

# 组合 ZnS 双稳器件的光学多稳性 与多值逻辑运算

王瑞波 张 雷 李淳飞 查子忠

(哈尔滨工业大学应用物理系, 150006)

**提要:** 运用 ZnS 干涉滤光片双稳器件的组合, 实现了光学多稳态及三值逻辑门。这种器件具有制作工艺简单、阈值功率低和可室温运转等特点, 是进行光计算回路可行性研究的理想元件。

**关键词:** 光学多稳态, 多值逻辑, 干涉滤光片

## Implementation of optical multistability and multivalued logic operations using composite ZnS interference filters

*Wang Ruibo, Zhang Lei, Li Chunfei, Zha Zizhong*

(Department of Applied Physics, Harbin Institute of Technology, 150006)

**Abstract:** Optical multistability and optical ternary logic gates have been realized using composite ZnS interference filter bistable device. The device is an ideal element for optical computing because of its favorable characteristics, such as simple fabrication technique, low critical power and easy room-temperature operation.

**Key words:** optical multistability, multivalued logic, interference filter

干涉滤光片双稳器件制作工艺简单, 操作方便, 可作为逻辑元件用于光通讯、光计算和光学信息处理研究领域。利用干涉滤光片双稳器件, 已经成功地进行了光学全加器<sup>[1]</sup>、模式识别<sup>[2]</sup>、数码替换<sup>[3]</sup>和高速开关<sup>[4]</sup>等项研究。本文首次报道运用 ZnS 干涉滤光片双稳器件的组合实现的光学多稳态及对称三值逻辑门。与二进制逻辑系统相比, 多值逻辑系统具有更高的运算速度和信息存贮密度。最近, Liu Shutian 等人和 M. Watanabe 等人分别报道了基于光电混合器件的 Post 三值逻辑门和对称三值逻辑门<sup>[5, 6]</sup>, 多值逻辑器件的研究, 对提高光学数字计算系统的处理能力具有重要意义。

### 一、光学多稳态

介质膜干涉滤光片由多层高折射率材料 (ZnS 或 ZnSe) 和低折射率材料 ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  或  $\text{MgF}_2$ ) 交替蒸镀而成, 每层的光学厚度为四分之一中心波长, 膜系结构通常为  $(\text{HL})^m(\text{nH})(\text{LH})^m$ , 两侧的  $(\text{HL})^m$  和  $(\text{LH})^m$  膜系可以看作是两个具有高反射率的反射镜, 整个滤光片相

当于一个含有非线性介质的 F-P 标准具。ZnS 干涉滤光片属本征型热效应光学双稳性器件，双稳态的产生是由热效应作用下滤光片中心波长移动到入射光波长引起的，产生双稳态的阈值功率与输入光的入射角度有关，入射角越大则阈值功率越高。

实验中我们把两块滤光片级联在一起，获得了光学三稳态，实验装置如图 1 所示，第一块滤光片的输出光做为第二块滤光片的输入光，所用滤光片的中心波长分别为 513.1 nm 和 513.8 nm，半峰值宽度为 2.1 nm、1.7 nm，最低阈值功率为 15 mW、11 mW。图 2 为通过改变输入光功率两次扫描得到的三稳态回线。

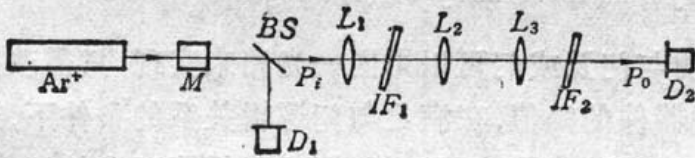


Fig. 1 Experimental set-up

Ar<sup>+</sup>—argon laser; M—modulator; BS—beam splitter;  
L<sub>1</sub>~L<sub>3</sub>—lenses; IF<sub>1</sub>, IF<sub>2</sub>—interference filters;  
D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>—detectors

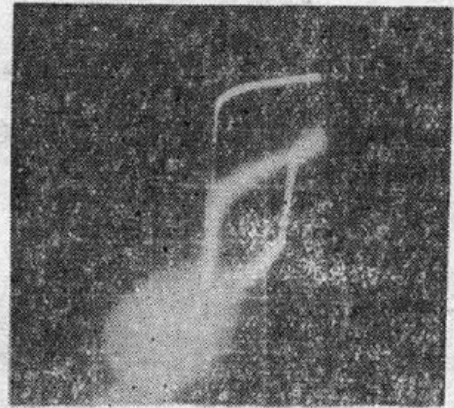


Fig. 2 Multistability characteristic curve

三稳态的产生实际上是两个双稳态迭加的结果，随着输入光强的增加，输出光强也不断增大，当输入光强  $P_i$  增加到与  $IF_1$  阈值光强相等时， $IF_1$  被开启，此时  $IF_2$  虽处于低态，但由于其较大的本底透过率，输出光强  $P_o$  仍有较大跳变，输入光强继续增加，当透过  $IF_1$  的光达到  $IF_2$  的阈值时， $IF_2$  被开启，输出光强再次发生跳变，从而产生三稳态，回线的形状可以通过改变  $IF_1$  及  $IF_2$  入射光的角来改变。

