

远场非单一强度分布光的 BaTiO₃: Ce 自泵浦相位共轭效应

周金运 胡义华

张为俊 韩亚农 高晓明

(广东工业大学数理系 广州 510090)

(中国科学院安徽光机所激光光谱开放实验室 合肥 230031)

提要 在 BaTiO₃: Ce 晶体上,用两 He-Ne 激光为模拟光源,进行远场自泵浦相位共轭。通过研究不同入射强度比的两种光产生的相位共轭光强变化,特别是它们各自建立相位共轭光栅的响应时间差别,发现非单一强度分布的远场光产生的相位共轭光在时序上能分离。依此特性,初步探索不配合目标的信标光成为点光源用于自适应光学系统的问题。

关键词 BaTiO₃: Ce, 自泵浦相位共轭, 光栅响应时间, 光栅竞争

光折变晶体自泵浦相位共轭镜不仅使强度很弱的入射光产生再现其波阵面的相位共轭光,使得光返回即能消除原入射光遭受不均匀媒质所引起的畸变,而且一束入射光在共轭镜内就能自组织满足相位匹配条件,因而简便易操作。用光折变自泵浦相位共轭镜补偿光学系统静态和动态的畸变越来越受到许多应用物理领域甚至高科技领域的关注。比如激光在大气中远距离传输,可以用它来补偿由于大气湍流等引起的波前畸变^[1,2]。然而光学非线性相位共轭补偿方法完全使远距离不配合目标的信标光获得相位共轭补偿,目前技术尚不成熟。就目前这方面补偿较成熟的自适应光学系统而言,由于系统将激光远距离会聚到目标上,然后再从目标上反射的信标光常常是强度分布不均的许多起伏的斑点,而只有当靶面反射的信标光是点光源才有利于自适应光学补偿技术在实际场景下的应用^[3]。如何配合自适应光学技术,利用相位共轭技术从强度分布不均的信标光中获得某一强反射光点的信标光是我们的目的。为此本文用两台 He-Ne 激光器模拟信标光,采用 BaTiO₃: Ce 光折变晶体作为相位共轭镜,通过研究对两束不同强度远场光的自泵浦相位共轭效应,对远场非单一强度的分布光进行相位共轭问题作初步探讨。

图 1 是实验配置示意图。两台波长为 633 nm 的 He-Ne 激光器输出的激光分别用其半波片来调节使其偏振方向在入射光和晶轴所在的水平面内,并且通过两衰减器调节两入射光光强 I_1 和 I_2 , 用分束镜 BS₁ 和 BS₂ 使功率计 D_1 和 D_2 能分别检测两入射光的共轭光 I_{1c} 和 I_{2c} , 功率计连接到装有数据采集卡的计算机上而使结果实时地被采集。用透镜使激光到达晶体的光束直径为 1.2 mm, 所用晶体为 O^o 切割的 BaTiO₃: Ce, 掺 Ce 浓度为 10×10^{-6} , 其尺寸是 6.47 mm × 6.98 mm × 7.41 mm, 晶体的 c 轴平行于 7.41 mm 的边。考虑到远场光作用在相位共轭镜上

的实际情形,置晶体距光源 4 m 开外,并使入射光束之间的夹角通过两分束镜 BS_1 和 BS_2 任意调小到 $\alpha = 0.3^\circ$,两入射光的入射角近似为同一角度 θ ,本实验中 $\theta = 50^\circ$ 。

