

Ce:KNSBN 晶体中产生的双泵浦相位共轭*

贺顺忠 孙远坤 张以谟

(天津大学精仪系, 天津 300072)

姜全忠 吕新亮 陈焕鑫

(山东大学晶体材料研究所, 济南 250100)

摘 要 首次报道在 Ce:KNSBN 晶体中产生的“双”泵浦相位共轭现象, 同时还观察到由同一“双”泵浦相位共轭光路所产生的自泵浦相位共轭和四波混频现象。

关键词 光折变晶体, 双泵浦相位共轭, 四波混频。

1 引 言

众所周知, 自泵浦相位共轭是利用一束光在晶体中的光扇效应及其在相邻晶面上的全反射来实现简并四波混频相位共轭的。这一技术的发展不仅有利于光学器件的集成, 而且将对光学处理器和光计算机的实现提供新的途径。对此, Feinberg^[1], Rodrigun^[2], Rytz^[3] 分别用 BaTiO₃、Ce:SBN、KN₉O₃、Bi₁₂TiO₂₀ 等晶体先后实现了自泵浦相位共轭。在国内也相继有不少成功的实验报道^[4]。但这些自泵浦相位共轭强度都不高。1987年 Weiss 等人曾经用 Ar⁺ 激光和 BaTiO₃ 晶体成功地获得了双泵浦相位共轭, 并且在晶体中导致增益。

本文首次报道用 He-Ne 激光和 Ce:KNSBN 晶体成功地获得了双泵浦相位共轭, 并且在同一相位共轭光路中还观察到此晶体的多种光折变光栅效应, 如自泵浦相位共轭, 简并四波混频效应等。特别是, 自泵浦相位共轭强度得到了很明显的提高。

2 理 论

双泵浦相位共轭实验光路如图 1 所示, 两入射光束 2、4 分别入射在晶体的两个相对的表面上, 由于晶体的四波混频将产生光束 2、4 的相位共轭光光束 1、3, 又因光束 4、1 和光束 2、3 的耦合产生了自感应光栅, 因此, 光将从入射光束 2、4 分别透射到光束 3、1 中, 而光束 2、4 中的信息则以相位共轭的形式从晶体的两个入射面同时反射回去。文献[6, 7]已从理论上研究了这种装置的简并和非简并情况, 下面给出其研究结果。

两束光在晶体表面上的复振幅的边界条件是:

$$A_4(z=0) = A_4(0), \quad A_2(z=L) = A_2(L), \quad A_1(0) = A_3(L) = 0,$$

* 回国留学人员资助课题。

收稿日期: 1993年10月29日; 收到修改稿日期: 1994年5月21日

若 $q = I_4(0)/I_2(l)$, 其中 $I_i(z) = |A_i(z)|^2$. 则归一化功率密度通量 Δ

$$\Delta = [(I_2 + I_3) - (I_1 + I_4)]/L_0,$$

其中 $I_0 = \sum I_i$ 将可写成: $\Delta = (1 - q)/(1 + q)$. 由于在这两个方向上两个复振幅透射系数是相等的, 即 $A_3(0)/A_2(l) = A_1(l)/A_4(0)$. 因此, 对应的强度透射系数为: $T = I_3(0)/I_2(l) = I_1(l)/I_4(0)$. 可以证明它还可写成:

$$T = \frac{a^2[q^{-1/2} + q^{1/2}]^2 - [q^{-1/2} - q^{1/2}]^2}{4} \quad (1)$$

式中 a 与耦合系数 γ 的关系如下

$$\tanh\left(-\frac{\gamma l}{2} a\right) = a \quad (2)$$

而此系统相应的反射率 $R_1 = I_3(0)/I_4(0)$, $R_2 = I_1(l)/I_2(l)$ 可写成: $R_1 = T/q$, $R_2 = Tq$. 由(2)式可得出 γl 可能的最低阈值: $|\gamma l| = 2$, 而由(1)式得: 当 $q = 1$ 时, $T \rightarrow T_{\max} = a^2$ 以及 q 的变化范围:

$$\frac{1 - a}{1 + a} < q < \frac{1 + a}{1 - a} \quad (3)$$

可以看出: 对于以上阈值 $|\gamma l| = 2$, a 的值接近于 1, 即 $a \approx 1$. 因此, $T = 1$, $R_{1,2} = q^{\mp 1}$. 但由于晶体中还存在光能损耗, 因此, T 、 R 的实际值将比以上理论值要小得多.

