

一种实现二进制加法符号替换规律的 光逻辑系统

曹明翠 刘夏安 李幼平 游立德 陈绍仟
(华中理工大学, 武汉)

提 要

为了实现二进制加法符号替换规律, 本文提出了一种简单的光逻辑系统, 它仅包括一片二维列阵光学双稳器件。本实验采用同时具有 NXOR 和 OR 逻辑功能的透反射型 ZnS 光学双稳干涉滤光片作光逻辑器件。该光学逻辑系统完成了二进制加法四个符号替换规律的并行替换。光学系统采用固定的自由空间互连方法, 具有光学硬件少, 光功率损耗低, 结构简单、实用的优点。
关键词: 光学双稳; 加法运算; 符号替换。

一、前 言

非线性光学双稳器件是一种很好的光数字计算的全光逻辑器件^[1]。它与 A. Huang 提出的符号替换逻辑相配合^[2], 引起人们对具有通用功能的光数字计算机的研制极大兴趣。符号替换逻辑充分发挥了光的并行性优点, 它是一种很好的空间逻辑运算。

符号替换逻辑的加法规律如图 1 所示^[3]。若要完成两数加法运算, 需要多次重复地按此规律进行替换。替换次数最多不超过二进制输入数据的位数。Booker^[4]和 Kozaitis^[5]等人都提出了各自的符号替换规律, 但都有缺点和不方便处。

A. Huang 提出的二进制符号替换逻辑, 已被证明, 可以完成布尔逻辑所能完成的运算功能。它是一种适用于光并行计算的空间逻辑。要实现符号替换逻辑加法运算的关键, 就是要研究能实现二进制加法符号替换规律的光学逻辑系统和光学互连系统。本文提出了一种简单的光学逻辑系统, 光学系统中, 仅用一片透反射型光学双稳 ZnS 器件作逻辑器件, 采用固定的自由空间互连方法, 完成了加法运算的符号替换规律。

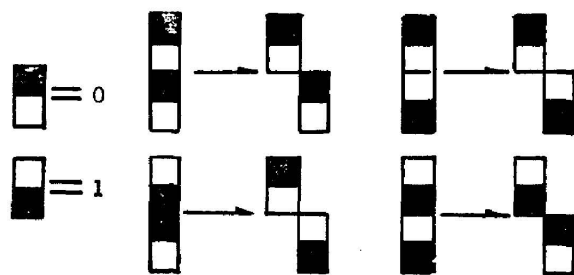


Fig. 1 Symbolic substitution rules for binary addition

二、透反射型光学双稳态 ZnS 器件

光学双稳态 ZnS 器件, 由于它具有制作工艺简便, 价廉, 工作波长在可见光波段, 便于

收稿日期: 1989年2月21日; 收到修改稿日期: 1989年5月7日

* 本研究工作获得“国家教委优秀年轻教师基金”和“国家自然科学基金”的资助。

光路系统调整等优点。对于光数字计算的运算和结构系统的研究来说,它是一种较好的光逻辑器件。该器件用于光运算中,可分为正透射型和透反射型两种^[6,7]。本实验室研制出的正透射型光学双稳 ZnS 器件的阈值功率为 2 mW, 开关时间约 2 μ s。功率约 8 mW 的特性曲线如图 2 所示。透反射型光学双稳 ZnS 器件, 阈值功率约 8 mW, 开关时间约为 5 μ s, 初始失调角约为 25°。在 20 \times 20 mm² 范围内均匀性好。功率约 20 mW 时的透射和反射特性曲线如图 3 所示。

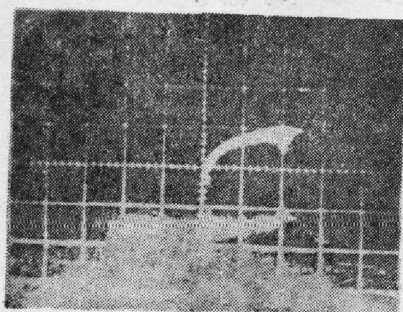


Fig. 2 Normal transmission bistability characteristics of optical bistable ZnS IF

透反射型光学双稳态 ZnS 器件, 可以同时从透射光和反射光获得逻辑值。同时具有 NOR 和 OR, AND 和 NAND, NXOR 和 OR 等逻辑功能。透反射型光学双稳 ZnS11* 干涉滤光片用于 NOR 和 OR, NAND 和 AND 逻辑状态时, 信号光强度为 1~2 mW, 扇出可在 4 以上。而用于 NXOR 和 OR 逻辑时, 偏置光和信号光强度的工作点如图 4 所示。ZnS11* 信号光强度约 3 mW, 扇出在 1~2 之间。

