

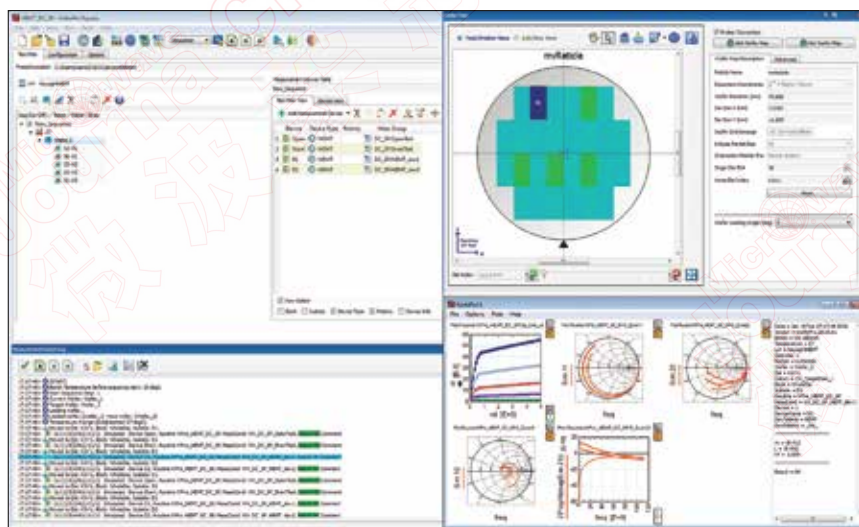


图 3. WaferPro Express 软件实现交钥匙自动测量和完全定制。

预先配置的系统选项

为了进一步简化晶圆上测量的过程, 缩短首次进行测量的实际时间, 各公司花费了大量时间对常用测量仪器组合进行评测, 包括是德科技的 B1500A 半导体器件参数分析仪、N6705B 直流电源分析仪、PNA 和 PNAX 网络分析仪、毫米波扩展座和 Cascade Microtech 公司的多种探针台 (如 SummitTM/Elite300TM/CM300 系列探针台) 和探针 (如 Infinity® 探针)。正是这样的努力, 使得一些预先配置的系统具备性能保障。购买这些系统时, 厂家将提供系统技术指标用作安装验收标准。

实现系统性能验证

WMS 方案的关键优势之一是不能对完整的晶圆上测量系统性能做出保障, 而且能在安装过程中进行验证。比如说, WMS 方案可验证整个系统的直流泄漏和噪声。而在此之前, 直流泄漏和噪声只能分别在 Keysight B1500A 半导体器件参数分析仪的端口, 或在独立的 Cascade Microtech 公司探针台进行标定。

对于射频测量, 应用专家采用新

开发的、高达 110 GHz 的是德科技验证基板 (KVS) 对探针的 S 参数进行验证。KVS 包含多个器件, 如失配线 (Beatty 标准)、25 Ω 和 100 Ω 串联电阻, 以及开路、短路、负载和传输线标准件, 以便更可靠地验证 S 参数测量结果 (见图 2)。

KVS 能够进行更可靠验证的原因之一在于其验证标准覆盖史密斯圆图的更大区域。相比之下, 传统的验证采用开路、短路、负载和传输线标准件, 只在史密斯圆图的最外圈和中心点做验证, 使得验证受到很大限制。使用 KVS 验证整个测量系统, 并通过测量直流泄漏和噪声, 工程师能够获得对于测量系统整体性能的更大信心。

降低测量设置复杂性

是德科技和 Cascade Microtech 公司联合开发的软件平台, 可与晶圆上测量系统的所有必要部分对接。WaferPro Express 平台实现晶圆级器件和电路元件 (见图 3) 的自动表征。它具有 50 多个交钥匙测量驱动程序和众多测试实例, 便于工程师立即执行所需的测量。工程师无需浪费

时间学习多个软件, 即可开始操作和编写自动化程序。通过有效地控制晶圆上测量系统的所有元件——包括仪器和探针台——WaferPro Express 能为工程师降低测量设置复杂性, 并为高效自动测量和数据管理提供统一平台。

凭借其配置保障、安装/验证保障和支持保障、KVS 验证和 WaferPro Express 软件, WMS 方案为充分满足晶圆上测量需求提供了出色的交钥匙解决方案, 无论是在半导体产线进行测量, 还是研发团队需要海量数据的测试应用, 如器件建模、流程监控、可靠性和元器件表征。在执行这样的任务时, 工程师无法再承受评测、订购、组装和验证传统测量系统通常所需的时间。对于当今的半导体测试工程师而言, WMS 方案的好处在于能够实现精确和可重复的测试、更快执行首次测量以及保障多个位置间的数据相关性, 这一切确保当今的半导体测试工程师可以进行准确、快速的元件和器件级直流和射频测量, 使得产品能按时推向市场。



基于 PXI 高速非线性测量系统的高级自定义模型

Customized Advanced Modeling through PXI-Based High Speed Nonlinear Measurement Systems

David Vye and Marc Vanden Bossche,
美国国家仪器, 美国德州奥斯汀

器件建模, 尤其是 RF 频率及以上的晶体管表征已经成为研发人员

当涉及到 射频信号发生器 ...

