



半导体材料与器件科学云讲堂

——MOSFET的准静态CV / 超低频CV测试

主讲人：王瑞恒——半导体领域测试专家

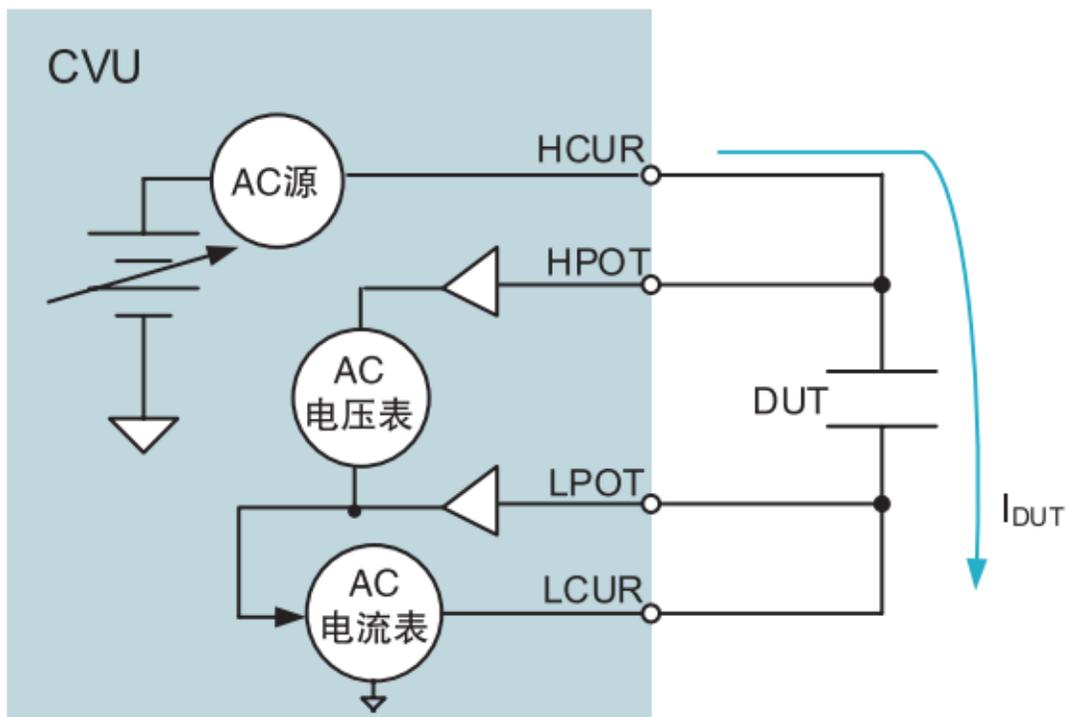
2020/8/28

准静态CV测试

- 测试原理及应用范围
- 硬件需求及测试方法
 - 1.饱和电压测试法
 - 2.斜坡电压测试法
- 注意事项

准静态CV测试

测试原理及应用范围



• 平衡电桥法：电容通交流阻直流，AC信号进行测试，如左图CVU

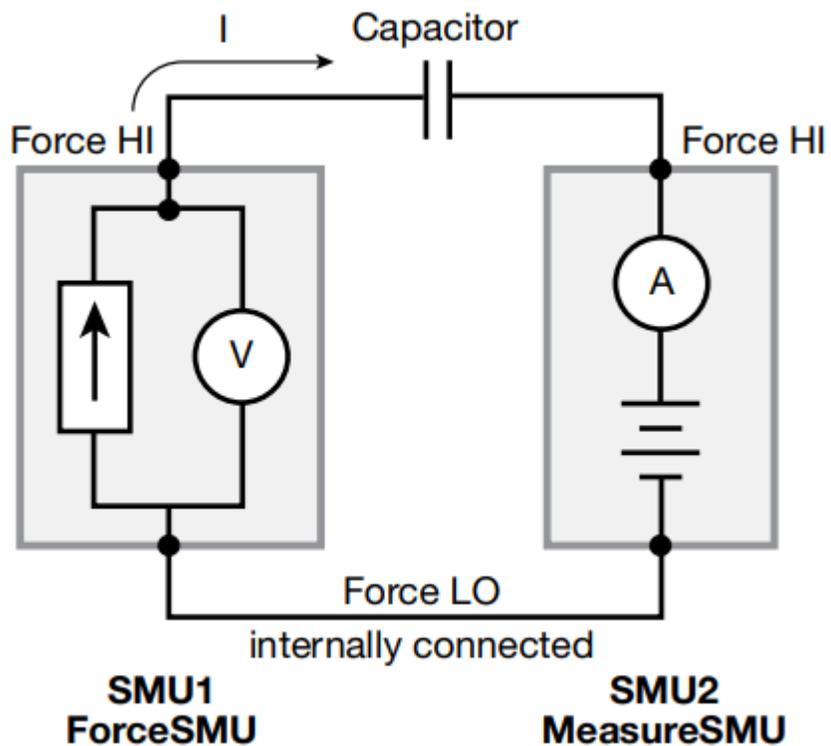
• 其他测试方法：利用电容电荷存储的功能

$$Q=CV=\int idt$$

• 这种测试方法就准静态CV测试

准静态CV测试

硬件需求及测试方法



- 主机4200A
- 2个SMU+2个PA, 设计小电流测试
- Clarius软件

准静态测试之----饱和电压测试法

准静态CV测试

硬件需求及测试方法—饱和电压测试法

A	SMU1	
Operation Mode	Current Bias	
Bias	3E-11	A
Compliance	20	V
<input type="checkbox"/> Measure Current	<input checked="" type="checkbox"/> Measure Voltage	

