

BaTiO₃ 晶体自泵浦相位共轲中的透射效应

唐九耀

华 诚

(浙江大学物理系, 杭州 310027)

(浙江大学光科系, 杭州 310027)

提 要

从 BaTiO₃ 晶体自泵浦相位共轲透射光束的出射角随泵浦光束入射角的变化, 相位共轲透射光束在晶体中的光路, 以及相位共轲透射光束的透射率随泵浦光束和晶体 *c* 轴夹角的变化等几方面研究了 BaTiO₃ 晶体自泵浦相位共轲中的透射效应, 根据实验结果肯定了自泵浦相位共轲中透射现象的存在.

关键词 BaTiO₃ 晶体, 自泵浦相位共轲, 透射效应.

1 引 言

当一束激光相对于 BaTiO₃ 晶体 *c* 轴以一定角度入射到晶体上时, 由于光折变效应将在晶体内形成四波混频的激发机制, 这种激发机制将产生与入射光束传播方向相反的自泵浦相位共轲光束(如图 1 中的光束 4). 对这种 BaTiO₃ 晶体自泵浦相位共轲的反射效应, 人们已作了广泛而深入的研究^[1], 但对于自泵浦相位共轲中的透射现象, 人们却研究不多. Zhiguo Zhang 等人^[2]曾注意到这个问题, 他们用 *y-t* 记录仪测量过如图 1 所示的光束 5 的时间特性, 发现其光强和相位共轲反射光束 4 同步地随时间而增加, 因而就认为光束 5 确实是自泵浦相位共轲光束 3 经晶面反射后又穿过晶体的相位共轲透射光束. 由于在 BaTiO₃ 晶体自泵浦相位共轲的过程中同时还存在好几个光束具有和相位共轲反射光束 4 同样的程度时间特性, 故仅据此一点还不足以说明光束 5 就是 BaTiO₃ 晶体自泵浦相位共轲中的透射光束. 如图 2 所示, 除了中间最强的光束 5 以外, 左上角和下角的二个光束也具有和光束 4 同样的强度时间特性. 本文将从有关相位共轲透射光束的几方面来研究 BaTiO₃ 晶体自泵浦相位共轲中的透射效应.

2 透射光束的出射角随泵浦光束入射角的变化

实验中采用的 BaTiO₃ 晶体(3.90 mm × 5.16 mm × 5.68 mm, *c* 轴平行于 5.68 mm 边)是由中国科学院物理所生长的, 泵浦光为 Ar⁺ 离子激光器的 514.5 nm 谱线, 激光束以反常光的偏振形式进入晶体.

在 BaTiO₃ 晶体自泵浦相位共轲的过程中同时存在几束光具有与相位共轲反射光束相同的强度时间特性, 其中有一束光强度最大(图 2 中的中心光束), 并且与正常的反射光束 2' 几乎处在同一直线上, 因而有可能就是自泵浦相位共轲过程中的透射光束 5. 为了证实这一点,

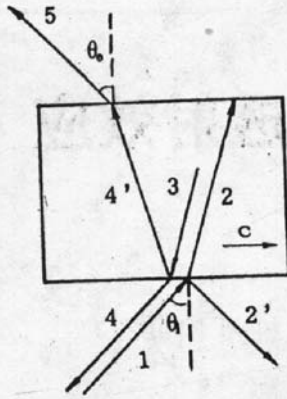


Fig. 1 Reflected and transmitted beams in the self-pumped phase conjugation of a BaTiO₃

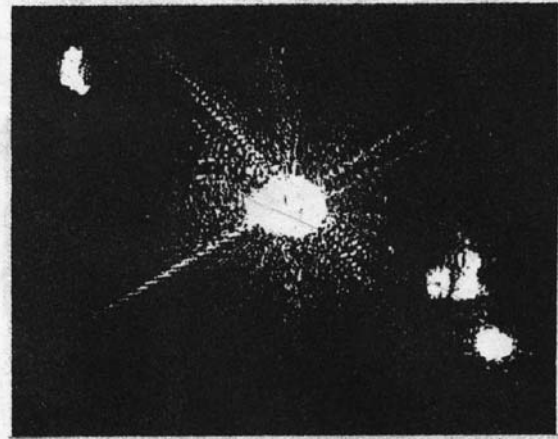


Fig. 2 Photograph of the transmitted phase conjugate beam with two other beams which have the same time dependence of intensities as that of beam 4

