

Cu : KNSBN 鸟翼式互泵浦相位共轲器的实验研究*

汪家友 王立军 过巴吉

(西安电子科技大学技术物理系, 西安 710071)

摘 要 利用 Cu : KNSBN 实现了鸟翼式互泵浦相位共轲器, 并给出一些实验现象和规律。

关键词 互泵浦相位共轲器, Cu : KNSBN, 鸟翼式。

1 引 言

自 1984 年 Cronin-Golomb 等人^[1]从理论上阐述了双相位共轲镜(DPCM)概念以后, 互泵浦相位共轲器(MPPC)的研究发展很快。1987 年 Smout^[2] 等人实现了互不相干光束耦合器(MIBC)。1988 年 Ewbank^[3] 利用 BaTiO₃ 晶体发现了鸟翼式的互泵浦相位共轲器(BWPC)。1990 年 Ewbank 和 Feinberg 等人^[4]利用 SBN 光折变晶体实现了蛙腿式的互泵浦相位共轲器(FLPC)。1990 年 Ewbank 和 Sharp 等人^[5]在 SBN : Ce 晶体中实现了桥式(Bridge PCM)互泵浦相位共轲。互泵浦相位共轲器具有上述多种作用形式, 但其作用原理都起源于光扇开效应和简并四波混频。关于互泵浦相位共轲的稳态理论, 在[4]和[6]中已有较详细的分析。由于它不要求两泵浦光束相干, 并具有时域和空域信息分离的特点, 这就使得它在光通讯、光学互连接和光学信息处理等方面具有独特的应用价值。本文报道利用山东大学晶体研究所提供的 Cu : KNSBN 光折变晶体首次实现了鸟翼式互泵浦相位共轲, 并给出一些实验现象及规律。

2 实验装置

图 1 是利用 Cu : KNSBN 实现互泵浦相位共轲的实验简图。激光源是输出为 TEM₀₀ 模的 Ar⁺ 激光器, 波长 488 nm。用 $\lambda/2$ 波片 P 旋转激光偏振面, 使得入射晶体的激光为 e 光。L₁ 和 L₂ 为透镜组。D₁ 和 D₂ 为光阑, 使入射于晶体的两个相对面(a 面)的光斑约为 1 mm。Cu : KNSBN 晶体置于能进行三维调整、并带有旋转刻度的平台上, 角度分度可用来测量光束之间的夹角。Cu : KNSBN 的大小为 5.5 mm × 5.5 mm × 6.0 mm, 零度切割。PD₁ 和 PD₂ 是两个光电探测器。