SMU加恒定电流



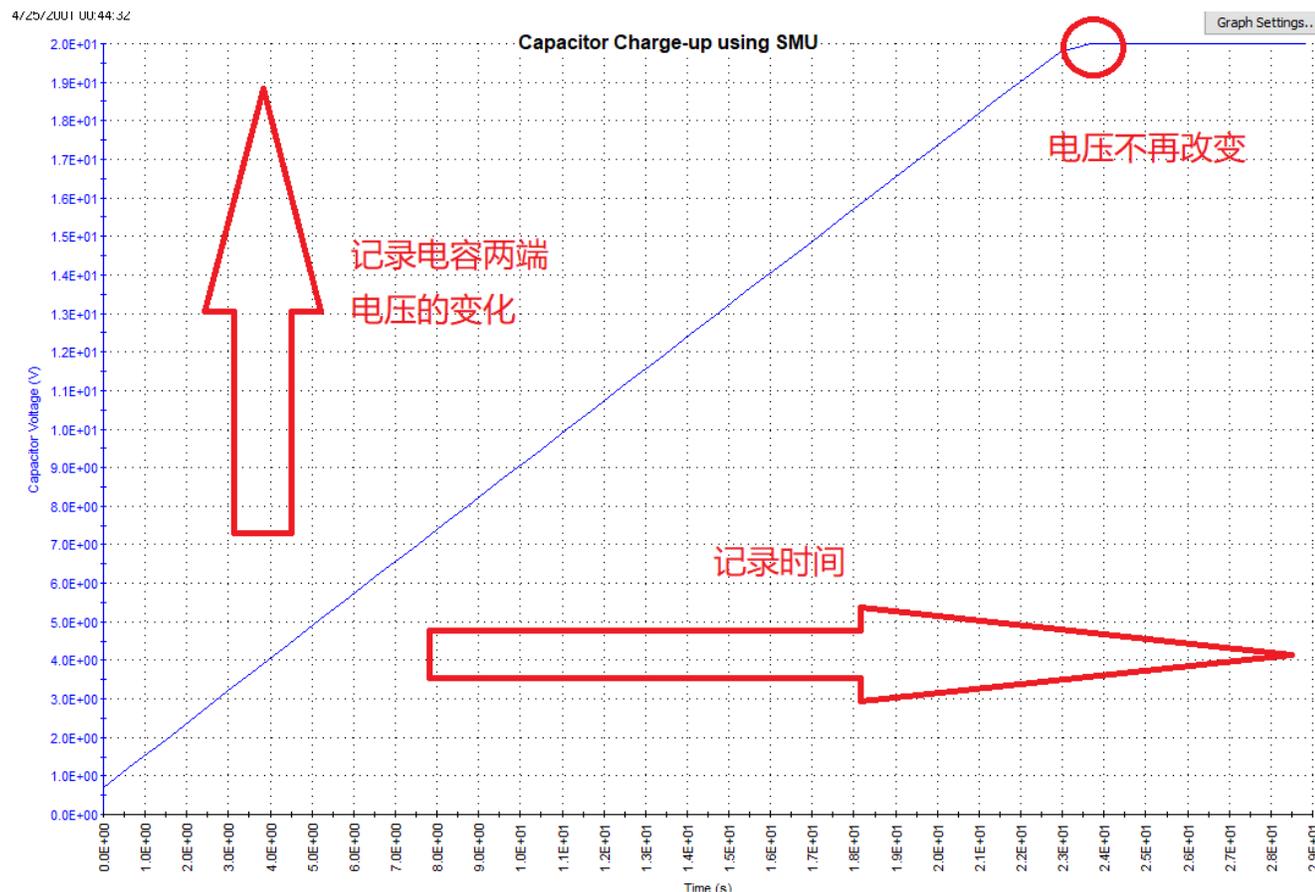
测量电压V随着时间t的变化

B	SMU2	
Operation Mode	Voltage Bias	
Bias	0	V
Compliance	0.1	A
<input type="checkbox"/> Measure Current	<input type="checkbox"/> Report Voltage	

- 施加电流测电压, sampling模式, 得到v-t图

准静态CV测试

饱和电压测试法



- 电容电荷存储的功能

$$Q=c*v=i* t$$

在上式中，电流*i*为设定值，*v*，*t*为测量值，可以计算电容*C*