实验上用改装后的分光计测量了此光束的出射角随泵浦光束入射角的变化情况,如图 3 所示. 当泵浦光束 1 的入射角在 0°~90°之间变化时,此光束的出射角也在 0°~90°之间变化,并且光束 1 每改变 5°,此光束也总是相应地改变几乎同样的角度. 此光束的出射角与泵浦光束入射角的这种依存关系只有在此光束本身就是相位共轭光束 3 经晶面反射后又穿过晶体的透射光束时才有可能. 这一实验现象使人们相信此光束应该就是图 1 中的相位共轭透射光束 5.

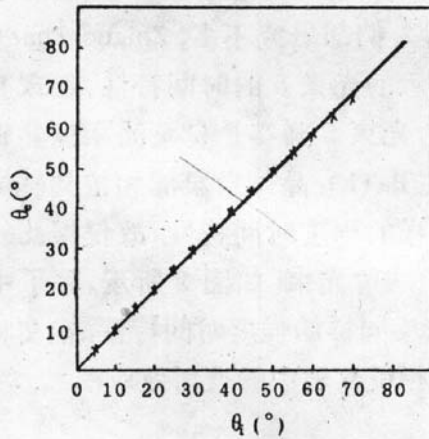


Fig. 3 Dependence of the emergent angle of the transmitted phase conjugate beam on the incident angle of the pumping beam

3 透射光束在晶体中的光路

自泵浦相位共轭透射光束存在的最直接的证明也许就是晶体向符合反射定律的光束 3 的反射光束 4' 的存在. 当自泵浦相位共轭具有较高的反射率时,确实可以从晶体中观察到符合反射定律的透射光束 4'. 图 4 的显微照片揭示了 BaTiO₃ 晶体自泵浦相位共轭的激发机制,也清楚地显示了光束 4' 的存在,并且也观察到了光束 5 就是由光束 4' 透射而来的. 在图 4 的照片中,泵浦光束以 44°角入射到晶体表面,进入晶体后光束的折射角为 16.5°,光束 3 和 4' 之间的夹角为 33°,照片中除了有标号的光束外,其余的都是晶体内形成的激发光束.

4 透射光束的透射率与泵浦光束和晶体 c 轴夹角的关系

采用图 5 所示的装置容易得到自泵浦相位共轭的反射率 R_{pc} 和透射率 T_{pc} 分别为

$$R_{pc} = I_{pcr} / I_{pr} T_{BS},$$

$$T_{pc} = I_{pct} R_{BS} / I_{pr} T_{BS}$$

式中 I_{pcr} 为相位共轭反射光束 I_{sc} 经分束镜 BS 反射后的强度, I_{pct} 为相位共轭透射光束的强度, I_{pr} 为泵浦光束 I_p 经 BS 反射后的强度, R_{BS} 和 T_{BS} 分别为分束镜的反射率和透射率.

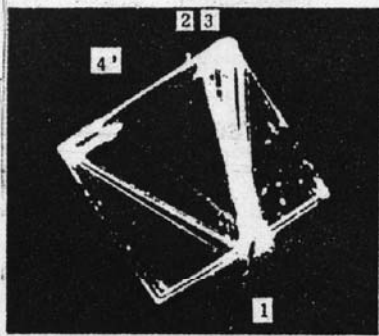


Fig. 4 Microscope photograph of the transmitted phase conjugate beam in the BaTiO₃ crystal

