

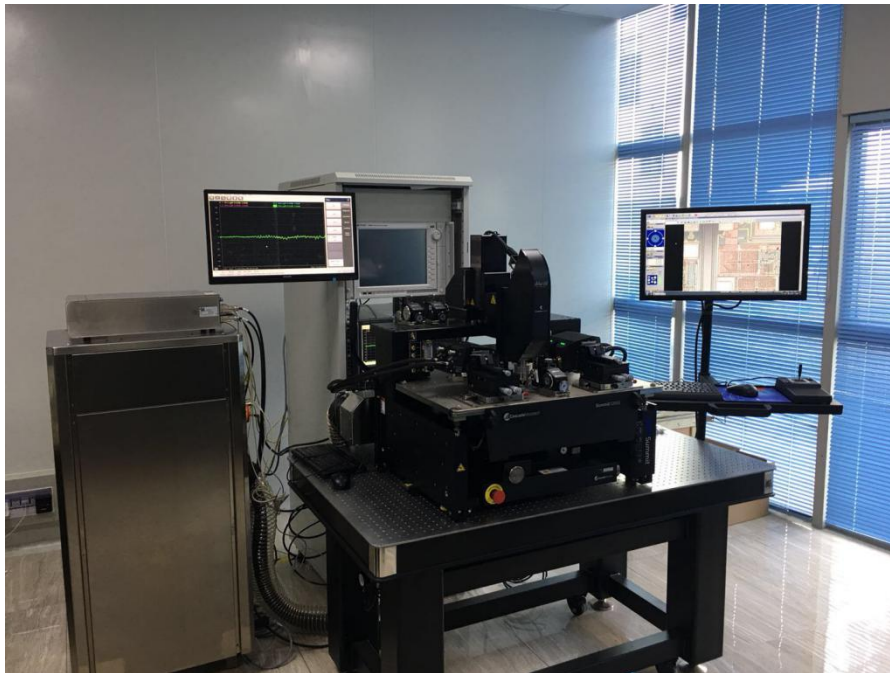
# 清华大学天津电子信息研究院

## 单片微波集成电路（MMIC）综合实验室

### 系统配置技术文档

对于器件建模、技术开发、半导体工艺开发和规范、过程控制、元器件定标和试生产来说，精确和可重复的晶圆级（On Wafer）测量必不可少。半导体技术正在不断发展，产品从设计到上市的速度越来越快，同时对于更高精度的需求也日益增加。面对这些挑战，用户亟需一款综合的解决方案，以快速和精确地对元器件实施先进的直流和射频测量。

清华大学天津电子信息研究院单片微波集成电路（MMIC）综合实验室配置了行业领先的 Cascade Microtech 晶圆级探针台、微波和直流偏置探头以及校准工具，并与是德科技 Keysight Technologies 的测试仪器、测量和分析软件完美结合，使您可以对所有元器件执行全方位的测量。



每个晶圆级测量解决方案均可享受全方位的支持，清华大学天津电子信息研究院精通晶圆级测试与测量的解决专家将与客户紧密协作优化方案，以满足客户

不断提出的测量、表征和建模要求。

## MMIC 测量系统配置

Keysight 相关仪表：

### 1. 毫米波矢量网络分析仪 N5290A

型号	名称	功能
N5290A	微波矢量网络分析仪， 900Hz~110GHz	覆盖单端、差分测试
425	425 选件	四端口，双源，低频选件，组合机械开关
020	020 选件	增加中频输入
021	021 选件	信源 1 的脉冲调制器
022	022 选件	信源 2 的脉冲调制器
029	029 选件	利用矢量校正进行噪声系数测量
S93007A	自动夹具移除	自动夹具移除 (AFR) 适用于 PNA/PNA-L/PNA-X 系列 B 型网络分析仪。可以更简单地从非同轴器件测量结果中去除夹具效应
S93118A	快速连续波测量	FIFO (先入先出) 数据采集可以进行每秒 400000 个数据点的外部点触发采集, 可以一边采集数据, 一边从 FIFO 缓冲器读取数据
S93026A	先进的脉冲射频测量	先进的脉冲射频测量添加窄带检测方法, 利用选件 021 和 022 控制内部脉冲调制器
S93460A	真实模式激励	支持真正的差模和共模测量
S93029A	利用矢量校正进行噪声系	利用矢量源校正技术, 对放大器、频率转换器

