



# MPI探针台DC测试介绍

深圳市易捷测试技术有限公司

**GBTEST**

[chengcheng.feng@gbit.net.cn](mailto:chengcheng.feng@gbit.net.cn)

# 目录

01

公司介绍

02

AST系统介绍

03

什么器件需要测试IV或CV  
特性

04

直流测试基础概念

# Part 01

## 公司介绍

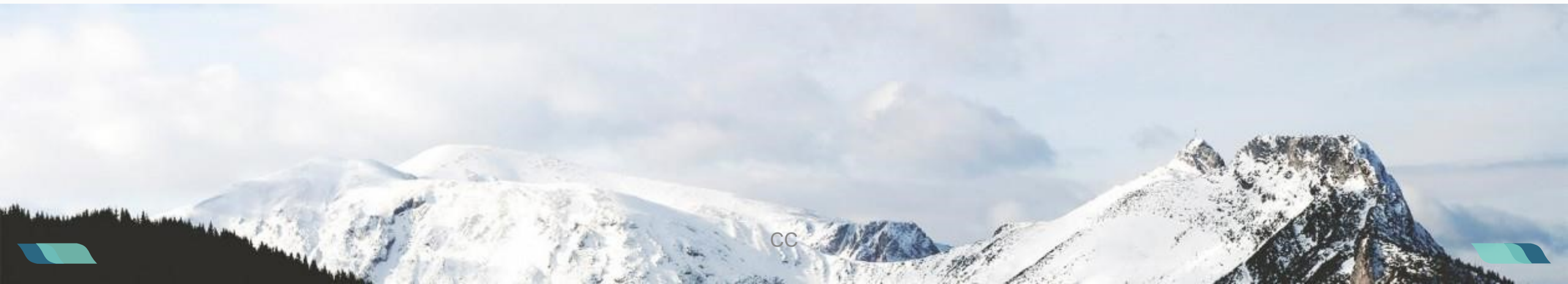
# 公司简介



全球化整合

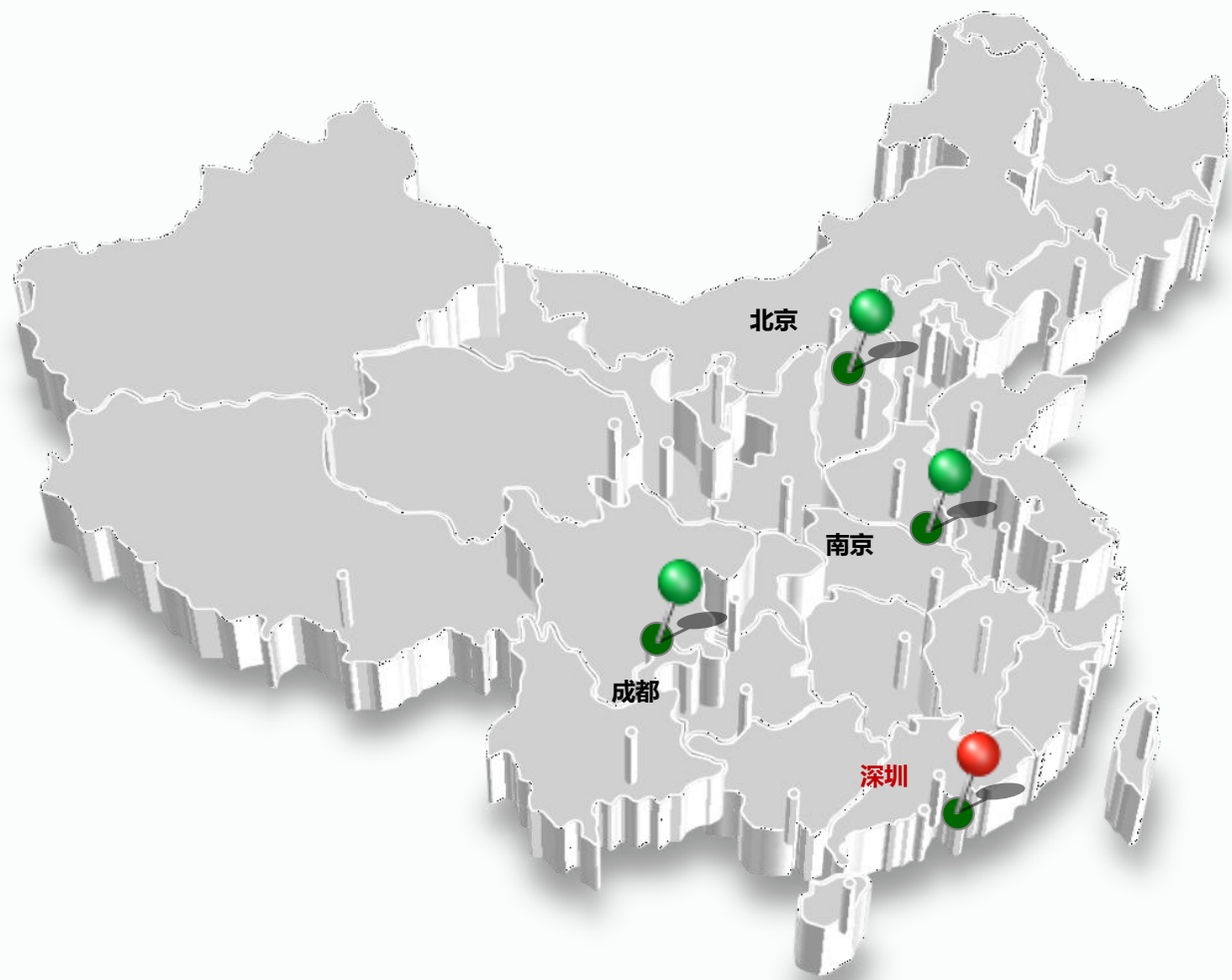
本地化服务

深圳市易捷测试技术有限公司，简称易捷测试（GBIT）。专业从事半导体晶圆级测试，封装工艺及检测等系统集成服务。公司致力于供应国产自主可控半导体设备，打造国内晶圆级在片测试，器件测量，封装工艺系统集成的稳定供应链，同时公司长期与国内外多家先进半导体设备公司合作，先后引进美国、欧洲、日本、台湾等世界一流设备与技术，整合国内用户需求，提供“量体裁衣”式定制化改造服务。

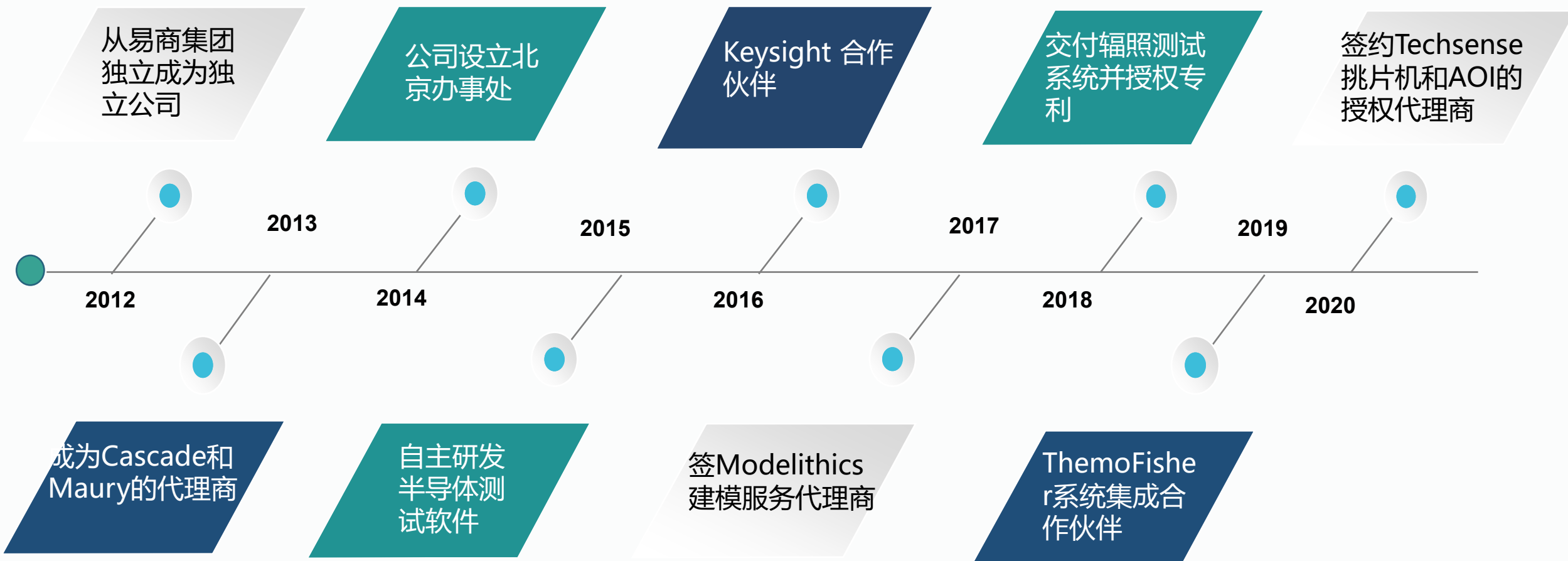


## 专业的团队 领先的理念

公司成立于2011年，总部设在深圳，并在北京、南京、成都等地均设有业务网点。客户主要涵盖中国具有影响力的企业，研究所，高校和企业等。公司拥有一批在半导体测试、微波射频、封装测试领域丰富经验的专业技术工程师团队，不仅能为客户提供高质量和全方位的服务，也能为客户提供机台的国产化改造系统集成。



# 公司历史



# 专业的“桥梁”

易捷测试引进世界多家领先  
测试、测量设备和应用技术





# MPI公司简介



- 公司成立 1995年； 公司员工 1400人
- MPI公司是一家坐落于台湾的大型上市公司
- 半导体测试设备由欧美核心团队设计，台湾装配
- 为全球晶圆级测试的销售、服务和应用而存在
- 自主拥有多项独有的专利技术
- 成为了行业的一种标志



