

基于喇曼-奈斯声光衍射的光学双稳装置

梁桂云 卢万欣 路德仁 张选林
(长春光学精密机械学院光学物理系)

提 要

本文提出一种基于喇曼-奈斯 (Raman-Nath) 声光衍射的光学双稳装置。实验记录了喇曼-奈斯声光调制器的衍射光强特性曲线。显示了一级衍射光强相对输入光强的双稳特性。这种声光双稳装置可采用三种工作方式,其一种用途是可以作为多通道开关。

近年来,人们对光学双稳态的研究逐步深入,继纯光学型光学双稳装置后又出现了混合型光学双稳装置。1982年 Chrostowski 等人利用布拉格衍射的声光器件,首次完成了声光混合型光学双稳态实验^[1]。并提出它可以用作双通道开关。在此基础上,我们采用喇曼-奈斯衍射的声光器件进行分析与实验,证明了它具有明显的滞后行为及双稳性。因此,我们认为它可用来作为多通道开关。适用于波导技术。

一、实验装置及工作原理

实验装置如图1所示。输出为12mW的He-Ne激光器1输出的激光由可调衰减器2调节其光强。经分束器3透射部分的激光进入声光晶体上。声光器件4是由一个高频信号发生器5驱动。本实验所用的是驻波型声光器件。高频信号发生器5的工作频率为40MHz。光电探测器7由光电二极管、放大器8及检波器构成。光电探测器7接收一级衍射光,所获得的电信号再经过放大器8放大后,用来调制高频信号发生器输出的高频信号电压的幅度。光电探测器6和光电探测器7分别接收入射光强和一级衍射光强。并将信号送到X-Y函数记录仪10上记录。

当晶体上加一个超声波信号时,晶体就相当于一个相位光栅,对入射激光发生衍射。在声光晶体的喇曼-奈斯衍射条件下,它的第*l*级衍射光强 I_l 与第*l*阶贝塞尔函数 J_l 的平方成正比^[2]:

$$I_l = I_i J_l^2(KU_M \sin \Omega t), \quad (1)$$

式中, I_i 为入射到晶体上的光强, U_M 是加到声光器件上高频信号电压幅度。 Ω 表示声光器件上所加高频信号的频率。 t 表示时间。 K 是一个与声光器件的固有参数有关的常数。

本实验采用一级衍射光。光电探测器2接收一级衍射光,其输出的电信号为 U_0 。

$$U_0 = n I_i J_1^2(KU_M), \quad (2)$$

式中, $J_1^2(KU_M)$ 表示一阶贝塞尔函数平方 $J_1^2(KU_M \sin \Omega t)$ 对时间*t*的平均值。 n 为探测

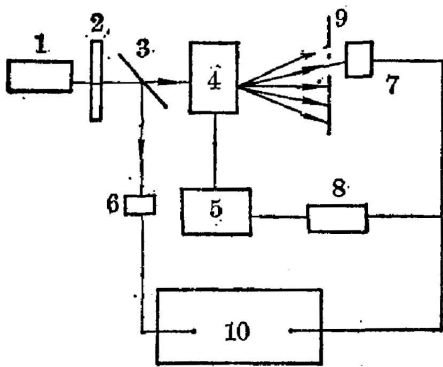


图 1 实验装置
Fig. 1 Experimental set-up

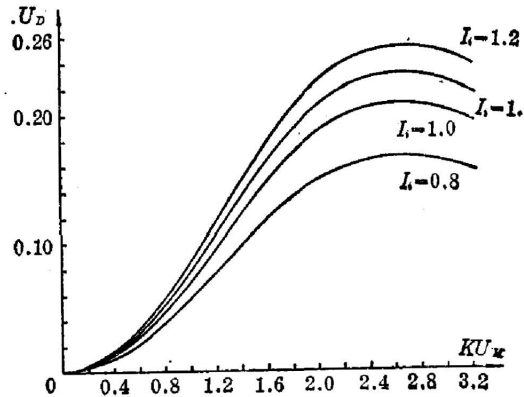


图 2 理论衍射曲线
Fig. 2 Theoretical diffraction curves

器 2 的光电转换系数。

图 2 给出 $n=1$ 时对应不同入射光强所获得的理论衍射曲线。从图 2 可以明显的看出, 在此区间内曲线存在拐点, 这是获得双稳态的条件。

由光电探测器 2 所输出的信号 U_D 经线性放大后, 用来调制高频信号发生器输出的高频信号电压幅度 U_M 。因此, 系统的反馈曲线可由下式表示:

$$U_M = \beta U_D + U_0, \tag{3}$$

式中, β 为整个反馈系统的增益系数。 U_0 是加到调制器上的偏压。显然, 装置的稳态行为由 (2) 式和 (3) 式共同确定。

图 3 说明了改变输入光强条件下声光双稳装置的工作原理。当逐渐增加声光器件上所加的高频信号电压幅度时, 对不同的入射激光光强 I_{i-} 、 I_i 、 I_{i+} , 探测器 7 所接收的一级衍射光强曲线如图 3(a) 中的 (I) 所示。图 3(a) 中的直线 (II) 描述了线性放大反馈回路, 它由方