	数测量	<p>和混频器进行高精度的噪声系数和噪声功率测量。该技术使用源阻抗调谐器来去除不完美的系统源匹配效应。本方法所产生的精度超越了 Y 因子方法和其他冷源实施方法所能提供的精度，尤其是对于夹具、晶圆上和自动测试环境而言。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 测量放大器、混频器和转换器的噪声系数，测量频率高达 67GHz（使用高达 50GHz 的低噪声接收机，或使用 50GHz 至 67GHz 的标准接收机）</li> <li>● 通过单次连接即可执行快速且精确 S 参数、噪声系数、压缩、IMD、谐波等测量</li> <li>● 对于 &gt; 67GHz 的噪声系数测量使用传统的 Y 因子法</li> </ul>
S93083A	矢量和标量混频器/转换器测量	利用扫描或固定输入和输出频率以及输入和本振功率，提供经过匹配校正的转换损耗/增益以及相位和绝对群时延测量。
S93084A	嵌入式本振功能	将矢量网络分析仪的接收机调谐到被测转换器的输出频率，而无需使用内部本振或通用参考信号。对于具有嵌入式本振的转换器来说，这样能够测量经过匹配校正的转换损耗/增益和绝对群时延

S930909A	频谱选件	频谱模式, 测量上限到 90GHz
S93010A	时域分析	<p>对时域反射或传输响应进行全面的误差校正</p> <p>可以使用选通来去除 (例如由测试夹具产生的) 多余响应</p> <p>可以将频域数据变换为时域数据, 或将时域数据变换为频域数据</p> <p>有助于调谐多种类型的滤波器, 包括空腔谐振器滤波器</p>
S93086A	增益压缩测量选件	<p>能够在规定的频率和功率范围内, 通过简单设置, 在放大器或频率转换器的压缩点提供快速而精确的输入功率、输出功率、增益和相位测量。该选件还包括一个引导式校准程序, 能够对绝对功率电平、频率响应和失配误差进行校正。</p>
S93087A	互调失真测量	<p>能够控制内部和外部信号源的频率和功率, 并能够在—个测量通道中在主音频和 IMD 音频上调谐接收机。用户可以扫描两个激励信号的中心频率、两个激励信号与固定中心频率的间隔, 也可以仅扫描一个激励信号、同时扫描两个激励信号或扫描本振信号的功率。分析仪能够测量阶次为 2、3、5、7 或 9 的互调失</p>

		真信号，并显示相关截获点。
S93088A	信号源相位控制	使用户能够设置两个信号源之间的校准、任意相位差异以及相对功率电平。信号源可以是分析仪的内部信号源，或者是路由通过分析仪测试装置的外部信号发生器。
S93089A	差分 and I/Q 器件测量	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 精确控制多个信号源的相位，以便用于正交或差分驱动，无需使用混合耦合器和平衡-不平衡转换器</li> <li>● 调谐接收机的频率到指定的所有输出频率上，以便全面地表征被测器件</li> <li>● 利用固定的相位偏置扫描频率，或以固定频率扫描相位或功率</li> <li>● 测量 I/Q 转换器/调制器、差分混频器，或差分放大器的谐波</li> </ul>
S94511A	元器件的非线性特性测量	测量和表征元器件在所有端口处于大输入功率情况下所生成的谐波的幅度和相对相位
S94514A	非线性 X 参数测量	正确表征阻抗失配和频率混合特性，从而能够精确仿真级联的非线性 X 参数模块，例如无线设计中的放大器和混频器
S94520A	任意负载阻抗 X 参数	<p>在满负载条件下通过 X 参数捕获完整的非线性元器件行为。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 在每个谐波上，将幅度和相位数据当作功</li> </ul>