2000



2006



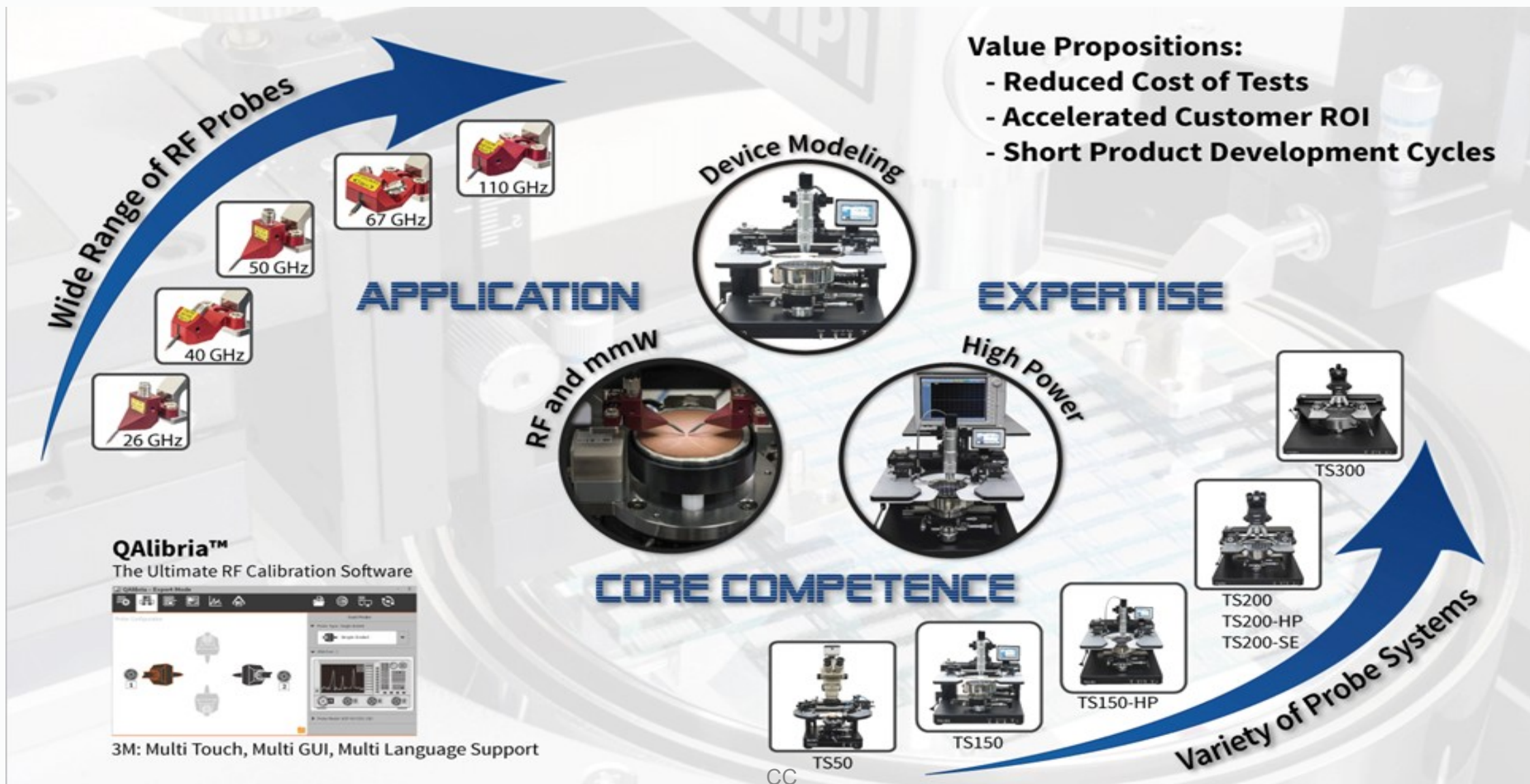
2012



2014



# MPI产品发展简介



## 部分客户分布



## Part 02

## AST系统介绍

# MPI AST 产品的主要应用

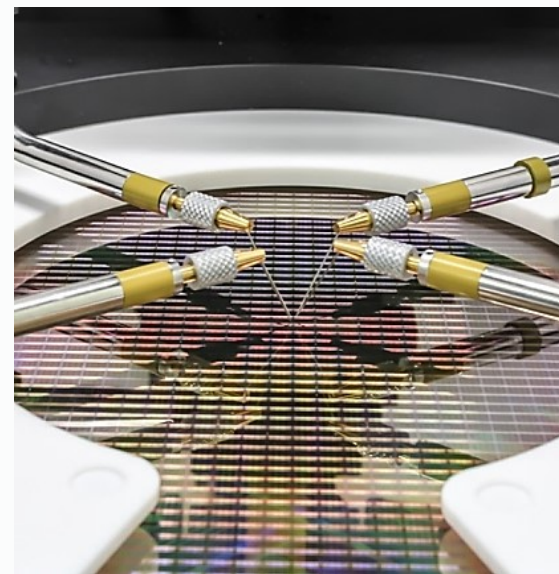
Application



Device Modeling



Expertise



Chip Design and  
Manufacturing Process  
Engineering

Wafer Fabrication

Test, Assembly  
and Packaging



# MPI 探针台测试系统简介

Advanced Semiconductor Test

Offers already more than 15 Different Probe Stations



TS50

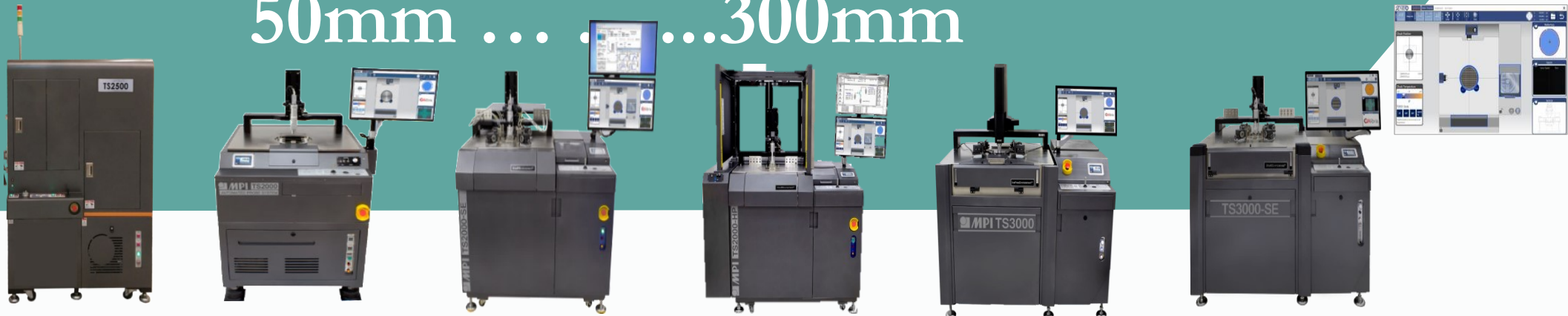
TS150

TS150-THZ

TS200

TS200-SE

50mm ... ..300mm



TS2500-RF

TS2000

TS2000-SE

TS2000-HP

TS3000

# MPI 探针台特点及优势

## ➤ Micro chamber:

- 电磁屏蔽专利技术
- 业内唯一12英寸低温开腔不结霜

## ➤ 探针:

- 满足fA级漏电流测试
- 实现10,000V电压的测量
- 完成太赫兹器件测量及建模

## ➤ Chuck:

- 区别于传统，采用以微孔吸附模式

## ➤ Auto Chuck 采用吸波材料

➤ .....





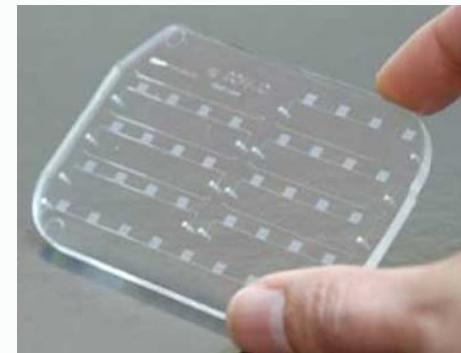
# MPI TS2000系列 – 8英寸半自动晶圆探针台



- 提供高性能在片测试，并具有200mm的晶圆探测能力
- 可用于器件的RF&DC特性测试、晶圆级可靠性测试、探针接触式测试、器件模型或良率测试等。
- 提供超小ERS加热系统
- 可提供的温度范围：
  - -60 °C to 200/300°C
  - -10 °C to 200/300 °C
  - -40 °C to 200 /300°C
  - 20°C to 200/300 °C

## Part 03

什么器件需要测试IV或CV?



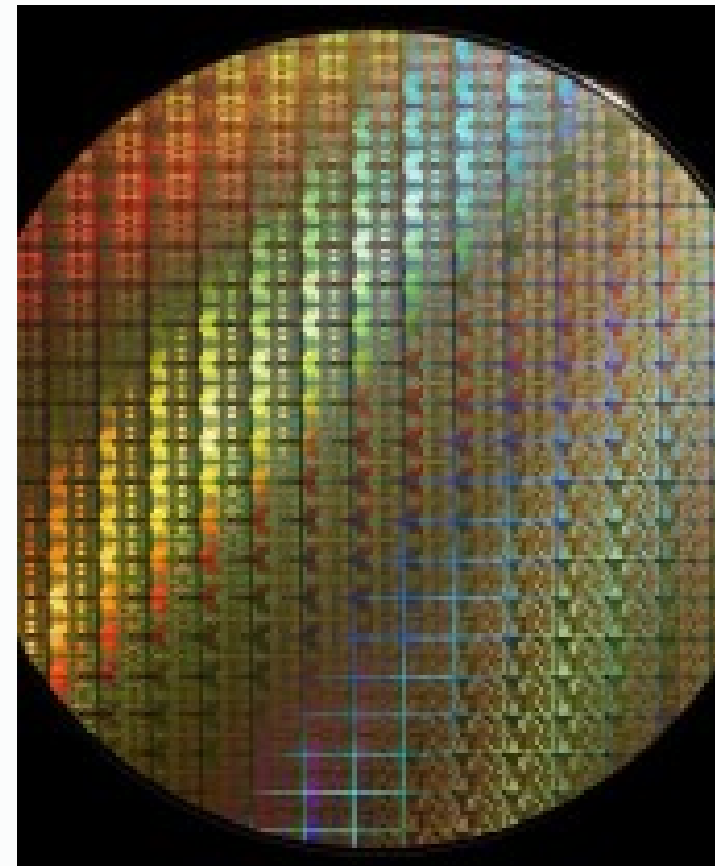
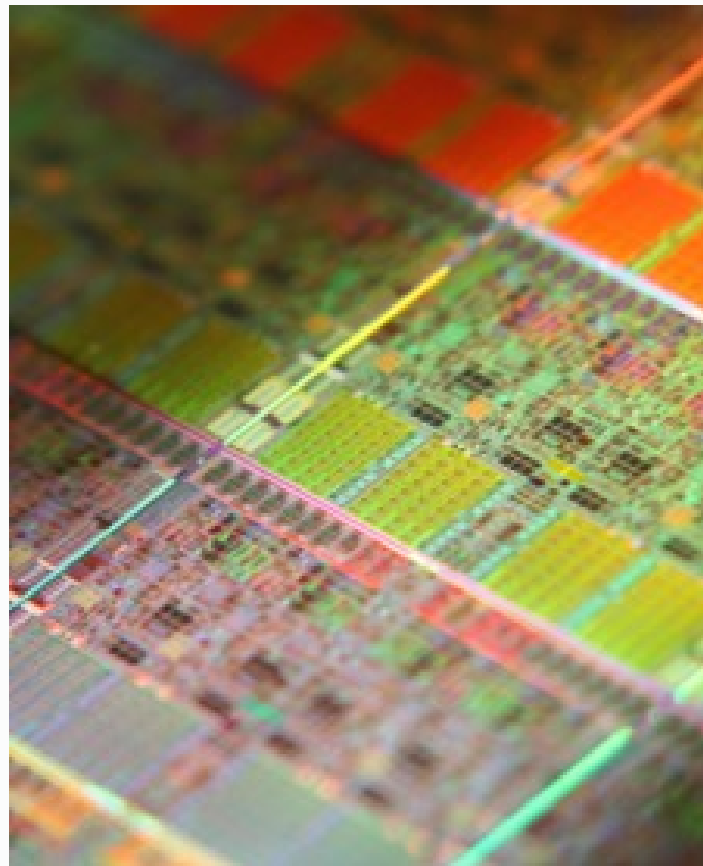
# MPI探针台 支持的尺寸

均为向下兼容：

- 150mm wafer
- 200mm wafer
- 300mm wafer

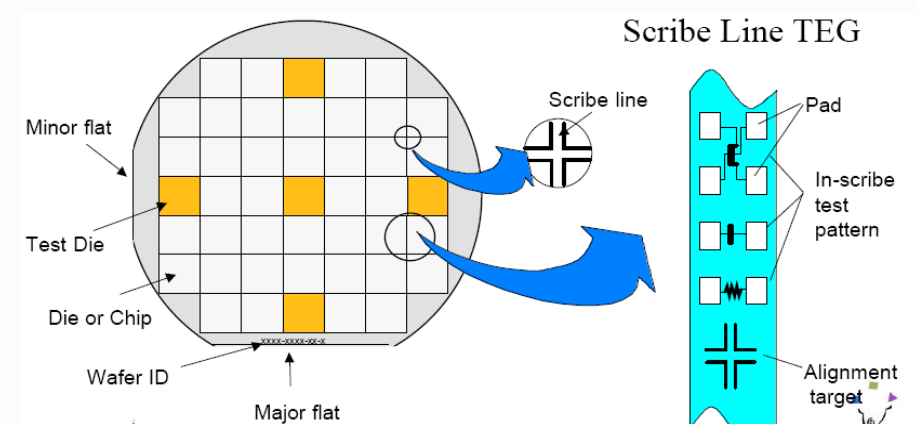
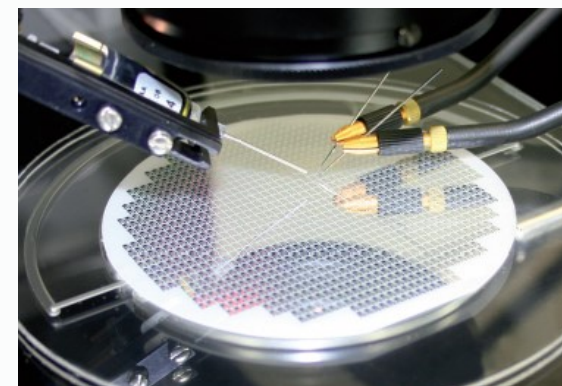
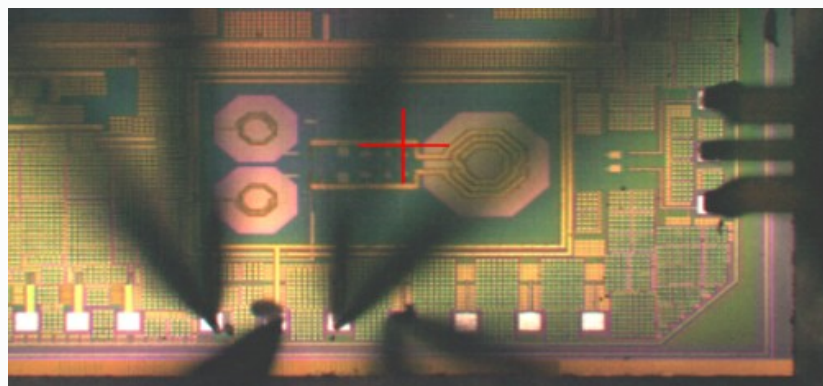
定制：

- 减薄
- 特殊形状
- ....



# 芯片测量简介

- 探针台为测量芯片上的器件提供了绝佳的平台
- 通过连接相应的测量仪器即可实现用户需求的测试。



# Part 04

## 系统的应用



# 系统的应用



测试系统简介



B1500 在片CV/IV相关测试介绍



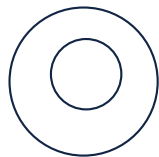
系统的保养及自检



结束



# 测试系统简介





# 测试种类



## DC测试

直流测试一般使用的是安捷伦的B1500\B1505和4200等半导体参数分析仪。



## ▶ CV测试

一般使用的是安捷伦的4284、B1505/B1500(需要添加MFCMU模块)





# 测试系统 所需设备

半自动探  
针台/手  
动探针台

半导体参  
数分析仪

LCR表

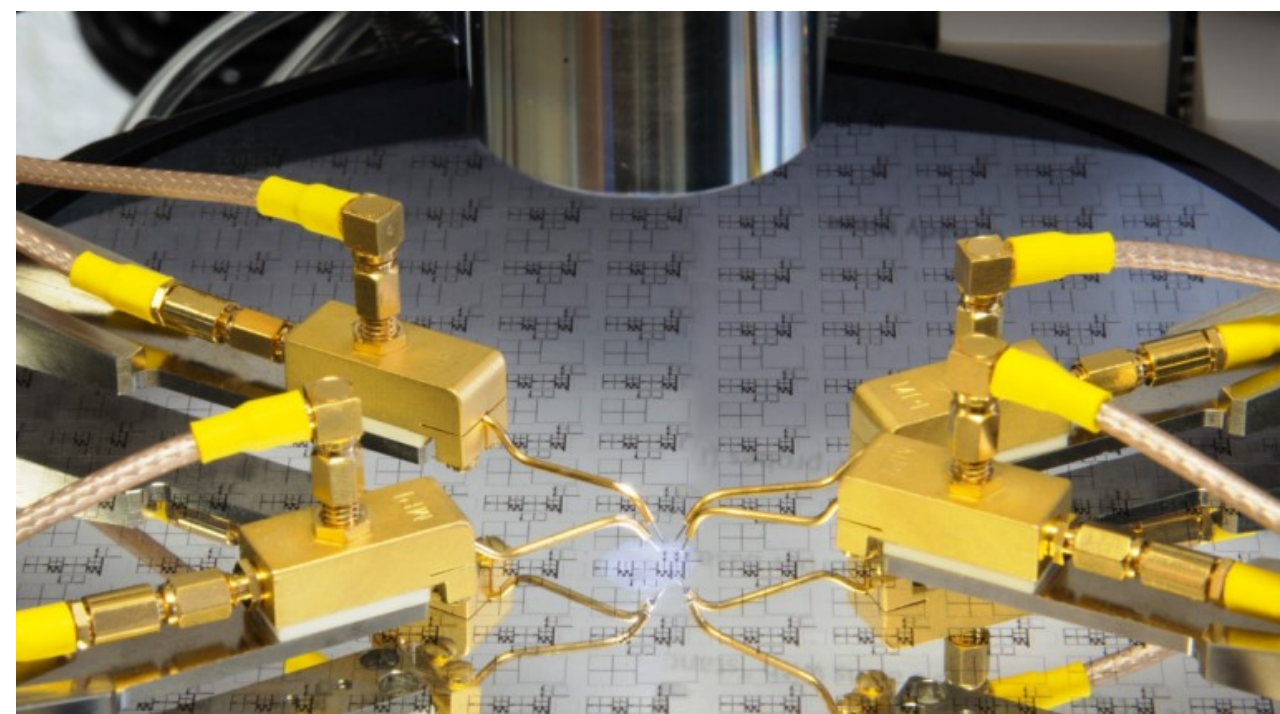
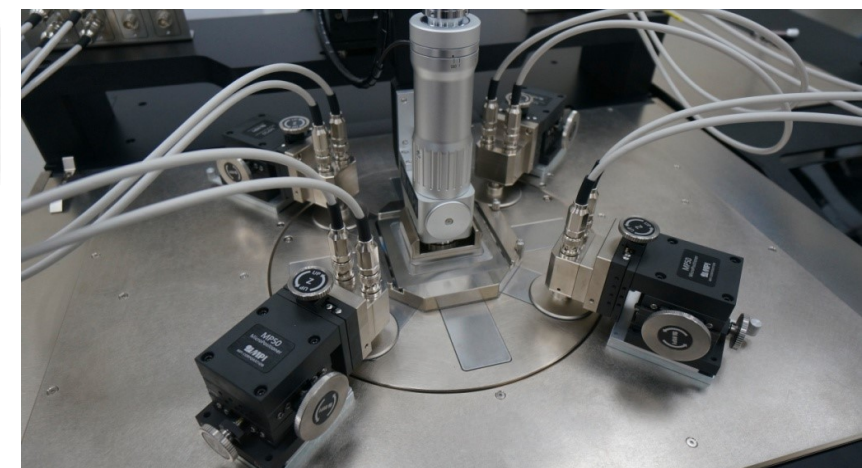
矩阵开关

