

研究简报

# 组合光双稳半导体激光器的光逻辑门\*

石家纬 金恩顺

(吉林大学,长春, 130023)

1990年5月3日收到, 7月18日修改定稿

用半导体激光器和光晶体管组成了组合光双稳激光器, 以不同的电路结构实现了与、或、非、与非、或非光逻辑门。特别是利用光可并行输入输出特性实现了光异或门。

## 一、引言

光双稳器件在计算技术、信息处理技术以及其它应用中有着广泛的前景<sup>[1-4]</sup>。我们分别用光晶体管(PT)的增益饱和特性和雪崩负阻特性实现了半导体激光器和光晶体管组合光双稳激光器<sup>[5]</sup>。利用光晶体管的雪崩负阻特性, 由于负阻区存在内部反馈效应, 故不需外部反馈, 使得电路结构较前者简单。另外, 这种组合双稳器件只需半导体激光器和光晶体管, 不需要其它有源器件, 如三极管放大器<sup>[6]</sup>等, 因而更便于单片集成, 且对提高速度有利。因而, 利用雪崩负阻特性实现的组合光双稳器件的优点更为明显, 我们用这种双稳器件实现了各种光逻辑门, 用光可并行输入输出特性组成的光异或门结构简单的特点更为突出。用雪崩负阻特性比用增益饱和特性在调节过程中, 难度要大一些, 但出现双稳的调节范围仍然较宽, 可稳定地工作。

## 二、光逻辑门

### 1. 与、或、非及与非、或非

实现上述五种光逻辑门的电路结构如图1所示。图中  $R_b$  为 PT 的偏置电阻,  $R_e$  为负阻电阻, LD 为激光器,  $V_c$  为电源。 $P_{in}$  和  $P_{in2}$  为输入光强,  $P_o$  为输出光强。输入光信号由光纤耦合的发光二极管提供, 光强为几十微瓦量级即可。在某一个  $V_c$  和  $P_i$  下, 取不同的  $R_b$ ,  $R_e$ , 双稳器件可工作在开关、增益、双稳三种不同的状态。我们电路中用 LD 阈值为 90mA, 调节偏流为 70mA,  $R_b = 100\Omega$ ,  $V_c$  为 7.0 伏,  $R_e$  为  $20\Omega$ , 器件工作在从微分增益向光双稳过渡的临界状态。当  $V_c$  为 7.8 伏,  $R_e$  为  $13\Omega$ , 器件工作在从光双稳向光电开关模式转换的临界状态。 $V_c$  固定, 随  $R_e$  减小, 滞后回线宽度和幅度都增加;  $R_e$  固定, 随  $V_c$  的增加, 滞后回线的宽度和幅度也都增加。PT 上的电压应选为 PT 维持电压的

