

复合多晶硅双极晶体管 DC~ 3 Gb/s LD/EA 驱动器

王子宇

(北京大学电子学系区域光纤通信网与新型光通信系统国家重点实验室, 北京 100871)

摘要: 本文介绍了一种新型 LD/EA 驱动器. 该驱动器采用四个塑封 NPN 多晶硅双极晶体管和一个常规硅双极晶体管作为有源器件, 可以在 25Ω 负载上产生 50mA 的调制电流用于直接驱动激光器或在 50Ω 负载上产生 2.5V 的调制电压用于驱动 EA 调制器. 该驱动器的工作速率为 DC 至 3Gb/s, 调制电流和偏置电流调节范围分别为 5~ 50mA, 上升、下降时间小于 100ps.

关键词: LD 驱动器; EA 驱动器; 高速数字调制; 双稳态触发器

中图分类号: TN304 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2002) 11-1701-03

DC~ 3 Gb/s LD/EA Drivers Using Discrete Double Polysilicon Bipolar Transistors

WANG Ziyu

(National Lab. on Local Fiber-Optic Communication Networks & Advanced Optical Communication Systems, Department of Electronics, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: A novel laser diodes' driver was introduced. Using only 4 discrete NPN double polysilicon bipolar transistors and one conventional silicon bipolar transistor as active devices, the driver can provide 50 mA modulation current to drive laser diodes for a load of 25Ω and can provide 2.5 V modulation voltage to drive EA modulators for a load of 50Ω. The driver has the rise/fall time of less than 100 ps and can be used for bit rate up to 3 Gb/s with the modulation and the bias current of 5~ 50 mA respectively.

Key words: LD driver; EAM driver; high bit rate modulation; bistable trigger

1 引言

二十世纪九十年代以来, 光纤通信技术及其应用在国内外都得到了高速发展, 目前, 光纤通信干线的单信道传输速率已经基本完成从 140Mb/s、622Mb/s 向 2.488Gb/s 的过渡并开始向 10Gb/s 发展. 可以预见, 随着光纤通信干线传输速率的不断提高, 光纤通信局域网和接入网的传输速率也将向高速率发展. 这就要求光发射端机在提高工作速率的同时大幅度降低成本. 实现这一目标的重要途径之一是研制高速率、低成本的 LD/EA 驱动器. 以 2.488Gb/s LD/EA 驱动器为例, 目前在国内外市场上的产品为 GaAs FET 器件和硅双极晶体管器件两类. 相对于硅双极晶体管器件而言, GaAs FET 器件的生产成本高, 抗静电性能差, 焊接工艺要求苛刻, 不能满足光纤通信局域网和接入网的低成本要求. 因此, 利用硅双极晶体管制作高速 (> 2.488 Gb/s) LD/EA 驱动器就成为十分有意义的工作. 提高硅双极晶体管器件工作速率的根本途径主要有两个, 一个是改善器件的结构、材料以及制备工艺; 另一个是改变电路的拓扑结构设计和参数调试. 目前, 常规硅双极晶体管的截止频率 f_t 一般都在 9GHz 以下, 一些特殊结构的硅双极晶体管, 如复合多晶硅双极晶体管 (Double polysilicon bipolar transistors), 集电极隔离硅双极晶体管 (isolated collector silicon bipolar

transistors) 的截止频率 f_t 已经达到 20GHz 左右. 这就使得利用硅双极晶体管研制 2.488Gb/s LD/EA 驱动器成为可能.

本文从电路的拓扑结构设计和参数优化着手, 提出了一种新型 LD/EA 驱动电路, 该电路采用四个复合多晶硅双极晶体管和一个常规硅双极晶体管作为有源器件, 具有电路结构简单, 成本低廉, 性能优越的特点. 常规 LD/EA 驱动器的基本电路结构都是由多级差动放大器构成^[1-7], 本文介绍的 LD/EA 驱动器的基本电路结构是由一个双稳态触发器与一个差动放大器构成. 精确设计、调整双稳态触发器的截止、饱和状态, 可以使驱动器具有极快的开关速度和极宽的工作速率范围. 本文介绍的硅双极晶体管 LD/EA 驱动器的上升、下降沿时间均小于 100ps, 与目前国际商品市场上用 GaAs FET 器件构成的 LD/EA 驱动器的技术指标相当; 其工作速率范围很宽, 可以工作于 DC~ 3Gb/s 范围内的任何速率; 其调制电流 (I_{p-p}) 和偏置电流范围分别为 5~ 50mA.