高低温控  
制仪

PC机及  
相应软件  
等

# 半自动探针台/手动探针台

主要用于将晶圆载入腔体后，将半导体参数分析仪的电压或电流通过探针台上的探针施加于待测器件。







# 漏电流的产生

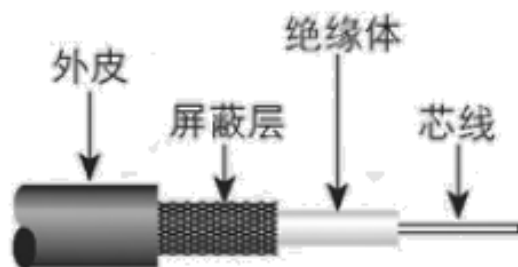
- 漏电（泄露电流）是由测量电路和附近的电压源之间的寄生电阻通路产生的。漏电将影响器件最终的测试精度。
- 主要表现为：电缆或夹具的泄露电流、摩擦电（绝缘体和导体之间的摩擦产生）、压电效应产时的电流等。
- 需要关注的是：绝缘物质的选择、湿度的控制、污染物的重视。



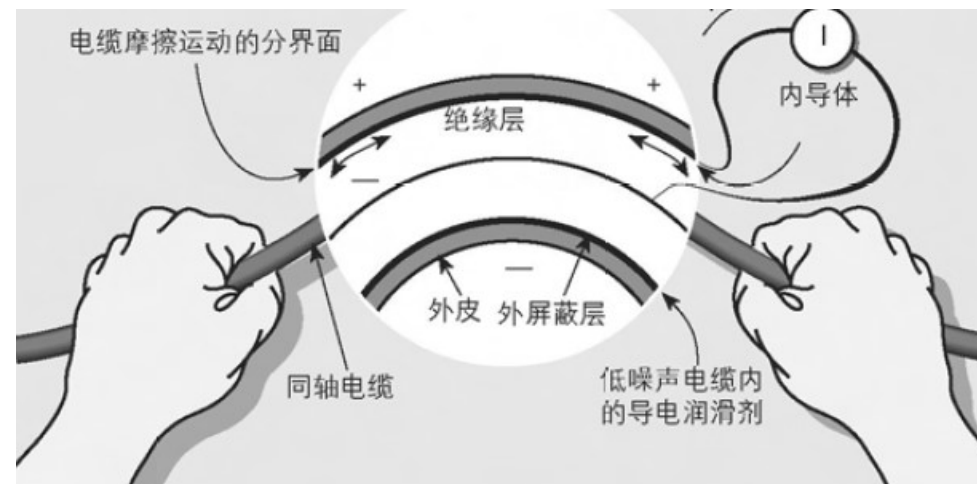
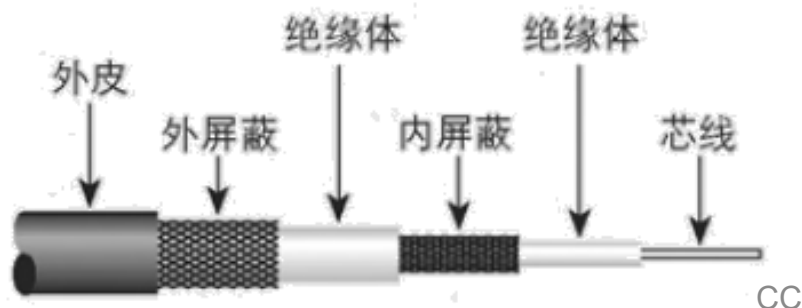
# 电缆的选择

- 电缆通常使用聚乙烯的内层绝缘层，并在外层的下面涂敷石墨；石墨的润滑作用和导电，降低了摩擦电。

a. 同轴电缆



b. 三同轴电缆

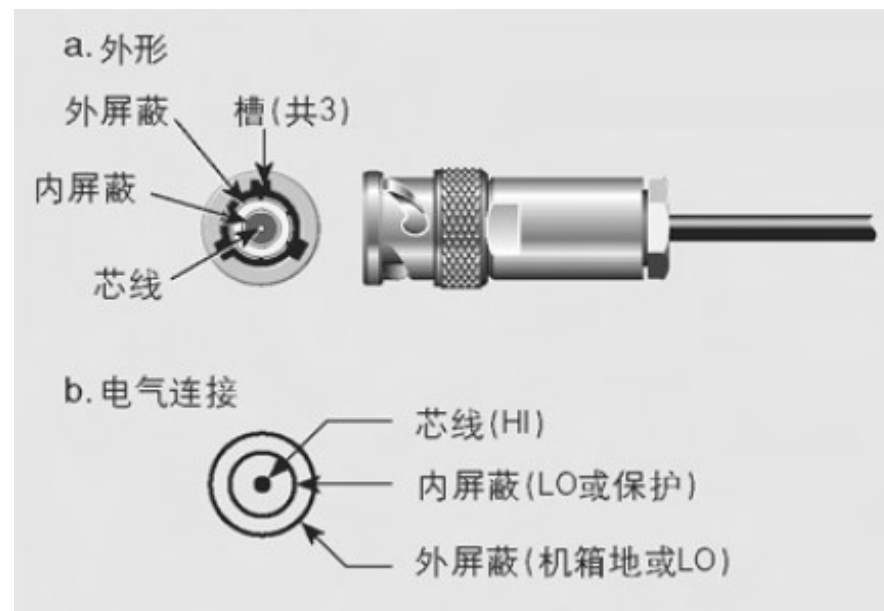
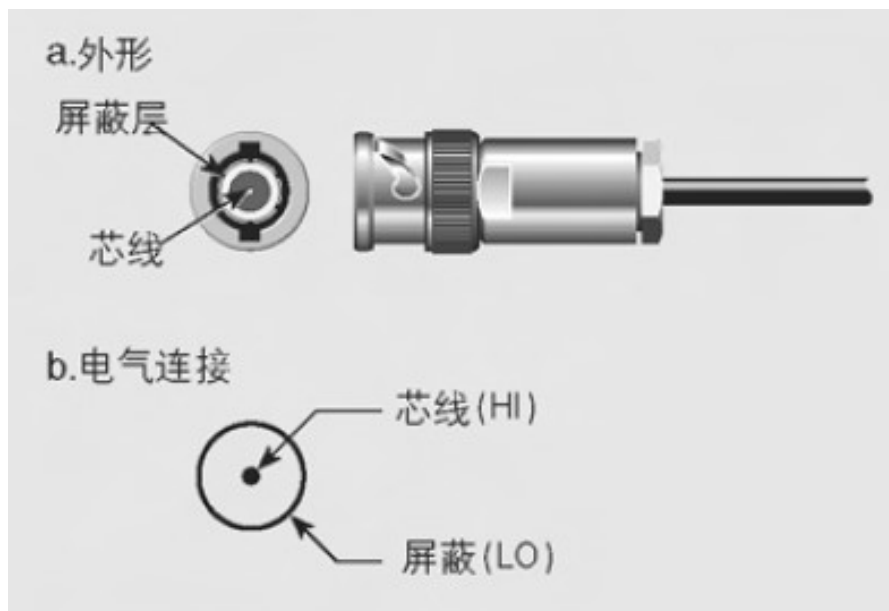
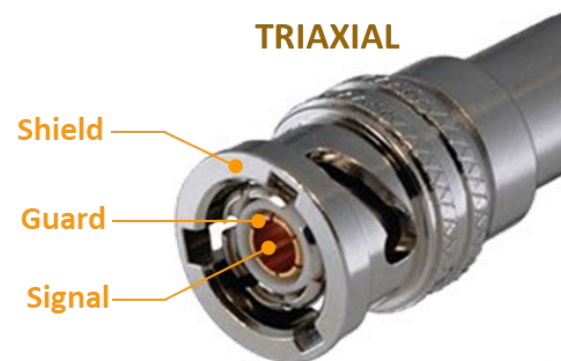


- 三同轴线缆需要尽量短，以此减小温度变化产生的噪声。





# 接口的选择



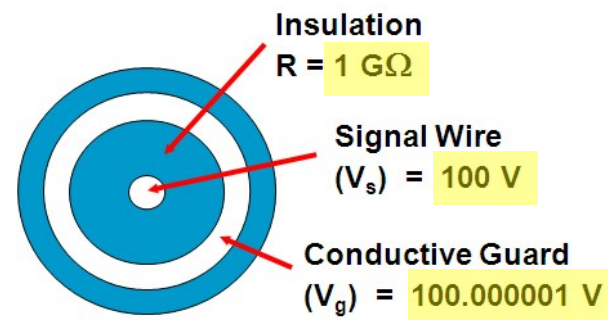


# 三同轴相关

- 三同轴结构说明



## Triaxial Cable



*Leakage Current:*

$$\frac{(100.000001 \text{ V} - 100 \text{ V})}{1 \times 10^9 \Omega} = 1 \text{ fA}$$

