

基于半导体激光器的皮秒非接触 电光采样系统*

王云才 王贤华 胡 巍 丰 善 陈国夫

(中国科学院西安光机所瞬态光学技术国家重点实验室, 西安 710068)

提要 建立了基于增益开关半导体激光器的非接触电光采样系统。利用电光晶体的 Pockels 效应, 以 LiTaO_3 晶体制做成微小的电场传感器, 对梳状波信号进行了测试。实验结果与取样示波器测得结果相符。系统的时间分辨率为 25 ps, 最小可测电压为 20 mV。

关键词 电光采样, 增益开关, 半导体激光器

1 引 言

超快电子学及光电子学的迅速发展, 要求提供相应的快速测试技术。纯电子测试仪器(如取样示波器)受电子取样窗口的限制, 其测量带宽限制在 50 GHz 以内, 且无法对集成器件内部节点的信号进行测试。电光采样技术^[1,2]是利用超短光脉冲作为采样门, 利用电光晶体的 Pockels 效应对具有重复频率的高速电脉冲进行无扰(微扰)测量。其时间分辨率可达 150 fs^[3]。我们曾建立了直接电光采样系统^[4], 获得了 9 ps 的时间分辨率及 $0.43 \text{ mV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 的电压灵敏度。但直接电光采样技术要求被测器件本身具有电光效应, 即器件衬底必须为电光晶体, 同时要求对器件测量点进行光学加工, 限制了其应用。非接触电光采样^[5,6]利用外部放置电光探头, 将被测电信号转变为光信号进行测量。它对信号的干扰小, 且可对二维器件表面的任意节点进行测量。我们实现了非接触电光采样技术。用增益开关半导体激光器的超短光脉冲作为取样脉冲, 对梳状波信号进行了测量。

2 实验系统及结果

系统装置如图 1 所示, 采样光源为 $1.3 \mu\text{m}$ InGaAsP 双异质结增益开关半导体激光器。增益开关半导体激光器具有体积小、价格低、操作方便等优点, 特别是采样光脉冲的重复频率在很大范围内任意可调^[7], 容易实现采样脉冲与被测器件时钟的同步。半导体激光器由梳状波信号驱动, 直流偏置电流略低于阈值电流。重复频率为 1.07 GHz, 平均光功率为 0.8 mW。图 2 为一典型的超短脉冲二次谐波自相关曲线, 脉冲宽度(FWHM)约为 25 ps。采样光脉冲经 $\lambda/4$ 波片后成为圆偏光, 使系统工作在线性区及提高信噪比^[2], 再经 $10\times$ 显微物镜使光聚焦在电

* 国家科委攀登计划 A 资助项目。

收稿日期: 1995 年 12 月 18 日; 收到修改稿日期: 1996 年 3 月 18 日

光探头底面上,光斑直径约 10 μm,采样光束在探头内全内反射,再经物镜返回,通过一检偏镜

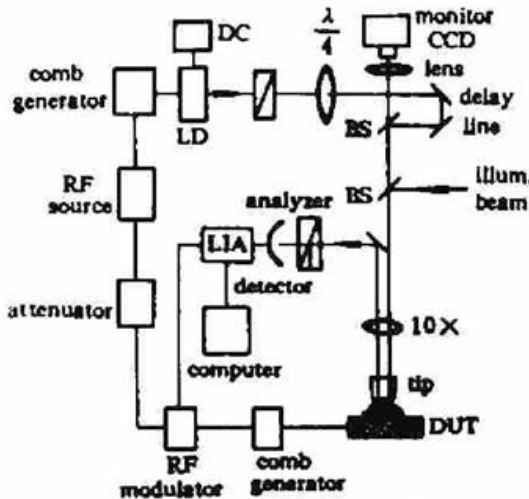


Fig. 1 Electro-optic sampling system

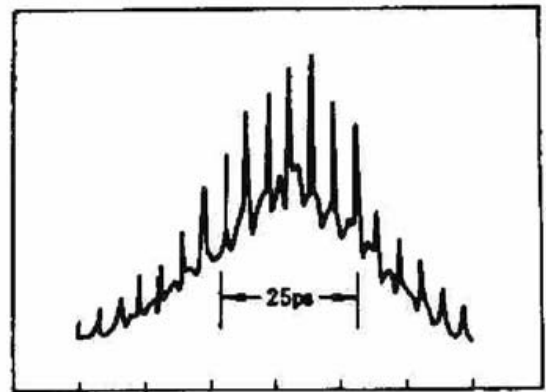


Fig. 2 Autocorrelation curve of optical pulses

使电信号转变为光信号,为对整个被测波形在时域上扫描,在光路中加入用两正交镀膜反射镜自制的光延迟线。随着光程的改变,可使得光脉冲对被测电信号逐点测量,根据等效时间采样定理,将快速电信号测量转变为慢信号测量,因此对接收系统将不存在严格的带宽限制。实验中采用 APD 作为接收器,再由锁相放大器 (EG&G5210) 及计算机进行数据采集及显示。