... 频谱纯度相当重要

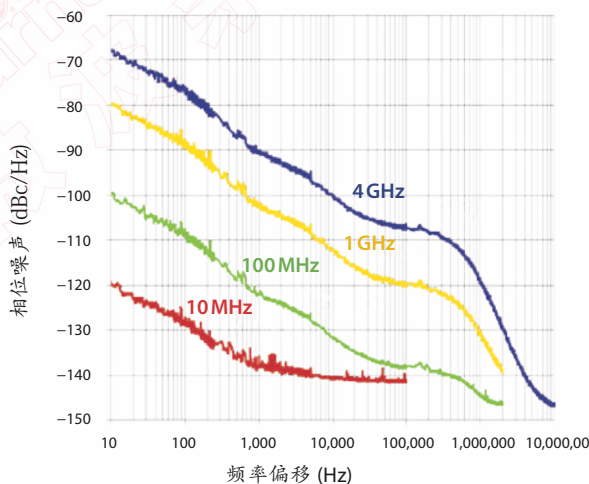
频谱纯度 — 它让一个优异的信号发生器更为出众。来自SRS的全新SG380系列射频信号发生器可输出极为稳定, 无失真, 低噪声的正弦波。

没有小数N分频合成杂散成分或 YIG 振荡器的昂贵费用 — SG380 使用独特的结构, 合理近似频率合成, 为你提供一个具有非凡能力的射频源, 几乎无止境的频率分辨率和卓越的相位噪声。

