

集成高速动态分频器的倍频 移相扫描电光测量

田小建 衣茂斌 孙 伟 张大明 高艳君

(集成光电子学国家重点联合实验室吉林大学实验室 吉林大学电子工程系 长春 130023)

摘要 本文测量了集成高速动态分配器的延迟时间, 转移特性曲线以及内部点的波形, 介绍了倍频移相电光取样方法, 对信号同步检测法和数字平均法进行了对比

EEACC: 2570, 4150, 4320J, 7210, 7230C, 7310N

1 引言

信息科学的飞速发展依赖于高速集成电路的发展。随着集成电路集成度的提高和多芯片集成技术的应用, 对工作在几个 GHz 以上的高速集成电路的测量和分析变得至关重要。现在高速集成电路的测量已不再是外部特性的整体测量, 而是对集成电路内部进行无侵扰的动态在片测量。电光采样技术是完成这种测量的有效手段。国外从 80 年代起就开始了电光采样测量的实验研究。它的原理基于 GaAs 晶体的电光效应, 通过激光脉冲对信号进行采样, 在技术上分为内电光采样和外电光采样。在测量对象上主要以器件和集成电路芯片中的微带线为主。集成电路测量和分析的意义在于三个方面, 首先, 可以对集成电路内部各单元进行逐级故障诊断, 从而为集成电路的研究和改进提供依据; 其二, 可以为多芯片集成进行芯片筛选; 其三, 通过对集成电路内部有关点的测量, 为集成电路的计算机辅助分析提供网络节点的实验数据。我们采用倍频移相扫描电光采样方法测量了一个典型的 GaAs 高速动态二分频器芯片。其测量系统与国外报导的实验装置有所不同, 更具有实用化的特点。利用我们特别设计的工作频率高达 14GHz 的微波探针对芯片提供直流供电和微波信号。通过测量芯片内部有关点的波形数据, 可以了解集成电路内部的动态特性。必要时, 可将数据变换到频域进行分析。

2 倍频移相扫描及实验装置

为了显示集成电路内部点信号的波形, 必须选择一种合适的扫描模式。通常有三种扫描

田小建 男, 1957 年出生, 理学硕士, 副教授, 从事无线电电子学专业的教学与科研工作, 主要研究方向为弱信号检测与信息处理

1997-09-01 收到, 1997-12-11 定稿

方式, (1) 光学延迟扫描法^[1]; (2) 差频扫描法^[2]; (3) 电子移相扫描法^[3]. 我们采用电子移相扫描法, 其测量系统如图 1 所示, 系统仅仅使用一台微波信号源, 避免了差频扫描法中必