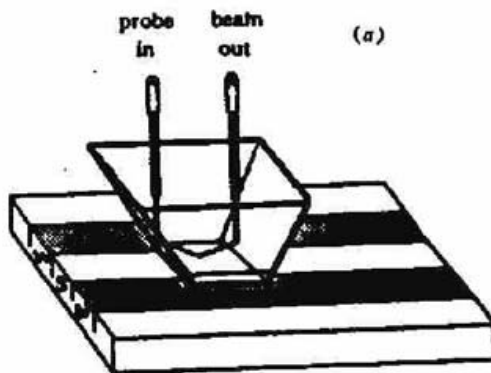


Fig. 3

- (a) schematic of the external electro-optic probe, the coplanar strip transmission and the probing beam alignment
- (b) the monitor image of the sampling point on coplanar strip transmission

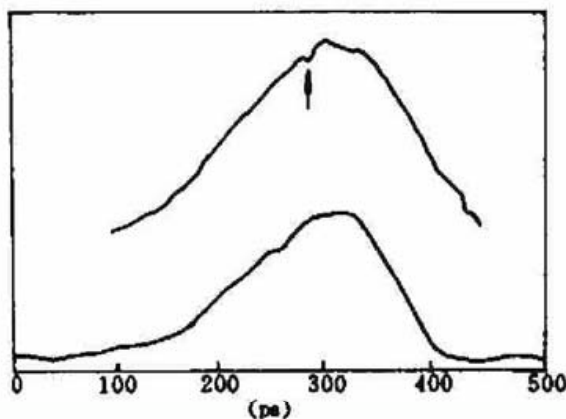


Fig. 4 Comparison of measured comb waveforms.

Lower trace is recorded by a sampling oscilloscope;
Upper trace is recorded by the electro-optic sampling system

电光探头的结构如图 3(a) 所示。将熔融硅磨成 30°的倒金字塔结构,在其基底上粘一 LiTaO₃ 薄层,其尺寸为 100×100×100 μm。被测电信号由同一信号源驱动的另一梳状波发生器提供,其峰值电压为 6 V,此梳状波同共面微带线联接,微带电极宽及间隔均为 5 μm,对应阻抗为 50 Ω。图 3(b) 为用红外 CCD 观察到的采样光斑。图 4 为电光采样系统测得波形与用 Tektronix 取样示波器 (20 GHz 的取样头)测得同一波形的比较。下面的一条曲线为取样示波器测得。可以看出二者符

合得较好。需要说明的是由于光延迟线较短, 电光采样系统未测到整个波形。同时由于共面微带线与同轴传输线联接处存在阻抗不匹配, 梳状波信号存在少量反射, 见图 4 箭头处所示。

3 讨 论

电光采样系统的时间分辨率取决于采样光脉冲宽度、光脉冲通过电光晶体的传输时间及电信渡越光斑的时间^[8]。后两项同前者相比可以忽略不计, 因此系统的时间分辨率由光脉冲宽度决定, 即 25 ps。在实验中我们给微带加上 20 mV 的直流偏压, 仍可测到信号输出, 可以认为目前在系统的最小可测电压优于 20mV。若改用差分探测, 电压灵敏度将会大幅度提高。实验中同时发现, 改变电光探头与微带间距离, 信号波形并无明显变化, 这说明探头对信号的影响可以忽略不计。

参 考 文 献

- 1 J. A. Valdmanis, G. Mourou, C. W. Gabel. Picosecond electro-optic sampling system. *Appl. Phys. Lett.*, 1982, 41(3): 211~213
- 2 B. H. Koner, D. M. Bloom. Electro-optic sampling in GaAs integrated circuits. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1986, QE-22(1), 79~92
- 3 U. D. Keil, D. R. Dykaar. Electro-optic sampling at 150 fs. in J. Shah and U. Mishra eds. OSA proc. on Ultrafast Electronics and Opto-Electronics, 1993, 14: 189~191
- 4 王云才, 王贤华, 陈国夫. 电光取样测量快速光电探测器的脉冲响应. *光子学报*, 1994, 23(4): 59~65
- 5 M. Y. Frankel, J. F. Whitaker, G. A. Mourou et al.. Experiment characterization of external electro-optic probes. *IEEE Microwave and Guided Wave Lett.*, 1991, 1(3): 60~62
- 6 D. R. Dykaar, R. F. Kopf, U. D. Keil et al.. Electro-optic sampling using an aluminum GaAs probe. *Appl. Phys. Lett.*, 1993, 62(15): 1773~1780
- 7 周复正, 马国彬, 沈丽青等. 半导体激光器的微微秒增益开关特性研究. *物理学报*, 1994, 43(4): 580~589
- 8 K. J. Weingarten, M. J. W. Rodwen, D. M. Bloom. Picosecond optical sampling of GaAs integrated circuits. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1988, QE-24(2): 198~220

Picosecond Electro-optic Sampling by an External Probe with a Laser Diode

Wang Yuncai Wang Xianhua Hu Wei Feng Shan Chen Guofu

(State Key Lab. of Transient Optics Technology,

Xi'an Institute of Optics and Fine Mechanics Academia Sinica, Xi'an 710068)

Abstract A non-contact electro-optic sampling using a LiTaO₃ probe is described. A gain-switched LD has been used to measure electric pulses generated by a comb generator. The result is compared with that obtained by an electrical sampling oscilloscope. The time resolution is 25 ps and the minimum detectable voltage of 20 mV is obtained.

Key words electro-optic sampling, gain-switched laser diode