

用 He-Ne 激光在 KNSBN 晶体中 实现高反射率自泵浦相位共轭

岳学峰 邵宗书 陈焕鑫 宋永远 孙大亮

(山东大学 晶体材料研究所, 济南)

吴 晓 光

(山东大学 光学系, 济南)

提 要

本文报道了用 He-Ne 激光在 $(K_{0.5}Na_{0.5})_{2y}(Sr_{0.61}Ba_{0.39})_{1-y}Nb_2O_6$ (KNSBN) 光折变晶体中实现高反射率自泵浦相位共轭, 其共轭光的反射率高达 40%。研究了共轭光反射率随入射角度变化的关系以及响应时间与入射光功率密度的关系。

关键词: 自泵浦相位共轭; KNSBN 晶体。

一、引 言

自泵浦相位共轭利用了晶体内表面对散射光的全反射, 不需外加其它泵浦光, 光路简单且可以得到较强的共轭光输出, 具有较大的应用潜力。目前, 自泵浦相位共轭已相继在 BaTiO₃, SBN, KNSBN 晶体中实现^[1~5]。其主要结果是以 Ar⁺ 或 He-Cd 激光器获得^[2~5], 共轭光的反射率一般在 2%~30% 之间, 在纯的 SBN 晶体中甚至达到 60%。另外在长波段 647~780 nm 处也获得了 20% 左右的共轭光反射率。但在 He-Ne 激光波长 632.8 nm 处虽也进行过有关的实验, 得到的共轭光反射率却近似为零, 无实用的价值。本文报道了以 He-Ne 激光器作为光源, 在掺铈的 KNSBN 晶体中实现高反射率的自泵浦相位共轭, 研究了共轭光的反射率随入射角变化的关系, 响应时间与入射光功率密度的关系。在该波长处得到的最高共轭光反射率大于 40%。由于 He-Ne 激光器成本低, 寿命长, 稳定性好, 且应用广泛, 使得自泵浦相位共轭更具有应用的前景。同时也说明只要通过适当的掺杂, KNSBN 晶体可用于多种波长实现相位共轭光学中各种现象及应用。

二、实验与结果

1. 样品与实验装置

本实验所用晶体为山东大学晶体材料研究所利用 Czochralski 技术从高温熔体中直接提拉得到的 $(K_{0.5}Na_{0.5})_{2y}(Sr_{0.61}Ba_{0.39})_{1-y}Nb_2O_6$, 其中 $y=0.1$ 并有 0.03 wt% 的 CeO₂ 掺杂。样品呈淡红色, 切割加工成 $3.8 \times 4.4 \times 6.9$ mm 的长方体, 光轴平行于 6.9 mm 的棱。

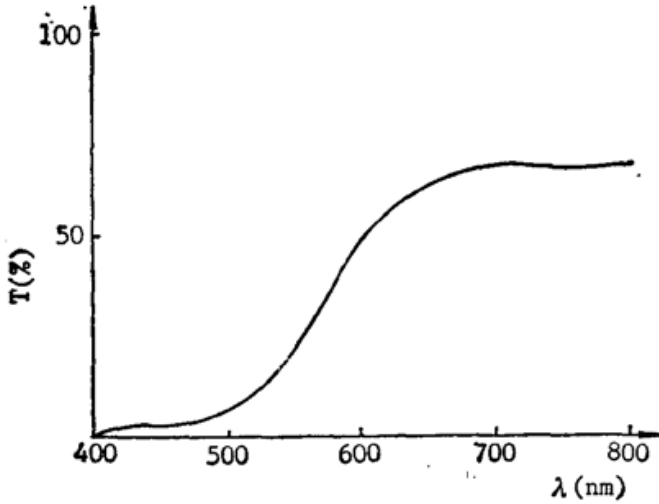


Fig. 1 The transmission spectra of Ce-doped KNSBN. The curve was recorded for 3.8 mm thickness and has not been corrected for Fresnel losses