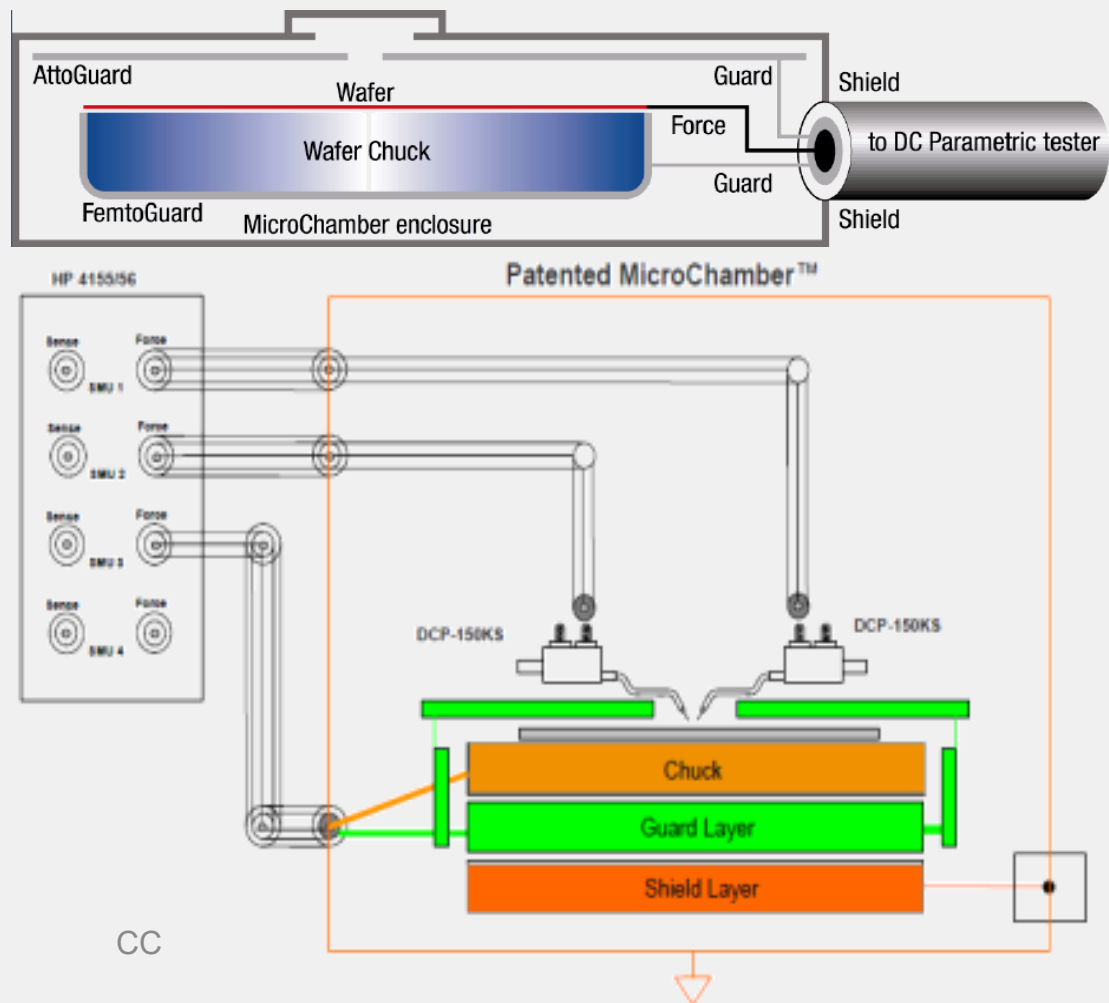


- 三同轴转BNC。



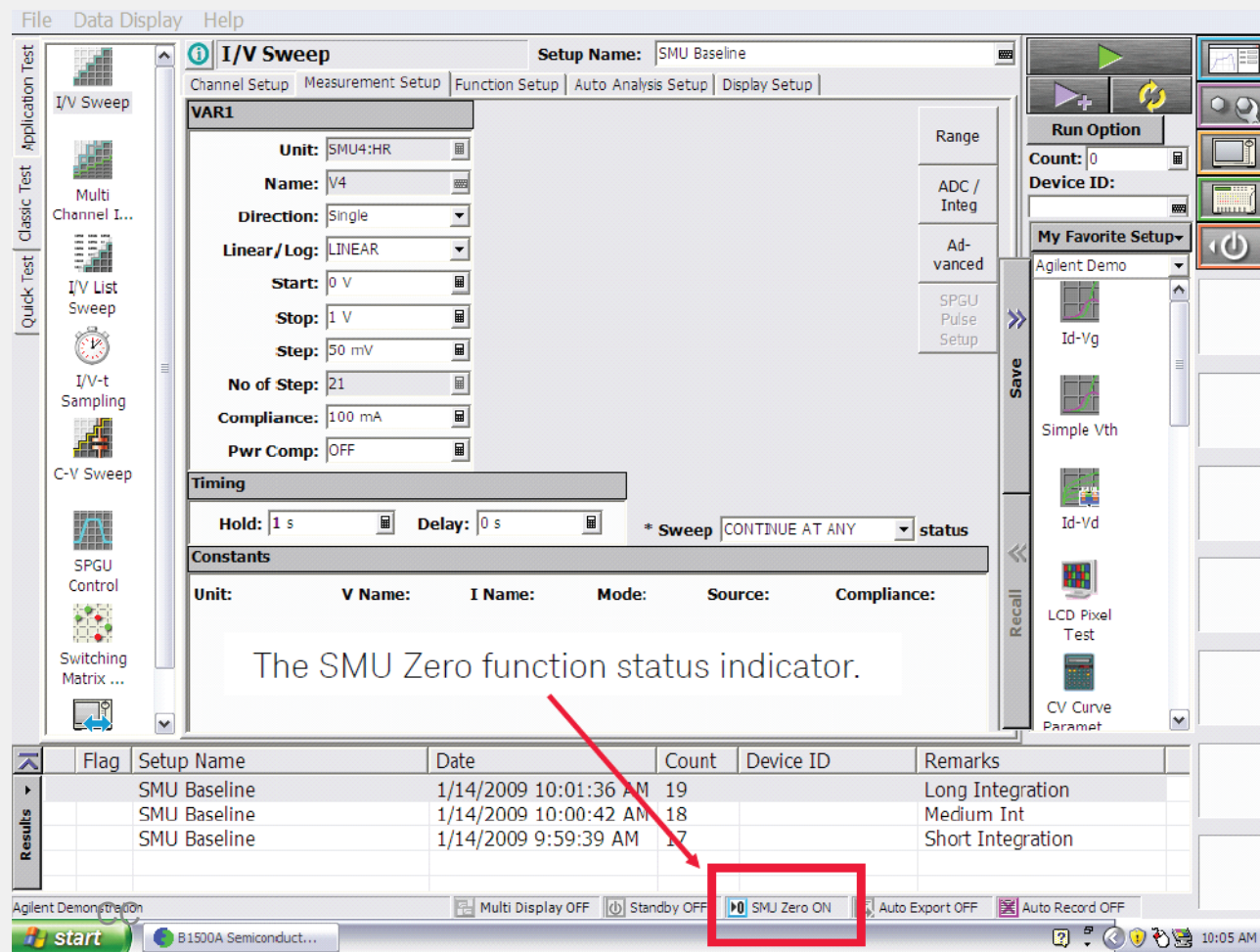
# SMU中GUARD在DC测量中的作用

- 原理：
  - 产生与FORCE等电位的电压
- 作用：
  - 确保低电流测试
  - 减小噪声
  - 较小寄生效应



# 直流测试前的调零

- 连接好测试所需的电缆及探针后，在测试前对系统进行SMU偏执调零，将有助于减少不必要的损耗及干扰





Keysight B1500A



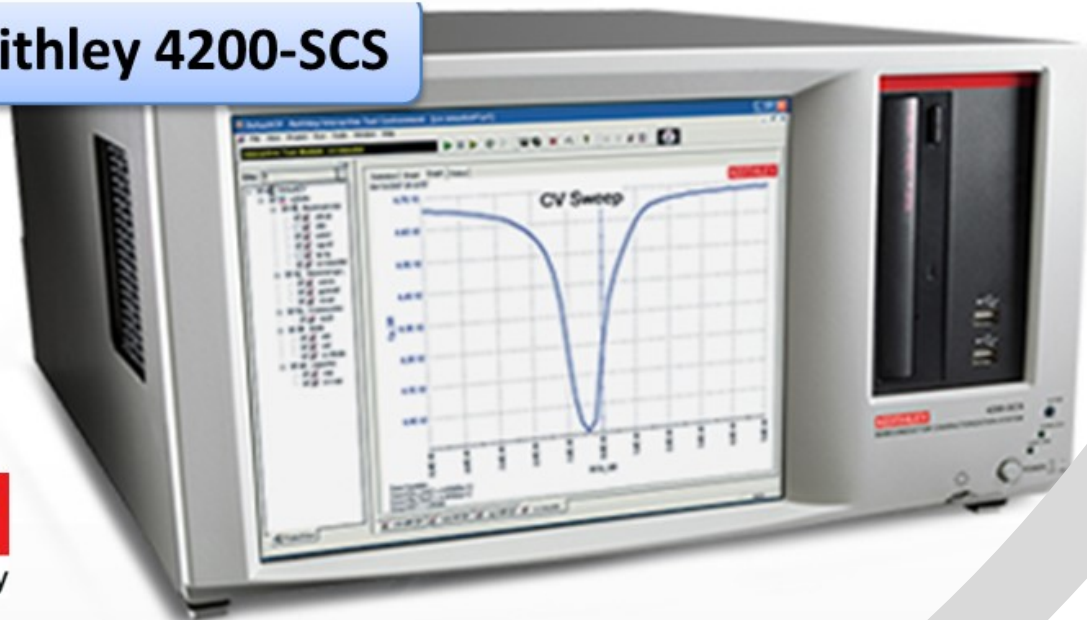
GBTEST

## 半导体参数分析仪

### 主要功能：

- 加电压测电流
- 加电流测电压
- CV测试
- P<sub>IV</sub>测试

Keithley 4200-SCS



EY  
any



# SMU的应用





# SMU的选择

01

SMU(source measure unit)是一种高精度的测量单元，加电压测电流、加电流测电压

02

还可继续分为：高精度型(HR)、高压型(HV)、高流型 (HC) 等

03

拥有多种工作方式：SWEEP、STEP、SRESS等或是联合测试

04

可多板卡同时测试，如MOS的IDVD测量等



# 附件的选择



SCUU



GSWU



CMU Cable



Guard Adapter



ASU



Cable



# FORCE 与 SENSE 的用途

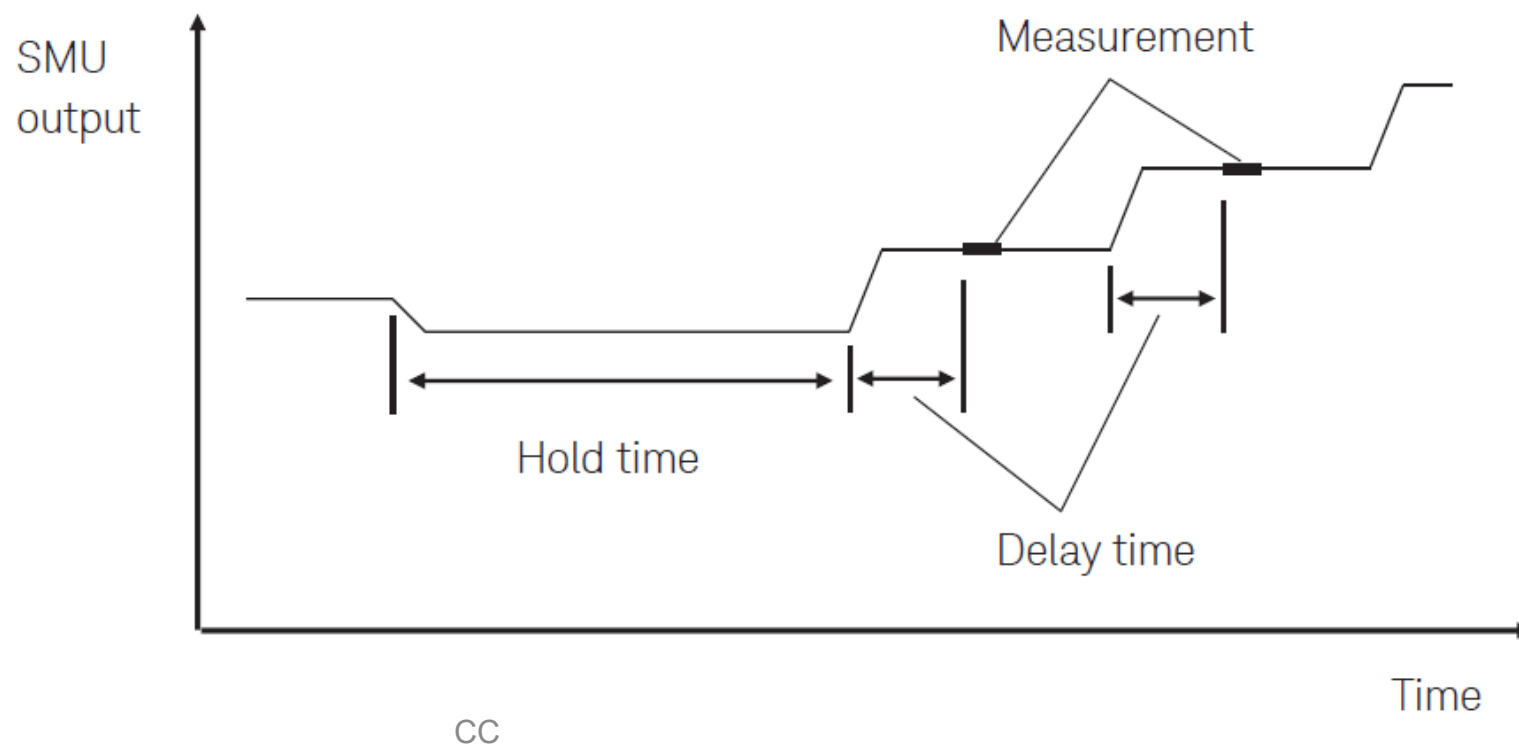
B1500/4200的SMU分为“FORCE”和“SENSE”端，FORCE用于施压应力与测量，SENSE用于补偿系统的衰减。





# 提高SMU的稳定度

除设置PLC外，还可通过设置保持时间及延迟时间来提高仪器的测试稳定度。





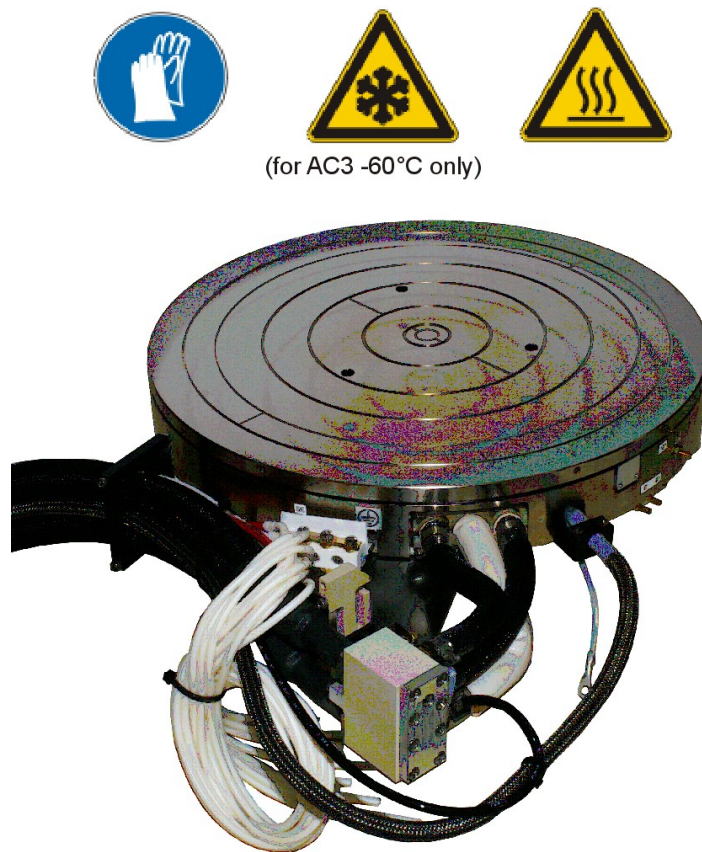
# 开关矩阵



- 主要功能：  
自动切换半导体参数分析仪或其他仪器的SMU信号源。主要用于连接测量仪器与探针台。

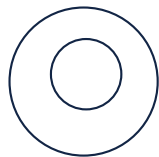
# 高低温控制仪

- 由于很多研究机构需要测量不同温度对器件或芯片的影响，或产品的可靠性，一般使用的是 $-55^{\circ}\text{C}$ - $200^{\circ}\text{C}$ 的高低温控制仪
- 利用冷却液或冷空气循环与电加热的工作原理，直接连接至探针台的载物台。

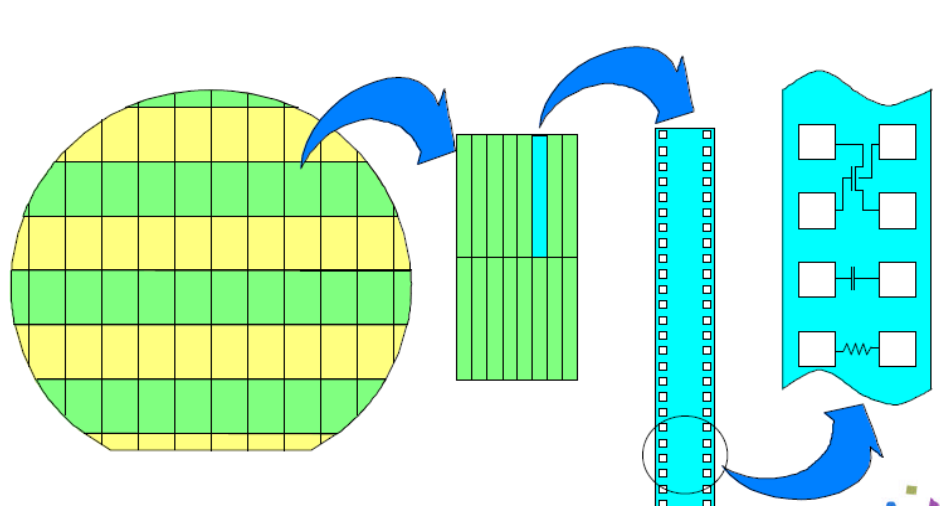




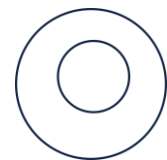
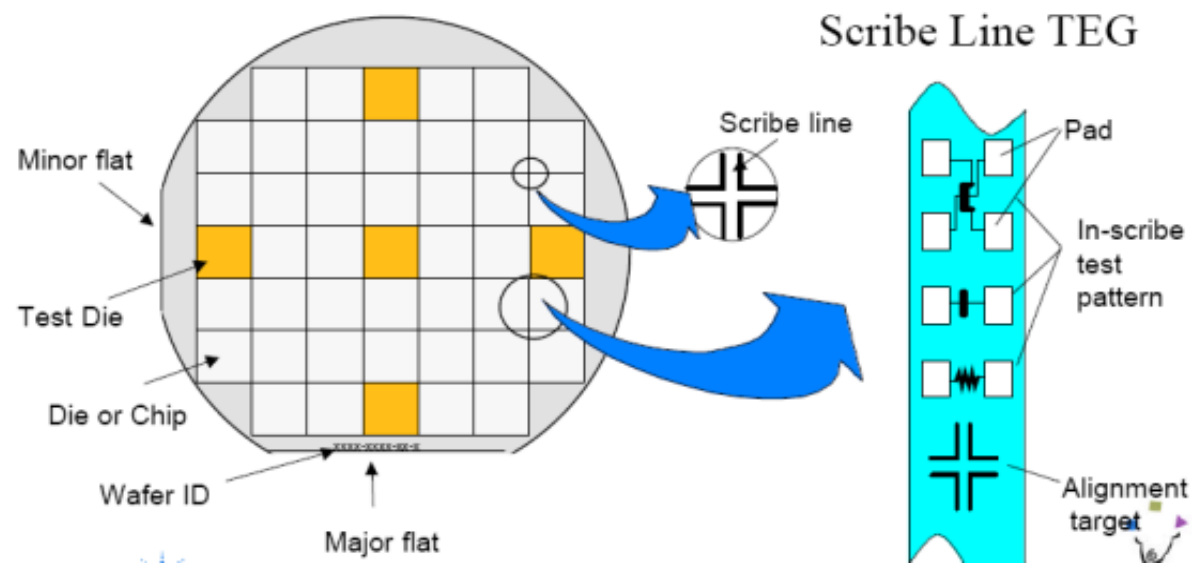
# B1500 在片CV/IV 相关测试介绍



