

一种光电混合集成有源光双稳器件

张培亮 郭奕理 孙成城 薛保兴
(清华大学 电子工程系)

提 要

本文报道一种光电混合集成的有源双稳态器件,它仅由一只半导体激光器,两只 PIN 光电探测器及几只电子元器件构成。实验上得到了光学迟滞回线,显示了光开关、光存储、光脉冲整形等功能。文中简述了器件工作原理,光电混合集成制作工艺技术及性能指标。

关键词: 光学双稳器, 半导体激光器, PIN 光探测器。

一、引 言

为实现数字光信号处理和数字光计算,首先要研制光双稳器件。在过去几年内人们进行种种探索,研制各种各样的光双稳器件。但一种光学双稳态装置或是体积庞大或是工艺复杂,尚未获得一种稳定实用的光学双稳态器件。最近报道的一些光双稳器件,都是非线性无源器件,或是与光源分开的分立元件^[1],其内部连线限制了它们的实际应用。虽有文章报道了半导体激光和染料激光器中^[2~3],随激励电参数而出现的双稳特性及迟滞效应,但是要成为整体光学系统中的一个实用元件,似乎还很遥远。

本文报道采用光电混合集成技术,研制出一种结构紧凑、体积小、工作稳定,能方便地与光纤连接的,具有初步实用价值的半导体光双稳器件。在实验上得到了光增益、光迟滞回线,显示了光开关(或光开电关),光记忆(或光存储),光脉冲整形等功能。这一新颖的有源双稳态光器件由一只半导体激光器,两只 PIN 光电探测器及几只电子元器件构成,内部结构简单,有利于在 GaAs 及其它 III-V 族化合物半导体基片上进行光电子单片集成,因此具有相当大的吸引力。

二、工作 原 理

图 1 是该半导体光双稳器件的结构原理图。一只 LD 和两只并联的 PIN, 在电学上串联,在光学上构成反馈。两只并联的 PIN 管,一只接收外面输入的光信号 P_i ,另一只接收内部 LD 的反馈光,以实现光双稳态特性。

考虑到半导体激光器的阈值特性,其电-光转换曲线可近似用折线表示

$$P_0 = \begin{cases} 0, & (I_p + I_b) < I_{th}, \\ \alpha(I_p + I_b - I_{th}), & (I_p + I_b) > I_{th}, \end{cases} \quad (1)$$

式中, I_{th} 是半导体激光器的阈值电流; α 为电光转换系数,对应于激光器的量子效率; I_b 为

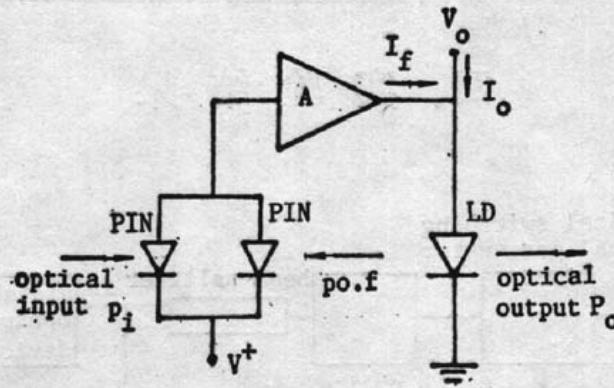


Fig. 1 Schematic diagram of the active optical bistable device

预偏置电流; I_o 是探测器的光生电流。

对于光电探测器, 其光-电转换特性也可近似用折线表示

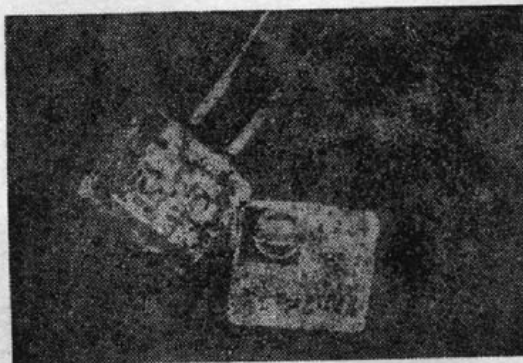
$$I_p = \begin{cases} K(P_i + f \cdot P_o), & (P_i + fP_o) < P_s, \\ KP_s = I_s, & (P_i + fP_o) > P_s, \end{cases} \quad (2)$$

