法<sup>[1-3]</sup>。1982 年 Feinberg<sup>[4]</sup> 首先揭示在  $\text{BaTiO}_3$  晶体内, 光束通过晶体角全内反射而形成两个四波混频区的全内反射四波混频自泵浦相位共轭机理。1985 年 Chang 等人<sup>[5]</sup> 在  $\text{BaTiO}_3$  晶体中发现了类似于受激布里渊后向散射的受激光折变后向散射自泵浦相位共轭机理。近年来 Lian 等人<sup>[6, 7]</sup> 又在  $\text{KTa}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3 \cdot \text{Fe}$  和  $\text{BaTiO}_3 \cdot \text{Ce}$  中发现了受激光折变后向散射四波混频自泵浦相位共轭机理。Mullen 等人<sup>[8]</sup> 还提出了一种新的种子光过程, 即在光离开  $\text{BaTiO}_3$  晶体的出路上放一特殊材料组成的后向反射板, 这样因噪音而引起的受激光折变后向散射所形成的自泵浦相位共轭的增益阈值就会降低, 从而提高了相位共轭反射率。

不管自泵浦相位共轭采取何种机理, 其产生相位共轭光的过程都是完全自恰的自组织过程, 在形成主光栅的同时, 会伴随许多寄生光栅的产生。1990 年 Dunning 等人<sup>[9]</sup> 在  $\text{BaTiO}_3$  晶体中用信号光(514 nm) 产生自泵浦相位共轭光, 而用另外一束非相干光(488 nm) 选择定点部位照射。发现在某个位置非相干光能擦除一些寄生光栅, 而使相位共轭光的反射率提高。

本文是在聚四氟乙烯积分球腔内, 用 He-Ne 激光来作  $\text{BaTiO}_3 \cdot \text{Ce}$  的自泵浦相位共轭, 观测到相位共轭的增强现象。

## 1 实验装置

实验装置如图 1 所示。光源为  $\lambda = 633 \text{ nm}$  的 He-Ne 激光器, 最大输出功率为 40 mW。用  $\lambda/2$  波片和格兰棱镜调节入射光强和保持入射光偏振方向在入射光和晶轴所在的水平面内。BS 为分束镜。D<sub>1</sub> 和 D<sub>2</sub> 为功率计, 分别检测入射光和共轭光, 它们连接到装有数据采集卡的计算机上。所用晶体为 0°切割的  $\text{BaTiO}_3 \cdot \text{Ce}$ , 掺 Ce 浓度为 25 ppm, 其尺寸是 5.81 mm × 6.65 mm × 7.07 mm。晶体的 c 轴平行于 7.07 mm 的边。G 为直径 25 cm 的聚四氟乙烯积

分球。晶体放在可旋转控制的中心平台上, 积分球上开有直径为 3.0 mm 的孔, 当调整好晶体位置后, 使入射光从开孔处入射到晶体上, 产生的自泵浦相位共轲光通过分束镜由计算机实时采集。

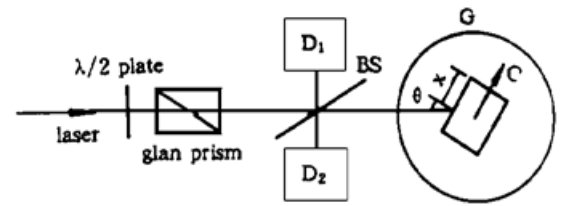


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental set up

## 2 结果与讨论

激光以入射角  $\theta$  和入射位置  $x$  从晶体的  $a$  面入射, 入射功率为 7 mW, 光束直径约 1.2 mm。对于加积分球(a)和不加积分球(b)两种情况, 自泵浦相位共轲反射率随入射角  $\theta$  和入射位置  $x$  的各点变化值, 由计算机采集的一系列数据对最后稳态值求平均得到。图 2 是固定入射位置  $x = 4.5$  mm 时相位共轲反射率随不同入射角的变化; 图 3 是固定入射角  $\theta = 60^\circ$  时相位共轲反射率随不同入射位置的变化。