		<p>率、偏置和负载的非线性函数进行测量</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 将 X 参数级联扩展到任意大的负载失配</li> <li>● 使用 ADS, 通过简单的拖放操作就可以建立器件模型, 设计多级、Doherty 或其他复杂的放大器电路</li> <li>● 在任意负载条件下 (甚至在极大的压缩条件下), 测量和预测输入端口和输出端口的动态负载线</li> </ul>
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 2. 半导体参数分析仪 B1500A

型号	名称	功能
B1500A	半导体器件参数分析仪/ 半导体表征系统主机	Keysight B1500A 半导体器件分析仪属于精密电流-电压分析仪, 是一款能够提供 IV、CV、脉冲/动态 IV 等丰富功能的综合分析仪, 旨在全面满足从基础到尖端应用的表征需求。B1500A 提供极其丰富的测量功能, 支持器件、材料、半导体、有源/无源器件甚至几乎所有其他类型电子器件的电气表征和测试, 并且具有卓越的测量可靠性和测量效率。
B1500A-A10	大功率电源/测量单元	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 最大 200V/1A</li> <li>● 最小测量分辨率 10fA/2<math>\mu</math>V</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 最小电源分辨率 50fA/100<math>\mu</math>V</li> <li>● 最小 100<math>\mu</math>s 采样率 (时域)测量</li> <li>● 最小脉宽 500<math>\mu</math>s, 100<math>\mu</math>s 分辨率</li> <li>● 准静态电容电压 (QSCV)测量, 具有泄漏 电流补偿</li> </ul>
B1500A-A11	中功率电源/测量单元	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 最大 100V/0.1A</li> <li>● 最小测量分辨率 10fA/0.5<math>\mu</math>V</li> <li>● 最小电源分辨率 50fA/25<math>\mu</math>V</li> <li>● 最小 100<math>\mu</math>s 采样率 (时域)测量</li> <li>● 最小脉宽 500<math>\mu</math>s, 100<math>\mu</math>s 分辨率</li> <li>● 准静态电容电压 (QSCV)测量, 具有泄 漏 电流补偿</li> </ul>
B1500A-A17	高分辨率电源/测量单元	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 最大 100V/0.1A</li> <li>● 最小测量分辨率 1fA/0.5<math>\mu</math>V</li> <li>● 最小电源分辨率 5fA/25<math>\mu</math>V</li> <li>● 最小 100<math>\mu</math>s 采样率 (时域)测量</li> <li>● 最小脉宽 500<math>\mu</math>s, 100<math>\mu</math>s 分辨率</li> <li>● 准静态电容电压 (QSCV)测量, 具有泄 漏 电流补偿</li> </ul>
B1500A-A20	多频率电容测量单元	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 频率范围为 1kHz 至 5MHz</li> <li>● SMU 和 SCUU 提供 25V 内置直流偏 置和 100V 直流偏置</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 交流阻抗测量 (C-V、C-f、C-t)</li> </ul>
B1500A-A25	高电压半导体脉冲发生器单元	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高压输出可达 <math>\pm 40</math> V, 适用于非易失存储器测试</li> <li>● 每通道支持二电平和三电平脉冲</li> <li>● ALWG 可以灵活地生成任意波形 (任意线性波形生成功能), 分辨率为 10ns</li> <li>● 高度精确的强励电压与 0.4mV 分辨率</li> <li>● 频率范围为 0.1Hz 至 33MHz</li> <li>● 电压监测时间最小值是 5<math>\mu</math>s</li> <li>● 每个模块具有两个通道</li> </ul>
B1500A-A30	波形发生器/快速测量单元	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 支持快速、高灵敏度的 IV (电流-电压) 测量、脉冲 IV 测量和瞬时 IV 测量, 适合各种应用场合, 比如 NBTI/PBTI 和 RTN (随机电报信号噪声) 等</li> <li>● 可以生成任意波形, 编程分辨率为 10 ns (除了直流输出以外)</li> <li>● 同时执行高速 IV 测量 (最高 200MSa/秒)</li> <li>● 精度为 1nA 的高灵敏度测量</li> <li>● 10V 峰峰值输出</li> <li>● 双通道输出</li> </ul>