透反射型光学双稳态 ZnS 器件, 可以同时从透射光和反射光获得逻辑值。同时具有 NOR 和 OR, AND 和 NAND, NXOR 和 OR 等逻辑功能。透反射型光学双稳 ZnS11* 干涉滤光片用于 NOR 和 OR, NAND 和 AND 逻辑状态时, 信号光强度为 1~2 mW, 扇出可在 4 以上。而用于 NXOR 和 OR 逻辑时, 偏置光和信号光强度的工作点如图 4 所示。ZnS11* 信号光强度约 3 mW, 扇出在 1~2 之间。

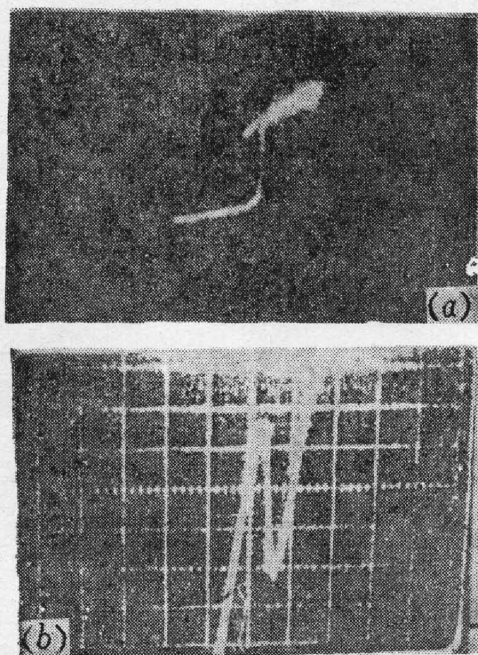


Fig. 3 Transmission /reflection bistability characteristics of transmission-reflection type optical bistable ZnS IF

- (a) Transmission bistability characteristics
(b) Reflection bistability characteristics

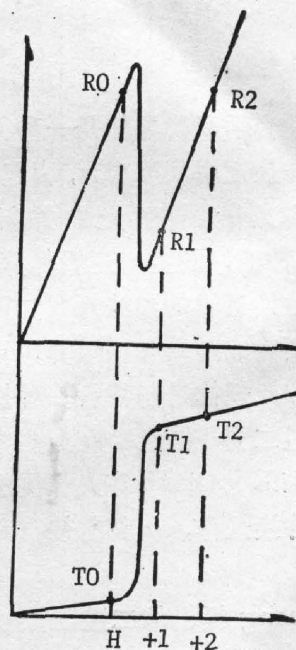


Fig. 4 Operated point for NXOR and OR logic

三、加法符号替换规律的光逻辑系统

实现符号替换的加法运算, 关键问题之一是研究能完成加法符号替换规律的光逻辑系统。也就是说, 输入图像中每一列都有可能出现图 1 中四种符号序列, 但通过该光学逻辑运算后, 所获得的逻辑值, 都要遵守图 1 所示的加法替换规律。

如图 5 所示。首先将输入的数据图像进行等幅分割为两幅图像。然后相对位移，再重新严格地让第一和第三，第二和第四，第一和第四光斑重合。第一和第三光斑强度衰减一半后，通过 OR 逻辑运算，其逻辑值为输出图像的第一行符号。第二和第四光斑重合后，通过 OR 逻辑运算，其逻辑值组成输出图像中的第二行符号，而经过 NXOR 逻辑运算后，其逻辑值组成输出图像中的第四行符号，第一和第四重合光斑通过 NXOR 逻辑运算后，其逻辑值为输出图像中的第三行符号。设输入图像中四行光强度编码的二进制符号为 I_1, I_2, I_3, I_4 ，输出逻辑值为 I'_1, I'_2, I'_3, I'_4 ，则输入和输出的逻辑值关系为：

$$I'_1 = \text{OR} \left[\frac{1}{2} (I_1 + I_3) \right], \quad I'_2 = \text{OR} [I_2 + I_4],$$

$$I'_3 = \text{NXOR} [I_1 + I_4], \quad I'_4 = \text{NXOR} [I_2 + I_4].$$

从上式不难得出输入值和逻辑值是满足加法符号替换规律的。

图 6 是实现上述光逻辑运算的光学系统原理图。光学系统中仅用了一片透反射型光学双稳态 ZnS 干涉滤光片作 NXOR 和 OR 逻辑器件。光逻辑器件的工作特性如图 4 所示。实验中 ZnS 11* 在偏置光强度约 9~12 mW，信号光强度约 3 mW 时，同时获得 NXOR 和 OR 逻辑输出。光路中采用了高效率的平面薄膜分束器，偏光棱镜，半波片，微型透镜列阵等，作为固定的自由空间互连光学元件。该光路系统可同时平行地进行四个加法符号替换规律的替换。

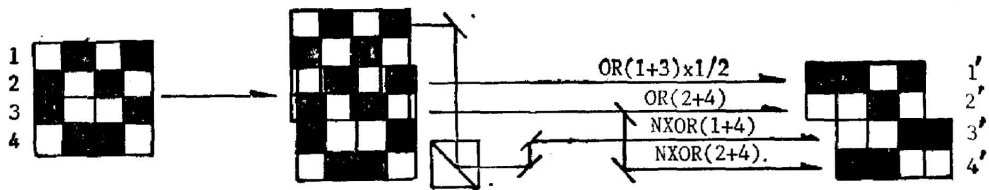


Fig. 5 Operation of optical logic for symbolic substitution rules of binary addition