2 电路设计及实验结果

新型 LD/EA 驱动器的电路拓扑结构如图 1 所示, 该电路的基本结构与常规 LD/EA 驱动器不同, 其输入缓冲级是一个双稳态触发器, 驱动 LD/EA 的输出级是一个差动放大器. 采用双稳态触发器作为输入缓冲级的优点是: (1) 可以精确地控

制 T_1 、 T_2 晶体管的截止深度和饱和深度,从而有效地提高晶体管的开关速度;(2)可以确保驱动器输出稳定的全“0”码或全“1”码驱动电流、电压,

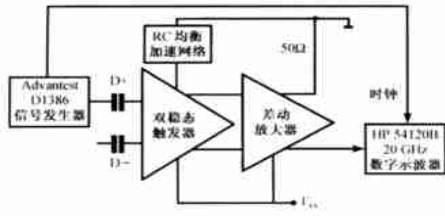


图 1 复合多晶硅双极晶体管 LD/EA 驱动器电路拓扑及测试电路框图

避免了输出电平漂移问题,从而使驱动器具有很宽的工作速率范围和良好的眼图;(3)驱动器由输入信号的上升或下降沿触发,因此对输入信号具有整形功能;(4)驱动器既可以采用双端触发也可以采用单端触发。

虽然采用双稳态触发器作为 LD/EA 驱动器的输入缓冲级具有上述优点,但是由于 T_1 、 T_2 晶体管在退出饱和状态与退出截止状态所需的时间存在很大差异,如果不采取措施必将影响驱动器的正常工作。根据晶体管的动态开关特性我们知道,晶体管退出饱和状态所需的时间远大于其退出截止状态所需的时间,其原因在于晶体管饱和状态下的集电极存储电荷。提高晶体管退出饱和状态速度的关键是如何减少晶体管集电极的存储电荷以及快速地抽走晶体管集电极的存储电荷。因此,作者在电路中增加了一个 RC 均衡、加速网络,以便在晶体管由饱和状态向截止状态转换时尽快抽走晶体管集电极的存储电荷。实验结果表明上述措施有效地提高了驱动器的开关速度。实验中采用的是商品化硅双极晶体管,其主要特性参数如表 1 所示。

作者采用图 1 所示的测试系统测试了硅双极晶体管 LD/EA 驱动器的主要特性参数,包括上升沿时间、下降沿时间,驱动器在多种信号码率下的眼图等等。图 2 是驱动器在 52Mb/s,

表 1 NPN 复合多晶硅双极晶体管主要技术参数

符 号	技术参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单 位
V_{CBO}	集电极-基极电压	发射极开路		/	15	V
V_{CEO}	集电极-发射极电压	基极开路		/	4.5	V
I_C	集电极电流(DC)			50	100	mA
P_{tot}	总功耗	$T_s \leq 103^\circ\text{C}$			135	mW
h_{FE}	电流增益(DC)	$I_C = 25\text{mA}; V_{CE} = 2\text{V}; T_j = 25^\circ\text{C}$	50	80	150	
f_T	截止频率	$I_C = 25\text{mA}; V_{CE} = 2\text{V}; f = 2\text{GHz}$	20	/	25	GHz
S_{21}		$I_C = 50\text{mA}; V_{CE} = 3\text{V}; f = 1.8\text{GHz}$	/	12	/	dB

表 2 DC~3 Gb/s 硅双极晶体管 LD/EA 驱动器主要技术指标

符 号	技术参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单 位
$V_{in\ p-p}$	数据输入幅度(峰-峰)	单端输入	500	800	1500	mV
$I_{mod\ low}$	调制电流最小幅度			5		mA
$I_{mod\ high}$	调制电流最大幅度	复合多晶硅双极晶体管		50	60	mA
T_{rise}	输出电流上升时间	单端输入, $V_{in\ p-p} = 800\text{mV}$		100		ps
T_{fall}	输出电流下降时间	单端输入, $V_{in\ p-p} = 800\text{mV}$		100		ps
V_{ss}	电源电压		-4.5	-5.2	-6.0	V
I_{ss}	输入电流	$I_{mod} = 35\text{mA}$	40	45	50	mA
Z_{in}	输入阻抗			50		Ω

2. 488Gb/s 以及 3Gb/s 信号速率下的眼图,输入测试信号为单端触发信号,信号幅度为 800mV,码形为 $2^{23}-1$ 或 $2^{31}-1$ 非归零伪随机码。表 2 给出了此硅双极晶体管 LD/EA 驱动器的主要技术参数。实验测试数据表明,新型 LD/EA 驱动器可以输出全“0”、全“1”信号电流;其上升沿、下降沿时间均小于 100ps;在 52Mb/s, 155Mb/s, 622Mb/s, 2.488Gb/s 以及 3Gb/s 多种传输速率情况下均具有良好的眼图;