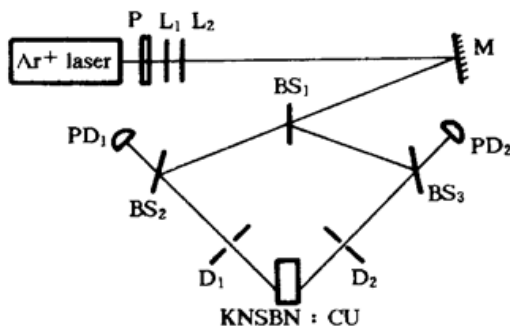


Fig. 1 The sketch of BWPC using Cu : KNSBN

* 国家自然科学基金资助课题。

收稿日期:1995年4月6日;收到修改稿日期:1995年6月26日

调整光路后,在 Cu:KNSBN 晶体内形成稳定的鸟翼式互泵浦相位共轭的实际光路,如图 2(a)所示,图 2(b)是鸟翼式互泵浦相位共轭的两个作用区的示意图。

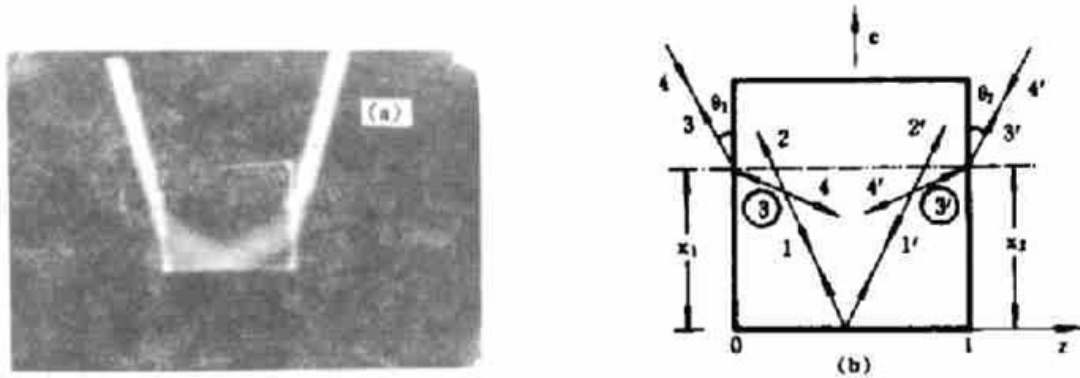


Fig. 2 (a) The photograph of light in the BWPC of Cu:KNSBN; (b) The sketch map of the two interacting regions of BWPC

3 实验规律

3.1 透过率 T 与泵浦比 q 的关系

泵浦比 q 是指两束入射泵浦光强度之比,即 $q = I_1(0)/I_2(0)$ 透过率 T 是指相位共轭光与入射泵浦光强度之比,即 $T = I_3(l)/I_1(0)$, $T' = I_3(0)/I_2(l)$ 且有 $T = T'$ 。在对称入射 ($\theta_1 = \theta_2$ 和 $x_1 = x_2$) 条件下,取 $\theta = \theta_1 + \theta_2 = 40^\circ$, $x_1 = x_2 = 3$ mm,测得 T 与 q 的关系曲线如图 3 所示。图 3(a)是在 $q = 1$ ($I_1(0) = I_2(0) = 1$ mW)的条件下,在晶体内建立了稳定的相位栅后,减小 $I_2(l)$ 的强度,以增大 q ,即每次改变 q 后获得的稳定的相位栅,是

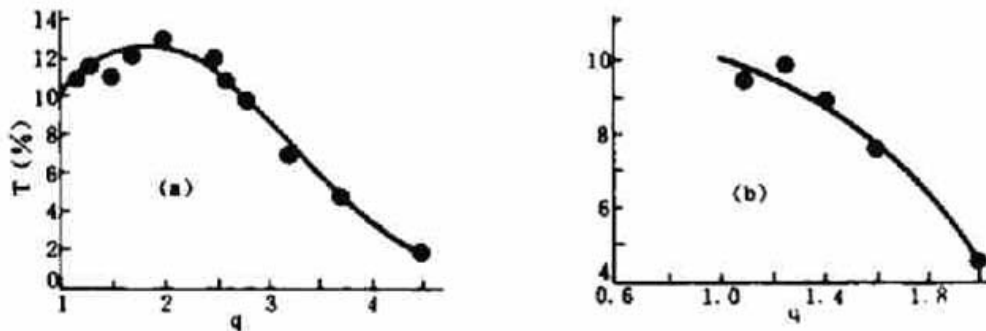


Fig. 3 The relations between the transmissivity T and pump ratio q . (a) there is a preplaced grating; (b) there is no preplaced grating.

在前一种比值 q 下建立的稳定相位栅的基础上重建的。图 3(b)是每个比值 q 的稳定相位栅都是从零开始建立的,其实验规律与[6]中所得稳态理论曲线的规律相符。比较图 3(a)和图 3(b)的实验规律,表明图 3(a)的效果相当于增加了非线性耦合强度。实验也表明,只要入射泵浦光束满足上述“预置光栅”(即在光折变晶体中预先记忆一个相位光栅)的布拉格条件,那么可以采用预置光栅的方法提高稳态效率和响应速度。

3.2 透过率入射角的关系

固定泵浦比 q ,透过率随入射角和入射位置而变化。对上述 Cu:KNSBN 晶体,可在 $\theta \approx 30^\circ \sim 65^\circ$ 范围内实现鸟翼式互泵浦相位共轭。图 4(a)为不同入射角的条件下,调节入射点的位置,使得透过率为最大的实验结果 ($I_1(0) = I_2(l) = 1$ mW)。图 4(b)是非对称入射,即 θ_1