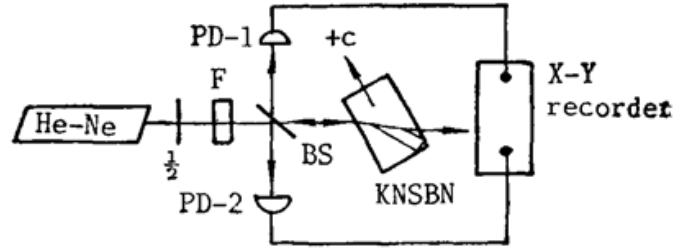


Fig. 2 Apparatus used in the measurement of phase conjugate reflectivity and response time

样品经过极化处理,其透过率见图 1。

图 2 为实验装置图, He-Ne 激光器波长 632.8 nm, 功率 25 mW, 输出光为线偏振。转动半波片可以调节入射到晶体上的光的偏振方向, e 光用于形成自泵浦相位共轲, o 光用于消除晶体中已经记录的光栅。BS 的反射率为 30%, 用于同时将入射激光及共轲光引出, 以测量其强度进而求得共轲光的反射率。加衰减片 F 可以控制入射到晶体上的光功率在 20 mW~5 mW 之间变化, 激光未经聚焦, 直径为 1.1 mm。共轲光的强度及响应用 HP-7046 B X-Y 记录仪记录。晶体通光方向的厚度为 3.8 mm, 晶体中形成自泵浦相位共轲光的基本光路及下文中所用符号如图 3 所示。

2. 实验结果

首先不断改变入射到晶体上的光的入射角度, 发现当 $\theta > 45^\circ$ 时即有较强的共轲光出现。各种角度下, 其共轲光的响应时间没有确定的规律, 当入射光功率为 17 mW 时, 其响应一般在 2~5 分钟之间, 实验测得的共轲光反射率随入射角度的关系如图 4 所示。

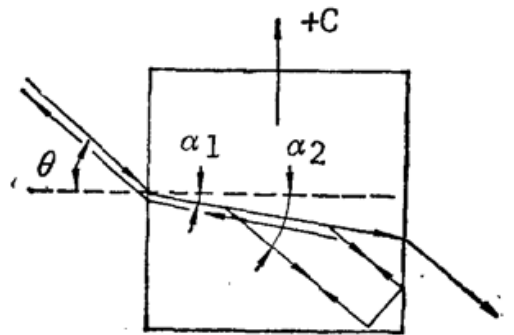


Fig. 3 Sketch of KNSBN crystal showing the angular relationship of beams within the crystal while it is self-pumping

定义从激光入射到晶体上到其共轲光达到最后稳态值的 $(1 - e^{-1})$ 倍所需要的时间为响应时间。以 $\theta = 68^\circ$ 为例, 改变入射光的功率, 测量对应不同入射光功率时的响应时间, 结果见图 5。可见, 随着 λ 射光功率的增加其响应变快。

另外我们还组成迈克尔逊干涉装置, 测量了自泵浦相位共轲光频率的变化。发现共轲光与入射光形成的干涉条纹缓慢的移动, 在稳定时大约每 10 分钟移动 10~15 个条纹, 与文献 [5] 在 SBN 晶体中得到的结果类似。

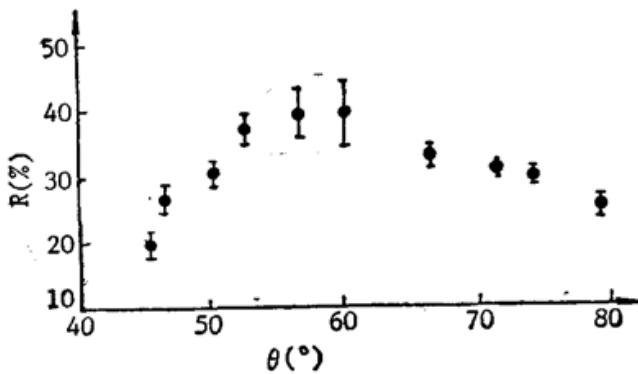


Fig. 4 The phase conjugate reflectivity versus incident angle. (the Fresnel losses have not been corrected)

