

掺铈铌酸锂相位共轭腔的双稳输出特性*

刘劲松

(西安电子科技大学技术物理系, 710071)

吴仲康

(南开大学物理系, 300071)

徐玉恒

(哈尔滨工业大学化学系, 150006)

摘要: 以掺铈铌酸单晶为相位共轭镜构成了相位共轭光腔, 测量了它的稳态输入输出特性。该特性表现出明显的双稳态。

关键词: 光折变晶体, 相位共轭, 双稳态

Bistable output characteristics of a $\text{LiNbO}_3:\text{Ce}$ phase conjugate resonator

Liu Jinsong

(Department of Technical Physics, Xi'an University, Xi'an)

Wu Zhongkang

(Department of Physics, Nankai University, Tianjin)

Xu Yuheng

(Department of Chemistry, Harbin University of Technology)

Abstract: We have measured the steady input-output characteristics of a phase conjugate resonator with a single crystal of $\text{LiNbO}_3:\text{Ce}$ as its phase conjugate mirror, which exhibits obvious bistability.

Key words: photorefractive crystal, phase conjugate, bistability

一、引言

理论分析表明相位共轭腔 POR (Phase Conjugate Resonator) 可能存在着双稳、多稳以至浑沌态^[1]。实验中已观测到了 POR 中的浑沌态^[2]。一方面人们想要了解这些状态产生的条件和机理, 研究其潜在的应用; 另一方面这些特性限制了 POR 在某些领域的应用, 需找到克服这些状态存在的办法。因此, 人们不断地致力于这方面的研究。本文报道的是我们对掺铈铌酸锂相位共轭光腔的实验研究结果。

光折变晶体是用来构成 POR 中的关键元件——相位共轭反射镜 POM (Phase Conjugate

收稿日期: 1990年1月19日。

* 本工作得到霍英东教育基金资助和国家自然科学基金资助。

Mirror) 的最为理想的非线性介质之一, 因为这种介质的效率高, 能在很低的泵浦功率下实现 PCR 的连续自振荡。这样的晶体已有多种, 如 BaTiO_3 ^[2]、 $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ ^[3]、 GaAs:Cr ^[4] 等, 但只有 BaTiO_3 等极少数晶体能在不提供外加电场的条件下实现 PCR 的自振荡。我们的光折变晶体是掺铈铌酸锂单晶, 它有很高的光折变灵敏度和衍射效率。用其作为 POM 而构成的 PCR, 能在不给晶体加外电场的条件下在 488.0 nm 及 632.8 nm 等激光波段实现自振荡, 我们测量了这一 PCR 的输入输出特性, 结果表明它具有明显的双稳态。我们分析了产生这种双稳态的原因。

二、实验装置和结果

我们的 PCR 如图 1 所示。其中, S 是波长为 632.8 nm 的 TEM_{00} He-Ne 激光器, BS 为分束器, M_1 、 M_2 、 M_3 为全反镜, L 为透镜, 焦距 30 cm, D 为探测器, R 为时间记录仪, POM 是块尺寸为 10 mm × 10 mm × 1.3 mm 的掺铈铌酸锂单晶, I_p 为 POM 的总泵浦光, I_1 和 I_2 分别为 POM 的前向与后向泵浦光, 且 $I_p = I_1 + I_2$ 。令 $r = I_1/I_2$ 为 POM 的前后向泵浦光之比。POM 工作在简并四波混频状态, 以透射光栅为主工作。PCR 的输出光 I_o 来自 POM 一端。PCR 的长度即 POM 与 M_3 之间的距离为 20 cm 左右。泵浦光的传播方向与 POM 通光面法线平行, 与 M_3 法线之间的夹角为 10° 左右。

对于 PCR 来说, POM 即作为增益元件, 又作为共轭元件。当对 POM 提供泵浦后, 只要它能提供足够强的增益, 便可在 PCR 中形成自激振荡。图 2 为我们的 PCR 起振过程的实验

