

# 声光器件的频率反馈双稳态\*

何士雅 赵启大 俞宽新 雷 芻 林 莉

(北京工业大学应用物理系, 北京 100022)

董孝义 盛秋琴

(南开大学现代光学研究所, 天津 300071)

**摘 要** 报道了利用声光器件和具有频率反馈功能的声光器件驱动电源所进行的频率反馈双稳态实验, 并将实验结果与理论分析进行了比较, 得出相符合的结果。

**关键词** 声光器件, 频率反馈, 双稳态。

迄今, 有关声光双稳态的报道已经不少, 但所采用的反馈方式皆为电压反馈型。本文所进行的频率反馈双稳态实验目前尚属新的研究内容。文中对一维和二维声光器件所实现的频率反馈双稳态过程进行了理论分析, 并从实验上给予了验证, 总结了频率反馈双稳态的一些特点。

## 1 频率反馈声光双稳态的形成

正常 R-N 声光器件的第  $m$  级衍射光的透射函数为<sup>[1]</sup>

$$\tau_m = \frac{I_m}{I_0} = J_m^2 \left[ CU \frac{\sin(\pi f)}{\pi f} \right] \quad (1)$$

式中  $m$  为声光衍射级次(可取  $0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ),  $J_m$  为第  $m$  阶第一类贝塞尔函数,  $I_0$  和  $I_m$  分别为入射光强和第  $m$  级衍射光强,  $U$  和  $f$  分别为驱动电压和驱动频率,  $c, r$  为常数, 其值由声光器件的特性确定<sup>[2]</sup>。

如果保持声光器件的工作频率  $f$  不变, 改变对器件的驱动电压  $U$ , 就是常见的电压反馈方式。如果保持驱动电压  $U$  不变, 而改变驱动频率  $f$ , 就是本文所采用的频率反馈方式。

在(1)式中声光器件各级衍射光的透射率随频率的变化关系如图 1 所示, 图中仅给出了  $m = 0, 1, 2$  的曲

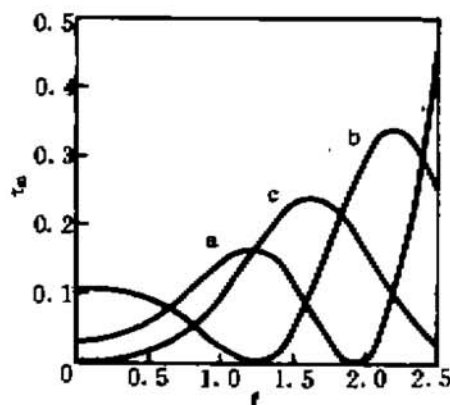


Fig. 1 a:  $\tau_0 = J^2[5 \sin(f)/f]$ , b:  $\tau_1 = J^2[5 \sin(f)/f]$ , c:  $\tau_2 = J^2[5 \sin(f)/f]$

\* 北京市自然科学基金资助。

收稿日期: 1995年6月9日; 收到修改稿日期: 1995年10月4日

线。众所周知，一个非线性光学介质和一个反馈系统可以组成光学双稳态装置<sup>[3]</sup>。本文利用第一级( $m = 1$ )声光衍射的非线性特性和具有频率反馈功能的驱动电源，实现了频率反馈双稳态。

## 2 频率反馈双稳态的理论计算及实验

实验装置如图 2 所示，反馈系统包括光电探测器 1 和声光器件驱动电源。实验要求驱动电源的输出功率要尽量稳定，不要随频率的改变而发生较大的变化。另外，输出频率应随光电探测器所接收的光强作线性变化。

实测出频率反馈系统的特性曲线如图 3 所示。图中的横坐标以实际输入光强(见图 2)  $I_1 + KI_1$  (mW) 标出。这里  $I_m = I_1$  设  $I_1 = 0$  时，偏置光强  $I_0$  所产生的电源输出偏置频率为  $f_0$ ，且