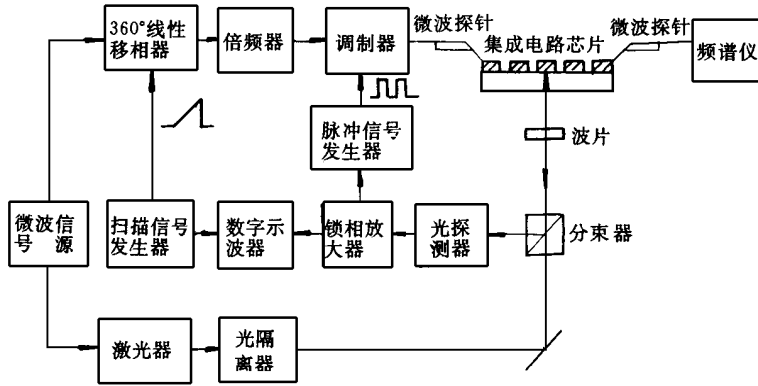


图 1 倍频移相扫描电光测量系统

须使用两台互相锁定的微波频率合成源。微波信号分为两路, 一路直接驱动半导体激光器产生脉宽 17ps 的超短光脉冲, 做为电光采样光脉冲。微波信号的另一路经 360°线性电子移相器和倍频器直接驱动高速集成电路芯片。如此设计的测试系统可以使采样光脉冲与集成电路驱动信号保持一种同步关系。移相器在扫描锯齿波的控制下, 连续线性移相, 当移相器移相由 0 变到 2π 时, 采样光脉冲可以扫遍一个信号周期的波形。扫描发生器锯齿波一个周期可获取 M 个采样点, $M = T_s/T_0$, 其中 T_s 和 T_0 分别为扫描信号周期和被测信号周期。这种采样方式就是变换采样方式, 于是可以把高频微波信号变成低频信号, 从而用低频示波器加以显示观测。加入倍频器的目的是为了测量分频器。例如, 当使用 n 倍频器时, 则可测量 n 分频器。此时在一个扫描周期内可观测到 n 个周期的输入波形, 分频器输出可观测到一个周期的波形。等效的做法是在激光器的支路中插入分频器。倍频移相扫描法的好处不仅仅是为了测量分频器, 它还可以使激光器在较低的频率下工作。图 1 中的微波探针是电光测量的重要单元, 它不仅为集成电路提供输入信号和连接负载, 而且还为集成电路提供各种直流偏置。这一切是通过微波探针的多触头来完成的。各触头分别压在集成电路芯片相应的压焊垫上。微波探针的重要作用在于实现同轴线到集成电路芯片压焊垫之间的几何尺寸的过渡和微波信号的匹配传输。

3 实验结果和讨论

被测的高速动态二分频器电路由基本的 BFL 反相器、场效应管 (FET) 传输门、缓冲级以及输出级构成, 如图 2(a) 所示。它的工作原理是利用栅电容的存储效应, 利用传输门控制自激多谐振荡器反馈信号的传输, 从而实现二分频功能。理论证明它的最高工作频率为 $f_{\max} = 1/2t_{pd}$, 因此反相器的延迟时间 t_{pd} 决定了分频器的上限工作频率。其中一个典型的 BFL 电路如图 2(b) 所示。我们对图中各相应点进行测量, 其波形如图 3 所示。同样的方法可以对集成电路进行逐级测量, 图 3 中曲线 d 为二分频波形。集成电路工作在 2.4GHz, 所以激光器光脉冲重复速率为 1.2GHz。为了对集成电路进行功能分析和故障诊断, 我们可以将取样光

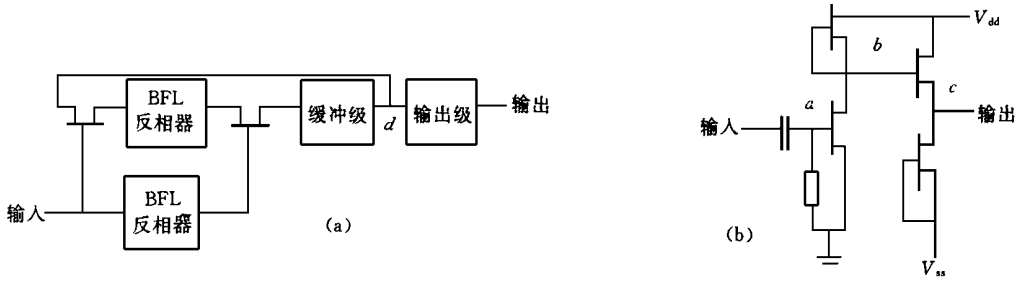


图 2 (a) 动态二分频器原理图, (b) BFL 反相器电路图

束移到芯片内各个关键点(实验中光束不动,而水平移动待测芯片),这些关键点的信号波形对分析集成电路功能的有无和性能的优劣是十分重要的 用取样示波器对芯片整体测量结果