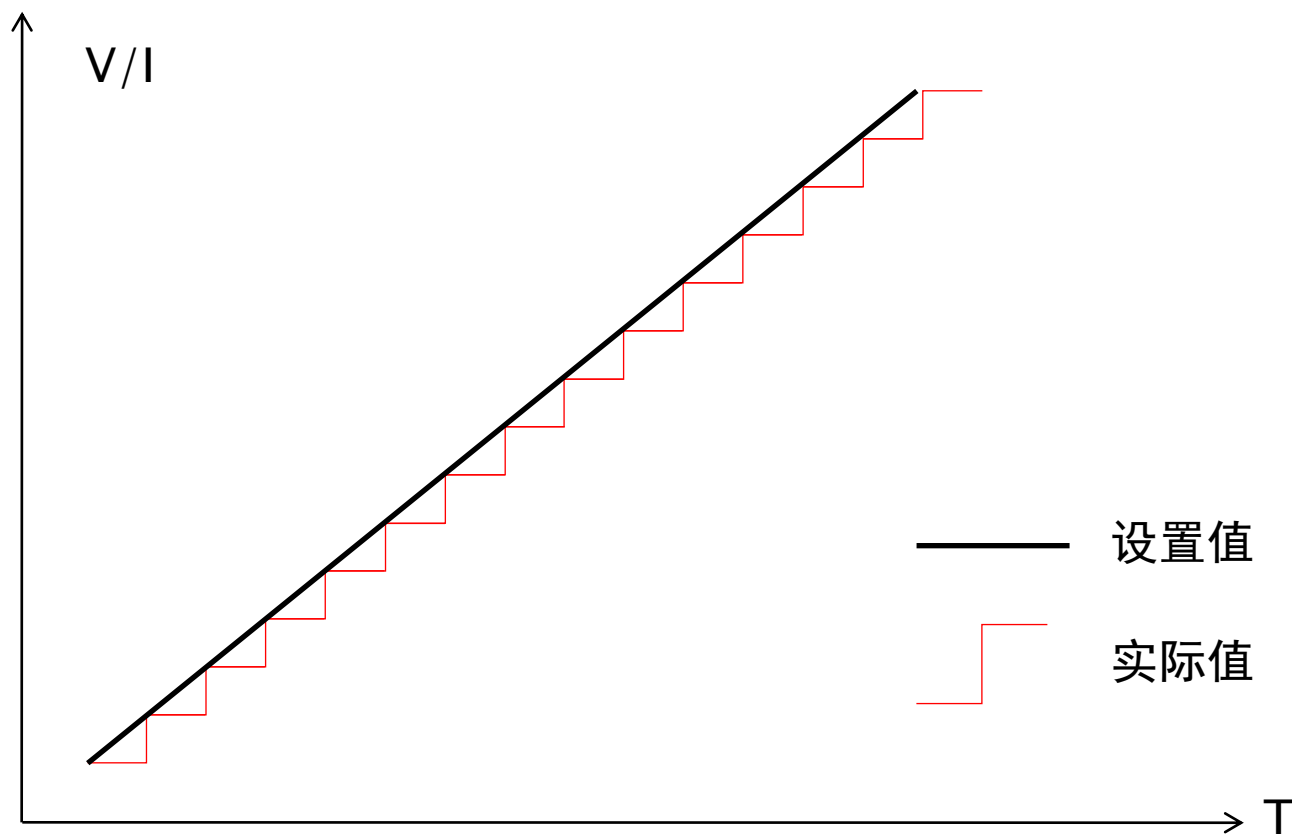
# 待测器件的确定



Scribe Line TEG



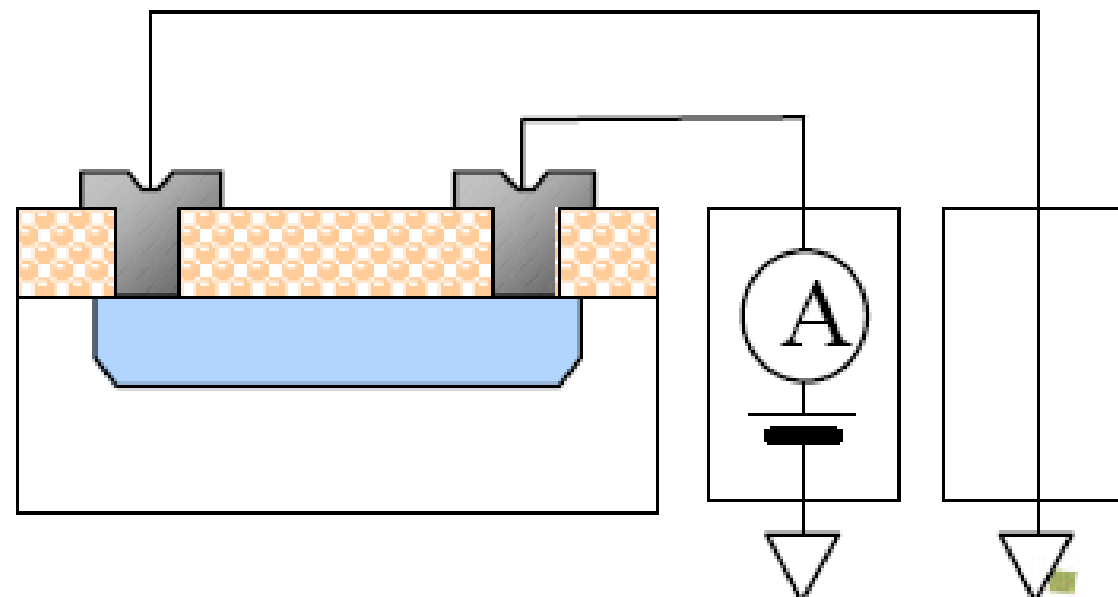
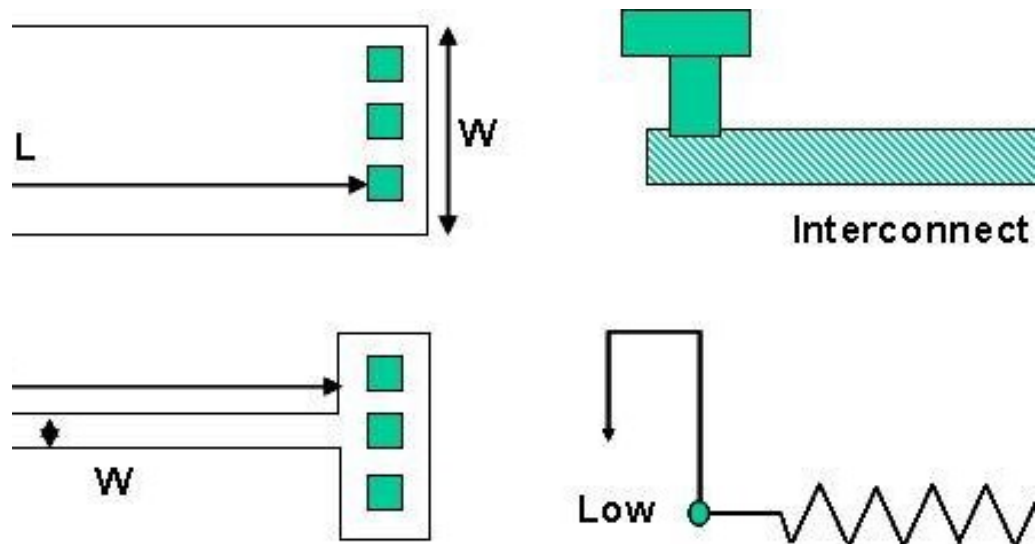
- 加电压测电流/加电流测电压
- 增加测试积分时间有助于提高测试准确度与线性度但是测试周期加长。





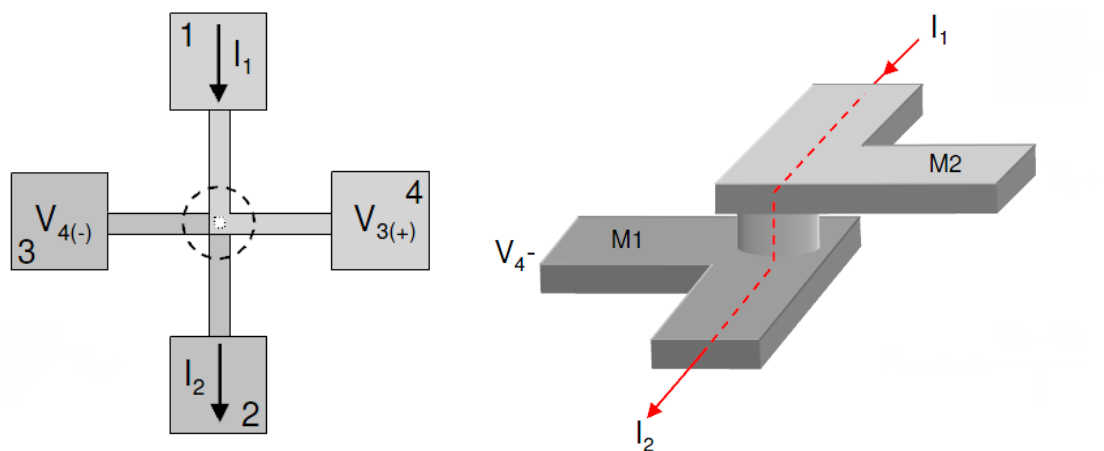


# 常用电阻的测量



$R_{sN+}/P+/NW/Poly/Metal$

# VI电阻测量（卡尔文法测试）

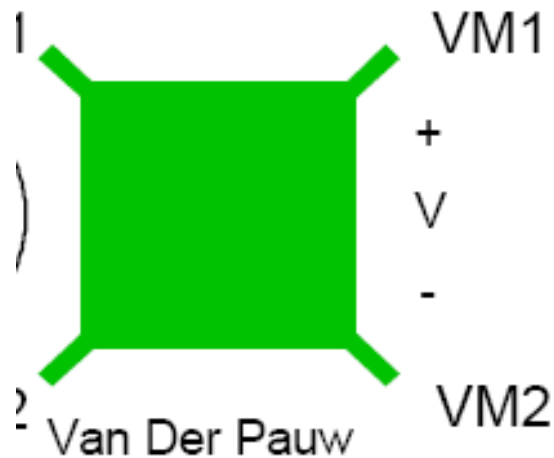


$$R_{\text{contact}} = \frac{V_3 - V_4}{I}$$
$$I_3 = I_4 = 0$$
$$I_1 = I_2 = I$$

VI用于连接2层金属间的通孔。  
对器件加电流测电压。

V3 +



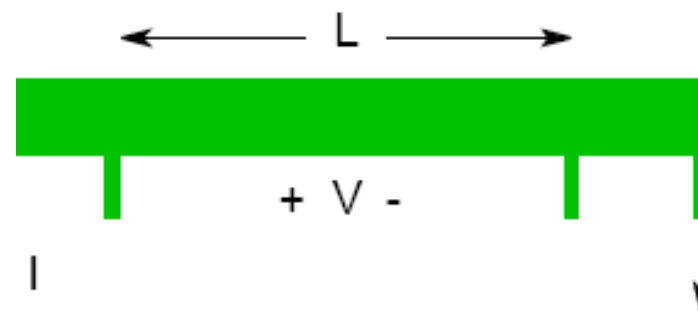


加电压测电流

Sheet Resist

$$\rho_s = \frac{\pi}{\ln 2} * \frac{V}{I} = 4.53 * \frac{V}{I}$$

(Device should be :



