

# 光折变二波混频双稳态\*

王 健 姚建铨

(天津大学精仪系)

## Optical bistability by photorefractive two-wave mixing

Wang Jian, Yao Jianquan

(Dept. of Precision Instrument Engineering, Tianjin University, Tianjin)

**Abstract:** Two-wave coupling in photorefractive media leads to intensity-dependent phase shift as well as energy transfer between the two waves without phase crosstalk. With this mechanism, the dispersive optical bistability can be established in an optical cavity. The effects of cavity length, linear absorption of photorefractive crystal and reflectivity of cavity mirrors on the nonlinear transmission characteristics are analysed.

**Key words:** photorefractive crystal, two-wave mixing, optical bistability

### 引 言

光学双稳态是一种可被检测的非线性动态现象,已在很多种类的非线性材料中被观察到,其中包括半导体材料、原子蒸气及混合光电系统。过去常采用的产生双稳态的途径是依赖非线性吸收、谐振腔内的非线性折射率的变化以及在非线性界面、自聚焦系统和热效应中的非线性折射率的变化等。光学双稳态已给我们提供了记忆本领、光学功率限制和微分增益。

光折变材料是一种被广泛用于非线性光学方面的材料(如相位共轭、光学信息处理和光计算、相干光束处理等)。关于不稳定性的问题已在几篇文章中研究到了。Cronin-Golomb 等<sup>[1,2]</sup>已首先阐明了光折变材料中光学双稳态的可能性,这个问题也已由 Kukhtarev 等<sup>[3]</sup>分析过。Bledowski 等<sup>[4]</sup>还考虑到反射排布的情况。然而,所有的分析都是建立在简并的四波混频基础上的,它的滞后曲线是不规则的,并无实际应用价值。

本文基于光折变二波耦合模型来研究含有光折变介质的光学环形腔。借助于数值计算,表明双稳态可以在此腔中建立起来。

### 原 理

图 1 所示为一个典型的环形腔,它附有一个 100% 反射率的反射镜  $M$  和两个反射率系数  $R=1-T$  的反射镜  $SM$ 。在腔内的光折变晶体被两光束  $E_1$  和  $E_2$  照射,其中  $E_2$  表示整个环形腔内的光,而  $E_1$  则作为泵浦(或消泵浦)光,很明显,在  $E_1=0$  时没有任何非线性透射特性。

\* 天津大学青年科学基金资助项目。

这里  $E_1$  引入依赖于光强的相移和二波之间没有相位互扰的能量传输。在某种意义上讲, 这种相移是与依赖于光强的折射率效应相类似的, 如在克尔媒质中。

假设光束 1 和光束 2 都是平面波, 而且运用标量波方程和缓变场近似, 由耦合波方程<sup>[5]</sup>可解得

$$I_1(s) = \frac{I_0(0) \exp(-\alpha s)}{1 + [I_2(0)/I_1(0)] \exp(I's)} \quad (1a)$$

$$I_2(s) = \frac{I_0(0) \exp(-\alpha s)}{1 + [I_1(0)/I_2(0)] \exp(-I's)} \quad (1b)$$

$$\psi_1(s) = \psi_1(0) - I's + \frac{I'}{I} \ln \left[ \frac{I_0(0)}{I_2(0) + I_1(0) \exp(I's)} \right] \quad (2a)$$

$$\psi_2(s) = \psi_2(0) - I's - \frac{I'}{I} \ln \left[ \frac{I_0(0)}{I_1(0) + I_2(0) \exp(I's)} \right] \quad (2b)$$

其中

$$S = z / \cos \theta \quad (3)$$

$$I_0 = I_1 + I_2 \quad (4)$$

$$I = 2\text{Re}[\nu], \quad I' = \text{Im}[\nu] \quad (5)$$

$\nu$  为耦合系数。方程(1a)和(1b)描述了通过损失光束 1 来使光束 2 获得相干光学增益(在  $I$  为正值的情况下), 而方程(2a)和(2b)描述了依赖于光强的相移, 这种相移和能量传输造成建立在图 1 中的色散型光学双稳态的实验。

这一问题的边值条件是

$$E_2(L) = E_t / T^{1/2} \quad (6a)$$

$$E_2(0) = T^{1/2} E_i + R E_2(L) \exp(i\beta) \quad (6b)$$

$$\begin{aligned} E_R &= (RT)^{1/2} E_2(L) \exp(i\beta - R^{1/2} E_i) \\ &= R^{1/2} [E_t \exp(i\beta) - E_i] \end{aligned} \quad (6c)$$