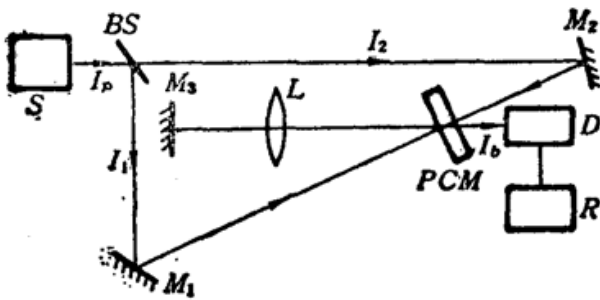


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental setup

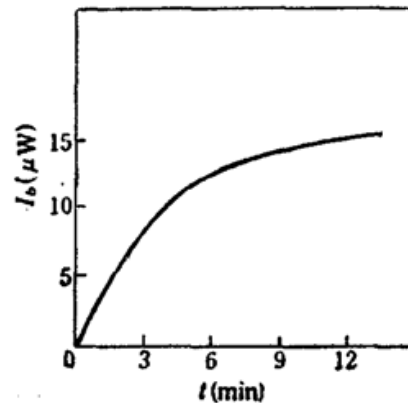


Fig. 3 CW self-oscillation in our PCR for $I_p = 3\text{mW}$ and $r = 2.3$

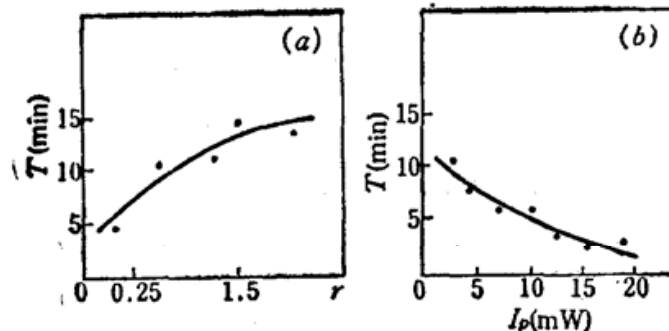
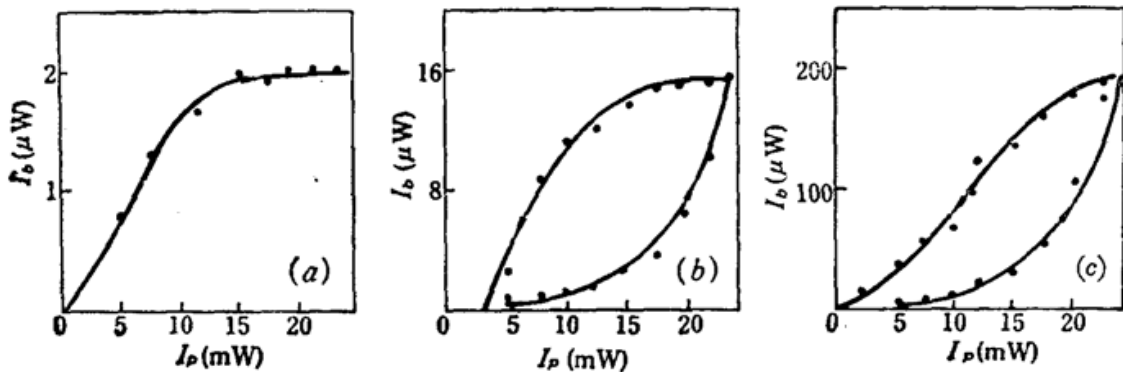


Fig. 3 Oscillation rise times T for PCR

- (a) T as a function of r , $I_p = 4\text{mW}$;
 (b) T as a function of I_p , $r = 0.4$

Fig. 4 I_b as a function of I_p in steady state(a) $r=0.1$; (b) $r=0.4$; (c) $r=4$

记录。设 T 为 PCR 的起振时间,它定义为 I_b 达到其稳态值的 90% 所需的时间,则 T 的大小取决于 I_p 和 r 。如图 3 所示的实验结果表明, r 一定时, I_p 越大 T 越小;而 I_p 一定时, r 越大 T 越大。

在不同的 r 值下,我们测量了稳态下 I_b 随 I_p 的变化规律,如图 4 所示。让 I_p 从小到大变化,然后再从大到小变化。每改变一次 I_p 值,测量一次 I_b 值。实验结果表明,在大多数 r 值下, I_b 随 I_p 的变化关系明显地存在着双稳态,形成了 I_b - I_p 间的滞后回线。 I_p 从小到大变化时对应滞后回线的下支, I_p 从大到小变化时对应其上支。滞后回线的宽度及其上支与下支的差别随着 r 的增大而增大。当 r 很小时,双稳特性消失。

保持 I_1 不变,改变 I_2 ,在 I_b - I_2 间亦能形成滞后回线,如图 5(a)所示。同样,保持 I_2 不变,改变 I_1 ,在 I_b - I_1 间同样观测到了滞后回线,如图 5(b)所示。

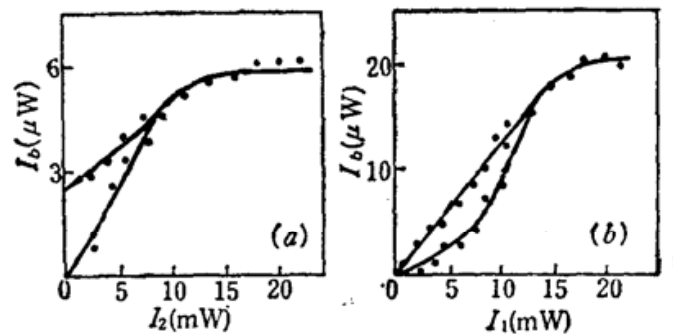


Fig. 5 The Measured hysteresis curves.