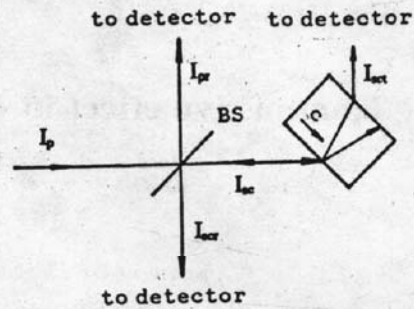


Fig. 5 Set-up for measuring reflectivity and transmissivity of a self-pumped phase conjugator

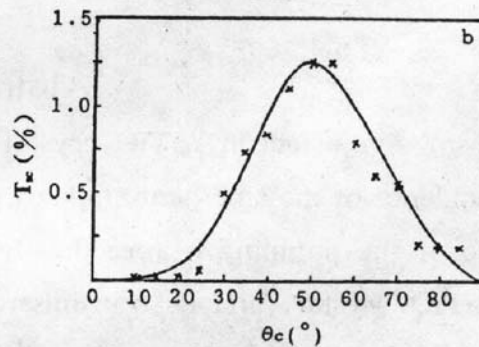
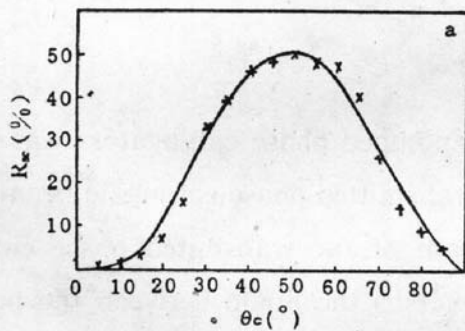


Fig. 6 (a) Phase conjugate reflectivity versus the angle between the pumping beam and c axis of the crystal;

(b) Phase conjugate transmissivity versus the angle between the pumping beam and c axis of the crystal

图 6 给出了 BaTiO₃ 晶体自泵浦相位共轭的反射率及透射率与泵浦光束和晶体 c 轴夹角 θ_c 的关系曲线. 从图上可以看出两者的形状非常相似, 几乎在 θ_c 为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的整个范围都存在相位共轭反射光束和透射光束, 两者都在 θ_c 为 50° 附近达到极大, 在 0° 和 90° 时趋于零. 这又进一步表明相位共轭反射光束和透射光束确实是从同一个相位共轭光束 3 中分离出来的. 尽管在峰值时相位共轭反射率可以达到 50.8%, 而透射率只有 1.24%, 也就是峰值时相位共轭反射光的强度约是透射光的 40 倍, 但由于相位共轭透射光束不用分束镜即可直接检测, 因此, 在某些场合仍然有它的应用价值. 图 7 为采用载像光束作自泵浦光源时, 相位共轭透射光束所成的像, 尽管有些细节不很清晰, 但整个轮廓还是完整的.



Fig. 7 Phase conjugate image formed by the transmitted phase conjugate beam

参 考 文 献

- [1] J. Feinberg, Self-pumped, continuous wave phase conjugator using internal reflection. *Opt. Lett.*, 1982, 7(10): 486~488
- [2] Zhiguo Zhang, Gang Hu, Panming Fu *et al.*, Observation of high-order degenerate wave mixing in BaTiO₃. *Opt. Lett.*, 1988, 13(9): 761~763

Transmissive effect in BaTiO₃ self-pumped phase conjugators

TANG Jiuyao

(Department of Physics, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

HUA Cheng

(Department of optical and Electronic Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

(Received 6 April 1992; revised 8 June 1992)

Abstract

The transmissive effect in BaTiO₃ crystal self-pumped phase conjugators was studied from the dependence of the emergent angle of the transmitted phase conjugate beam on the incident angle of the pumping beam, the light path of the transmitted phase conjugate beam in a BaTiO₃ crystal, and its transmissivity versus the angle between the pumping beam and *c* axis of a crystal. It was found that there indeed exists a transmitted phase conjugate beam in the self-pumped phase conjugation of a BaTiO₃ crystal and the transmitted beam is separated from the self-pumped phase conjugate beam by an internal reflection of the crystal surface.

Key words BaTiO₃ crystals, self-pumped phase conjugation, transmissive effect.