式中, K 是光电探测器的光电转换系数; P_s 为探测器的饱和光功率; I_s 是与 P_s 相对应的饱和光生电流; f 为反馈光的耦合系数。

对方程(1)和(2)进行图解, 就可以看出, 在输入光功率 P_i 和输出光功率 P_o 之间, 存在光双稳态工作的典型效应, 迟滞回线^[4]。

三、器件的制作工艺

该双稳态器件的具体结构, 包括一只半导体激光器、驱动电路, PIN-FET 前置放大器、主放大器, 利用半导体激光器两端面均能输出光的特点, 一端面耦合光纤, 作为光输出, 另一端面直接与 PIN 探测器耦合, 实现光反馈。并采用特殊技术实现反馈光的耦合系数可调, 以控制迟滞回线的宽度, 即双稳器件的动态跨度。采用薄膜集成技术, 把 PIN-FET 前置放大器及主放大器制作在一块 15×10 mm 的微晶玻璃片上。采用厚膜集成技术, 把半导体激光器的驱动电路及反馈光探测器制作在一块 15×10 mm, 95% 的三氧化二铝陶瓷片上, 采用精细加工及精巧的耦合工艺, 把整个器件封装在一只 24×29 mm 双列直插式金属管壳内。外形见图 2(a)、2(b)。



(a) Structure of the hybrid integrated OBD



(b) Photo of the hybrid integrated OBD

Fig. 2

四、实验结果

测试装置如图 3 所示。

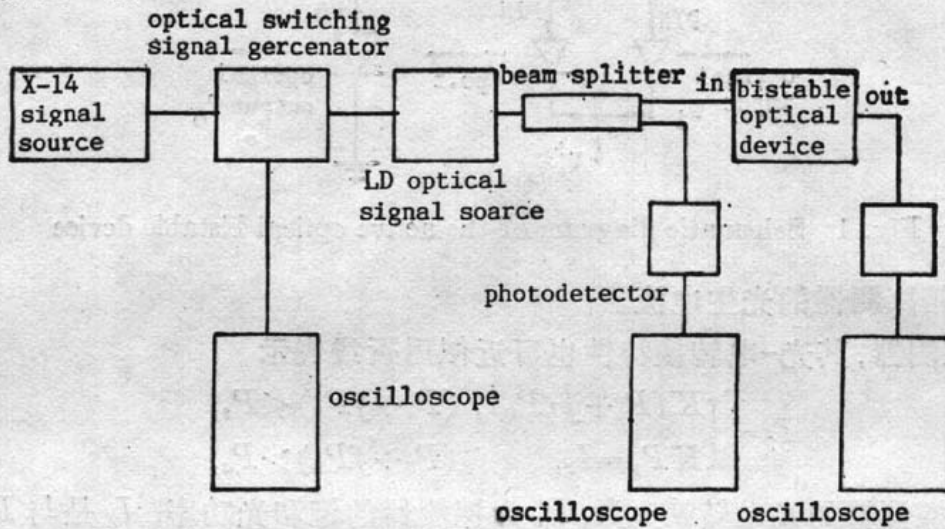


Fig. 3 A schematic set-up used for the determination of OBD characteristics

1. 迟滞回线

以三角波或正弦信号调制的光信号输入到双稳器内,并将示波器以 $x-y$ 模式工作,从示波器上观察到双稳器输出随输入变化的特性曲线,如图 4 所示。



Fig. 4 Optical hysteresis of the OBD

2. 光双稳开关(或光记忆)