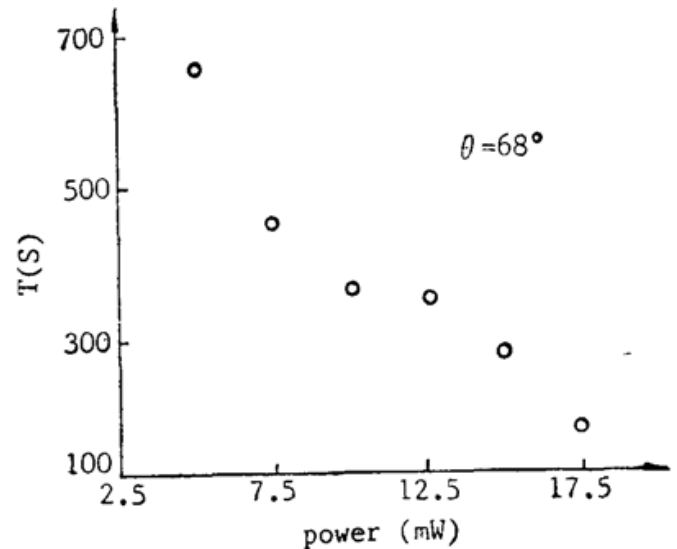


Fig. 5 The phase conjugate response time versus the incident power. The diameter of beam is 1.1 mm

三、讨 论

为了说明共轭光反射率随各种入射角度的变化关系, 我们以双光束耦合的实验测量了该样品中的有效光折电荷密度^[6], 结果为 $N_{\text{eff}} = 2.8 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 。以此为基础, 利用下列公式^[4]:

$$\gamma = \frac{\omega}{2n_0 C} \frac{\gamma_{\text{eff}} E}{\cos[(\alpha_1 - \alpha_2)/2]}, \quad (1)$$

$$\gamma_{\text{eff}} = \{n_0^4 \gamma_{13} \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 + 2n_0^2 n_e^2 \gamma_{42} \cos^2[(\alpha_1 + \alpha_2)/2] + n_e^4 \gamma_{33} \sin \alpha_1 \sin \alpha_2\} \sin[(\alpha_1 + \alpha_2)/2], \quad (2)$$

$$E = (k_B T/q) \cdot K / [1 + (k/k_0)^2], \quad (3)$$

$$k_0 = [(N_{\text{eff}} q^2) / (\epsilon \epsilon_0 k_B T)]^{1/2}, \quad (4)$$

$$k = (2n\omega/C) \sin[(\alpha_1 - \alpha_2)/2], \quad (5)$$

计算了耦合系数 γ 随 α_1, α_2 的变化关系, 见图 6。从图中知 γ 的峰值随 α_1 的增加而上升, 在 $\alpha_1 = 40^\circ$ 左右达到最大。当然, 在我们的实验中, θ 在 $45^\circ \sim 80^\circ$ 之间, 相应的 α_1 在 $18^\circ \sim 25^\circ$ 之间, 其 γ 的峰值变化不是太大。且入射角度过大时光的损耗增大, 光功率密度也减小, 其共轭光的反射率反而会下降。同 BaTiO_3 晶体一样, 为了在实验中得到最佳值, 应全面考虑耦合系数, 相互作用长度, 全内反射等诸因素, 晶体切割时也可以与 C 轴形成一定夹角, 以增大 α_1 的值。