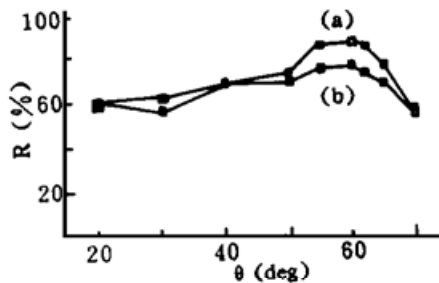


Fig. 2 Phase-conjugate reflectivity  $R$  as a function of incident angle  $\theta$  at  $x = 4.5$  mm (a) with integrating globe (b) without integrating globe

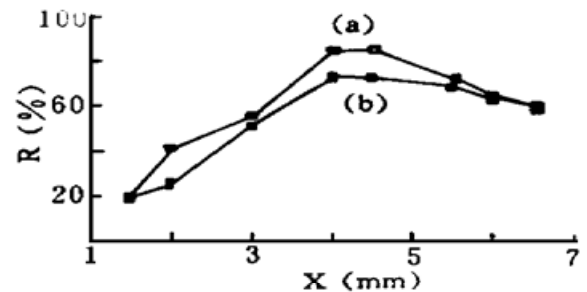


Fig. 3 Phase-conjugate reflectivity  $R$  as a function of incident point  $x$  at  $\theta = 60^\circ$  (a) with integrating globe (b) without integrating globe

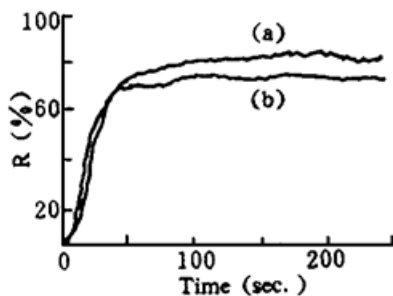


Fig. 4 Temporal development of phase-conjugate reflectivity  $R$  at  $\theta = 60^\circ$ ,  $x = 4.5$  mm (a) with integrating globe (b) without integrating globe

在  $\theta = 60^\circ$  和  $x = 4.5$  mm 时测得 BaTiO<sub>3</sub>·Ce 晶体在加上积分球(a)和没加积分球(b)时的相位共轲反射率的时间变化曲线如图 4 所示。

从图 4 可见, 在产生最大自泵浦相位共轲的角度和位置, 加上积分球后相位共轲增强得明显。这是因为积分球是漫反射体, 它能将晶体透过的光漫反射而直接产生非相干光。BaTiO<sub>3</sub>·Ce 自泵浦相位共轲镜对这种非相干光的擦除, 不同的光栅有不同的灵敏性, 只有耦合强度小的寄生栅被擦除, 而耦合强度大的光栅(如受激折变后向散射四波混频主光栅)受影响较小, 在产生最大自泵浦相位共轲的地方这种效果更突出, 所以它能够增强。另外, 入射激光波长为 633

nm 时 BaTiO<sub>3</sub>·Ce 晶体的自泵浦相位共轲形成机理属于受激光折变后向散射四波混频<sup>[10]</sup>, 正如文献[8]报道的那样, 受激光折变后向散射是从噪音中建立的。通过特殊材料的反射板在后向注入噪音(一种种子过程)会明显地降低受激光折变后向散射的增益阈值, 从而使自泵浦相位共轲提高。或许积分球的作用类似这种反射板。同时, 对于类似半线性自泵浦相位共轲镜的受激折变后向散射四波混频过程<sup>[11]</sup>, 相当于反射镜的受激光折变后向散射的反射  $M_s$  取决于  $2k$  栅作用通道末端的反射率  $R_s$ (晶体内和晶体面散射中心或者反射板的反射), 即:  $M_s$

$= (\sqrt{S} - 1)/(\sqrt{S} + 1)$  [其中  $S = 1 + 4R_s(1 - R_s)^{-2} \exp(2\gamma_{2k}L_s)$ ] [11]。积分球使  $R_s$  增加也就相应地增加了  $M_s$ , 这使自泵浦相位共轭的阈值降低, 而提高了它的效率 [12]。比较以上两种分析, 作者认为前一种可能是主要的, 因为  $\text{BaTiO}_3 \cdot \text{Ce}$  晶体本身有许多散射中心, 它们为受激散射提供了噪音背景, 使受激光折变后向散射较易产生后一种情况而不一定需要外界的辅助。以上解释只是根据有关事实进行的定性推测, 还有待于进一步地研究和证实。

