GaAs 单片集成激光器驱动电路在片测量

孙　伟　田小建　孙建国　衣茂斌

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

张慕义　张玉清　马振昌

(河北半导体研究所, 石家庄　050051)

摘要: 用多触头微波探针, 对 GaAs 单片集成激光器驱动电路芯片进行了在片测试和筛选, 测得芯片频率响应带宽为 3.8GHz. 使用高速增益开关半导体激光器作为采样光脉冲源, 采用了背面直接采样方式建立了电光采样测试仪. 检测了 GaAs 单片集成激光器驱动电路芯片内部点的高速电信号波形.

关键词: 电光采样; 在片测量; 单片集成电路; 增益开关激光器; 微波探针
EEACC: 3260; 0620D
中图分类号: TN307　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 0253-4177(2000)10-1010-04

On-Wafer Testing of GaAs Monolithic Integrated Laser-Diode Driver

SUN Wei, TIAN Xiao-jian, SUN Jian-guo and YI Mao-bin

(Department of Electronic Engineering, National Integrated Opto-Electronics Laboratory, Jilin University Region, Jilin University, Changchun　130023, China)

ZHANG Mu-yi, ZHANG Yu-qing and MA Zhen-chang

(Hebei Semiconductor Research Institute, Shijiazhuang　050051, China)

Received 3 September 1999, revised manuscript received 24 November 1999

Abstract: The multi-contact microwave wafer probe has been used for on-wafer testing and sifting of GaAs monolithic integrated laser-diode driver. Using semiconductor laser, electro-optic sampling analyzer, with back-side probing geometry, is set up. High-speed electric signals were measured, which are at internal points in the chip of GaAs monolithic integrated laser-diode driver.

Key words: electro-optic sampling; on-wafer test; monolithic integrated circuit; gain-switched laser; microwave probe

1999-09-03, 1999-11-24

EEACC: 3260; 0620D
Article ID: 0253-4177(2000)10-1010-04

1　引言

微波芯片探测技术是八十年代以来发展起来的一种半导体共面集成电路和分立器件芯片在片(on-wafer)检测技术[1]. 微波探针是实现这种在片检测技术的关键. 使用微波探针的在片检测技术, 可在半导体芯片解理、封装前, 在芯片上直接获得电路或器件的高频特性, 从而实现在片筛选. 这不仅避免了由于盲目封装带来的时间、人力和财力的浪费, 而且对于改进管壳的微波封装和确定电路或器件的工作模型都具有重要的意义. 在微波探针在片驱动基础上的电光采样测试技术是目前在片无侵扰检测 GaAs 高速数字和微波集成电路芯片内部动态特性的最佳方法之一[2,3]. GaAs 单片集成激光器驱动电路是光纤通信系统中使用的专用电路. 它采用低功耗且高速动作的 GaAs MESFET 构成 Gbit/s 速率的大电流驱动电路, 提高了光发射机的光输出功率. 我们针对 GaAs 单片集成激光器驱动电路芯片压点的排布和尺寸, 设计并研制出相应的微波探针. 建立了半导体激光电光采样测试仪, 采用共轴反射式光路, 对样品进行背面直接采样, 其样品测试台具有微波探针台的功能. 对 GaAs 单片集成激光器驱动电路进行了在片测量研究. 测量结果表明, 该 GaAs 单片集成电路芯片的 3dB 带宽为 3.8GHz, 相应的上升、下降时间优于 100ps, 单边驱动电流大于 30mA, 从而证明管壳微波封装还有很大改进余地. 该电路可望用于 2.4Gbit/s 的光通信系统中.

2　测量方法

2.1　微波探针在片检测

现在微波信号源和微波测量仪器几乎都是采用同轴传输系统的, 要实现高速共面集成电路的在片检测, 就必须将直流至微波频率范围的高速信号, 在阻抗匹配的状态下由信号源输送到共面集成电路的芯片输入压点上, 再由芯片的输出压点传输给测量仪器. 微波探针就是实现微波同轴传输系统到待测集成电路芯片压点之间的微波宽频带匹配传输的过渡器. 它能提供机械和电气上的联接, 是一种微波无源元件. 在微波频率范围内使用的微波探针要考虑分布参数的影响, 因而需要特殊的设计和制作以保证微波信号的匹配传输. 高速共面集成电路芯片的压点数目多、尺寸小, 一般在 60—120μm 范围, 所以相应的微波探针应是多触头、小型化的. 微波探针设计在电气上要求是频带宽, 插入损耗和反射损耗小, 特性阻抗为 50Ω. 为了同时满足电气和小型化的需要, 我们用在高介电常数 ϵ_r 的微波介质基片上制作的渐变共面波导(CPW)微波传输线完成同轴传输线与共面波导传输线之间的转换和共面波导传输线与待测芯片外接传输线即信号压点间的过渡. 用双目立体显微镜观察微波探针和集成电路芯片图案.