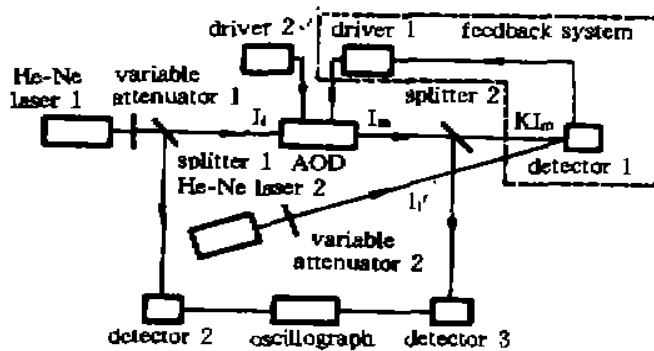


Fig. 2 Experiment block diagram of the frequency feedback bistability

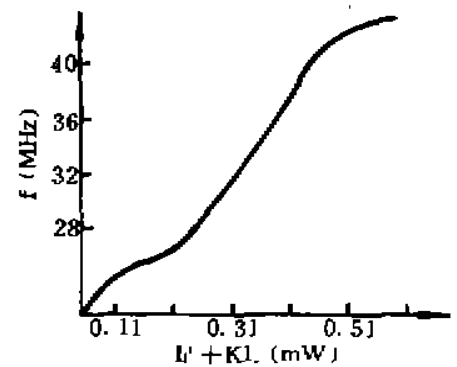


Fig. 3 Output frequency versus input intensity of light of the feedback system

由图 3 可以近似假定频率在 27 MHz~42 MHz 之间的变化是线性的，于是可以得出如下关系

$$f = g(I_0 + KI_1) = f_0 + gKI_1 \quad (2)$$

式中  $g$  为转换系数， $K$  为分束率。将(2)式代入(1)式得

$$I_1 = I_0 J_1^2 \left\{ CU \frac{\sin [r(f_0 + gKI_1)]}{r(f_0 + gKI_1)} \right\} \quad (3)$$

作者使用的声光器件是重火石玻璃正常 R-N 器件，由器件本身的特性确定  $r = 0.112$  1/MHz,  $C = 0.368$  1/V。现取  $U = 4$  V,  $K = 0.5$ ,  $f_0 = 27$  MHz(可通过调整  $I_0$  来实现)，并调节反馈电源的有关旋钮，使  $g$  分别等于 40、60、80 MHz/mW，利用计算机解出方程(3)中  $I_1$  与  $I_0$  的关系，计算结果绘于图 4 中。图中的“S”形曲线表明系统具有双稳态特性<sup>[3]</sup>。从图中可以看出， $g$  值越大，双稳态回线越窄。

在实验过程中，先调节可调衰减器 2，将  $f_0$  置于 27 MHz，然后往复调节可调光强衰减器 1，示波器给出如图 5 所示的双稳态回线，其结果与上述理论分析是相符合的。

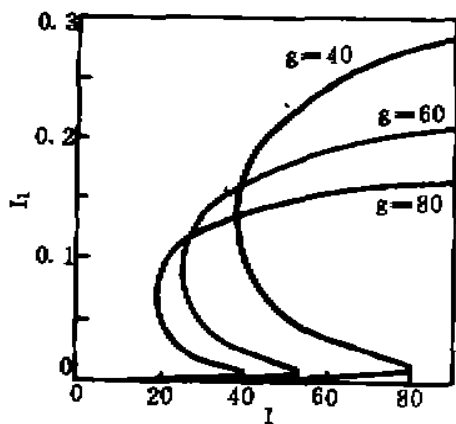


Fig. 4 "s" form curves of the frequency feedback bistability

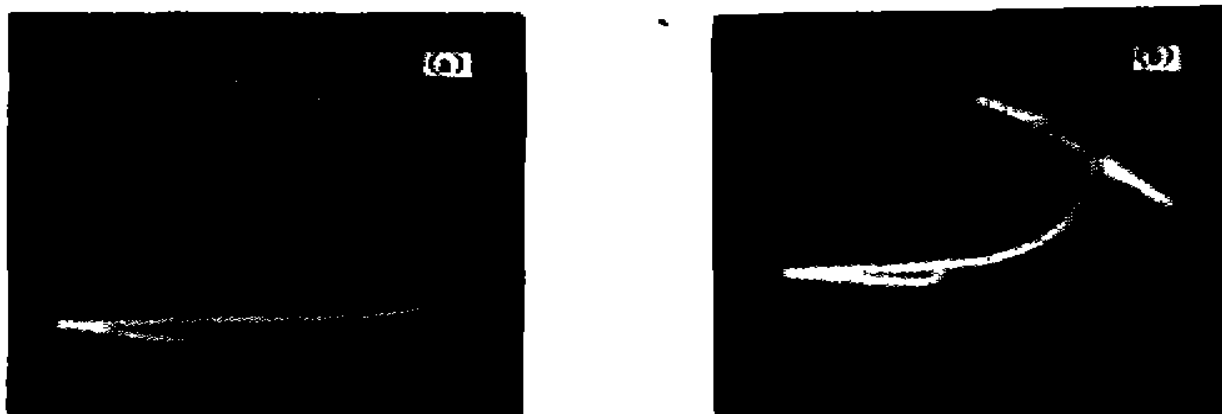


Fig. 5 Photographs showing the curves of the frequency feedback bistability

(a)  $g = 40$ , (b)  $g = 80$

The scales are  $x = 0.2 \text{ V/div}$  and  $y = 0.5 \text{ V/div}$

### 3 二维声光器件在频率反馈双稳态中的应用

正常二维 R-N 声光器件的透射函数为<sup>[4]</sup>

$$\tau_{m,n} = \frac{I_{m,n}}{I_i} = J_n^2\left[CU \frac{\sin(\pi f)}{\pi f}\right] J_m^2\left[C'U' \frac{\sin(\pi' f')}{\pi' f'}\right] \quad (4)$$

式中  $m$  和  $n$  分别表示二维声光衍射的级次，其他参量的意义完全与(1)式相同。图 6 示出了所研制的二维声光器件的衍射图样。

由于二维器件可利用不同维数及不同级次相互交叉作为反馈信号，所以形成了数量很大的双稳态通道。图 7(a)给出了(1, 0)级 ( $m = 1, n = 0$ ) 衍射光作为输出，(0, 1)级衍射光作为反馈的双稳态实验结果。(b)给出了(1, 1), (0, 2)组态的实验结果。