4-Pt. Resistor

加电流测电压

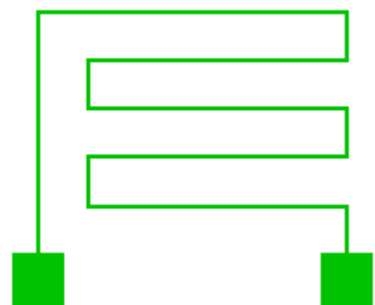
Sheet Resist

$$\rho_s = \frac{W}{L} \frac{V}{I}$$

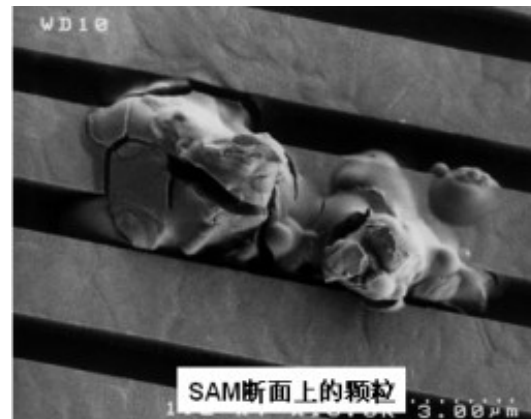
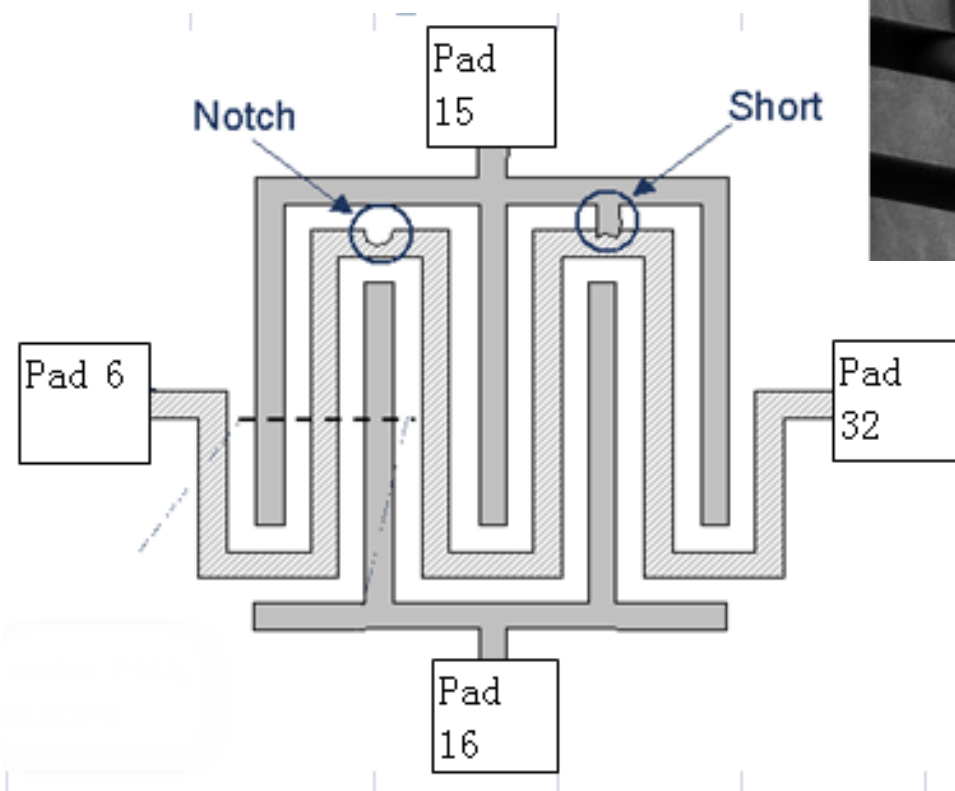
Line width

$$W = \rho_s L \frac{I}{V}$$





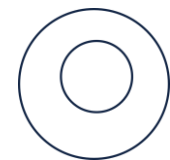
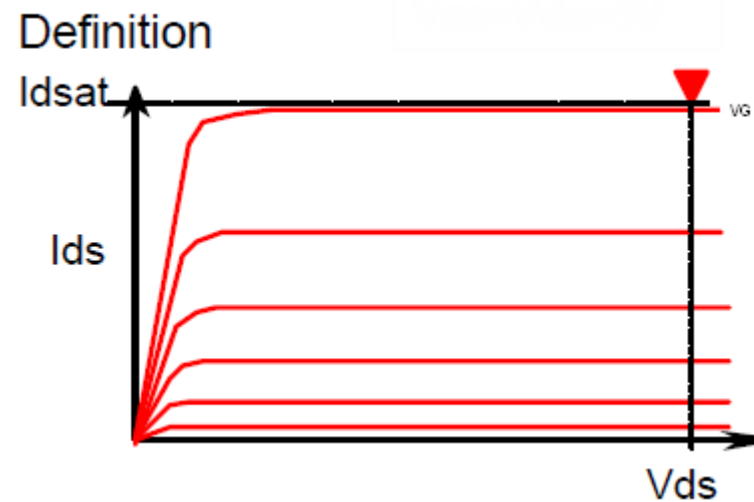
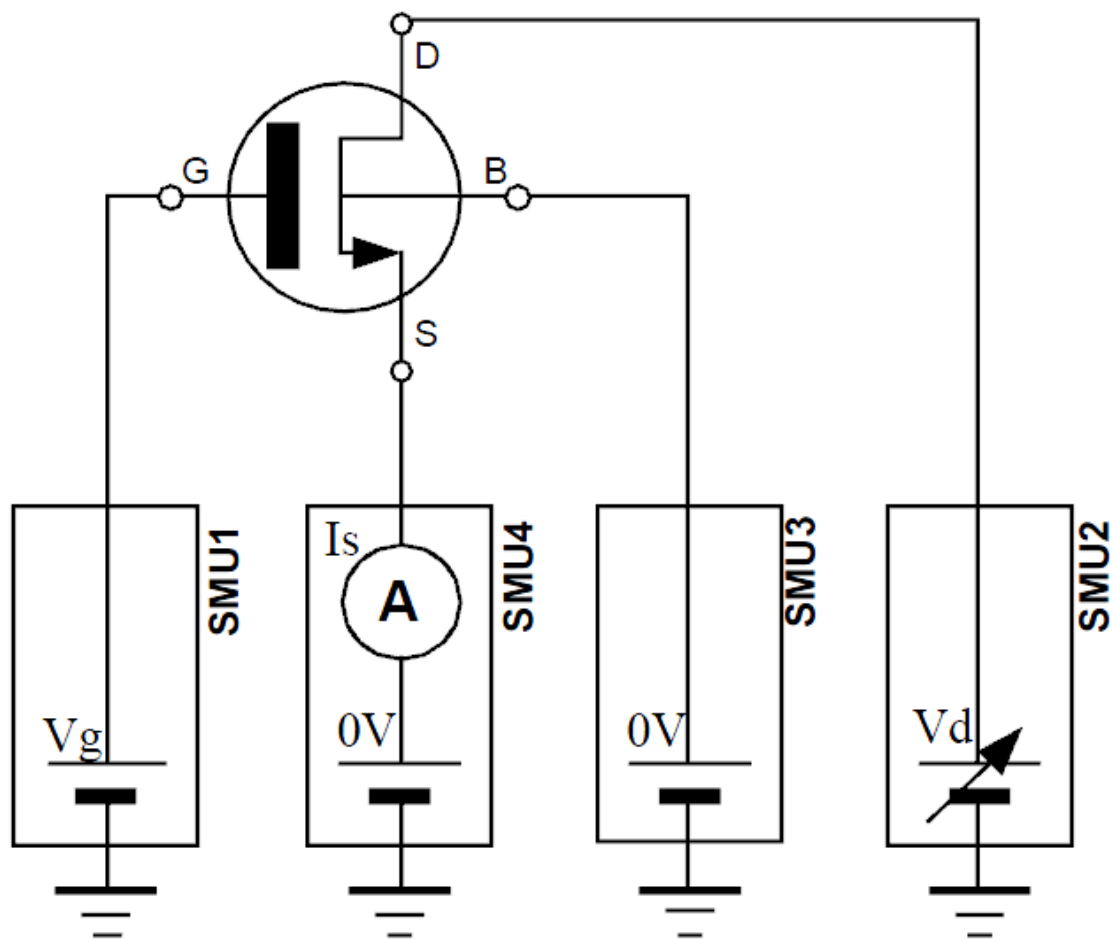
测量是否断路



测量是否短路



# MOS器件中 $I_D$ - $V_D$ 曲线的测量

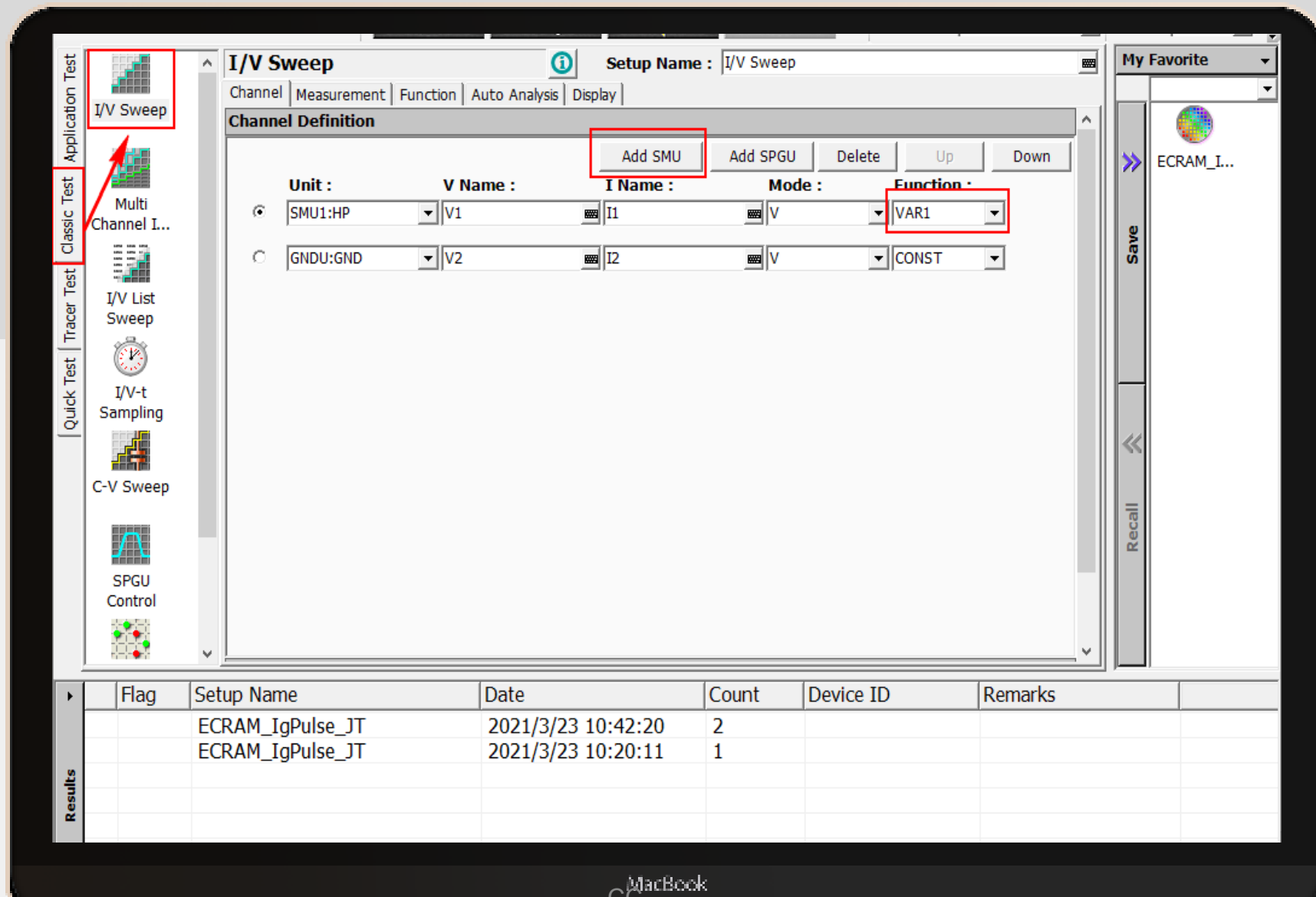




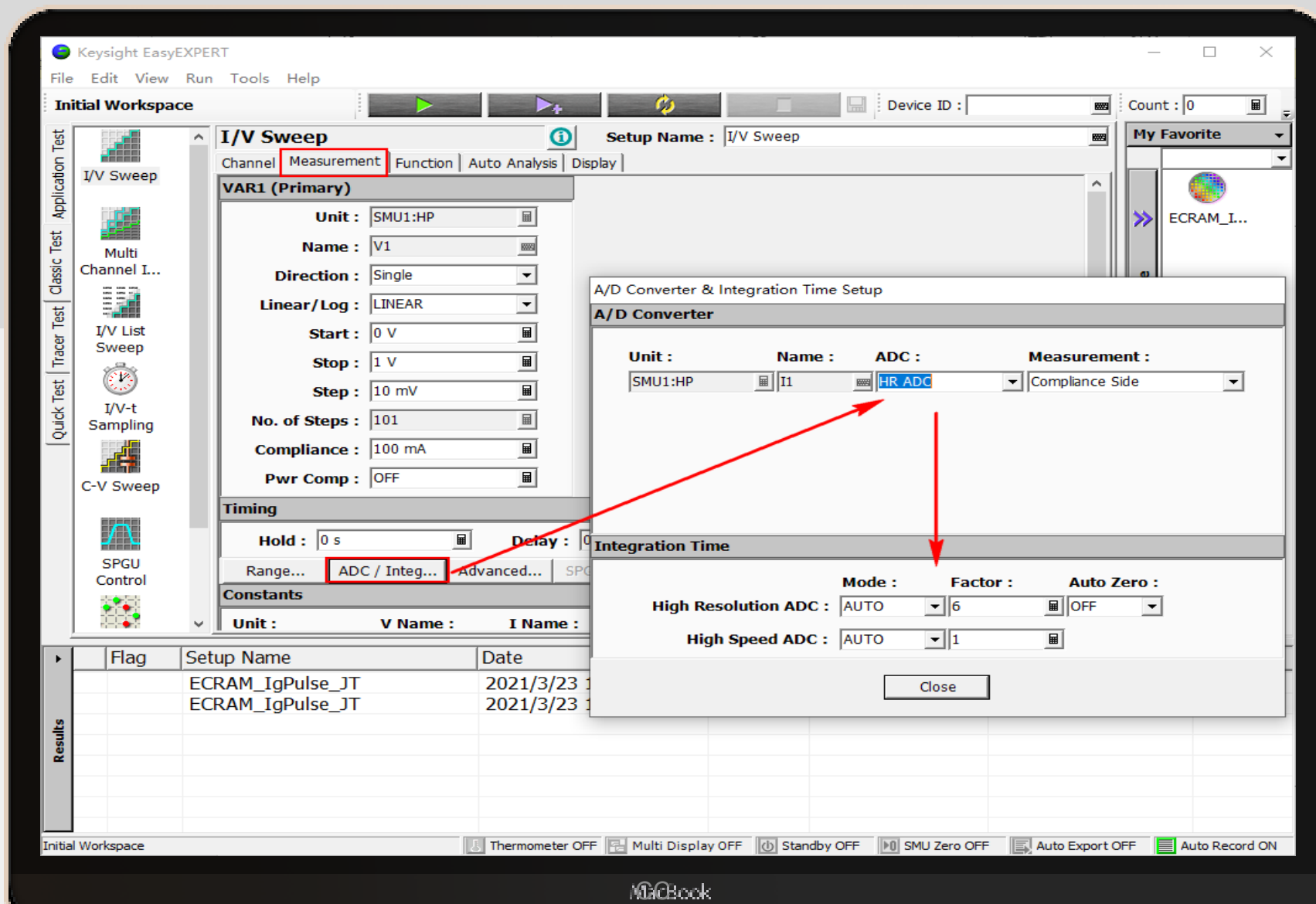
- Threshold Voltage  $V_{th}$
- Saturation Current  $I_{Dsat}$
- Body Effect Factor-Gamma  $\gamma$
- Sub-Threshold Slope-Swing  $S_t$
- Maximum Substrate Current  $I_{submax}$
- Leakage Current  $I_{doff}$
- Breakdown Voltage  $BVD_{ss}$
- Delta Channel Length  $\Delta L$
- Delta Channel Width  $\Delta W$