由方程(6) [忽略方程(6c)],

$$E_t = T^{1/2} E_2(L) \quad (7a)$$

$$E_i = T^{-1/2} [E_2(0) - R E_2(L) \exp(i\beta)] \quad (7b)$$

化为强度, 变为

$$I_t = T I_2(L) \quad (8a)$$

$$I_t = T^{-1} \{ I_2(0) + R^2 I_2(L) - 2R [I_2(0) I_2(L)]^{1/2} \cos(\beta + \Delta\psi_2) \} \quad (8b)$$

其中  $I_2(L)$  由方程(5b)给出, 而且

$$\Delta\psi_2 = \psi_2(L) - \psi_2(0) = -(I'/I) \{ \alpha L + \ln [I_2(L)/I_2(0)] \} \quad (9)$$

相位失调参数是

$$\delta = \beta + \Delta\psi_2$$

其中  $\beta$  是与腔长正比的附加相移。

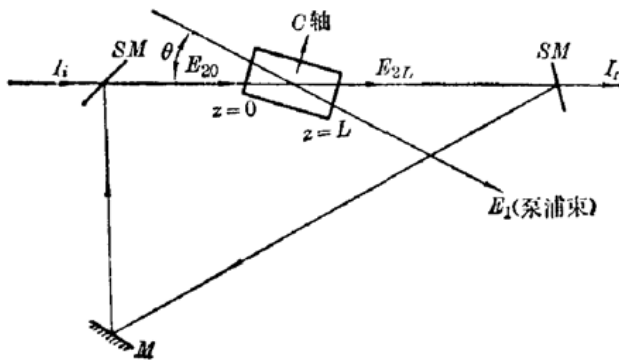


图 1 实验排布

### 数值计算

在方程(8)的基础上,我们在图 2~4 中绘出双稳态的图线。参数选定:耦合长度  $|\gamma|L=5$ , 折射率光栅与干涉图样之间的空间相位差为  $\phi=45^\circ$ 。透射强度  $I_t$  及输入强度  $I_i$  也已按  $I_1$  进行了归一化。

图 2 说明双稳态透射率随不同  $\beta$  值变化的情况。有趣的是,我们注意到具有最大动态范围的双稳态区域所对应的  $\beta$  值为  $1.15^\circ$  (与关闭强度  $10^{-3}$  和开通强度  $10^2$  相对应),尽管  $\beta=0$  时所对应的高状态透射率最高。应当注意到,当腔内没有光折变晶体时,  $\beta=0$  对应于最高透射率。

图 3 和图 4 说明了双稳态随反射率  $R$  和线性强度吸收长度  $\alpha L$  的变化情况。可以看出,反射率  $R$  可被用于选择最佳的工作条件,光折变晶体的线性吸收应被减小到最小值。