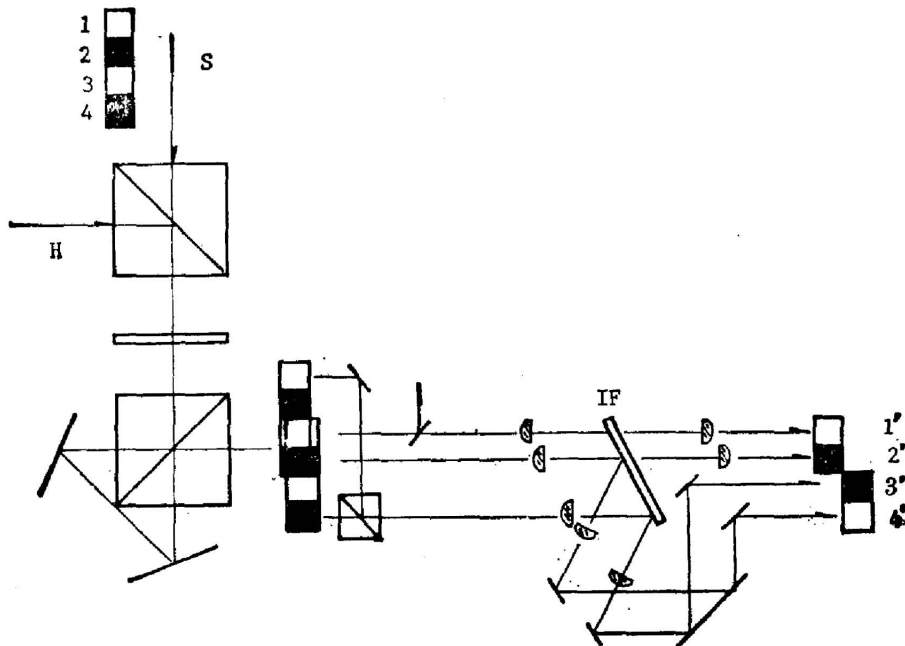


Fig. 6 Optical setup for performing symbolic substitution rules of binary addition

四、结 论

A. Huang 提出的符号替换逻辑, 是一种实现光数字运算的空间逻辑运算。用此方法完成各种运算, 最基本的问题之一是在光学上实现加法运算的符号替换规律。本文提出的光学逻辑系统是一种简单而实用的光学系统。本实验虽然采用开关速度不太高的光双稳态 ZnS 器件作光逻辑器件, 但该光逻辑系统对任何新的光学逻辑器件是有效的。本实验光学系统中若再用一片正透射型, 或透反射型光学双稳 ZnS 器件作为阈值, 或寄存开关器件, 将 NXOR 和 OR 逻辑值“0”态的光强度箝置在同一数值, 并且提高扇出能力, 就可以完成任何两数的全加运算。

参 考 文 献

- [1] N. Peyghambarian, H. M. Gibbs; *Opt. Eng.*, 1985, **24**, No. 1 (Jan), 068~073.
- [2] A. Huang; "Parallel Algorithms for Optical Digital Computers", (Tenth International Optical Computing Conference IEEE Computer Society, New York 1983), 13~17.
- [3] K. H. Bremer *et al.*; *Appl. Opt.*, 1986, **25**, No. 18 (Sep), 3054~3060.
- [4] Richard P. Bocker, *et al.*; *Appl. Optics*, 1986, **25**, No. 15 (Aug), 2456~2457.
- [5] S. P. Kozaitis; *Optics Communications*, 1988, **65**, No. 5 (Mar), 339~342.
- [6] M. T. Tsao *et al.*; *Opt. Eng.*, 1987, **26**, No. 1 (Jan), 041~044.
- [7] F. A. P. Tooley *et al.*; *Optics Communication*, 1987, **63**, No. 6 (Sep), 265~370.

A simple optical logic system to implement symbolic substitution rules of binary addition

CAO MINGGUI, LIU XIAAN, LI YOUPIING, YOU LIDE, AND CHEN SHAOGIAN
(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan)

(Received 21 February 1989; revised 7 May 1989)

Abstract

For realizing symbolic substitution rules of binary addition. This paper proposes a simple optical logic system which includes only one 2-D array of optical bistable device. One optical bistable ZnS IF of transmission-reflection type which simultaneously has two logic functions of NXOR and OR as optical logic device is used in this arithmetic system. The invariable free space interconnect is adopted in the optical system. Four symbolic substitution rules of binary addition can be parallelly implement in the optical logic system. The optical logic system has the advantages of fewer optical hardwares, lower loss of optical power and simple architecture.

Key words: optical bistable; adder algorithm; symbolic substitution.