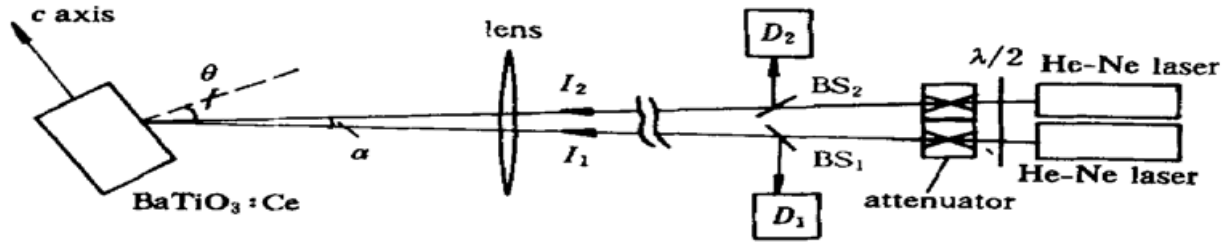


图 1 实验装置简图

Fig. 1 Schematic of the experimental set-up

调节 I_2 光功率为 2 mW, I_1 光功率为 4 mW, 同时使 I_1 和 I_2 入射到 $BaTiO_3:Ce$ 上, 得到图 2 所示的 I_1 和 I_2 的相位共轭光功率 I_{1c} (图中曲线 2) 和 I_{2c} (图中曲线 4) 随时间变化的关系。图中曲线 1 是挡住 I_2 后, I_1 单独存在时产生的相位共轭光变化; 图中曲线 3 是挡住 I_1 后, I_2 单独存在时产生的相位共轭光变化。从图 2 看出, 强光和弱光共同入射产生的相位共轭光比其单独作用产生的相位共轭光要弱, 但弱的入射光产生的相位共轭光比其单独作用产生的相位共轭光就更弱。说明强光与弱光同时存在, 各自在晶体中建立的光栅不同程度地被调制, 影响了它们的光栅耦合系数, 使得产生的相位共轭光比它们单一强度分布产生的相位共轭光要弱。另外由于晶体内光栅共存时, 它们之间有模式竞争, 正反馈效应会使弱的受到强的抑制^[4], 故弱的光栅产生的相位共轭光被降低的程度就相应地更大。特别有意义的是, 强光与弱光同时产生相位共轭光, 强光比弱光有更快的光栅响应。图 2 中同时打开 I_1 和 I_2 , I_2 产生的相位共轭光 (图中曲线 4) 比 I_1 产生的相位共轭光 (图中曲线 2) 的响应时间要滞后 250 s。这段时间, 对利用响应时间差别使不同强度分布的信标光通过相位共轭获得某一种共轭的光波是很有可能。从图 2 中还可以看出, 强光和弱光分别单独作用, 它们的光栅响应时间差别不大, 说明 $BaTiO_3:Ce$ 晶体对产生自泵浦相位共轭光栅是灵敏的。当强光和弱光共同作用时, 强光形成光栅的响应时间与上面结果无甚改变, 而弱光形成光栅的响应时间却改变很大, 说明强光和弱光形成的光栅之间的竞争, 极大地抑制了弱光建立光栅的正常进程。

实验中, 固定 I_2 光强为 2 mW, 调节 I_1 光强, 使其光强比 ($q = I_1/I_2$) 按照 $q = 1, q = 1.4, q = 1.8, q = 2$ 的比例, 分别同时入射, 对各自产生的自泵浦相位共轭结果实时采集, 得到不同光强比与它们各自产生自泵浦相位共轭响应时间的关系如图 3 所示。图 3 表明, 随着光强比增大, 强光和弱光建立光栅的响应时间差别越来越大。说明共同入射的远场光, 强光在 $BaTiO_3:Ce$ 晶体中建立自泵浦相位共轭光栅总是对应着短的响应时间, 而弱光会随着强光的增大使其建立光栅的时间延迟。另外, 图 3 在两入射光强比为 1 时, 即均为 2 mW 时, 与图 2 中曲线 3 (2 mW 的入射光单独产生的相位共轭光) 相比, 响应时间明显增长, 然而当两光的强度比一经提高, 强的光马上恢复通常的光栅建立时间 (40 s 左右), 而弱的光建立光栅的时间却更加延迟。说明两入射光相等, 它们光栅之间的竞争使得各自建立独立的自泵浦相位共轭光栅需要有其竞争的时间过程; 而两入射光的强度不等, 甚至稍微不同, 强光首先建立的光栅抑制了弱光光栅的建立, 弱光的光栅一旦不能建立, 强光的光栅就会变得更强大, 结果又会进一步抑制弱的光建立光栅, 如此下去, 强光建立光栅的响应时间就会比弱光建立光栅的响应时间大为超前。

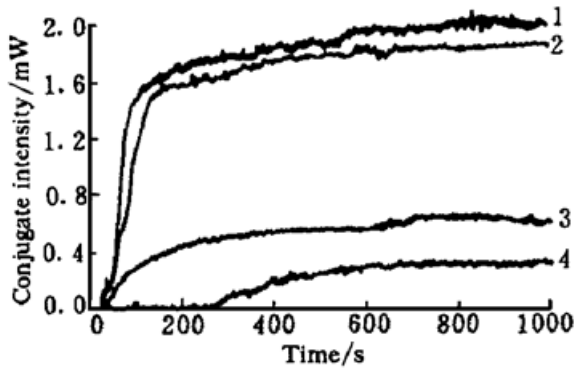


图2 4 mW 和 2 mW 的激光分别单独以及同时射入 BaTiO₃: Ce 产生的自泵浦相位共轭强度随时间的变化曲线

曲线1和曲线3是强光和弱光单独作用的结果;
曲线2和曲线4是强光和弱光同时作用结果

Fig. 2 Temporal development of phase conjugate signals produced alone and simultaneously by 4 mW and 2 mW lasers respectively

