

用两个双稳器件构成的光学全加器

李淳飞 查子忠 励强华 殷风田 张雷

(哈尔滨工业大学应用物理系)

Optical full adder composed of two optical bistable devices

Li Chunfei, Zha Zhizhong, Li Qianghua, Yin Fengtian, Zhang Lei

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

提要: 我们用 Ar^+ 激光驱动两块串接的干涉滤光片双稳器件, 首次构成了一个最简单的光学全加器, 并成功地演示了其加法功能。

关键词: 光学双稳器件, 光学全加器, 数字光计算机

一、前言

光学元件组成的全加器是二进制数字光计算机的一个基本单元部件, 目前国内外已提出十几种光学全加器的方案^[1], 我们用两片干涉滤光片双稳器件构成了一种较简单的光学全加器, 并演示了其加法功能, 与 F. A. P. Tooley, N. C. Craft 等人的工作相比, 具有元件少, 光路简单(省去了维持光), 输出信号易识别等优点。

二、器件和光路

我们的光学全加器是用两块自制的 ZnS 干涉滤光片双稳器件组成。干涉滤光片的中心波长 $\lambda_0=514.0\text{nm}$, 峰值透过率 $T=50\%$, 半宽度 $\Delta\lambda_{1/2}=2\text{nm}$, 产生双稳的倾角为 $10^\circ\sim 15^\circ$, 其光谱特性、透射和反射的双稳开关特性如图 1 所示。

实验装置如图 2 所示, 采用双片串接方案, 图中 M 是光强调制器, 由它产生三种不

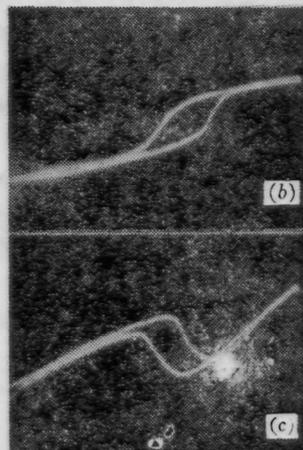
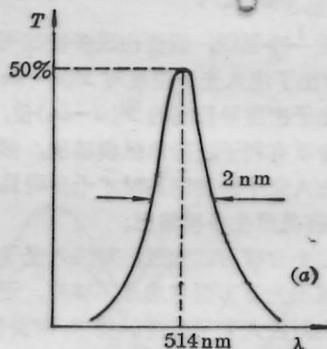


图1 ZnS干涉滤光片的光学特性

(a) 光谱特性; (b) 透射双稳特性; (c) 反射双稳特性

收稿日期: 1988年6月10日。

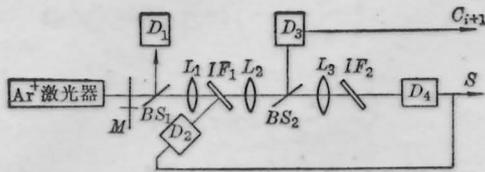


图2 光学全加器实验装置

IF_1 、 IF_2 —ZnS干涉滤光片； BS_1 、 BS_2 —分光镜； D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 —硅光电池探测器； L_1 、 L_2 、 L_3 —聚焦透镜； M —光强调制器

同强度等级的光脉冲来代表三种信号输入情况。 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 是硅光电池探测器，分别探测输入信号、 IF_1 的反射信号、 IF_1 的反射信号和 IF_2 的透射信号。 L_1 、 L_2 、 L_3 是聚焦透镜。 Ar^+ 激光输出功率为300mW，波长514.5nm。

三、原理和结果

计算机全加器的基本逻辑功能是将两个被加信号 A_i 、 B_i 以及前级进位信号 C_i 相加，得出本位和 S 与后级进位 C_{i+1} 。其逻辑值见真值表。

全加器真值表

	A_i	B_i	C_i	S	C_{i+1}
第一光脉冲	1	0	0	1	0
	0	1	0	1	0
	0	0	1	1	0
第二光脉冲	1	1	0	0	1
	1	0	1	0	1
	0	1	1	0	1
第三光脉冲	1	1	1	1	1

光路中探测器 D_1 探测通过调制器 M 的输入信号脉冲，不同强度等级的光脉冲代表 A_i 、 B_i 、 C_i 的不同组合：第一脉冲强度最低，表示 A_i 、 B_i 、 C_i 中只有一个为1，其余为0的情况；第二脉冲强度为第一脉冲的二倍，表示 A_i 、 B_i 、 C_i 中有两个为1，其余为0的情况；第三脉冲强度最高，强度为第一脉冲的三倍，表

示 A_i 、 B_i 、 C_i 皆为1的情况^[2]。两个探测器 D_2 和 D_4 输出值的叠加代表本位和 S ，探测器 D_3 输出值代表向下一级的进位 C_{i+1} 。当输入第一脉冲时， IF_1 处于低态，反射光很强， D_2 为1，而透射光很弱，使 IF_2 处于低态， D_2 和 D_4 之和 S 为1， D_3 表示的后级进位 C_{i+1} 为0(见图3和图4)。当输入第二脉冲时， IF_1 达到阈值跳到高态，反射光很弱，透射光很强，使 D_2 为0， D_3 (C_{i+1})为1，这时光强不足以使 IF_2 达到阈值，故 D_4 为0，则 D_2 与 D_4 之和 S 为0；当输入第三脉冲时， IF_1 和 IF_2 皆处于高态， D_2 为0， D_2 与