\* 国家自然科学基金资助项目。

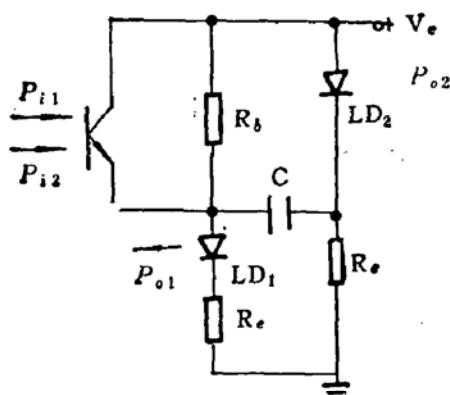


图 1 实现与、或、非、与非和或非的电路结构图

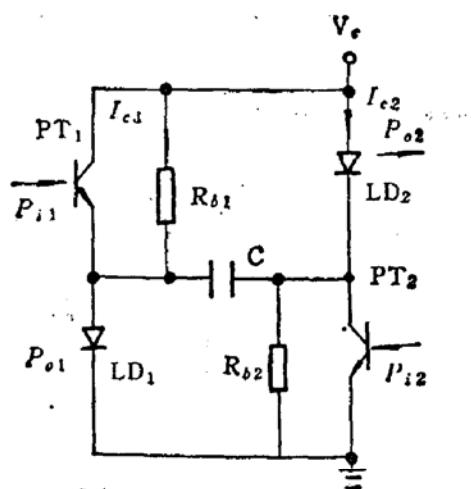


图 2 ‘异或’门结构图

2—2.5 倍。为提高光逻辑门的速度。工作条件要选在离开临界状态的双稳状态。图 1 电路的特点是在一个输入信号作用下同时有两个输出信号,一个与输入同相位,另一个与输入反相位。当两个输入  $P_{i1}$  和  $P_{i2}$  同时照到 PT 上时,满足  $P_{i1} = P_{i2} \geq P_{on}$  时,  $P_{o1}$  与输入之间为“或”逻辑,  $P_{o2}$  与输入之间为“或非”逻辑。当  $P_{i1} = P_{i2} < P_{off}$ ,  $P_{i1} + P_{i2} > P_{on}$  时,  $P_{o1}$  与输入之间为“与”关系,  $P_{o2}$  与输入之间为“与非”关系。 $P_{on}$  和  $P_{off}$  分别为双稳态从低态跳到高态所需的最小输入光强和从高态跳回低态所需要的最大输入光强。(照片略)。

## 2. 异或

“异或”门是不带进位的半加器,是一个重要的逻辑单元。我们用两个 PT 和两个 LD 组成了光“异或”门, 电路结构如图 2 所示。它是用电容 c 将两个双稳器件耦合起来。利用光可并行输出的特点,把 LD<sub>1</sub> 和 LD<sub>2</sub> 组合作为光输出。先将两个双稳分别调节好,由于 c 是隔直电容,互不影响各自的直流工作点。当  $P_{i1} = "1"$ ,  $P_{i2} = "0"$  时, PT<sub>1</sub> 发生雪崩,  $I_{c1}$  由小变大,  $V_{ce1}$  由大变小, LD<sub>1</sub> 受激, 输出为 “1”。 $I_{c2}$  很小, LD<sub>2</sub> 不能受激, 输出为 “0”。当  $P_{i1} = "0"$ ,  $P_{i2} = "1"$ , 与上述情况类似, LD<sub>1</sub> 输出为 “0”, LD<sub>2</sub> 输出为 “1”。当  $P_{i1} = P_{i2} = "1"$  时, 由于 PT<sub>1</sub>, LD<sub>1</sub>, PT<sub>2</sub>, LD<sub>2</sub> 相互串并联的影响, 使 LD<sub>1</sub> 和 LD<sub>2</sub> 皆不满足受激条件, 输出都为 “0”。当  $P_{i1} = P_{i2} = "0"$  时, LD<sub>1</sub> 和 LD<sub>2</sub> 自然也都不能受激, 输出都为 “0”。满足“异或”逻辑关系。实验结果如图 3(见图版 I) 所示。

## 三、结语

我们用光晶体管和半导体激光器组合双稳器件实现了各种逻辑门。利用光晶体管的雪崩负阻特性实现的光逻辑门, 特别是“异或”门具有结构简单、便于单片集成和便于调节的特点。

## 参 考 文 献

- [1] M. Dagenais and H. G. Winful, *Appl. phys. lett.*, 44, 574 (1984).

- [2] S. D. Smith and A. C. Walker, ICO-13 Conference Digest., 4487 (1984).
- [3] K. Okumura, Y. Ogawa, H. Ito and H. Inaba, *Opt. lett.*, 9, 519 (1984).
- [4] D. Jie, H. X. Kang and S. B. Ying, *IEEE. J. Quantum Electron.*, QE-23, 1868 (1987).
- [5] 金恩顺、石家纬、奚军华,吉林大学自然科学学报, 1, 59(1990).
- [6] 刘树田、李淳飞、吴杰,光学学报, 9, 983(1989).

## Optical Logic Gates of Hybrid Optical Bistable Semiconductor Laser Diodes

Shi Jiawei and Jin Enshun

(Jilin University, Changchun, 130023)

### Abstract

Hybrid optical bistable laser is composed of phototransistor and semiconductor laser diode. Based on this bistable laser, AND, NOR, Inverter, NOR and NAND optical logic gates can be performed. In particular, the opto-exclusive OR gate is realized.