3 实验结果

图 2 为双泵浦相位共轲实验光路, He-Ne 激光由分光镜 BS₁ 分成两束光 1、2, 光束 1 经扩束准直后到输入平面的图像信息经 L₃ 会聚在晶体表面上(晶体尺寸: 6 × 5 × 4.5 mm³), 光束 2 则由反射镜 M₂ 反射晶体的另一表面上. 在晶体处两入射光近似成 75° 角, 其中光束 1 与晶体表面约成 20° 左右的角, 其入射位置距端面约 2.5 mm; 而晶体仰 5° 左右的角. 图中分束器 BS₁、BS₂、BS₃ 和透镜 L₁、L₂、L₃ 用以保证得到最佳强度比 q 以及在晶体中产生最大交迭以获得最大增益, $\lambda/2$ 波片用以确保作用获得以上效果.

Fig. 2 Experimental configuration of the DPCM

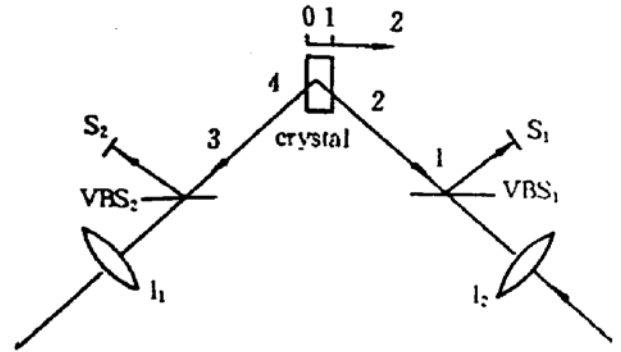


Fig. 1 Schematic of the experimental setup for the DPCM

BS's, beam splitters, S's, screens L's, lenses

BS₂、BS₃ 和透镜 L₁、L₂、L₃ 用以保证得到最佳强度比 q 以及在晶体中产生最大交迭以获得最大增益, $\lambda/2$ 波片用以确保作用获得以上效果.

通过实验, 可产生 I₁ 光的相位共轲波. 图 3 为它在 E₁ 处屏上所呈现的图像(照片), 若换上 x-y 记录仪则可记录出相应的强度变化如图 4 中曲线 I 示. 若挡住光束 1, 则屏上图像依然存在, 只是强度稍有减弱如图 5 所示, 其相应的强度变化如图 4 中曲线 II 所示.