$\neq \theta_2$ 情况下, 透过率 T 与 $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$ 的曲线。可见 T 随 $\Delta\theta$ 的增大而减小, 当 $\Delta\theta = 10^\circ$ 时, 透过率 T 接近于零。

从物理上讲, 透过 T 是入射角的函数, 那是由于改变 θ , 实质上相当于改变作用区有效耦合强度之故。因为不同的入射角对应于不同共享相位光栅取向, 相应地有不同的耦合系数。

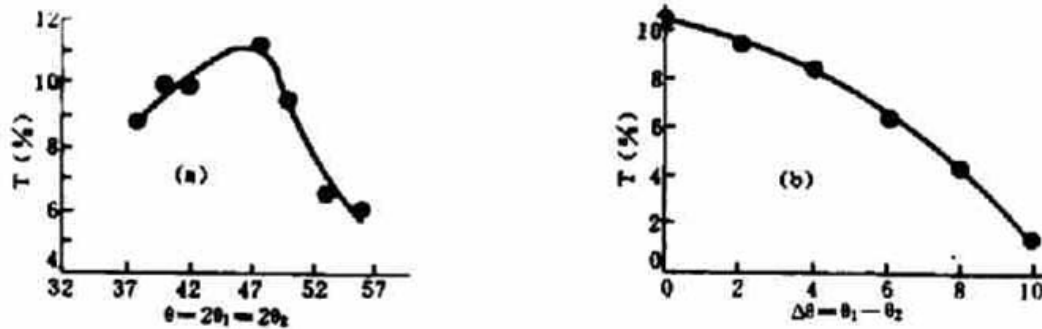


Fig. 4 The dependence of the transmissivity T on (a) the incident angle θ_1 ; (b) the $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$

3.3 透过率随入射点的变化

图 5 为 $\theta_1 = \theta_2 = 21^\circ$ 和 $q = 1$ ($I_s(0) = I_s(l) = 1$ mW) 时, 透过率 T 随入射点 x ($x_1 = x_2 = x$) 的变化。之所以存在最佳入射点位置, 那是由于入射泵浦光之间夹角一定时, 只有对应于最强的扇开光束的交点处于底部时的入射点位置, 才能形成最强的共享相位栅之故。

3.4 鸟翼式互泵浦相位共轭不稳定性及互泵浦相位共轭与自泵浦相位共轭的并存现象

在实验中, 有时可观察到鸟翼式互泵浦相位共轭的建立过程是以低频振荡方式进行的, 如图 6 所示。图 6 是 $q = 2$ ($I_s(0) = 1.1$ mW, $I_s(l) = 0.55$ mW) 时, 鸟翼式互泵浦相位共轭建立过程及“稳态”时出现的低频脉动现象。在一些文献如 [7] 中也报道过共轭光振荡现象, 目前对不稳定的研究工作尚处于起始阶段 [9], 一般定性归结为和扇开效应的竞争结果。在本实验中, 有时还观察到互泵浦相位共轭器与自泵浦相位共轭 (SPPC) 现象同时存在, 如图 7 所示。图 7 的照片是在 $I_s(0) = 1.1$ mW, $I_s(l) = 0.55$ mW, $\theta_1 = \theta_2 = 21^\circ$, $x_1 = x_2 = 3$ mm 条件下得到的。鸟翼式互泵浦相位共轭和自泵浦相位共轭之间的竞争是振荡现象的一个主要原因, 尤其在 θ 比较大时, 光强比较强时的那束泵浦光的自泵浦不易被抑制, 可同时存在。