### 3, Cascade Microtech

型号	名称	功能
Summit 12000	200mm 半自动探测台	<p>8 英寸半自动毫米波射频探针台</p> <p>载物台 X-Y 方向: 1<math>\mu</math>m (0.04 mils)分辨率、小于 2<math>\mu</math>m 重复精度、大于 50mm/sec 的移动速度; Z 方向: 5mm 的移动范围、1<math>\mu</math>m 分辨率、小于 1<math>\mu</math>m 重复精度; Theta 方向: 转动角度范围+/-5.5 度</p> <p>平坦度误差优于 30um; 芯片载台带有两个独立的附加小载台, 方便放置射频校准片;</p> <p>配置先进的微暗室技术, 确保良好的测试环境, 拥有最低 20dB 0.5-3 GHz、小于-170 dBVrms/rtHz (<math>\leq</math>50KHz) 、小于 5mVp-p (<math>\leq</math> 1GHz)的系统 AC 噪声、光强衰减大于 120dB</p> <p>具有 NRTL,CE, Semi S2 等认证</p>
TS-412-14P	ATT 高低温控制系统	<p>温度控制精确度: <math>\pm</math>0.1 摄氏度; 晶片载台温度均匀度小于 1%; 升降温速度: -60<math>^{\circ}</math>C到 25<math>^{\circ}</math>C<math>\leq</math>7 min; 25<math>^{\circ}</math>C到 300<math>^{\circ}</math>C<math>\leq</math>30 min; 300<math>^{\circ}</math>C到 25<math>^{\circ}</math>C<math>\leq</math>18 min; 25<math>^{\circ}</math>C到-60<math>^{\circ}</math>C<math>\leq</math>18 min</p>

SP-Inf	直流至 110G 探针模组	系统可满足高达 110GHz 频率范围的双端口器件和四端口差分器件芯片测试要求，并能够实现与指定的扩频模块很好的搭载和测量；可做四端口直流测试
Velox	探针台控制软件	实现通过软件对晶片载台 X, Y, Z, Theta 四个方向的移动全程控制。设备控制软件可以提供自动晶片水平校准，自动器件尺寸测量，自动移动误差补偿，远程控制等自动化功能
Wincal	校准软件	采用新型高级混合校准算法，支持多端口测量的混合校准、提供用于实验室测量验证及数据分析的本地数据处理，配备支持器件特性描述的测量工具。
eVue III	显微镜	高稳定支架的显微镜结构，显微镜移动范围：2 英寸 X 2 英寸；放大倍率 50 倍到 1000 倍连续可变；机台控制器，Window 7 操作系统，内置影像截取卡用于显示显微镜图像

#### 4, 探针选件

序号	使用频率	探针类别	探针类型	间距	数量	校准片
1	DC	单针	直流针	——	12	——
2	40G	GSG	ACP	150um	2	平行 101-190C 直角 109-531
3	67G	GSG	Infinity	150um	4	平行 101-190C 直角 109-531
4	110G	GSG	Infinity	150um	4	平行 104-783A
5	110G	GSGSG	Infinity	100um	2	平行 129-239B
6	110G	GSG	Infinity	100um	2	平行 101-190C
7	50G	GS	ACP	150um	1	平行 103-726
8	50G	SG	ACP	150um	1	平行 103-726