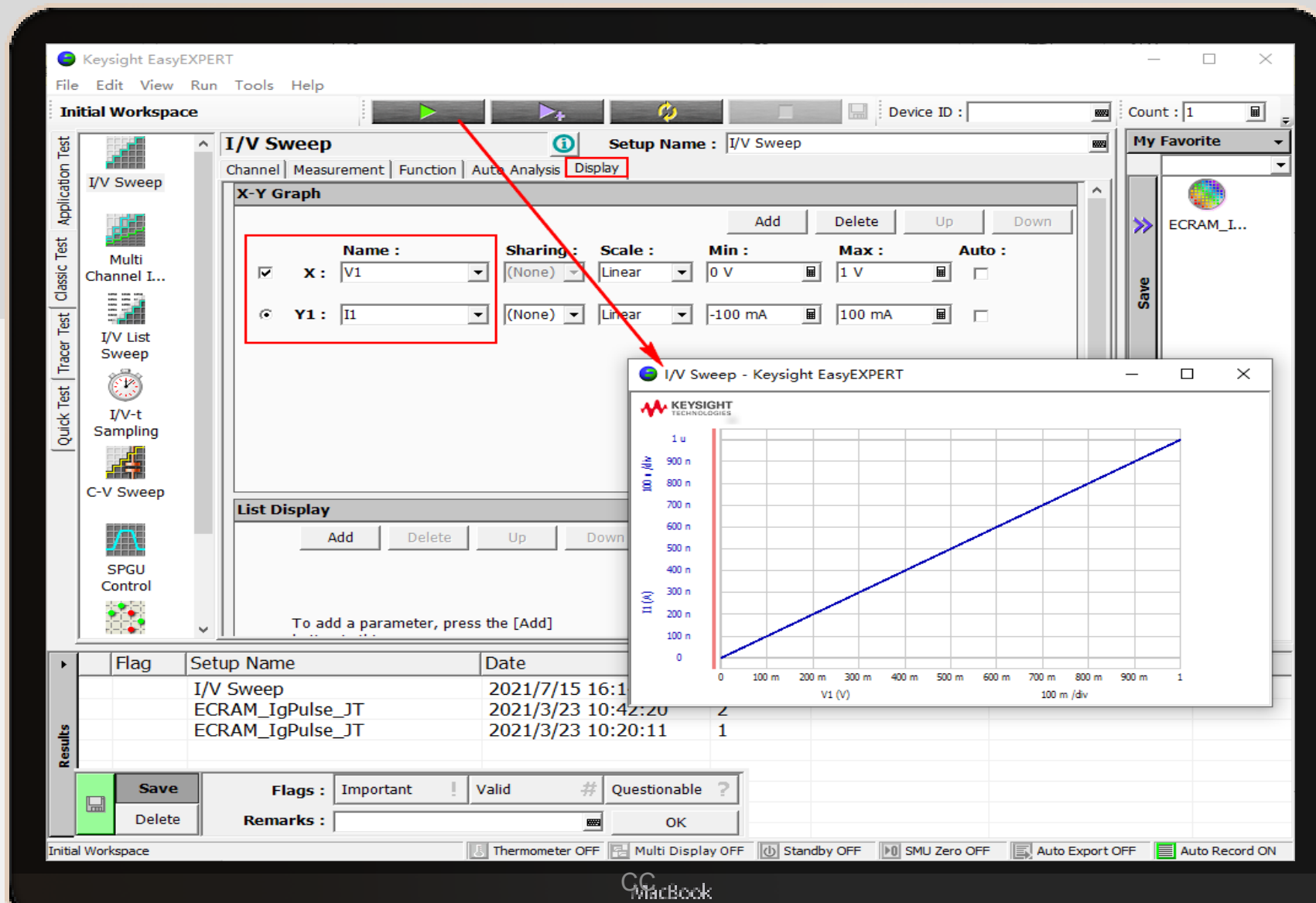
# B1500软件中的设置 (1)



# B1500软件中的设置 (2)

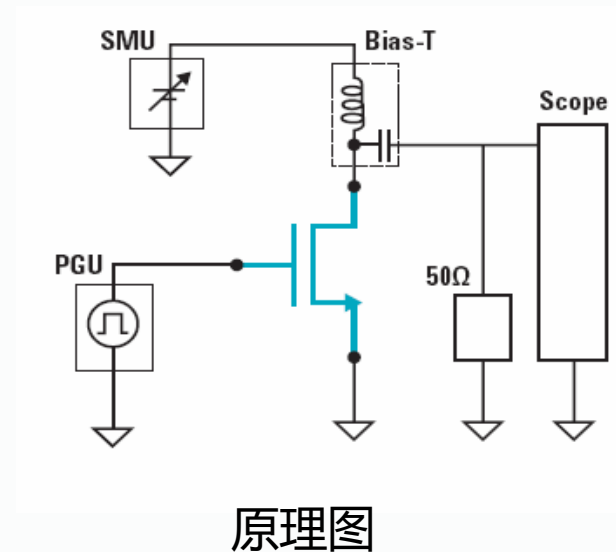
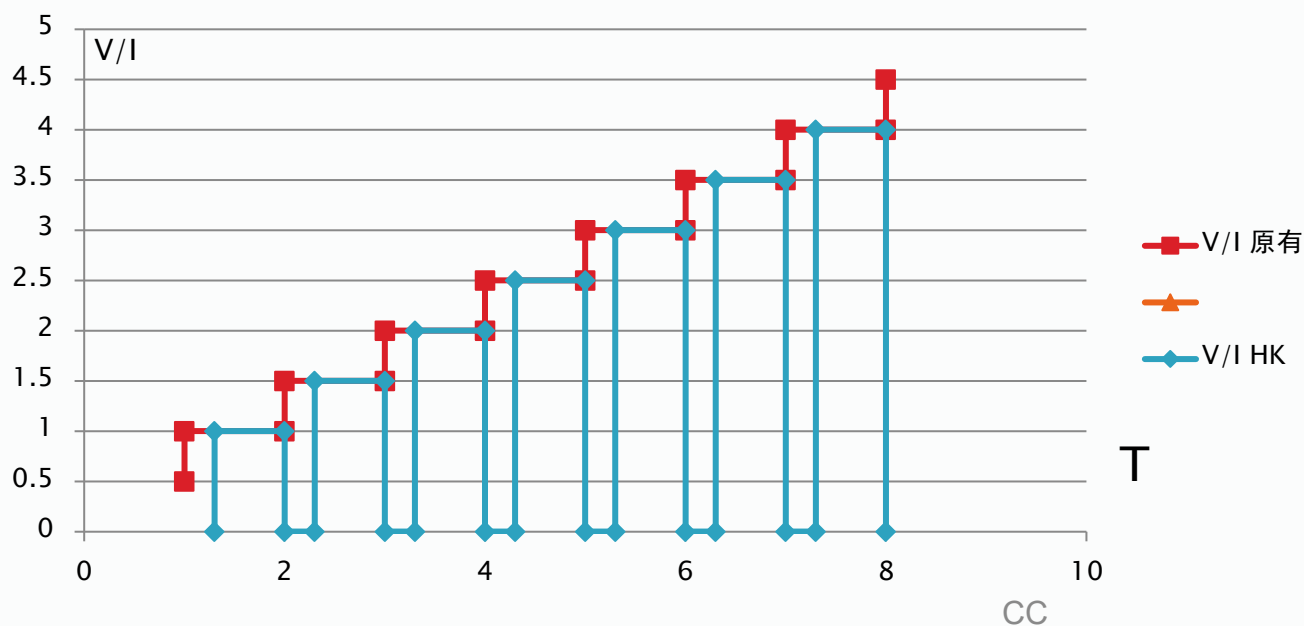


# B1500软件中的设置 (3)



# 高K测试方案

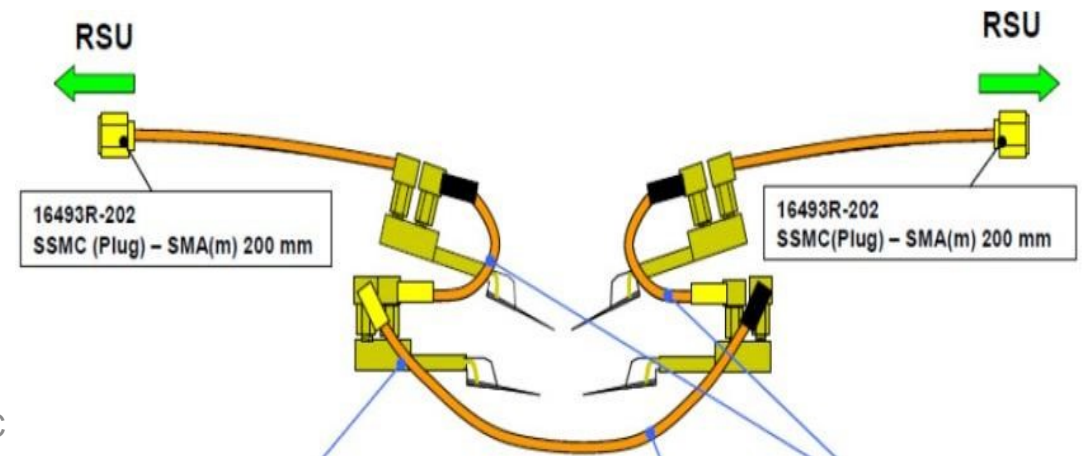
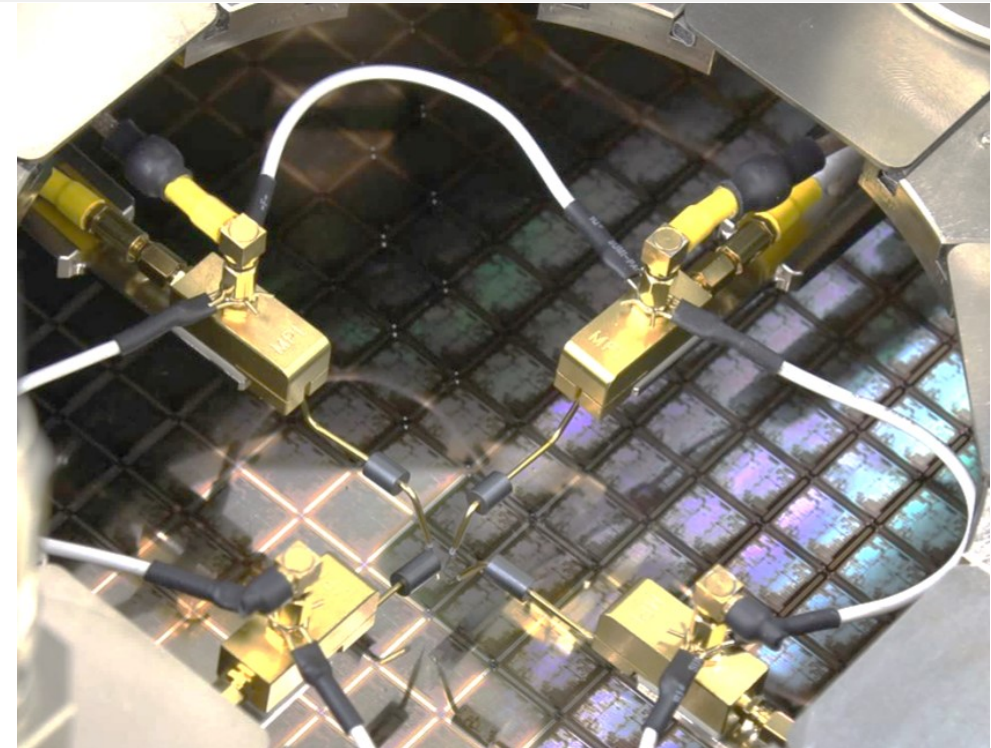
- ✓ 高K技术可以解决低漏电的问题，但是由于其材料的限制导致存在很多缺陷。采用传统持续加压电荷会被俘获，器件电学特性将会被影响，测试结果失真。
- ✓ P-IV技术可以基本解决现有问题，通过Pulse取代原有的持续加压，使得电荷不被俘获，确保测试准确性。



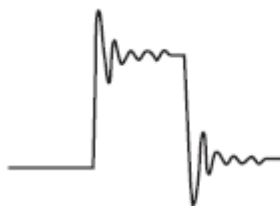


# 脉冲IV设置- Keysight B1530的示例（普通测试）

- One part number including:
  - Two 150mm shorter cables to the RSU, embedded ferrite cores
  - Two SSMC shorting plugs for transferring the ground
  - Standard ground connections
- Optional
  - Probe tips including ferrite cores for preventing oscillation



- 如何获得更干净的脉冲信号？
- 当信号发生器产生10ns脉冲，通常需要1GHz的带宽，采用什么样的系统应对？
- 使用射频探针测试时，是否GS优于GSG？
- 如何设计芯片的Layout来配合测试系统？