Curve 1 and 3 present the result produced alone by the 4 mW and the 2 mW respectively. Curve 2 and 4 present the result of the 4 mW and the 2 mW when happen at the same time

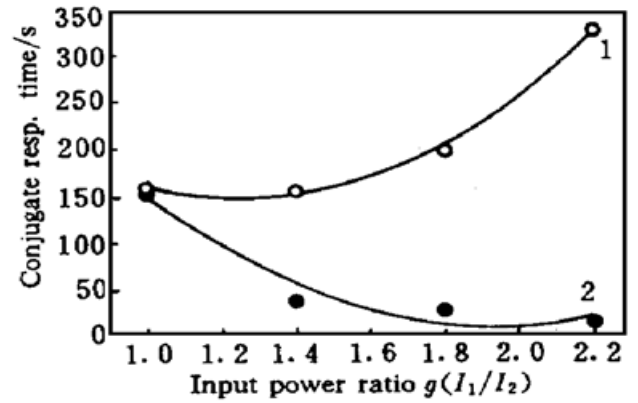


图3 不同入射功率比的强光和弱光分别入射到 BaTiO₃: Ce 上产生自泵浦相位共轭的响应时间拟合曲线1和2分别对应强光和弱光作用的结果

Fig. 3 Response time of self pumped phase conjugation produced by the strong and the weak lights respectively incident upon BaTiO₃: Ce in different input power ratios

Fitting curve 1 and 2 correspond to the results produced by the strong and the weak lights respectively

以上自泵浦相位共轭的光栅建立过程, 显然仅用四波混频耦合波方程^[4,5]和光折变光栅建立的材料方程^[6]来进行分析是不够的, 因为光栅的竞争使得光折变晶体中载流子的离化、复合和迁移发生了大的改变, 以致于形成的空间电荷场乃至光栅的耦合系数也会有相应的改变, 故光栅竞争的自泵浦相位共轭过程是复杂的非线性光学过程, 有关的理论分析有待进一步探讨。

总之, 我们的实验结果表明, 远场非单一强度分布的光作用在 BaTiO₃: Ce 自泵浦相位共轭镜上, 能产生它们各自的相位共轭光, 但这些不同强度的入射光其相位共轭光的响应时间却极为不同, 利用它们的响应时间差可以从时序上对它们进行分离, 根据需要, 也可以提取最强的光而同时剔除掉其他光点。这一点对解决不配合目标的信标光成为自适应光学补偿系统的点光源这一问题有一定的价值, 当目标上的许多起伏光点通过上述相位共轭过程, 可以利用其时间差来选取响应最快的共轭光点(这种最快的共轭光点同时也是强度最亮的光点)作为自适应光学系统的点光源。

参 考 文 献

- 1 T. Honda, H. Matsumoto. Effects of BaTiO₃ self-pumped phase conjugation in 400-m atmospheric optical path. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1991, **30**(12A): 3399~ 3402
- 2 T. Honda, H. Matsumoto. Reflection-grating self-pumped phase conjugation with BaTiO₃: Co and compensation for air turbulence. *J. Opt. Soc. Am. B*, 1994, **11**(10): 1983~ 1991
- 3 J. Hermann. Properties of phase conjugate adaptive optical systems. *J. Opt. Soc. Am.*, 1977, **67**(3): 290~ 295
- 4 M. Segev, Y. Ophir, B. Fischer. Nonlinear multi two-wave mixing, the fanning process and its bleaching in photorefractive media. *Opt. Commun.*, 1990, **77**(2/3): 265~ 274
- 5 B. Fischer, M. Cronin-Golomb, J. O. White *et al.*. Amplified reflection, transmission, and self-oscillation in real

time holography. *Opt. Lett.*, 1981, **6**(11): 519~ 521

- 6 M. Cronin-Golomb, B. Fischer, J. O. White *et al.*. Theory and applications of four-wave mixing in photorefractive media. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1984, **QE-20**(1): 12~ 28

Effect of Self-pumped Phase Conjugation in BaTiO₃: Ce on a Far-field Non-single Intensity Distribution Light

Zhou Jinyun Hu Yihua

(*Department of Mathematics and Physics, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090*)

Zhang Weijun Han Yanong Gao Xiaoming

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

Abstract Two He-Ne lasers in the far field acted as simulated light sources carried out self-pumped phase conjugation in BaTiO₃: Ce crystal. By studying the changes of their conjugate intensity, especially the response time differences of their grating build-up with different incident light intensities, it was found that the conjugate light produced by the non-single intensity distribution light in far field can be separated in time sequence. With these specific properties, the problem of how to make the beacon light on a uncooperative target become a light spot used for an adaptive optical system may be dealt with tentatively.

Key words BaTiO₃: Ce, self-pumped phase conjugation, response time of grating, contest of grating