另外, 共轭光的强弱与响应时间与入射光束的位置也有一定的关系, 所以每次测量的结果往往有些差异, 这一特性已被用来形成光学双稳态^[7]。

总之, 我们用 He-Ne 激光器在 KNSBN 晶体中实现了自泵浦相位共轭光输出, 其反射率与响应时间与已报道的用 Ar^+ 或 He-Od 激光器在光折变晶体中得到的结果相当。这说明 KNSBN 晶体只要通过适当的掺杂, 可以用于多种波长实现自泵浦相位共轭。

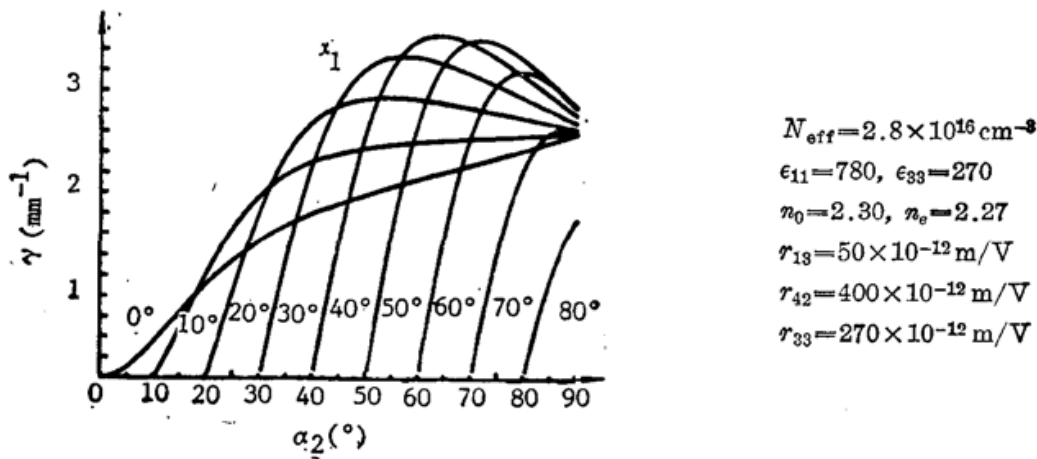


Fig. 6 Plot of the coupling constant γ versus α_2 for various α_1

参 考 文 献

- [1] Steven R. Montgomery *et al.*; *J. O. S. A. (B)*, 1988, **B5**, No. 8 (Aug), 1775.
- [2] Juan Rodriguez *et al.*; *Appl. Opt.*, 1987, **26**, No. 9 (Sep), 1732.
- [3] G. L. Wood *et al.*; *IEEE J. Q. E.*, 1987, **QE-23**, No. 12(Dec), 2126.
- [4] J. Feinberg; *Opt. Lett.*, 1982, **7**, No. 10 (Oct), 486.
- [5] G. Salamo; *Opt. Com.*, 1986, **59**, No. 5~6 (Oct), 417.
- [6] K. Sayano, A. Yariv; *Appl. Phys. Lett.*, 1989, **55**, No. 4 (Jul), 328.
- [7] J. Rodriguez *et al.*; *Appl. Opt.*, 1987, **26**, No. 11 (Nov), 2263.

Self-pumped phase conjugation in KNSBN crystal with high reflectivity at 632.8 nm

YUE XUEFENG, SHAO ZONGSHU, CHEN HUANCHU, SONG YONGYUAN AND SUN DALIANG
(*Institute of Crystal Materials, Shandong University, Jinan*)

WU XIAOGUANG
(*Department of Optics, Shandong University, Jinan*)

(Received 18 December 1989)

Abstract

Self-pumped phase conjugation has been observed in Ce-doped $(\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5})_{2y}(\text{Sr}_{0.61}\text{Ba}_{0.39})_{1-y}\text{Nb}_2\text{O}_6$ crystal by using He-Ne laser at 632.8 nm. The phase conjugate reflectivity as high as 40% was measured. The reflectivity as a function of incident angles and the relation of response time to the incident powers were studied experimentally.

Key words: self-pumped phase conjugation; KNSBN crystal.