准静态测试之——斜坡电压测试法

准静态CV测试

斜坡电压测试方法

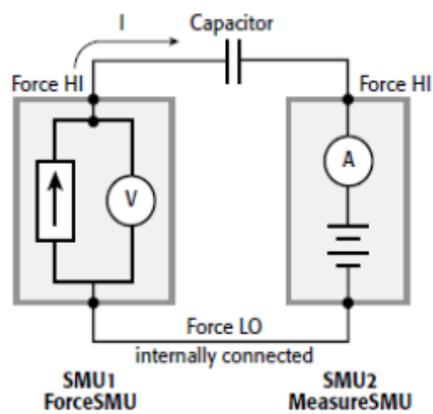
ramprate-cvsweep#1

Key Parameters

All Parameters

- Project: QSCV
- 具体设置: 详见appnotes
- 设定电压变化范围及变化速率, 设置电容的大概数值, 电流大小自动计算得到

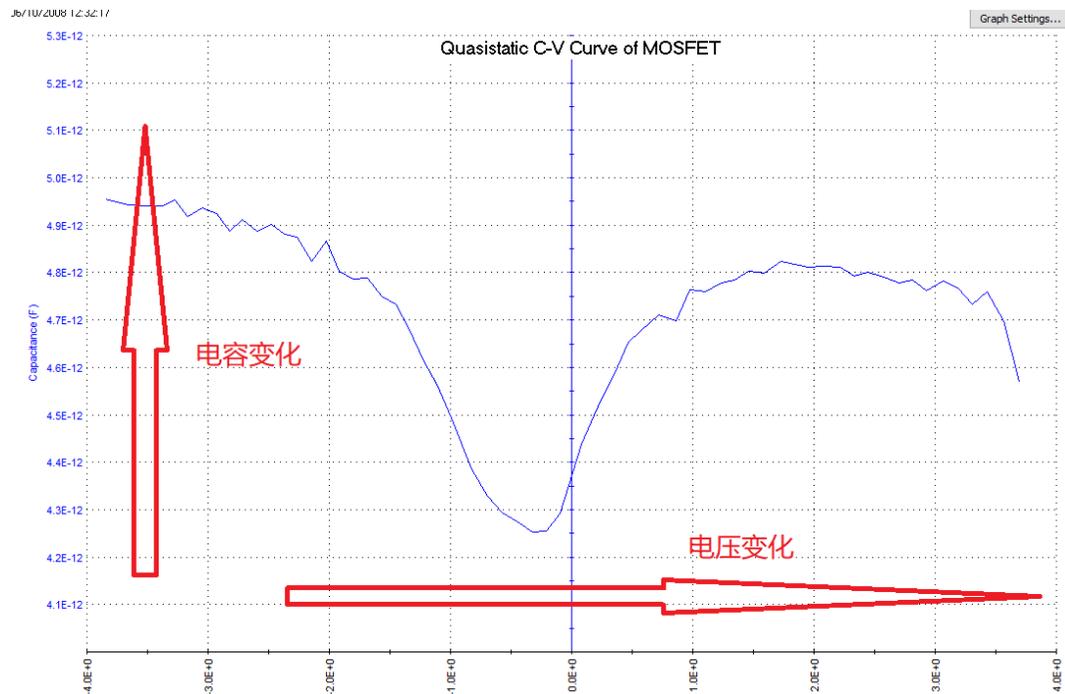
Test Settings	
VStart	4 V
RampRate	0.7 V/s
CVal	1e-11 F
PreSoakTime	2 s
TimeOut	10 s