(a) I_b as a function of I_2 , $I_1=3\text{mW}$;(b) I_b as a function of I_1 , $I_2=3\text{mW}$

三、讨 论

稳态下 I_b 随 I_p 、 I_1 及 I_2 的这种双稳变化关系,其成因主要在于 LiNbO_3 晶体的记忆特性。这一点可通过分析这种 PCR 的工作过程来加以认识。当 I_p 提供后, I_2 通过晶体时其部分散射光经 M_3 反射回晶体,它们便会同 I_1 在晶体中相会。调整光程使它们同 I_1 相干,这便会在晶体内形成折射率光栅。 I_2 读此光栅的结果,使得 PCR 中的光强进一步增大,这反过来又增强了光栅。如此反复,便形成了 PCR 的自激振荡。当 I_p 进一步增加后,这一光栅不断增强。此时若减小 I_p ,刚才由大的 I_p 建立起的光栅,其强度却不会很快衰减下来。也就是说,由于 LiNbO_3 晶体中折射率光栅衰减的时间很长(几十个小时,这便是通常所说的记忆特性),在 I_p 较大时建立的光栅被记忆下来,这使得 I_p 从大到小变化比起 I_p 从小到大变化来说,同一 I_p 对应着强弱不同的光栅,这自然要形成 PCR 的双稳输出特性。

当 I_1 在 I_p 中占的比例很小(此时 r 也很小)时,光栅的上述强弱差别就不很明显,甚至没

(下转第 611 页)

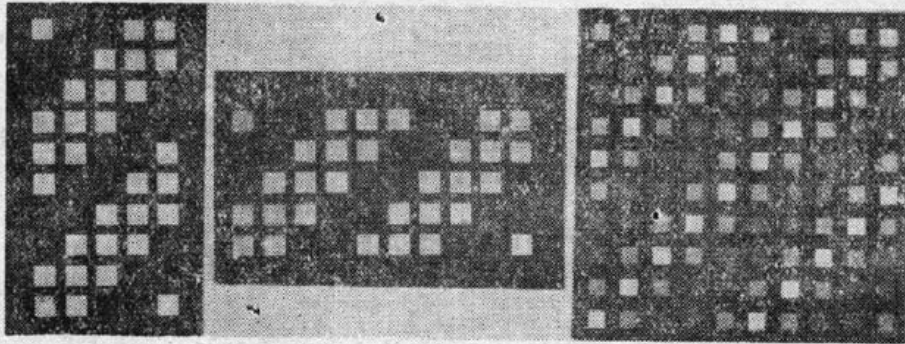


Fig. 2 Photographes of two matrix multiplication where A and C are masks and D is the results

Table. 1 Results of two matrix multiplication (detected by opto-electrical detector)

3.01	2.02	0.98	1.01	1.98	3.03	2.04	0.99	1.03	2.02
1.97	2.98	1.97	1.02	0.99	1.99	2.99	2.01	1.02	0.98
0.99	2.02	3.03	2.01	1.01	0.98	2.03	3.04	2.03	0.99
1.02	1.01	2.04	3.05	1.97	0.99	1.01	2.03	3.01	1.97
1.98	0.98	1.01	2.03	2.97	1.99	0.99	1.01	1.99	3.02
3.06	2.01	0.99	0.99	2.01	2.97	1.96	0.98	1.01	1.98
2.02	3.01	2.03	1.02	1.01	1.99	2.96	2.02	0.98	0.99
0.99	1.97	2.95	1.97	0.98	0.99	2.03	3.05	2.03	1.01
1.00	0.99	2.01	2.95	2.04	1.01	1.02	2.03	3.03	2.04
1.99	0.97	1.01	2.01	3.02	2.03	1.01	1.00	2.01	3.04

Error_{max}=2% Error_{ave}=1.2%

参 考 文 献

- 1 王之江, 中国科学院院刊, 2(3), 198(1987)
- 2 Proc. IEEE, 72(7), 1(1984)
- 3 钱秋明, 李庆熊, et al., 中国激光, 18, (7), 540(1991)
- 4 H. J. Butterweck, Principles of Optical Data-Processing, Progress in Optics, Edited by E. Wolf, 24, p213

(上接第 605 页)

有差别。这就是为什么在 r 很小时观测不到双稳态的原因。上述实验结果表明, I_1 在 I_p 中占的比例越大, 双稳态越明显, 具体表现就是滞后回线的宽度及上下支的差别越大。

如果先让 I_p 从大到小, 再从小到大变化, 则观测不到双稳态。这一点不难从上面的分析中加以理解。这也充分说明了双稳态起因于 LiNbO_3 的记忆特性。 LiNbO_3 中的光栅可通过向其照射一束均匀的强光或给其加热来擦除。这种 POR 的双稳输出特性, 使其可作为记忆元件来使用。当想回避这一特性时, 可通过适当选择 POM 的前后向泵浦光之比来实现。

参 考 文 献

- 1 E. M. Wright et al., Opt. Commun., 51(6), 428(1984)
- 2 G. C. Valley et al., Opt. Lett., 9(11), 513(1984)
- 3 H. Rajbenbach et al., Opt. Lett., 10(3), 137(1985)
- 4 H. Rajbanbach et al., Opt. Lett., 14(1), 78(1989)