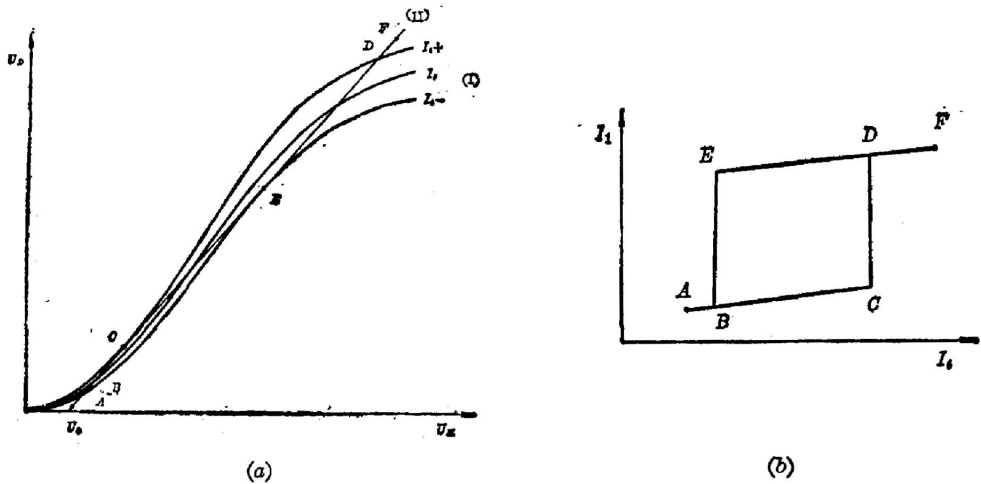


图 3 声光双稳装置工作原理(改变输入光强)

(a) 衍射曲线 I 和反馈线 II; (b) 双稳滞后回线

Fig. 3 Principle of operation of the acoustooptic bistable device (input-intensity tuning)

(a) diffraction curves (I) and feedback curve (II); (b) bistable hysteresis loop

程(3)给出。此直线是这样选择的:即它分别与双稳态低的极限光强 I_{t-} 的衍射曲线和高的极限光强 I_{t+} 的衍射曲线相切于 E 点和 C 点。因而,直线与 I_{t-} 到 I_{t+} 之间的一切入射光强的衍射曲线只相交并不相切。

调节衰减器,当入射光强较低时,系统状态处于图 3(a)中的 A 点。增大入射光强,系统的状态由 A 点沿直线逐渐移到 B 点。 B 点是 I_{t-} 的衍射曲线与直线相交的一点。继续增大入射光强,系统的状态又沿直线逐渐移到 C 点。 C 点是直线与 I_{t+} 的衍射曲线相切的一点。这以前系统一直处于“关”状态。当系统的状态由 C 点跳到 D 点时,系统由“关”状态进入“开”状态。 D 点是直线与 I_{t+} 的衍射曲线相交的一点。继续增大入射光强,系统的状态又沿直线到 F 点。当入射光强减小时,系统的状态由 F 点沿直线移回 D 点。继续减小入射光强,系统的状态沿直线移到 E 点。 E 点是直线与 I_{t-} 的衍射曲线相切的一点。当系统的状态从 E 点跳回 B 点时,系统从“开”状态进入到“关”状态。继续减小入射光强时,系统的状态又沿直线回到 A 点。图 3(b)说明了一级衍射光强随入射光强变化的双稳特性曲线。

二、结果与分析

由声光晶体衍射的光斑如图 4 所示。中间的光斑为零级光,依次向两侧对称排列的为一级、二级、三级衍射光,不加反馈时,测得声光晶体的衍射曲线如图 5 所示。横轴为声光器件上所加的高频信号电压幅度 U_M 。纵轴为探测器 2 所接收的一级衍射光信号 U_D 。