Resources	
ForceSMU	SMU1
MeasureSMU	SMU2

准静态CV测试

斜坡电压测试方法



- 电容电荷存储的功能

$$\text{微分式 } dQ=c*dv=i* dt$$

图像中可以得到不同电压下的电容值

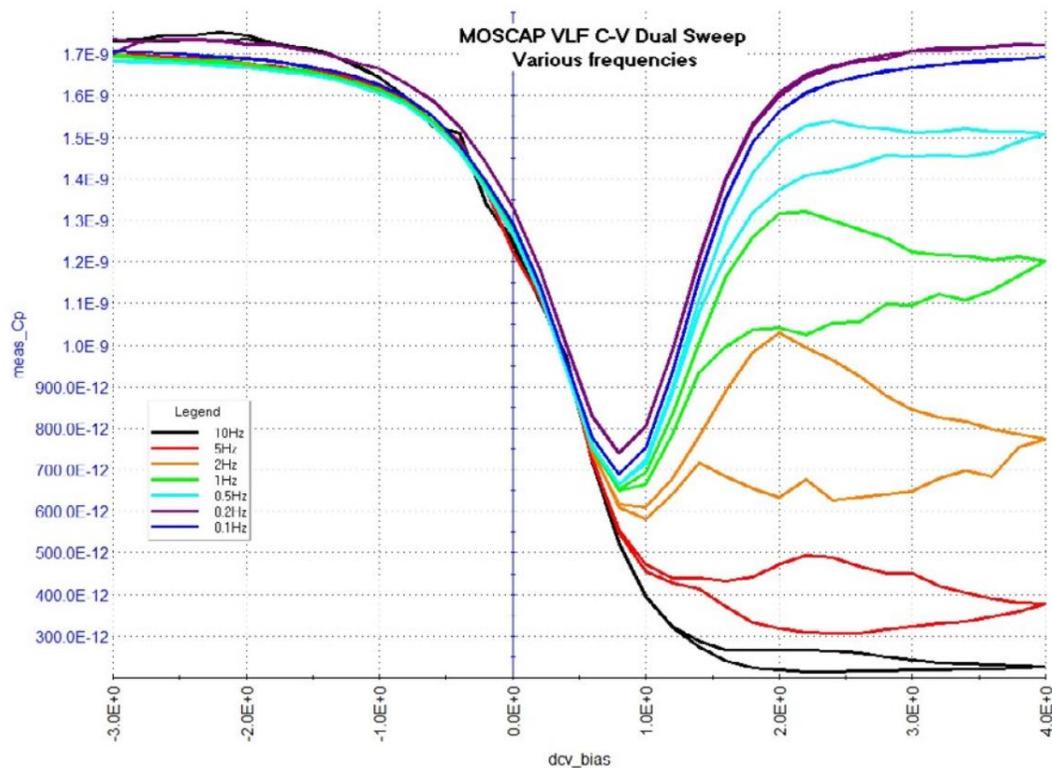
应用范围：1pF-400pF

超低频CV测试

- 测试原理及应用范围
- 硬件需求及测试方法
- 注意事项

超低频CV测试

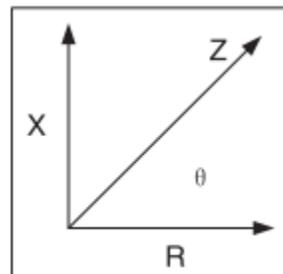
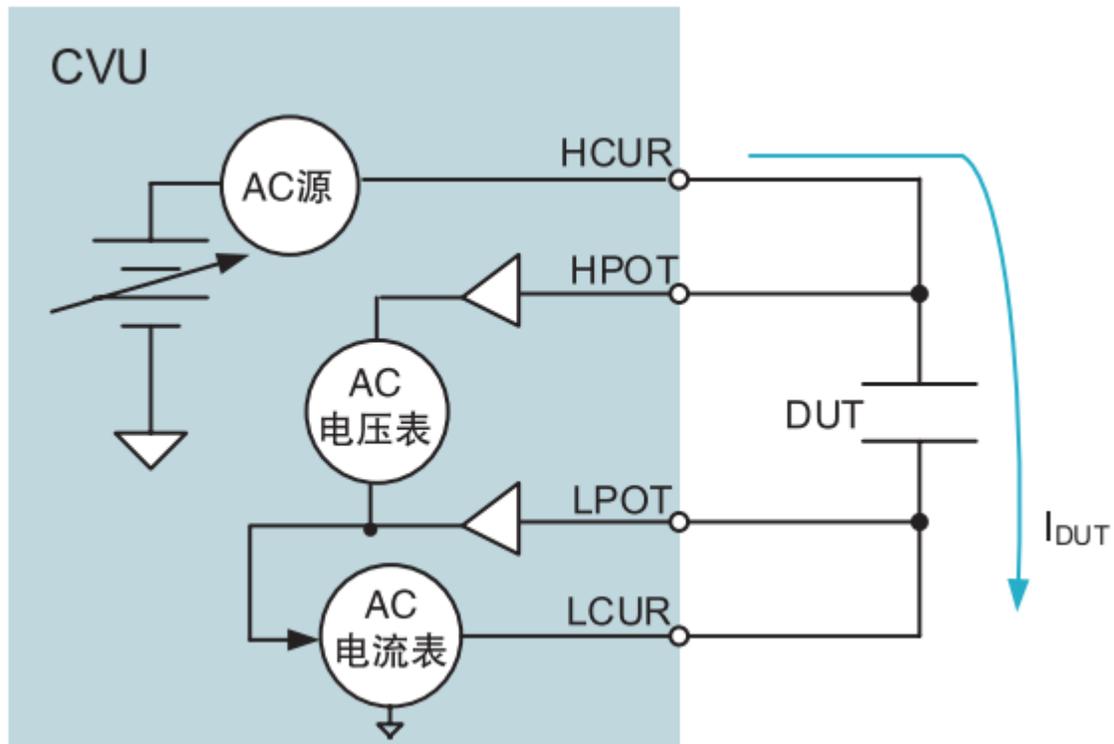
测试原理及应用范围



- MOS/MEMS/TFTs 需要测试低频电容特性
- 表征材料载流子缓慢捕获及释放现象
- CVU频率范围1KHz-10MHz，需要更低频测试
- **应用范围：半导体器件及材料测试**

超低频CV测试

测试原理—常规CV测试



$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$R = Z \cos \theta$$