这些发生器拥有丰富的调制功能, 计算机接口 (以太网, GPIB 和 RS-232) 等多种标准功能, 也备有可选的方波时钟输出和模拟 I/Q 输入套件。

每台仪器出厂时即装配了 OCXO 时基, 拥有超低的老化特性和优良的频率稳定性。并具一个可选的铷原子钟。

SG380 系列相位噪声



SG384 ... \$5060
DC to 4 GHz



SG386 ... \$6490
DC to 6 GHz



SG382 ... \$4290
DC to 2 GHz



Stanford Research Systems

1290-D Reamwood Ave. Sunnyvale, CA 94089 • www.thinkSRS.com

Phone (408) 744-9040 • Fax (408) 744-9049 • info@thinkSRS.com

先锋科技股份有限公司

电话: 86-10-6263-4840

传真: 86-10-8261-8238

欧陆科技有限公司

电话: 86-10-6800-8213/16/17

传真: 86-10-6800-8212

北京东方科泰科技发展有限公司

电话: 86-10-6497-1708

传真: 86-10-6497-1710



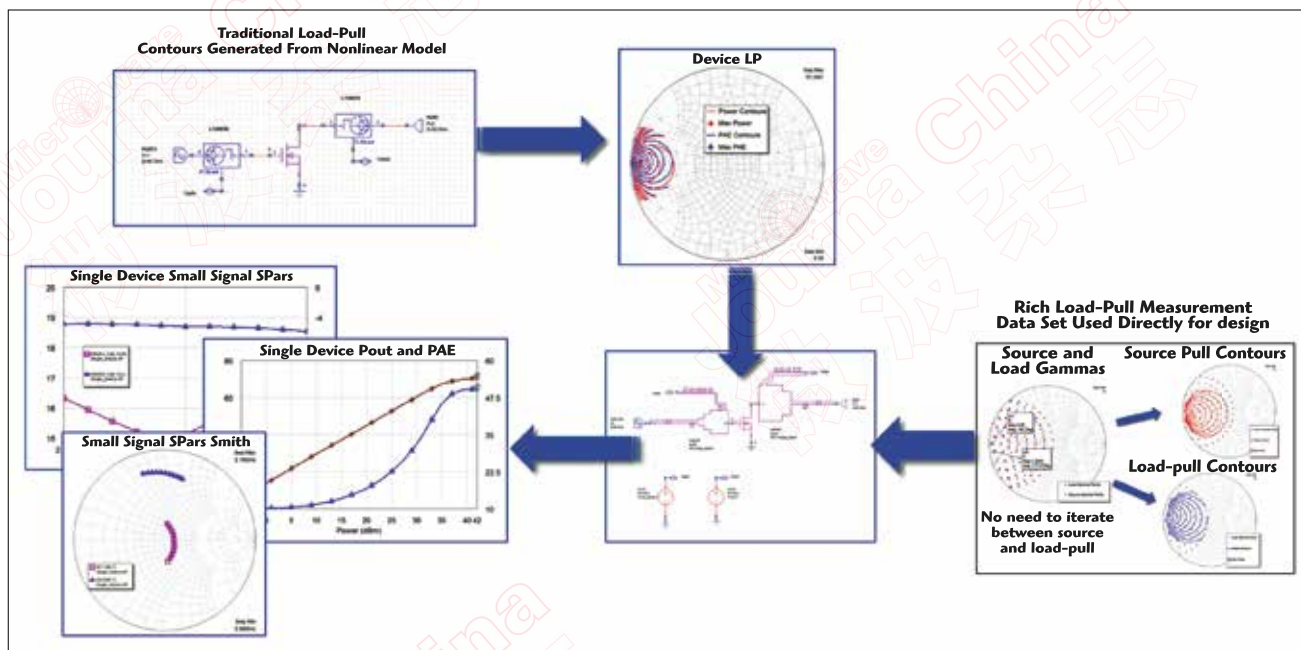


图 4. 新设计流程代替了非线性模型根据负载牵引测量数据生成的负载牵引图。

40 多年来持续关注重点。器件建模最初是军工航空航天行业在进行早期 MMIC 开发时发起的，通过弥合已知的晶体管技术（通过测量）和未知的电路性能（通过仿真）之间的空白来帮助工程师进行设计创新。在早期的设备表征和电路设计中，通过各方在表征和预测新半导体工艺的电气行为方面的独自和共同努力，测量技术、基于公式的预测建模和仿真逐渐出现。

如今，器件建模的目的仍未改变：支持基本器件开发以及为设计工程师准确地展示在真实条件下在设计网络中器件的运行行为。随着 RF 半导体技术的成熟，许多晶体管开发和建模技术都可以使用现有的商用交钥匙方案实现。对于需要更宽表征范围（如宽带、动态、热力）模型的新半导体技术，提高测量速度、准确性和自定义化的需求将持续增长。

器件建模

理解驱动设备表征发展的各个因

素首先要从如何测量和使用数据来创建预测模型开始。最为常见的三种模型是物理模型、集约模型和行为模型。BJT 和 CMOS 等硅器件模型通常基于半导体的物理特性。复合半导体，如 GaAs 和 GaN 的工业标准集约模型基于描述电流和电荷与所施加电压和温度的函数关系的经验公式。行为模型使用直接测量数据，通过器件对“黑匣子”表格或数据文件中捕获的特定控制激励信号的组件响应来表示器件。行为模型仅在所测量的运行条件下有效。工程师们正在积极开发这类模型，并对其加以改建，以将记忆效应纳入考虑。

集约晶体管模型广泛用于 III-V 半导体器件的建模，III-V 半导体器件正是射频微波应用中的主要器件。集约模型从所测得的 IV、准等温脉冲 IV、S 参数和脉冲 S 参数数据中提取出来，并进行负载牵引表征验证，可以将电热及阻滞效应等复杂现象考虑在内。

目前大多数 PA 接收的都是调

制信号，比如雷达应用中的各种脉冲、电信应用中的高度调制信号。评估 RF 器件接收到这些大型调制信号时的动态行为非常重要。与连续波相反，阻滞效应和热效应所产生的低频和高频记忆效应必须考虑在内，才能准确地预测器件对复杂调制信号（如 EVM 或 ACPR）的响应。

为准确预测 RF（和数字调制）的非线性行为，高级集约模型和行为模型都需要大量测量数据，显著增加了完全表征某个器件和通过负载牵引验证模型花费的时间。这就需要快速测量系统来减少数据采集时间，使建模更具实用性。如今，基于 PXI 的系统所具有的快速和灵活性使得工程师能够获得器件建模、针对性设计工作以及生产测试所需的大量数据。

模块化平台解决方案

PXI 是一个基于 PC 的测量和自动化平台，具有体积紧凑、速度快、性价比高、适应性强且准确度高等优点，可实现许多之前仅高端且昂贵

的设备才能提供的功能。NI 通过与 Maury Microwave、Antevertamw（已被 Maury Microwave 合并）、福科斯微波和 Mesuro（已被福科斯微波合并）的解决方案合作来支持先进器件表征系统的开发。在开发这些负载牵引解决方案时，供应商将其专业技术与 NI PXI 硬件和 LabVIEW 等系统设计软件相结合，解决了许多耗时较长的问题以及微波功率放大器的负载牵引表征要求。

负载牵引表征是提高功率放大器效率的重要工具。由于时间和成本原因，供应商仅在设计时执行负载牵引。而现在，基于 PXI 的系统快速和灵活性使得工程师也能够设计验证和生产测试过程中验证功率放大器的性能（见图 4）。