2.2　电光采样在片无侵扰检测

电光采样是一种用高重复率的超短光脉冲做为采样脉冲, 利用电光晶体具有的普克尔斯效应做为电场传感器, 通过采样技术将高频高速的电信号变换为低频低速的电信号进行观测和记录, 实现对高重复率、高速电信号波形测量的采样技术. 高速集成电路中使用的 GaAs 衬底是电光晶体, 具有线性电光效应, 又由于我们测量研究的对象属于共面型的集成电路, 因而允许采取背面直接电光采样方式.

我们研制出的电光采样测试仪[3—5]中的样品台具有微波探针台的功能, 利用微波探针在片驱动 GaAs 单片集成激光器驱动电路, 使之处于正常的工作状态, 从而为在片无侵扰检测其内部动态高频特性提供了必要的前题条件. 在电光采样分析仪中, 我们利用 InGaAsP/InP 激光器在微波大信号直接调制[6]下产生的 1.3μm 波长的超短光脉冲束作为采样探测光束. 测试系统的时间分辨率主要由采样光脉冲的半极大全宽决定, 在 1—5GHz 范围内小于 20ps. 测试系统的光路采用的是同轴反射式结构, 探测光束由被测电路芯片的背面入射, 经聚焦物镜聚焦, 在芯片表面上形成一直径为 3μm 的光斑. 由此决定的测试系统空间分辨率

为 3μm. 电光采样测试系统中的时间扫描是由电子移相器—变容二极管 360°模拟电控线性移相器实现的. 在测试系统中使用了红外摄像机和内照明体视显微镜观察待测集成电路芯片的图案和采样光点的位置. 并通过在 X-Y 方向整体微动微波探针台和待测集成电路芯片, 来改变电光采样探测点的位置. 由于采取这种方法, 测试系统的光路固定不动, 因而增强了测试系统的光学稳定性.

3　在片测试分析

我们利用微波探针和电光采样在片测试的是 GaAs MESFET 单片集成激光器驱动电路. 该电路是由四只 FET 构成, 如图 1 中的虚线框图内电路所示, 虚线框图以外的电路是使用和测试时的外电路原理图. 整个电路的基本核心是一个差分放大器. FET1 和 FET2 构成差分对管. FET3 提供一个恒定电流, 通过 1 端电位器 W4 调节驱动电流大小. FET4 提供预偏置电流, 调节 4 端电位器 W3 来改变预偏置电流大小. 这是一个单边驱动电路, 电路的速率主要由场效应管的频率特性决定. 当 2 端有信号输入时, 电路中 FET1 和 FET2 交替导通. 输入 - 1V 时, FET1 截止, FET2 导通, 供给激光器一个驱动电流使激光器有激光输出. 输入为 0V 时, FET1 导通, FET2 截止, 激光器没有驱动电流通过, 因而不发射激光. 驱动电流由 FET3 提供, 由其栅级 1 端调节大小. 激光器的预偏置电流由 FET4 供给, 其栅级 4 端调节大小.

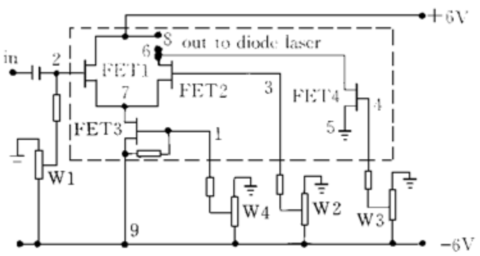

图 1　GaAs 单片集成激光器驱动电路电原理图

FIG. 1　Circuit Diagram of GaAs Monolithic Integrated Laser-Diode Driver

电路芯片的尺寸是 0.68mm × 0.95mm, 它的输入、输出压点排布如图 2 所示. 压点的尺寸是 70μm × 70μm, 压点中心间的距离为 130μm 左右. 其中电路工作时, 6 端和 8 端间接高速激光器管芯. 在测试中, 我们用 25Ω 的高频微带电阻代替. 根据待测的集成电路芯片压点排布和尺寸, 对应输入和输出压点, 我们分别设计和制作了相应的多触头微波探针, 并进行了校准测试. 对于多触头微波探针的制作, 要求有严格精密的工艺以保证触头分布均匀, 位于同一平面内. 使用所研制的微波探针、微波信号源和 Tek7104 采样示波器(带 S4 采样头, 14GHz 带宽), 对 GaAs 单片集成激光器驱动电路芯片进行了在片测试和筛选. 电路工作时的微波信号及直流供电都是通过微波探针加到芯片上的. 电路开始工作时, 电位器 W1、W2、W3 先处于中间位置, W4 处于使 1 端为 - 6V 的位置, 加上 - 6V 后再加 + 6V, 调节 W1、W2 使驱动电流最大. 调节 W4 改变驱动电流大小. 按电路设计, 调节 W3 只改变预偏置直流电流的大小, 不会影响高频驱动电流. 但在测量中我们发现, 调节 W3 对电路高频驱动电流也有影响, 这说明 FET4 对电路的交流工作状态有干扰; 为了实现 FET4 对电路预偏置直流电流的独立调节, 避免交直流间的影响, 则须在电路设计中, 加上适当的偏置网络.