### 参 考 文 献

- [1] J. Feinberg, D. Heiman, A. R. Tanguay *et al.*, Photorefractive effects and light induced charge migration in barium titanate. *J. Appl. Phys.*, 1980, **51**(3): 1297~ 1305
- [2] J. O. White, M. Cronin-Golomb, B. Fisher *et al.*, Coherent oscillation by self-induced gratings in the photorefractive crystal  $\text{BaTiO}_3$ . *Appl. Phys. Lett.*, 1982, **40**(6): 450~ 452
- [3] S. Weiss, S. Sternklar, B. Fischer, Double phase conjugate mirror: analysis, demonstration, and applications. *Opt. Lett.*, 1987, **12**(2): 114~ 116
- [4] J. Feinberg, Self-pumped, continuous-wave phase conjugator using internal reflection. *Opt. Lett.*, 1982, **7**(10): 486~ 488
- [5] T. Y. Chang, R. W. Hellwarth, Optical phase conjugate by backscattering in barium titanate. *Opt. Lett.*, 1985, **10**(8): 408~ 410
- [6] Yingwu Lian, H. Gao, Peixian Ye *et al.*, Self-pumped phase conjugation with a new mechanism in using  $\text{KTa}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3 \cdot \text{Fe}$  crystals. *Appl. Phys. Lett.*, 1993, **63**(13): 1745~ 1747
- [7] Y. W. Lian, S. X. Dou, H. Gao *et al.*, Mechanism transformation with wavelength of self-pumped phase conjugation in  $\text{BaTiO}_3 \cdot \text{Ce}$ . *Opt. Lett.*, 1994, **19**(9): 610~ 612
- [8] R. A. Mullen, D. J. Vickers, L. West *et al.*, Phase conjugation by stimulated photorefractive scattering using a retroreflected seeding beam. *J. Opt. Soc. Am. (B)*, 1992, **9**(9): 1726~ 1734
- [9] G. J. Dunning, D. M. Pepper, M. B. Klein, Control of self-pumped phase-conjugate reflectivity using incoherent erasure. *Opt. Lett.*, 1990, **15**(2): 99~ 101
- [10] Changxi Yang, Yong Zhu, Mengjun Hui *et al.*, High efficiency self-pumped phase conjugation at 633 nm in cerium-doped barium titanate crystals. *Opt. Comm.*, 1994, **109**(3/4): 318~ 323
- [11] S. X. Dou, Jiasen Zhang, M. G. Wang *et al.*, Theoretical study on effects of stimulated photorefractive backscattering in self-pumped phase conjugators. *J. Opt. Soc. Am. (B)*, 1995, **12**(6): 1056~ 1064
- [12] Jiasen Zhang, Yingwu Lian, S. X. Dou *et al.*, Theory of a "stimulated photorefractive backscattering and four-wave mixing" self-pumped phase conjugator. *Opt. Commun.*, 1994, **110**(5/6): 631~ 637

## Observation of Enhancing Self-Pumped Phase Conjugation in $\text{BaTiO}_3 \cdot \text{Ce}$ Crystal within a Globular Integrating Cavity

Zhou Jinyun    Zhang Weijun    Gao Xiaoming    Han Yanong  
Jee Ming    Wang Pei    Zhou Shikang

(Laser Spectroscopy Laboratory, Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics,  
The Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031)

(Received 6 July 1996; revised 3 October 1996)

**Abstract** The self-pumped phase conjugation in  $\text{BaTiO}_3 \cdot \text{Ce}$  crystal was observed within a globular integrating cavity made of polytetrafluoroethylene. It was found that the self-pumped phase conjugation produced by He-Ne laser was enhanced under above circumstances. Some experimental results are analysed.

**Key words**  $\text{BaTiO}_3 \cdot \text{Ce}$ , self-pumped phase conjugation, integrating sphere.