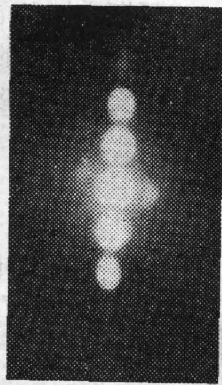


图 4 衍射光斑

Fig. 4 Diffraction light spot

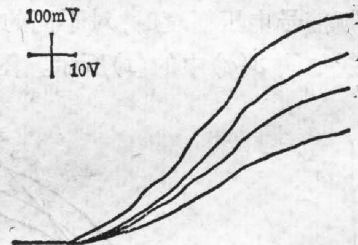


图 5 实际记录的声光晶体衍射曲线

Fig. 5 Recorded diffraction curves of the acoustooptic crystal

采用图 1 的装置,记录了当输入光强变化时,对于不同的偏置电压 U_0 所对应的一组双稳迟滞回线如图 6 所示。

声光喇曼-奈斯衍射的双稳装置除了上面采用的改变入射光强那种工作方式外,还可以在入射光强 I_i 和偏压 U_0 不变的条件下,通过改变反馈增益 β 获得双稳特性回线;也可以在入射光强 I_i 与反馈增益 β 均不变的条件下,改变偏压 U_0 获得双稳性。

由于喇曼-奈斯声光衍射有多级衍射光,并且各级衍射曲线都存在拐点。所以,这种声光衍射装置的一种用途是可以作多通道开关。

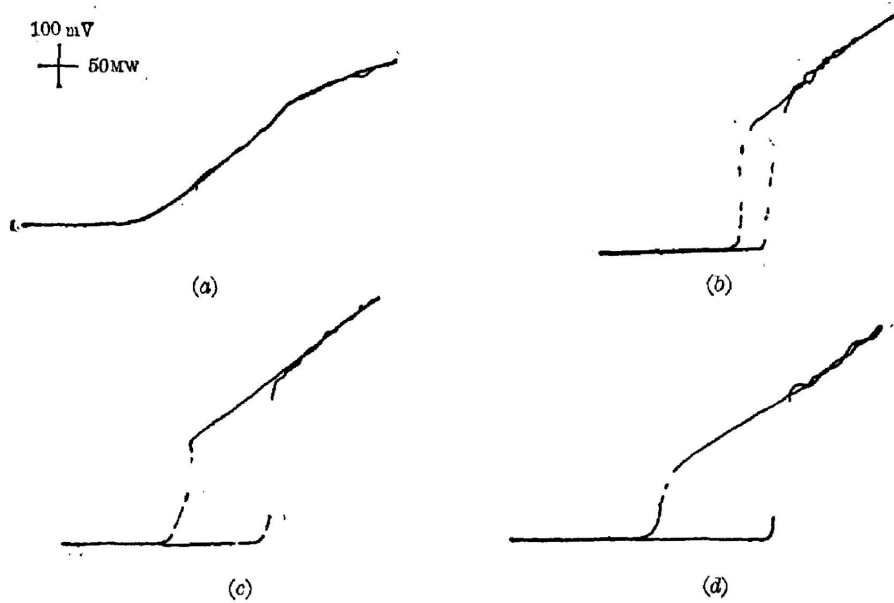


图 6 改变输入光强的双稳性(图 (a)~(d) 分别对应不同的 U_0)

Fig. 6 Input-intensity tuned bistability (photos (a)~(d) correspond to different values of U_0)

三、结 论

本文提出一种基于喇曼-奈斯声光衍射的光学双稳装置。实验显示了它的双稳特性。本文也提及了这种装置的三种工作方式。

感谢长春光机所八室的荆宝全、洪喜才等同志的大力帮助。

参 考 文 献

- [1] J. Chrostowski, C. Delisle; *Opt. Commun.*, 1982, **41**, No. 2 (15 Mar), 71.
- [2] 李荫远, 杨顺华; 《非线性光学》, (科学出版社, 1974), 136.

An optical bistable device based on Raman-Nath acousto-optic diffraction

LIANG GUIYUN LU WANXIN LU DEREN AND ZHANG XUANLIN
(*Department of Optical Physics, Changchun College of Optics and Fine Mechanics*)

(Received 13 July 1984; revised 5 February 1985)

Abstract

An optical bistable device based on Raman-Nath acousto-optic diffraction is reported. Intensity curves of diffracted light from a Raman-Nath acousto-optic modulator are recorded. The bistability of the first-order diffracted light intensity as a function of the input intensity is presented. Three modes of operation are possible for this acousto-optic bistable device. As a potential application, the acousto-optical bistable device can be used as a multi-channel switch.