$$Z = R + jX$$

$$X = Z \sin \theta$$

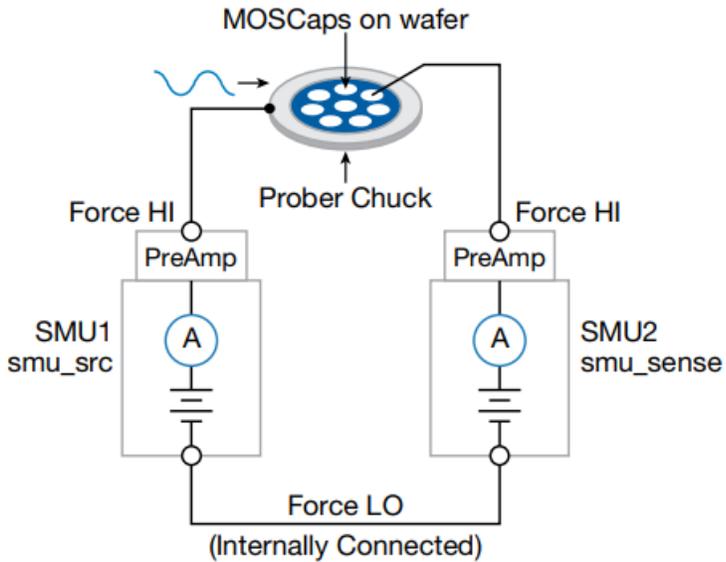
$$\theta = \arctan\left(\frac{X}{R}\right) \quad Y = \frac{1}{Z} = (G + jB)$$

Z = 阻抗
 θ = 相位角
R = 电阻
X = 电抗
Y = 导纳
G = 电导
B = 电纳

- ❑ 常规方法：平衡电桥法
- ❑ DC+低频AC信号输出
- ❑ 输出端测试AC的电压和电流
- ❑ 离散傅里叶变换得到阻抗

超低频CV测试

硬件要求及测试方法



smr.src is connected to the chuck. This SMU applies the DC and AC voltage and measures the voltage.

smu_sense is connected to the gate of the MOScap and measures the current.