输出调制电流幅度可达 50mA,可以用于直接驱动半导体激光器;在 50 Ω 负载上可产生 2.5V 的

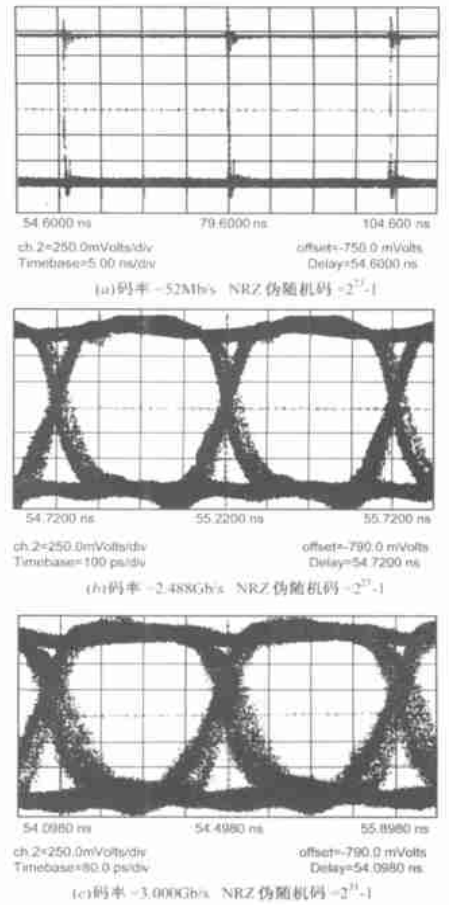


图 2 硅双极晶体管驱动器输出眼图,单端输入,输入信号幅度 800mV

调制电压输出, 因此也可以驱动性能较好的 EA 调制器.

3 结论

本文介绍的新型 LD/EA 驱动器采用双稳态触发器作为输入缓冲级, 利用 5 个分立硅双极晶体管作为有源器件, 具有十分良好的技术特性和优良的性能价格比. 相对于 GaAs FET 器件 LD/EA 驱动器, 新型 LD/EA 驱动器具有电路结构简单, 可靠性高, 成本低, 抗静电性能好和焊接工艺简单等多项优点.

新型 LD/EA 驱动器上升、下降时间均小于 100ps, 在 52Mb/s, 155Mb/s, 622Mb/s, 2.488Gb/s 以及 3Gb/s 多种传输速率情况下均具有良好的眼图, 其调制电流 (I_{p-p}) 和偏置电流输出范围分别为 5~50mA, 在 50 Ω 负载上可以产生 2.5 以上的调制电压输出用于驱动 EA 调制器.

新型 LD/EA 驱动器可以在光纤通信干线中, 特别是在光纤通信局域网和接入网中得到广泛应用.

参考文献:

- [1] F S Chen, F Bosch. 4 Gbit/s GaAs MESFET laser driver IC [J]. Electron. Lett. , 1986, 22 (18): 932- 933.
- [2] H M Rein. Multi-gigabit per second silicon bipolar IC's for future opti-

cal fiber transmission systems [J]. IEEE Journal of Solid State Circuits, 1988, 23 (3): 664- 675.

- [3] P K Montgomery, F Ren, *et al.* 10 Gb/s AlGaAs/GaAs HBT IC for laser or light wave modulators [J]. Electron. Lett. , 1991, 27(20): 1827 - 1829.
- [4] M Banu, B Jalali, *et al.* 10 Gbit/s bipolar laser driver [J]. Electron. Lett. , 1991, 27(3): 278- 280.
- [5] Y Suzuki, *et al.* Pseudomorphic 2DEG FET IC's for 10 Gbit/s optical communication systems with external optical modulation [J]. IEEE Journal of Solid State Circuits, 1992, 27(10): 1342- 1346.
- [6] K Runge, D Daniel, *et al.* AlGaAs/GaAs HBT IC's for high speed lightwave transmission systems [J]. IEEE Journal of Solid State Circuits, 1992, 27(10): 1332- 1341.
- [7] H M Rein, *et al.* A versatile Si bipolar driver circuit with high output voltage swing for external and direct modulation of laser diodes in 10 Gbit/s optical fiber links [J]. Electron. Lett. , 1997, 33 (13): 1136 - 1137.

作者简介:

王子宇 男, 1954 年 12 月生于北京, 1985 年获电子科技大学工学硕士学位, 现为北京大学电子学系教授, 博士生导师, 主要研究领域为高速光纤传输系统, DWDM 光纤传输系统等.