

# 非线性干涉滤光片开关特性及逻辑功能\*

李士杰 谢 达 郑燕飞 唐晋发 范琦康

(浙江大学光科系, 杭州 310027)

**提要** 应用干涉滤光片作为一种光学双稳器件, 演示了光学逻辑开关功能。

**关键词** 光学逻辑功能, 光开关, 光学双稳

## Switch characteristic and logic operation using a single nonlinear interference filter (NIF)

LI Shijie, XIE Da, ZHENG Yanfei, TANG Jinfa, FAN Jikang

(Department of Optical and Scientific Instrument Engineering,  
Zhejiang University, Huangzhou 310027)

**Abstract** With a NIF as optical bistable device, the optical switch and the logical function are demonstrated.

**Key words** optical logical function, optical switch, optical bistability

光计算研究的领域十分广泛。然而无论是模仿电子计算机的二进制数值光计算机结构, 还是用符号代换进行光计算以及光信息的存贮, 都离不开具有光学双稳特性的阈值器件。非线性干涉滤光片光学双稳器件, 具有开启阈值功率低、开关速度快, 可室温工作于可见波段等优点, 因此在探索逻辑开关功能, 研究全光学数字计算和体系结构方面受到人们的重视<sup>[1,2]</sup>。关于非线性干涉滤光片双稳特性研究已在前文报道<sup>[3]</sup>, 本文报道利用其透射、反射双稳特性, 获得多种逻辑功能; 并报告双稳器件对冲开关特性的研究, 可用于构成光学关联存贮<sup>[4]</sup>、干涉滤光片型空间光调制器<sup>[5]</sup>的阈值器件。

## 1 对冲开关特性

实验装置如图 1 所示。入射光束经分束器  $BS$  分成两束: 保持光  $A$  经衰减器  $ND_1$ 、斩波器  $OM$ , 由  $3\times$  物镜会聚于滤光片上; 开启光  $B$  经衰减器  $ND_2$  和  $4\times$  物镜会聚于滤光片的另一面。挡住开启光, 调节保持光强至刚好不产生双稳, 此时输出成低态, 如图 2(a) 所示; 然后打开开启

收稿日期: 1992年5月28日; 收到修改稿日期: 1992年8月20日。

\* 本工作由浙江省自然科学基金资助。

光,则触发出现双稳,如图 2(b) 所示。实验在约 30 mW 的保持功率下,最小触发开启功率约 7 mW。

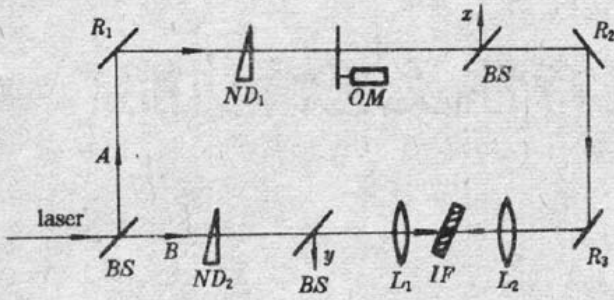


Fig. 1 Experimental setup for switch characteristic

BS — beam splitter; ND — neutral density filter;  
IF — interference filter; OM — optic modulator;  
R — mirror; A — hold beam; B — switch beam

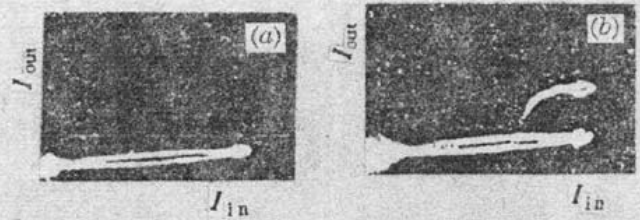


Fig. 2 Experimental switch result

(a) a device very close to the switch threshold without switch beam B; (b) bistability loop with switch beam B

## 2 逻辑功能和全加器操作

我们利用非线性干涉滤光片的透射和反射双稳回线完成了“或门”、“与门”、“异或门”功能,并实现了全光学单门全加器操作。

实验装置如图 3 所示。光束经分束器 BS 分布两束,保持光 A 经可变衰减器 ND<sub>1</sub> 入射到干涉滤光片上,调节 ND<sub>1</sub> 可改变其光强,从而改变干涉滤光片的初始偏置状态。信号光 B 经衰减器 ND<sub>2</sub> 和光强调制器 OM 入射于滤光片同一区域,滤光片的反射特性由硅光电池 D<sub>1</sub> 检测,透过特性由 D<sub>2</sub> 检测。

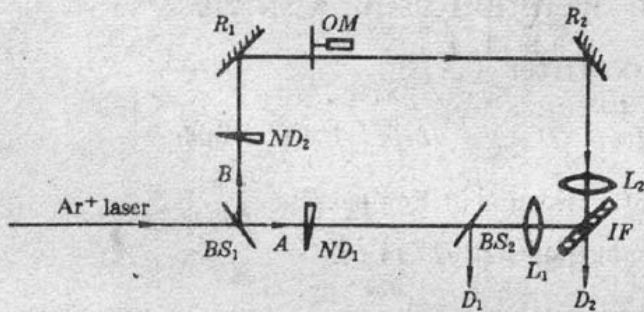


Fig. 3 Experimental setup for logic gates and full-adder operation

BS — beam splitter; ND — neutral density filter;  
IF — interference filter; OM — optic modulator;  
R — mirror; A — hold beam; B — switch beam