利用光迟滞回线,可得到光双稳开关(或光记忆)模式。其原理如图 5 所示。在迟滞回

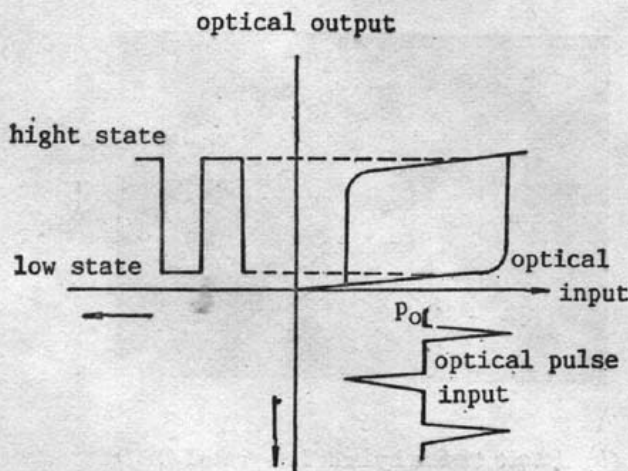


Fig. 5 Operational principle of optical switching

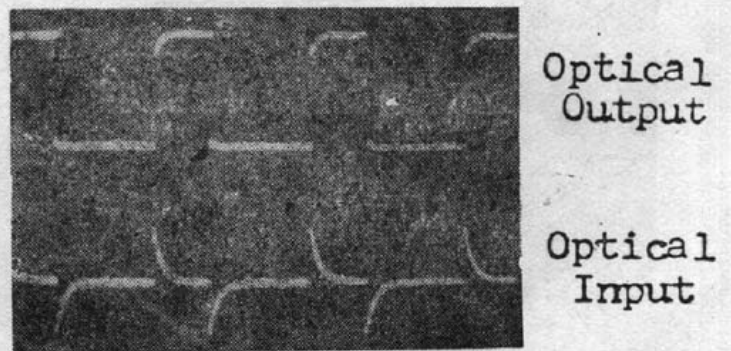


Fig. 6 Experimental result of optical switching

线的中心处设置一个偏置光强 P_b , 以幅度相同的正-负光脉冲来触发, 当正脉冲大于 P_1 时, 系统维持在高态, 当负脉冲小于 P_2 时, 系统回到低态, 从而得到光双稳开关模式。实验结果见图 6。

3. 光脉冲整形

当输入光信号的光强大于光双稳器的开启光功率, 光双稳器就有光输出, 当光信号低于光双稳器的关闭光功率, 光双稳器就无光信号输出。基于这一特点, 光双稳器可用于光脉冲整形。如图 7、图 8 所示。

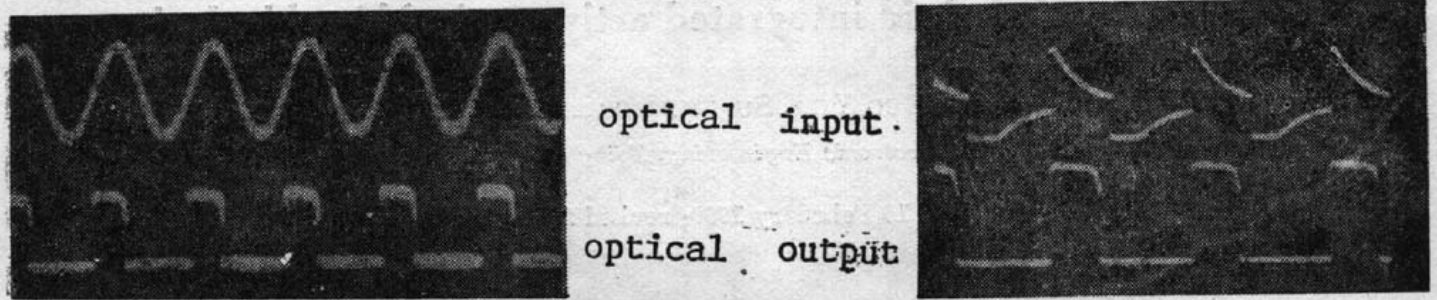
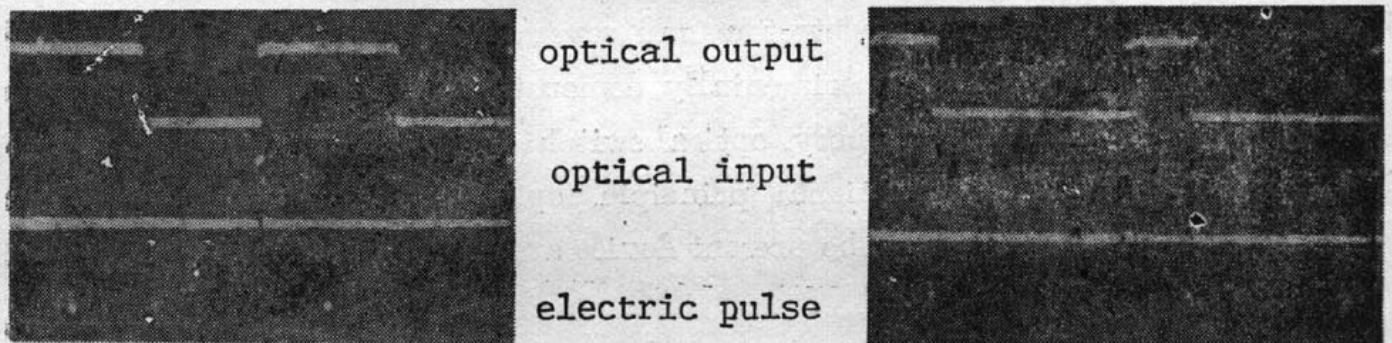