LabVIEW 可重配置 I/O (RIO) 架构是 NI PXI 平台的一部分，包含了多核 CPU 和 FPGA 等最新计算技术，同时提供了一种统一的开发方法与语言。Maury、福科斯及其收购的公司将各自独特的开发方法与该架构相结合，帮助客户简化了测试并缩短产品上市时间。

Maury Microwave（和 Anteverta）利用 NI PXI 的高速和宽带调制能力为开发、预制和生产测试期间的功率放大器表征提供了理想的解决方案。这些系统可实现宽带阻抗合成，这一

功能在设计功率效率和线性放大器时的重要性日益显著。生成的大量测试数据可通过 NI LabVIEW（用于开发测试系统的图形化编程环境）进行管理。工程师可以将所有数据压缩到基于测量结果的行为模型，然后导入到 NI AWR 设计环境中进行电路设计。

借助最新的现货 NI PXI 硬件，福科斯（和 Mesuro）开发了一个快速负载牵引系统，采用“准闭环”方式来维持闭环有源负载牵引系统的速度，同时解决了限制其应用的固有稳定性问题。器件的输出信号进入循环器或耦合器后传递到 PXI 机箱。在 PXI 机箱中，信号经过下变频和调整来使系统达到所需的阻抗，然后经过上变频后返回到测试器件，以设置恒定阻抗。由于系统反馈，激励电平变化导致的器件输出变化将自动在反馈信号中得到补偿，从而实现了极其快速的阻抗调整及快速校准过程。

我们甚至可以使用无源调谐器和基于 PXI 的矢量信号收发器（VSG、VSA 和通用 FPGA 架构的组合）或者再加上 PXI SMU 来加速传统的源和负载牵引。LPLite 是由 NI 作为参考架构提供的开源 LabVIEW 应用程序，该程序使用两家负载牵引公司的无源调谐器来支持直观源和负载牵引应用。LPLite 将特性数据以 NI/AWR 可兼容的数据格式存储起来。该参考

架构可轻松针对 ET 和 DPD 进行扩展，这一点也是受益于 PXI 的同步及速度。所有这些选项提供了一个灵活的系统来满足大部分工程师的需求。



通过交钥匙测量和建模系统满足上市时间要求

Addressing Time to Market with Turnkey Measurement and Modeling Systems

Steve Dudkiewicz, Maury 微波公司, 美国加州安大略市

厂商的纵向整合使得他们需要在准确、稳健的器件建模以及多个产品层次（IC、裸片、封装等）的相应测量方面承担更大的责任。随着缩减产品上市时间成为企业的重要目标，能高效执行从元件到电路再到系统级的测量和建模以及器件表征的交钥匙解决方案变得越加重要。Maury 微波公司和 AMCAD 工程公司联手开发了一个交钥匙设计流程（见图 5）来解决这一需求，该流程包括测量以及提取、验证和优化紧凑模型和行为模型所需的仪器和软件，全部在一个直观

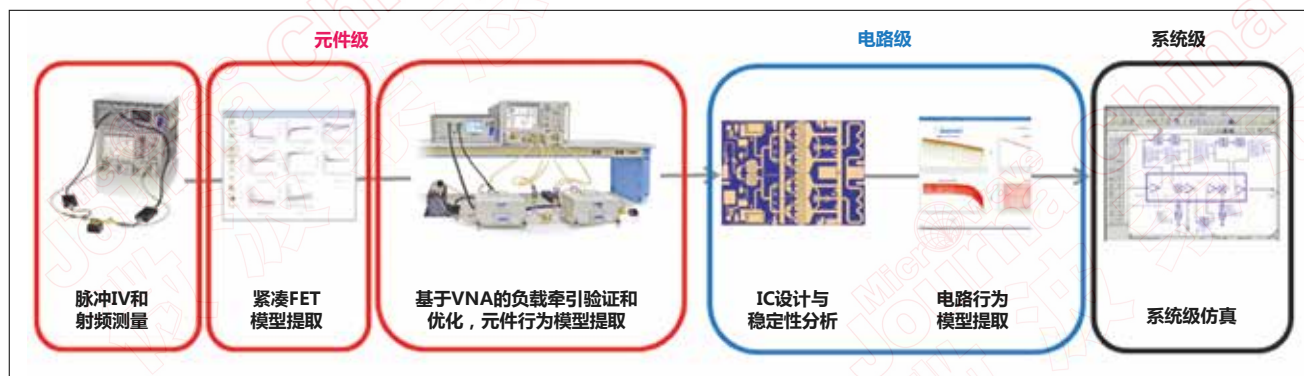


图 5. 提取元件级和电路级紧凑模型和特性模型的设计流程。