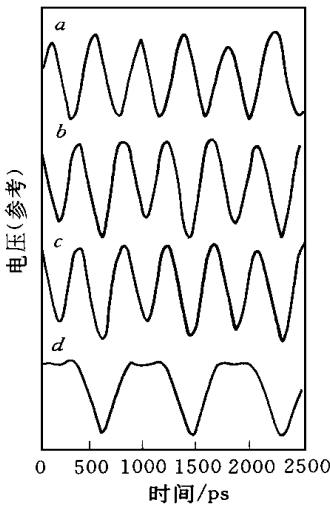


图 3 分频节点的波形
a 输入信号; b 反相输出;
c 驱动级输出; d 分频输出

如图 4 所示,它表明二分频器功能是正确的 根据图 3 的 d 波形和图 4 的输出波形,我们可以对芯片输出级的工作状况作出判断 事实上,我们在芯片总输出进行光电采样,其波形与取样示波器观测到的波形是一致的 BFL 电路中的第一级为逻辑放大级,其倒相延迟时间为 60ps,转移特性如图 5 所示 图中电压值为相对值,因为目前尚不能对电压幅度进行绝对定标 它受集成电路内部互连线的宽度、反射系数、衬底厚度以及光路等诸多因素的影响

采样光脉冲经光探测器转换为电信号 由于信号较弱,通常有两种检测方法,(1)相干检测法,(2)数字平均法 上述测量是用相干检测方法完成的 为了实现相干检测,必须用锁相放大器的参考信号对芯片的驱动信号进行调制 这里我们取参考信号为 1kHz 的方波信号 数字平均法可以省去锁相放大器,代之以低噪声前置放大器,测得的信号经数字平均仍可获得较好的效果 我们在实验中对两种测量方法进行了简单的对比,相干测量法信噪比改善较高,但动态特性较差,这是由于锁相放大器使用了较大的时间常数 数字平均法动态特性较好,但为了提高信噪比,必须增加

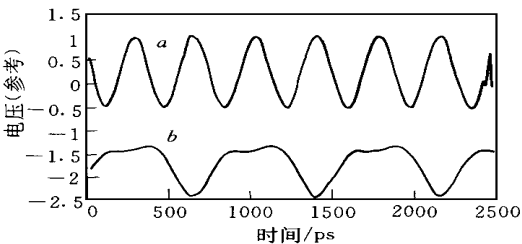


图 4 用取样示波器测量芯片的整体特性
a 输入波形; b 输出波形

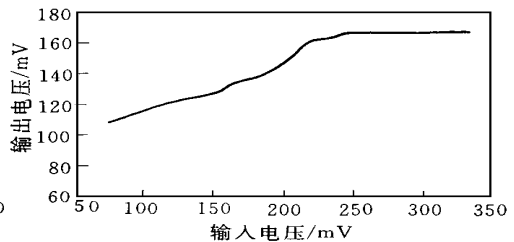


图 5 BFL 的转移特性

测量时间

4 结论

倍频移相扫描电光测量原则上可以测量各种类型的高速集成电路,而一般的移相扫描则不能测量分频器电路。我们在实验中测量了倒相延迟时间,倒相级转移特性以及分频关系。与光学延迟扫描和差频扫描相比,倍频移相扫描更易于在实际测量中应用。

参 考 文 献

- [1] B. H. Kolner, IEEE J. Quantum Electron , 1986, **QE-22**: 79~ 93
- [2] J. M. Wiesendfeld, Appl Phys Lett , 1987, **50**(19): 1310~ 1312
- [3] Nees J. Mourou, Electron Lett , 1986, **22**(17): 918~ 919

Measurement and Analyses of Integrated High-Speed Dynamic Decision Using Double-Frequency Phase Shift Scanning in Electro-Optic Sampling

Tian Xiaojian, Yi Maobin, Sun Wei, Zhang Daming, Gao Yanjun

(State Key Laboratory on Integrated Optoelectronics, Jilin University Region,
Department of Electronic Engineering, Jilin University, Changchun 130023)

Received 1 September 1997, revised manuscript received 11 December 1997

Abstract Integrated high-speed dynamic decision circuits have been measured. The measurements include the propagation delays, transfer characteristic curve and waveform at relevant internal points. The double-frequency phase shift scanning in electro-optic sampling is described. The two kinds of signal detection method that are the synchronization detection and the digital average are compared.

EEACC: 2570, 4150, 4320J, 7210, 7230C, 7310N