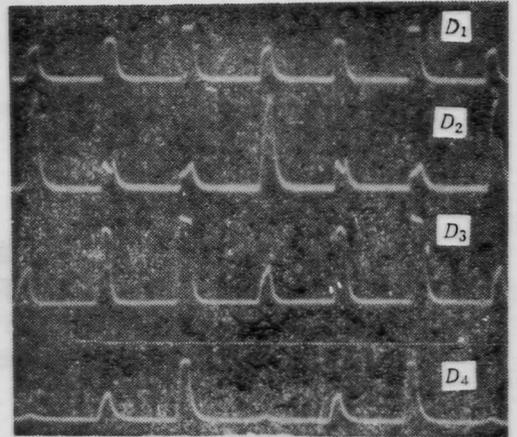


图3

D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 —为探测器输出波形。

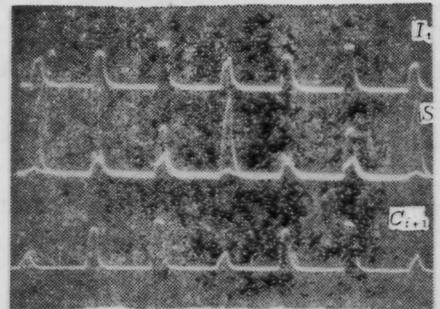


图4 全加器实验结果波形

I_i — A_i 、 B_i 、 C_i 输入信号组合波形； S —本位和波形； C_{i+1} —后级进位波形

(下转第323页)

注：实验中第一、第二、第三输入脉冲的强度关系是1:2:3，由于探测器硅光电池在输入光强变大情况下出现饱和，故从示波器上拍得的输入波形中三个脉冲的强度关系不是1:2:3。

位错密度低。这有利于降低激光器的阈值电流和提高激光器的工作温度,可避免由于界面不平所引起的激光器退化,从而提高了激光器的使用寿命。

图4为激光器在77K下的伏安特性。从中看到 $p-n$ 结的导通电压 $\sim 80\text{meV}$,近于有

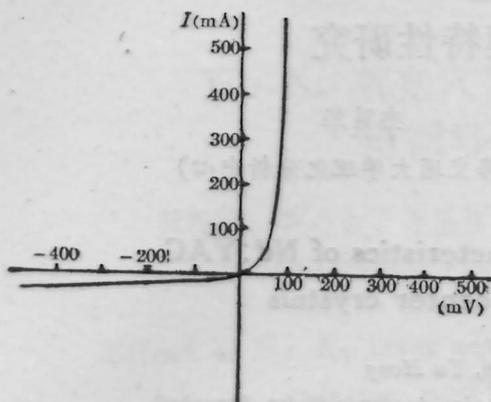


图4 $\text{PbTe}_{0.917}\text{Se}_{0.083}/\text{Pb}_{0.79}\text{Sn}_{0.21}\text{Te}/\text{Pb}_{0.80}\text{Sn}_{0.20}\text{Te}(\text{Sub})$ 异质结激光二极管在77K下的伏-安特性

(上接第355页)

D_4 之和为1,这时本位和 S 为1,后级进位 C_{i+1} 也为1。

图3与图4是从示波器上拍得的照片。图3表示四个探测器分别探测到的脉冲波形,图4表示 A_i 、 B_i 、 C_i 不同输入信号组合时本位和 S 及后级进位 C_{i+1} ,其强度关系与真值表完全一致。

四、讨 论

要构成电子计算机的全加器需要九个与非门电子元件,而我们的全加器只需要两个光双稳器件,这说明光学方法比电子学方法节省元件,如果将基于热机制的干涉滤光片

源层带宽。由于材料的串联电阻比较小,反向电流很小,表明异质结的电学特性比较好。

激光器在1/2占空比的方波电流驱动下,阈值 $I_{th}=300\text{mA}$ (工作温度为21K),输出波长为 $14.6\mu\text{m}$ 。

参 考 文 献

- 1 A. W. Mantz, "Application of tunable diode laser", Spectra Physics, Inc. Laser Analytics Division
- 2 L. R. Tomasita *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **24**(11), 560~570(1974)
- 3 E. Silbery *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **31**(10), 699 (1977)
- 4 S. H. Grover *et al.*, *App. Phys. Lett.*, **25**(6), 331 (1974)
- 5 A. P. Shotov *et al.*, *Sov. Technical Phys. Lett.*, (512), 629(1979)
- 6 D. Kasemset *et al.*, *IEEE Electron Devices Letters*, **EDL-1**(5), 75~78(1980)
- 7 A. Zussman *et al.*, *IEE Proc-1 Solid-state and Electron Devices* 1982, **129**(1), part 1, 203~208
- 8 D. Kasemset *et al.*, *J. of Electron Materials*, **10**(5), 863(1981)

双稳器件换成电子机制的半导体双稳器件,则器件开关速度将大大提高,而且能实现集成化,进行高度并行处理(如 1mm^2 的GaAs量子阱器件可集成 1000×1000 个元件),又由于光学元件的抗电磁干扰能力,从而使构成光计算机的CPU将比电子计算机优越。

本装置的缺点是干涉滤光片器件需要倾斜放置,这对实现并行处理不利,最近我们已经研究成功一个正入射单元件光学全加器,即将发表。

参 考 文 献

- 1 F. A. P. Tooley *et al.*, *Opt. Commun.*, **63**(6), 365 (1987)