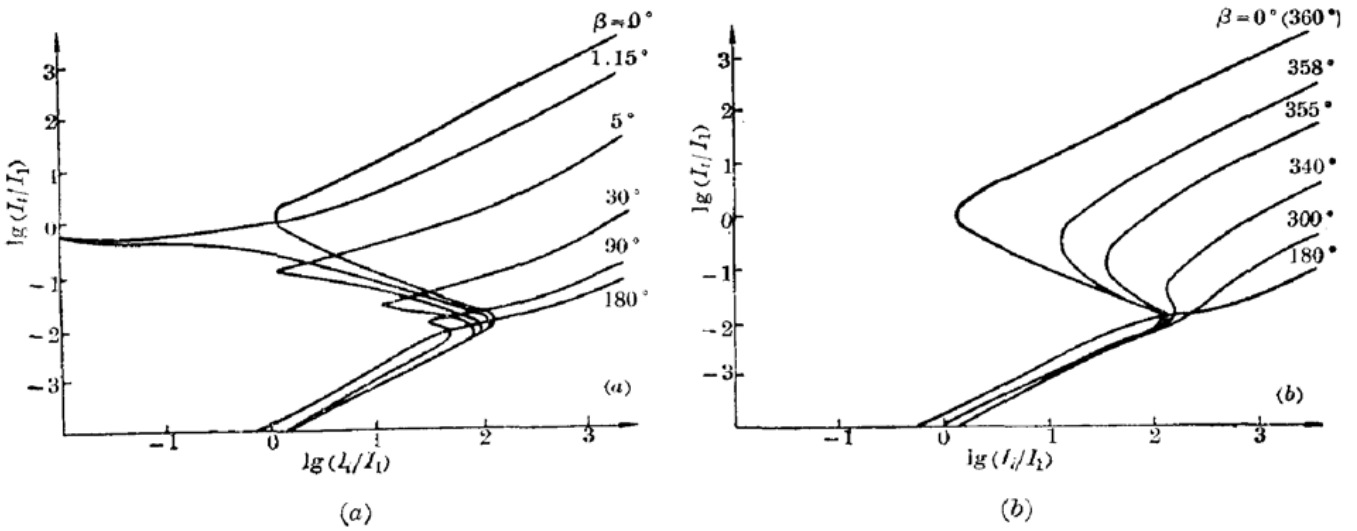


图 2 不同  $\beta$  值的双稳透射曲线

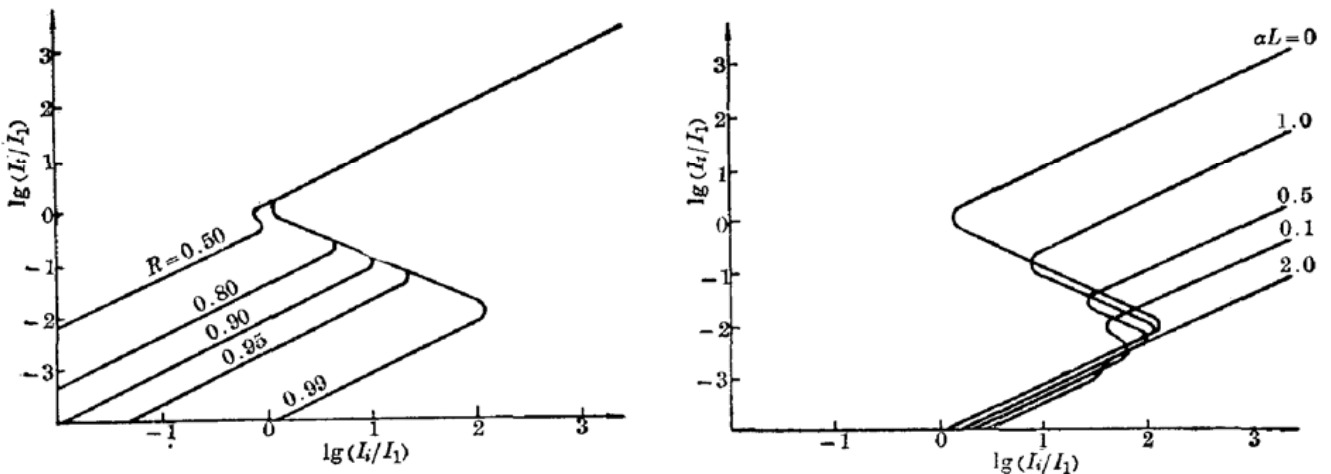


图 3 不同  $R$  值的双稳透射曲线

图 4 不同  $\alpha L$  值的双稳透射曲线

### 小 结

色散型光学双稳态能够在含有光折变介质的光学环形腔内建立起来。我们建立了这一模

型而且通过数值模拟得到了所希望的双稳态透射率。需要指出的是,越来越多的半导体材料呈现出了光折变效应,如 III-V 族半导体 InP:Fe、GaAs、CdTe 等,因而基于以上双稳机制的器件能够实现集成化,并作为可能实用化的全光计算机的一个器件,为今后全光学运算的实施和应用奠定基础。

### 参 考 文 献

- 1 M. Cronin-Golomb *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-20**, 12(1984)
- 2 M. Cronin-Golomb *et al.*, *Opt. Lett.*, **7**, 313(1982)
- 3 N. Kukhtarev *et al.*, *J. Physique*, **44**, C2-5(1983)
- 4 A. Bledowski *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-22**, 1547(1986)
- 5 S. K. Kwong *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-22**, 1508(1986)

(收稿日期:1988年4月27日)

## 激光大屏幕显示中改善振镜输出特性曲线的研究

诸葛向彬 吴大元 石宝驹

(浙江大学物理系,杭州)

### Study on improving the optical scanner's output characteristics in laser large screen display

Zhuge Xiangbin, Wu Dayuan, Shi Baoju

(Physics Department, Zhejiang University, Hangzhou)

**Abstract:** This article presents a study on improving the output characteristics of the optical scanner by means of changing its input electrical current, and detailed theoretical analysis and calculation were performed. This greatly improved the scanning performances of the optical scanner.

**Key words:** scanner, laser large screen display

### 一、引 言

激光大屏幕显示中光学振镜处于临界阻尼状态是最佳工作状态,这时振镜到达稳定角时间(即步响应时间)为最短。理论计算表明<sup>[1]</sup>,对于固有频率  $\omega_0 = 2.21 \times 10^3 \text{s}^{-1}$  的振镜,若输入为一电流阶跃脉冲,那末在临界阻尼状态下的步响应时间为 2.9ms(误差 1%)。

为了使光学振镜能扫描出一幅逼真、复杂和视觉上稳定的图像,就必须减少失真和增加像点数,这些都要求振镜的步响应时间愈小愈好<sup>[1,2]</sup>。为此,就很自然地提出这样一个问题:能否通过改变振镜的输入电流来改善振镜在临界阻尼状态下的输出特性曲线,使它满足上述要求,从而大大提高振镜的扫描性能。如果这样,振镜作为扫描器件的前景将更为广阔。这就是本