- 4200A主机
- 两个SMU+PA+线缆
- Clarius软件, VLCV project

超低频信号, 接近DC,
由SMU发出DC+AC的信号,
另外一端SMU进行测试

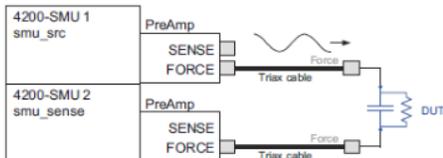
超低频CV测试

硬件要求及测试方法

vlf-moscap-vsweep-dual#1

V Bias Sweep	
dcv_bias_start	-3 V
dcv_bias_stop	4 V
dcv_bias_step	0.2 V
<input checked="" type="checkbox"/> dual_sweep	

Resources	
smu_src	SMU1
smu_sense	SMU2



AC Settings	
frequency	1 Hz
acv_RMS	0.3 V AC RMS

Test Device Settings	
expected_C	0 F
expected_R	1e+12 ohms

Key Parameters All Parameters

Project: vlf-cap-cv

- capacitor
- vlf-cap-vsweep
- vlf-cap-time
- vlf-cap-freq-sweep
- vlf-cap-one-point

- VLF-CV project
- 设置相应的参数, 详见appnote
- 频率范围: 10mHz—10Hz; 电容1pF—10nF
- 测量参数: 与CVU一致

超低频CV测试

注意事项

TYPICAL MEASUREMENT ACCURACY²

Frequency	Measured Capacitance	C Accuracy @ 300 mV rms ¹	C Accuracy @ 30 mV rms ¹
10 Hz	1 pF	10%	13%
	10 pF	10%	10%
	100 pF	5%	5%
	1 nF	5%	9%
	10 nF	5%	5%
1 Hz	1 pF	2%	2%
	10 pF	1%	2%
	100 pF	2%	1%
	1 nF	2%	1%
	10 nF	2%	2%
100 mHz	1 pF	2%	3%
	10 pF	2%	2%
	100 pF	2%	2%
	1 nF	1%	2%
	10 nF	2%	1%
10 mHz	1 pF	5%	10%
	10 pF	1%	2%
	100 pF	1%	1%
	1 nF	1%	1%
	10 nF	2%	2%

- 测试精度5%左右
- 使用PA，测试电流到pA / fA

预约泰克线下实验室



泰克高速串行实验室预约

实验室设备涵盖各系列高速示波器、误码仪、源表、电源功率分析仪及各种配套探头和测试专用夹具。支持各种工业应用标准及高速接口测试环境。



北京



上海



深圳



西安



成都

泰克电源实验室预约

实验室具备数十台测试仪器组成的电源设计全流程测试方案，功率器件选择，查找主要损耗点，优化效率及电源标准预认证。另外实验室里还有GaN, SiC评估板供您体验!



北京



上海



深圳



半导体材料与器件科学云讲堂

- ✓ 专业测试平台
- ✓ 六大类测试流程
- ✓ 剖析、解决半导体新问题



关注“泰克科技”服务号



每月2期专题直播，等您解锁！

直播日程

第一季 直播课程 (4~6月)

- 纳米材料及纳米电子器件IV和CV测试 4月29日
- 二维材料/石墨烯及其电子器件IV和CV测试 5月15日
- 量子材料及超导材料电输运物性表征测试 5月29日
- 超快脉冲在先进的NVM测试中的应用及神经元网络测试前瞻 6月

番外篇一

测试技巧: 半导体参数测试仪使用技巧及案例集锦 7月3日

第二季 直播课程 (7~9月)

- 宽禁带半导体 (GaN/SiC) 材料及器件测试 7月17日
- 功率IGBT器件测试系统及自动化简介 7月31日
- 微机电系统MEMS测试概述 8月14日
- **MOSFET的准静态CV/超低频CV测试 8月28日**
- 半导体器件可靠性HCI/NBTI测试 9月11日
- 快速上手自动化半导体参数测试系统 9月25日