Fig. 3 Photograph of the phase conjugation



Fig. 5 Photograph of the phase conjugation

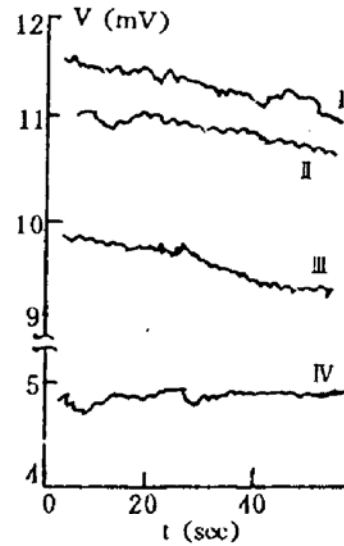


Fig. 4 Experimental curve of the phase conjugations

以上实验现象与 Weiss 等人的双泵浦相位共轭基本一致。因此这种系统也可以看成一种新的被动相位共轭镜结构。

惊奇的是，在实验中发现没有光束 2，能在 E_1 处看到 I_1 的自泵浦相位共轭波信息如图 6 所示，但亮度比图 3、5 劣低得多，其强度变化如图 4 中曲线 IV 所示，并由实验证实：即使没有任何光的泵浦它也存在，而且在加入光束 2 后其亮度会明显增大。此时，若再加入反射镜 M_3 ，则其强度还能稍提高一点。如图 4 中曲线 I 所示。同时，在 E_2 处还能看到 I_2 的相位共轭波如图 7 所示，其强度变化如图 8 所示，若迅速挡住 I_3 ，则 E_1 处共轭波强度会有很小的减弱，而 E_2 处强度则减少较多，其记录曲线分别由图 4 曲线 I 降到曲线 II；从图 8 曲线 I 降到曲线 II。图 9 为 E_2 处所拍照片，图 8 曲线 III 为一分钟后所记录的曲线。进一步试验还发现 E_2 处的相位共轭波的存在及变化仅由 I_3 的加入与否有关，而与 I_1 的大小变化无关，即 E_2 与 E_1 两处的相位共轭波互不影响。



Fig. 6 Photograph of the self-pumped phase conjugation



Fig. 7 Photograph of the phase conjugation

结 论 利用图 2 光路 (Ce:KNSBN) 可得到晶体的多种光折变光栅效应，如自泵浦，双泵浦相位共轭等，特别是利用另一束光的泵浦如 I_2 光，可使自泵浦相位共轭波强度明显提高。此外，晶体的这种双泵浦相位共轭特性将使它具有多种功能。这在实时图象处理，全息关联存储以及在进行多种不同光信号处理和运算方面将发挥重要的作用。

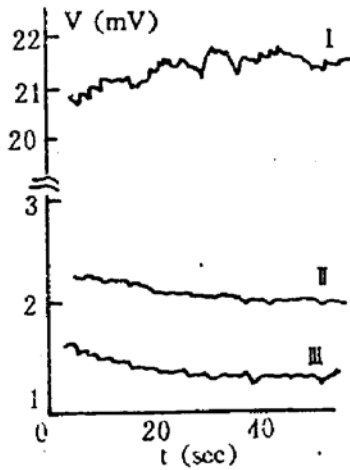


Fig. 8 Experimental curve of the phase conjugation



Fig. 9 Photograph of the phase conjugation

参 考 文 献

- [1] J. Feinberg, Self-pumped continuous-wave phase conjugator using internal reflection. *Opt. Lett.*, 1982, 7(10): 486
- [2] J. Rodriguez, et al., BSKNN as a self-pumped phase conjugator. *Appl. Opt.*, 1987, 26(9): 1732
- [3] Peixian Ye et al., Mutually coherent beam induced self-pumped phase conjugate reflection in BaTiO₃. *Appl. Phys. Lett.*, 1989, 55(9): 830
- [4] a) 余有龙等, KNSBN:Co 晶体自泵浦相位共轭特性研究. *光学学报*, 1992, 12(10): 283~287
b) 孙大亮等, KNSBN:Co 晶体的无外场自泵浦相位共轭. *光学学报*, 1992, 12(4): 313~317
- [5] S. Weiss, S. Sternklar, B. Fischer, Double phase-conjugate mirror, analysis, demonstration and applications. *Opt. Lett.*, 1987, 12(2): 114
- [6] E. dward, J. Shap et al., Double phase conjugation in tungsten bronze crystals. *Appl. Opt.*, 1990, 29(6): 743
- [7] M. Cronin-Golomb, B. Fisher, J. O. White et al., Theory and applications of four-wave mixing in photorefractive media. *IEEE, J. Quant. Electron.*, 1984, QE-20(1): 12

Double Phase Conjugation in Ce:KNSBN Crystal

He Shunzhong Sun Yuankun Zhang Yimo

(Department of Precision Instrument Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072)

Jiang Quanzhong Lü Xinliang Chen Huanchu

(Institute of Crystal Materials, Shandong University, Jinan 250100)

(Received 29 October 1993; revised 21 May 1994)

Abstract In this paper we for the first time report the double phase conjugation in Ce:KNSBN crystal. It was also observed that the self-pumped phase conjugation and four-wave mixing have been produced with the same double phase conjugate configuration.

Key words photorefractive crystal, double phase conjugation, four-wave mixing.