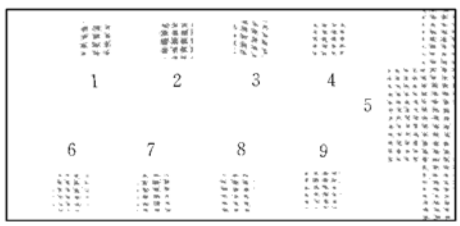

图 2　电路芯片输入、输出压点排布示意图

FIG. 2　Input and Output Bond Pads Diagram of Circuit Chip

图 3(a) 给出的是输入微波频率为 4.0GHz、V_i = 1.2V 时, 电路芯片的输出测量波形, 幅度为 V_o = 765mV. 图 3(b) 是电路在片工作时, 处于饱和状态下的输出波形. 微波探针在片测试结果表明, 该 GaAs 单片集成电路芯片的 3dB 带宽可达 3.8GHz, 相应的上升、下降时间优于 100ps, 单边驱动电流大于 30mA, 可用于 2.4Gbit/s 的光通信系统中. 在没有使用微波探针之前, 只能将电路芯片封装在管壳中进行测量, 测得的电流速率为 800Mbit/s, 这说明管壳封装方式已限制了电路的高频特性, 必须进行改进, 才能在更高速率

下使用. 用多触头微波探针在片驱动 GaAs 单片集成激光器驱动电路, 使之处于正常的工作状态之后, 我们又用所研制的半导体激光电光采样测试系统, 在片检测了电路芯片内部点的动态高频特性. 图 4 是 GaAs 单片集成激光器驱动电路芯片内部电信号的电光采样测量波形, 其中曲线 a 是信号输入 2 端压点处的动态波形; 曲线 b 是芯片内部 7 点处的信号波形; 曲线 c 是信号输出 6 端压点处的动态波形. 与输入 2 端的信号相比, 7 点处的信号与之同相, 但延迟了 176ps; 输出 6 端的信号到相延迟了 53ps.

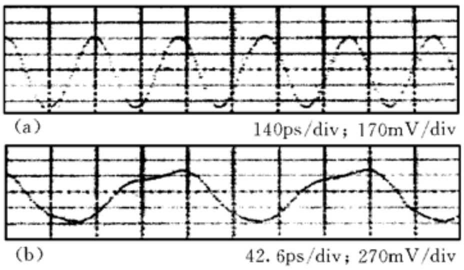

图 3　微波探针在片测试:
(a) 电路芯片的输出波形
(b) 电路芯片饱和时的输出波形.
FIG. 3　On-Wafer Testing with Microwave Probe
(a) Output Waveform of Circuit Chip
(b) Saturation Output Waveform of Circuit Chip

4　结束语

使用研制的多触头微波探针, 对 GaAs 单片集成激光器驱动电路芯片进行了在片测试和筛选. 测得芯片频率响应带宽高达 3.8GHz, 与先前测量结果对比, 证明现有的封装限制了电路的工作速率. 利用在实验室建造的电光采样测试仪, 对 GaAs 单片集成激光器驱动电路芯片内部点的动态波形进行了在片无侵扰检测. 这些测试方法为电路研制工作者提供了以前无法直接获得的测量数据. 这对于分析电路工作机理、确定器件模型、提高电路性能是十分有益的.

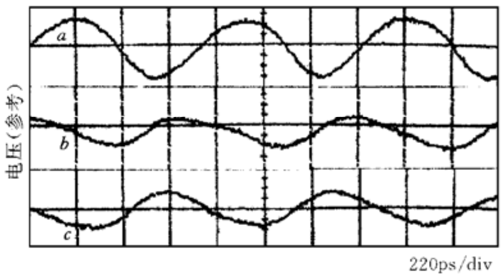

图 4　电光采样测量 GaAs 单片集成激光器驱动电路内部点的信号波形
FIG. 4　Signal Waveform at Internal Points in GaAs Monolithic Integrated Laser-Diode Driver

参　考　文　献

[1] E. W. Strid and K. R. Gleason, IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., 1982, **30**(7): 969.

[2] K. J. Weingarten, M. I. W. Rodwell and D. M. Bloom, IEEE J. Quantum Electron, 1988, **QE-24**(2): 198—220.

[3] Maobin Yi, Wei Sun, Xiaojian Tian, Gang Jia and Shiyong Liu, International Journal of High Speed Electronics and Systems, 1996, **7**(3): 463—469

[4] 孙伟, 田小建, 等, 半导体学报, 1996, **17**(2): 141—144[SUN Wei, TIAN Xiaojian *et al.*, Chinese Journal of Semiconductors, 1996, **17**(2): 141—144 (in Chinese)].

[5] 田小建, 衣茂斌, 孙伟, 等, 半导体学报, 1998, **19**(7): 528—531[TIAN Xiaojian, YI Maobin, SUN Wei *et al.*, Chinese Journal of Semiconductiors, 1998, **19**(7): 528—531 (in Chinese)].

[6] 孙伟, 衣茂斌, 等, 半导体学报, 1991, **12**(9): 575—577[SUN Wei, Yi Maobin *et al.*, Chinese Journal of Semiconductors, 1991, **12** (9): 575—577(in Chinese)].