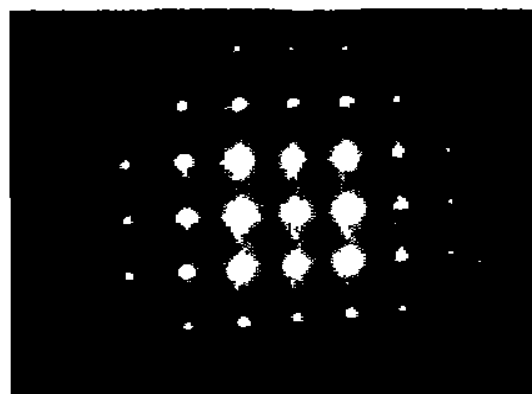


Fig. 6 Diffraction pattern of the two-dimensional A~O device

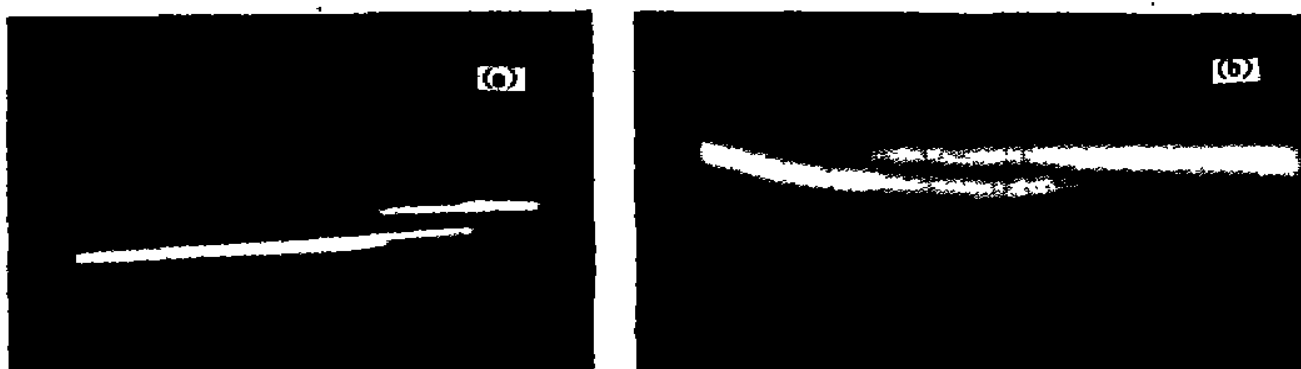


Fig. 7 Curves of the frequency feedback bistability using a two-dimensional A~O device

(a) (1, 0), (0, 1), (b) (1, 1), (0, 2)

The scales are  $x = 0.2 \text{ V/div}$  and  $y = 0.5 \text{ V/div}$

**结 论** 频率反馈双稳态可以在较小的驱动功率下实现，而电压反馈所需的拐点功率却很大。较小的驱动功率对简化电源结构和延长声光器件使用寿命都是有利的。另外，频率反馈系统的反馈曲线形状也比较容易根据需要来改变，因为只要调整放大电路的频响曲线就能做到，这在电子线路的设计中并不十分困难。反馈曲线的形状可以直接影响双稳态回线的形

状<sup>[5]</sup>。所以在根据需要来改变双稳态回线的形状这一点来讲, 频率反馈具有更大的灵活性。

二维声光器件可以组成多种级间组态的工作状况, 大大增多了器件的双稳态通道, 所以, 二维声光器件可以作为多通道的双稳开关使用。

### 参 考 文 献

- [1] W. R. Klein, Bill D. Cook, Unified Approach to ultrasonic Light Diffraction. *IEEE Trans. Sonics and Ultrasonics*, 1967, SU-14(3), 123~134
- [2] 徐介平, 声光器件的原理设计 and 应用. 第一版, 北京, 科学出版社, 1982, 63~67
- [3] 李永贵, 张洪钧, 混合型光学双稳态特性分析. *物理学报*, 1983, 32(3): 301~307
- [4] Zao Qida, Dong Xiaoyi, Multiple directional acoustooptic diffractions. *Chinese J. Acoustics*, 1991, 10(3): 228~236
- [5] 李淳飞, 具有非线性反馈的光学双稳态装置. *物理*, 1980, 9(2): 99~101

## Frequency Feedback for Implementation of the Bistability in A-O Devices

He Shiya      Zhao Qida      Yu Kuanxin      Lei Hong      Lin Li

(Department of Applied Physics, Beijing Polytechnic University, Beijing 100022)

Dong Xiaoyi      Sheng Qiuqin

(Institute of Modern Optics, Nankai University, Tianjin 300071)

(Received 9 June 1995; revised 4 October 1995)

**Abstract** Some experiments were demonstrated on bistability using acousto-optic (A-O) devices (1D and 2D) and a driver which can provide frequency feedback, and succeeded in implementing bistability by means of frequency feedback. The experiment results agree with the theoretical calculation.

**Key words** A-O device, frequency feedback, bistability.