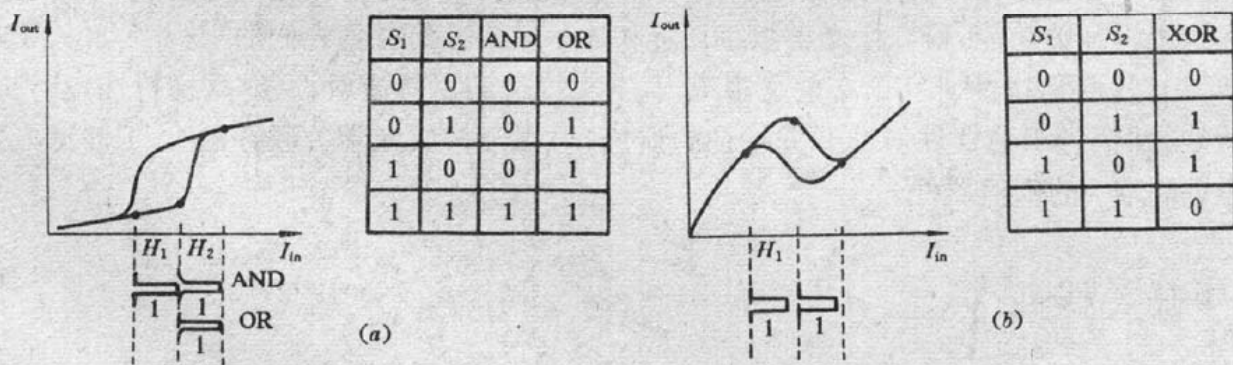


Fig. 4 Principles of logic gate operation (a) AND and OR; (b) XOR

### 2.1 “或门”、“与门”、“异或门”

实现“或门”、“与门”功能的基本原理如图 4(a) 所示。在滤光片透过回线上,调节保持功率使初始偏置分别位于 H<sub>1</sub> 和 H<sub>2</sub>,利用信号光束即可实现“或门”、“与门”功能。显然,利用滤光片的反射回线,则可实现“异或门”功能,原理如图 4(b) 所示。实验中,信号光束被调制成为三阶梯光强(I<sub>1</sub>, 2I<sub>1</sub>, 3I<sub>1</sub>)。实验结果如图 5 所示,图中较上波形为信号光,下部为滤光片的反射输出或透过输出。



Fig. 5 Experimental results for logic gates operation  
(a) AND gate; (b) OR gate; (c) XOR gate

## 2.2 单门全加器

调节保持光强使滤光片初始偏置于图 6 所示的  $H_0$ , 经三阶梯光强调制器调制的三种不同强度的光 ( $I_1, 2I_1, 3I_1$ ) 先后触发滤光片, 其工作位置分别处于图 6 所示的  $H_1, H_2, H_3$ 。其中状态  $H_0$  代表全加器输入信号  $A_i, B_i, C_i$  均为零的情况;  $H_1$  代表三者之一为 1, 其余为零;  $H_2$  代表二个为 1, 一个为零;  $H_3$  代表全为 1 的情况。当信号光强适当, 双稳透、反特性有足够对比度时, 滤光片的透反输出满足全加器逻辑关系。由图可见, 当输入为  $H_0$  状态时, 透反均处于低态, 对应  $S_i = C_{i+1} = 0$ ; 状态为  $H_1$  时,  $I_T$  和  $I_R$  分别位于  $B$  和  $B'$  点, 反射处于高值, 透射处于低值, 对应  $S_i = 1, C_{i+1} = 0$ ; 状态为  $H_2$  时, 对应  $S_i = 0, C_{i+1} = 1$ , 状态  $H_3$  对应  $S_i = C_{i+1} = 1$ 。实验结果如图 7 所示。

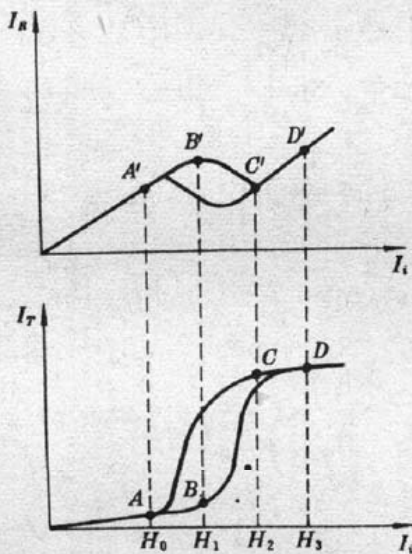


Fig. 6 Transmission and reflection bistability loop



Fig. 7 Experimental results for full-adder  
(a) reflection output; (b) transmission output  
(Upper trace- signal light, lower trace-corresponding output)

## 参 考 文 献

- 1 G. R. Olbright, *Appl. Phys. Lett.*, **10**, 1037(1986)
- 2 S. D. Smith, *Opt. Commun.*, **5**, 357(1981)
- 3 李士杰 *et al.*, *浙大学学报*, **1**, 100(1990)
- 4 L. Wang *et al.*, *Appl. Opt.*, **27**, 1715(1988)
- 5 A. C. Welker *et al.*, *Opt. Lett.*, **3**, 345(1988)