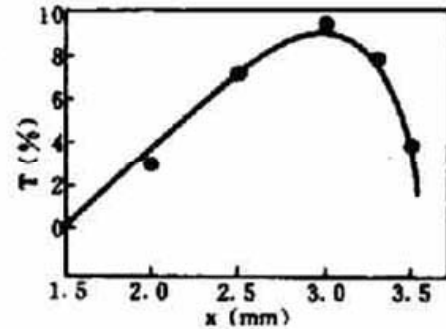


Fig. 5 The dependence of the transmissivity T on the incident point

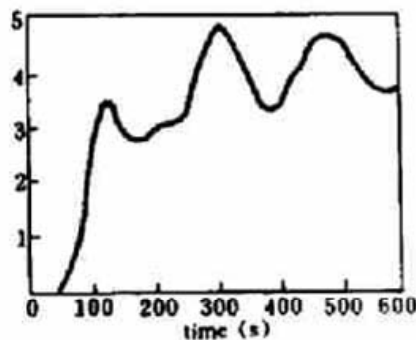


Fig. 6 The instability of BWPC

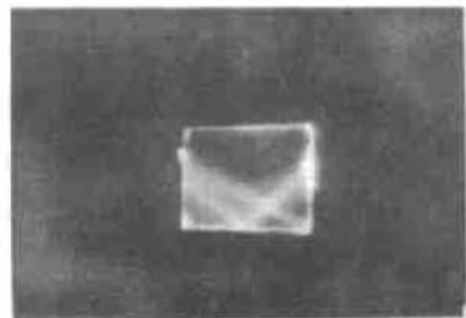


Fig. 7 The phenomenon for MPPC and SPPC are existed simultaneously

结 论 在毫瓦级小功率条件下, 利用 Cu : KNSBN 实现了鸟翼式互泵浦相位共轭。实验规律表明, 在稳态条件下的透过率(共轭反射率)除与入射角、入射点的位置等因素的关系符合已有的理论, 还表明与初始状态有关, 并在一定条件下可观察到不稳定现象以及互泵浦相位共轭和自泵浦相位共轭同时并存的现象。

参 考 文 献

- [1] M. Cronin-Golomb, B. Fisher, J. O. White *et al.*, Theory and application of four-wave mixing in photorefractive media. *IEEE. J. Quant. Electron.*, 1984, **QE-20**(1) : 12~30
- [2] A. M. C Smout, R. W. Eason, Analysis of mutually incoherent beam coupling in BaTiO₃. *Opt. Lett.*, 1987, **12**(7) : 498~500
- [3] M. D. Ewbank, Mechanism for photorefractive phase conjugation using incoherent beams. *Opt. Lett.*, 1988, **13**(1) : 47~49
- [4] M. D Ewbank, R. A Vazgues, R. R. Neurgaonkar *et al.*, Mutually pumped phase conjugation in photorefractive SBN; theory and experiment. *J. Opt. Soc. Am. (B)*, 1990, **7**(12) : 2306~2313
- [5] E. J. Sharp, W. W. Clark III, M. J. Hiler *et al.*, Double phase-conjugation in tungsten bronze crystals. *Appl. Opt.*, 1990, **29**(6) : 743~749
- [6] Qichi He, Theory of photorefractive phase conjugators with mutually incoherent beams. *IEEE. J. Quant. Electron.*, 1988, **QE-24**(12) : 2507~2513
- [7] Dadi Wang, Z. Zhong, X. Wn *et al.*, Instabilities in a mutually pumped phase conjugator. *J. Opt. Soc. Am. (B)*, 1990, **7**(12) : 2289~2293
- [8] T. Rauch, C. Denz, T. Tschudi, Analysis of irregular fluctuations in self pumped BaTiO₃. *Opt. Commun.*, 1992, **88**(2) : 160~166

Experimental Study of Bird-Wings Phase Conjugator Using Cu : KNSBN

Wang Jiayou Wang Lijun Guo Siji

(Department of Applied Physics, Xidian University, Xian 710071)

(Received 6 April 1995; revised 26 June 1995)

Abstract The bird-wings phase conjugator (BWPC) using Cu : KNSBN is demonstrated and some experimental phenomena and laws are given in this paper.

Key words mutually pumped phase conjugator, Cu : KNSBN, bird-wings.