Fig. 7 and 8 Typical oscilloscope traces of optical pulse shaping



Electric pulse is not inputted

Electric pulse have been inputted

Fig. 9 Experimental result of switching with optical-on and electronic off

4. 光开电关

所谓“光开电关”就是指输入光脉冲信号, 光双稳器开启, 输出光增强。此时, 输入一个电脉冲信号, 光双稳器关闭, 输出光降低, 回到原态。具体做法是在 LD 驱动电路中加一只 TTL 与非门电路管芯, 实现一定的逻辑关系。图 9 是光开电关功能的实测照片。

五、结 束 语

采用光电混合集成技术, 首次研制成体积小, 能初步实用的半导体光双稳器。实现了光存储、光开关 (光开光关或光开电关)、光脉冲整形、光放大等功能。器件输出波长 $0.85 \mu\text{m}$ 左右, 输入光波长可在 $0.4 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 范围内变化。光开关速率 1 Mb/s , 光功率增益 $\geq 10 \text{ dB}$ 。根据外引线腿的不同接法, 本器件可当光双稳器用, 也可当光接收器、光发射器及光中继放大器用。下一步在提高工作速率, 更换工作波长 ($1.3 \sim 1.6 \mu\text{m}$) 等方面, 尚有很大发展余地。

参 考 文 献

- [1] H. Ito, Y. Ogawa *et al.*; *IEEE J. Quant. Electron.*, 1981, **QE-17**, No. 3 (Mar), 325~331.
[2] K. H. Levin, O. L. Tang; *Appl. Phys. Lett.*, 1979, **34**, No. 6 (15 Mar), 376~379.
[3] 王睿明;《通信学报》, 1985, **6**, No. 1 (Jan), 65~70.
[4] Y. Ogawa, H. Ito *et al.*; *Appl. Opt.*, 1982, **21**, No. 11 (Jun), 1878~1879.

A optoelectronic hybrid integrated active optical bistable device

ZHANG PEILIANG, GUO YILI, SU CHENGOHENG AND XUE BAOXING

(*Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing*)

(Received 16 February 1990; revised 2 May 1990)

Abstract

In this letter, we report a novel bistable optical device composed merely of a laser diode (or LED), two PIN photodetectors and several electronic components. The effect of hysteresis has been experimentally demonstrated. The operational modes of the device, such as optical memory, optical switching, optical pulse shaping have also been achieved. The operational principle, optoelectronic hybrid integrated technique and characteristics of the present device are described.

Key words: bistable optical device; semiconductor laser; PIN photodetector.