## 二、光学多值逻辑

与、或是对称三值逻辑中最基本的两种操作，图 3 所示为这两种逻辑门的真值表和实现这

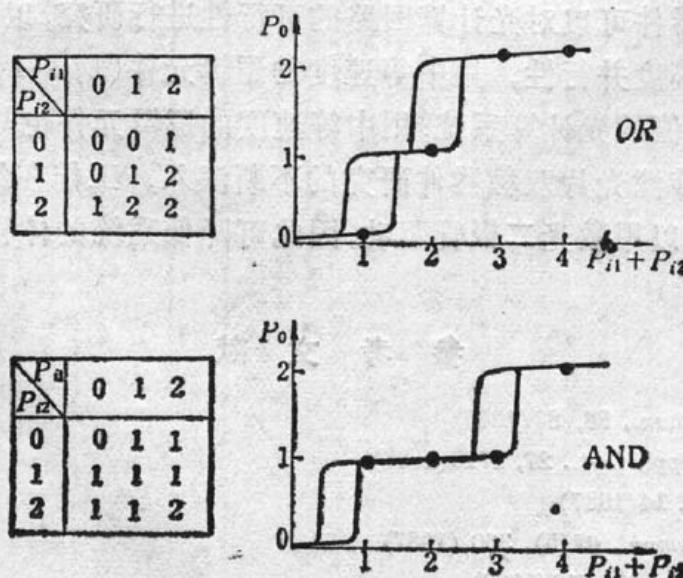


Fig. 3 Truth tables and input-output relation curves for "OR", "AND" gates

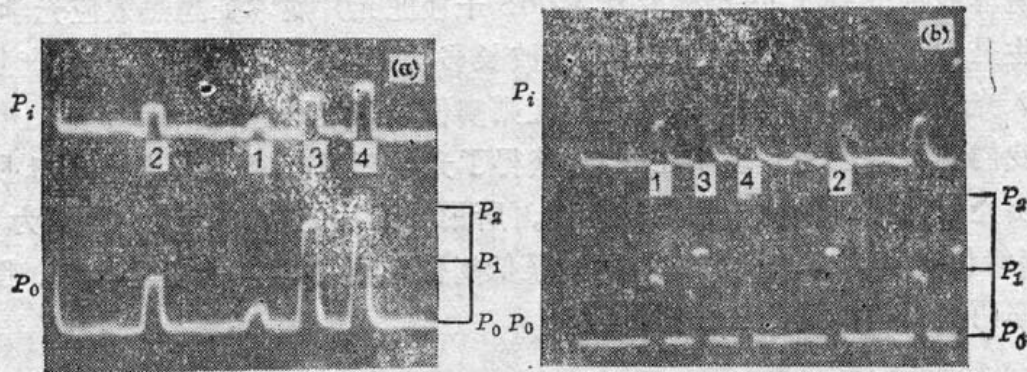


Fig. 4 Experimental results of symmetric ternary OR, AND gates

两种逻辑门所需器件的输入-输出关系。它表明与门及或门可以用同一光路来实现,只需改变

两个双稳器件的阈值,在满足与门逻辑关系的条件下,适当提高第一个双稳器件的阈值,同时降低第二个的阈值,便可满足或门的逻辑关系。我们用图 1 所示的光路得到的与门及或门实验结果示于图 4,幅值不同的脉冲信号分别对应于两个待操作信号取不同值时的输入光强, $P_0$ 、 $P_1$ 、 $P_2$ 分别表示运算结果为 0、1、2 的甄别光强。

非门也是一种常用的逻辑门,它同样可以通过两块滤光片的组合来实现,如图 5 所示,用第一块滤光片的反射光做为第二块滤光片的输入,经第二块反射后做为输出,由于偏置光  $P_0$  的作用,当输入信号为 0、1、2 时,输出

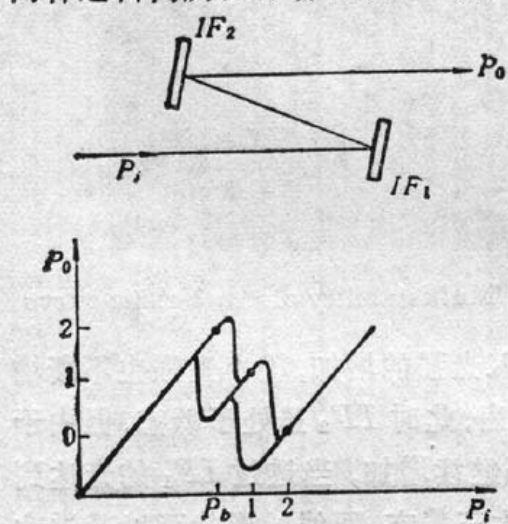


Fig. 5 Principle of NOT operation

信号分别为 2、1、0,满足非门的逻辑关系。

### 三、讨 论

用于干涉滤光片双稳器件可以对光计算回路的可行性进行研究,以便将来用高速开关替代。此外,由于光学系统的高度并行性,用中等速度的逻辑元件( $1\mu s-1 ns$ )也能获得高的处理速度,组成具有一定实用价值的光计算系统,用中等速度的逻辑元件也与当前的光源及信号检测等技术相适应。随着干涉滤光片双稳器件研究的不断深入,工作在红外波段的 ZnSe 滤光片已研制成功,这种器件可以用激光二极管驱动,因此可降低系统的体积。

### 参 考 文 献

- 1 B. S. Wherrent, *Opt. Commun.*, **56**, 87(1985)
- 2 L. Wang, V. Esch et al., *Appl. Opt.*, **27**, 1715(1988)
- 3 L. Wang et al., *SPIE*, **752**, 14(1987)
- 4 A. Daunois et al., *Opt. Commun.*, **62**(5), 360 (1987)
- 5 Liu Shutian et al., *Opt. Lett.*, **14**, 713(1989)
- 6 M. Watanabe et al., International Topical Meeting on Optical Computing, April 8, Japan 1990, paper gC10