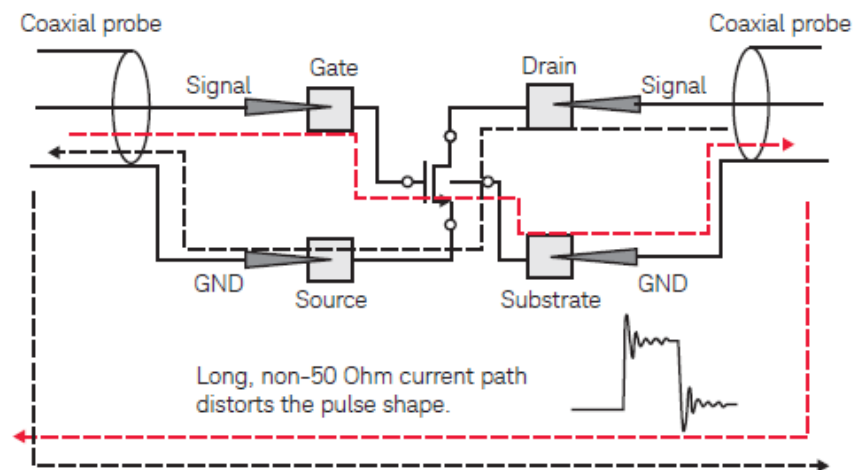


CC

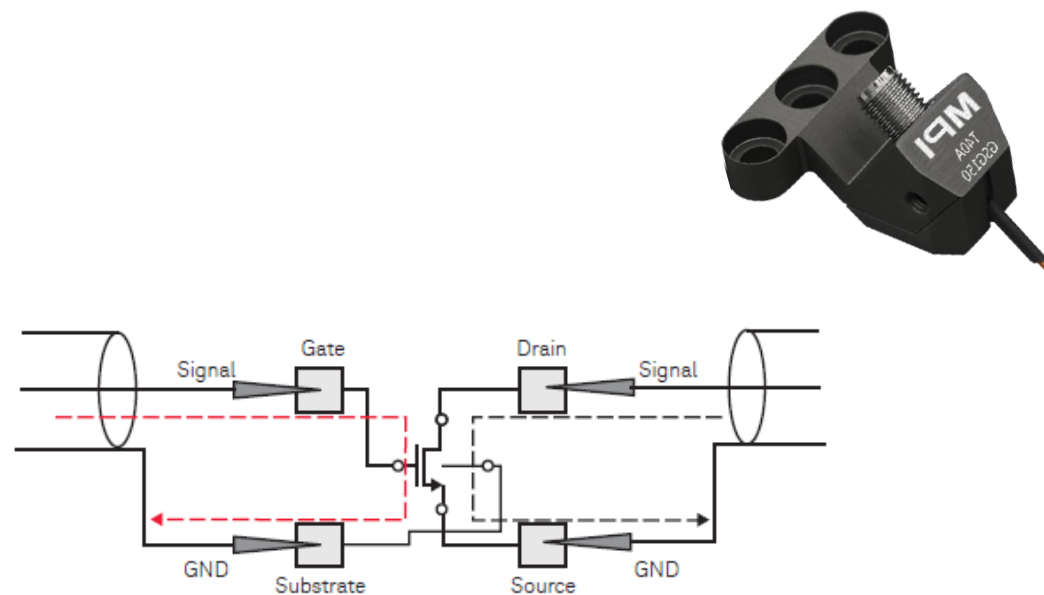


# 脉冲IV设置- Keysight 示例 (高速测试)

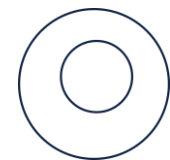
采用GS的版图设计



脉冲宽度  $\geq 200\text{ns}$

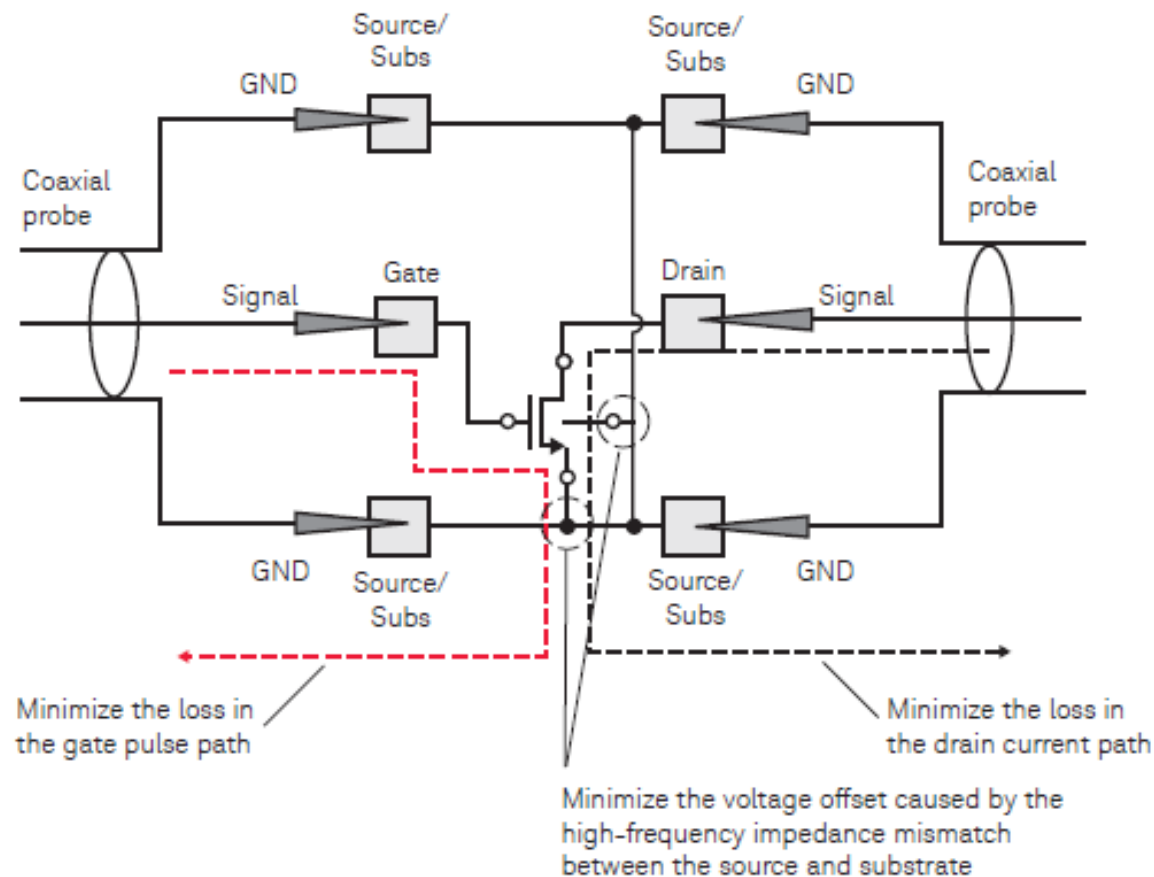


脉冲宽度  $\geq 100\text{ns}$



# 脉冲IV设置- Keysight 示例（高速测试）

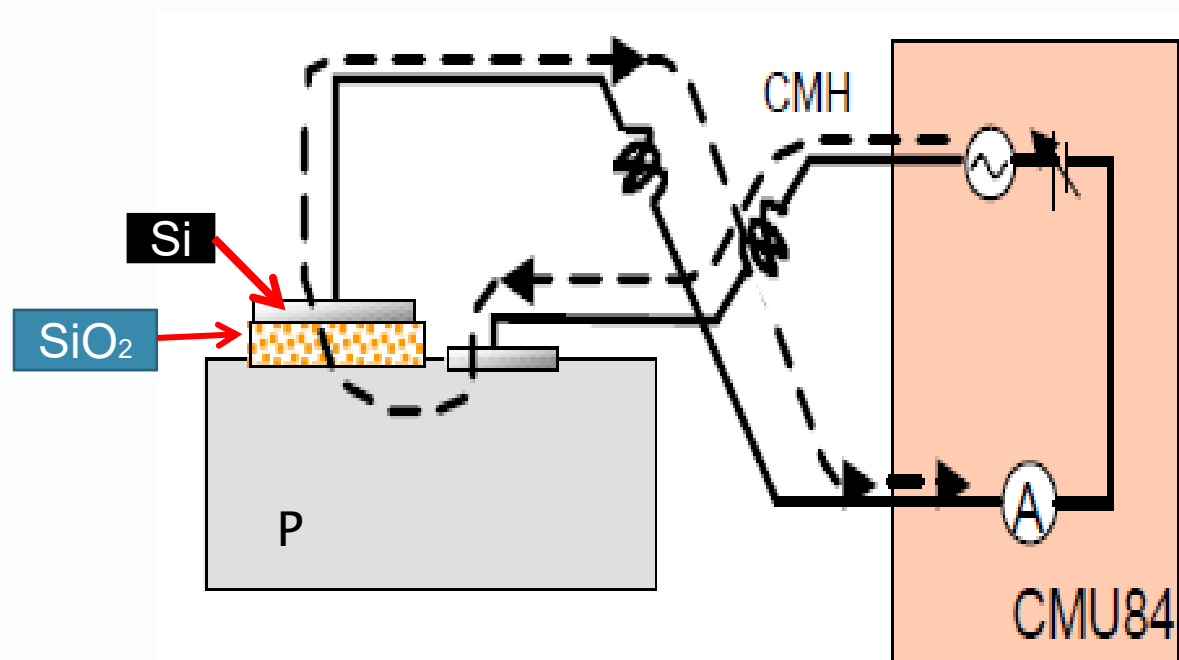
采用GSG的版图设计



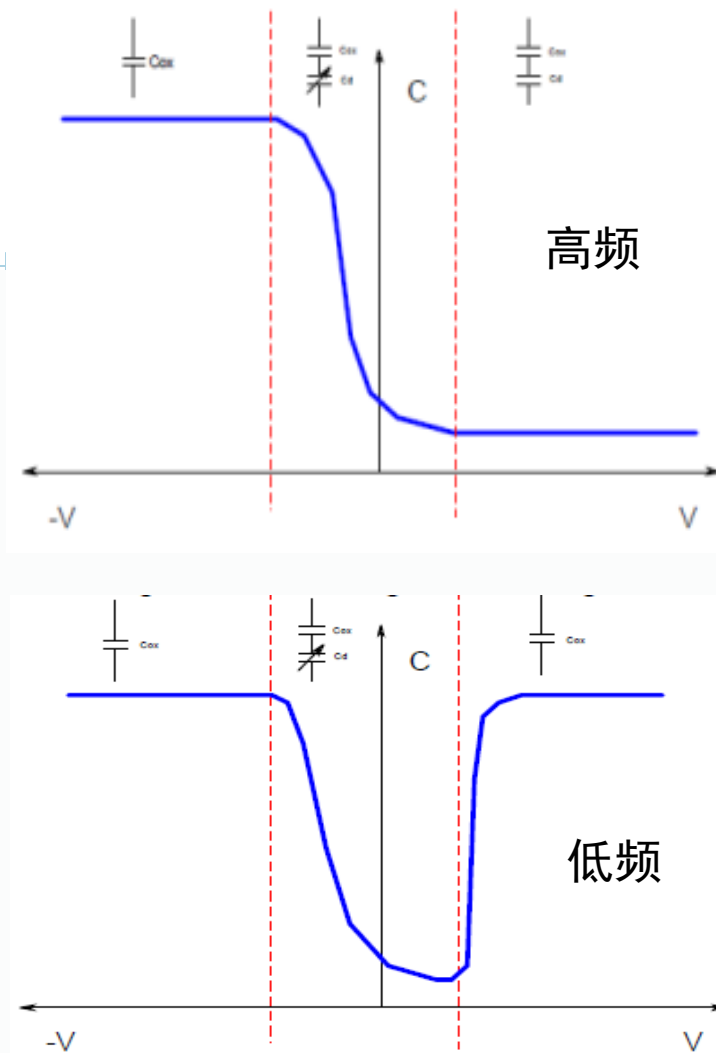
脉冲宽度  $\leq 10\text{ns}$

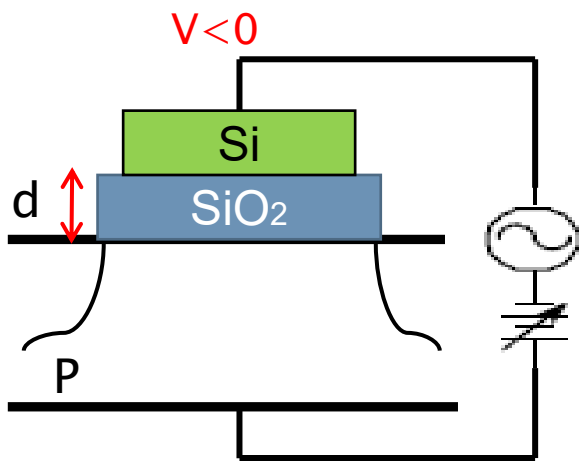
# CV测试简介

- ✓ 一般使用4284或B1500系列进行测试。
- ✓ 测试条件：1、直流电压 2、交流信号源

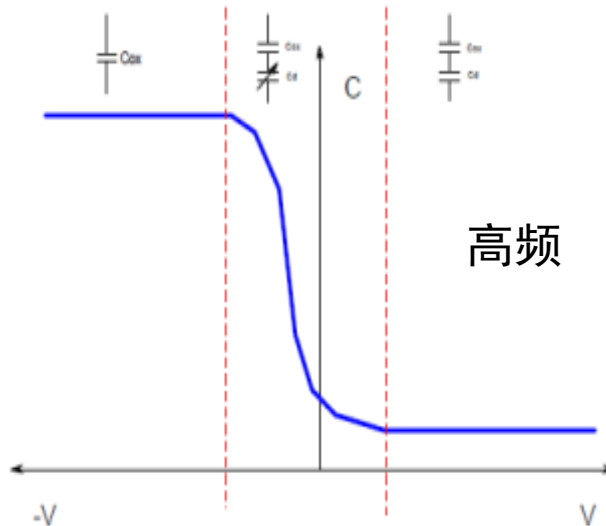


CC

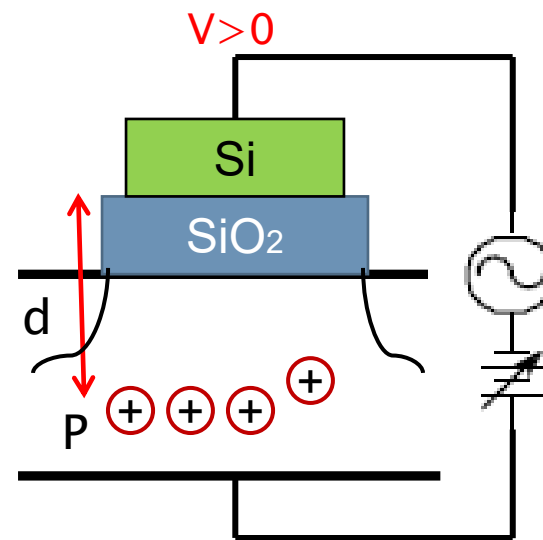




强大的直流偏压导致衬底中的多数载流子在绝缘层界面附近累积。由于它们无法穿透绝缘层，因此当电荷积累在界面附近（即d为最小值）时电容在累积区达到最大值。



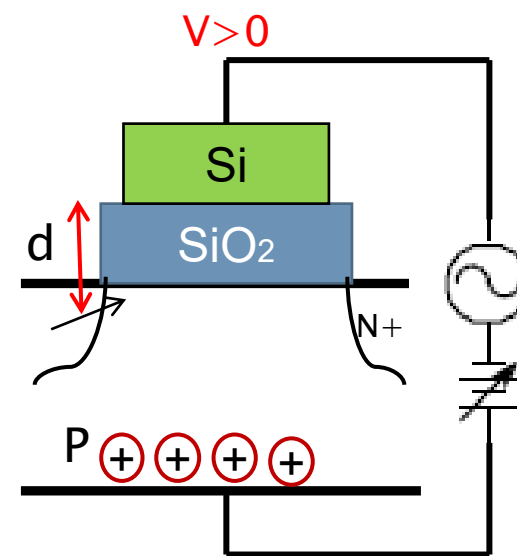
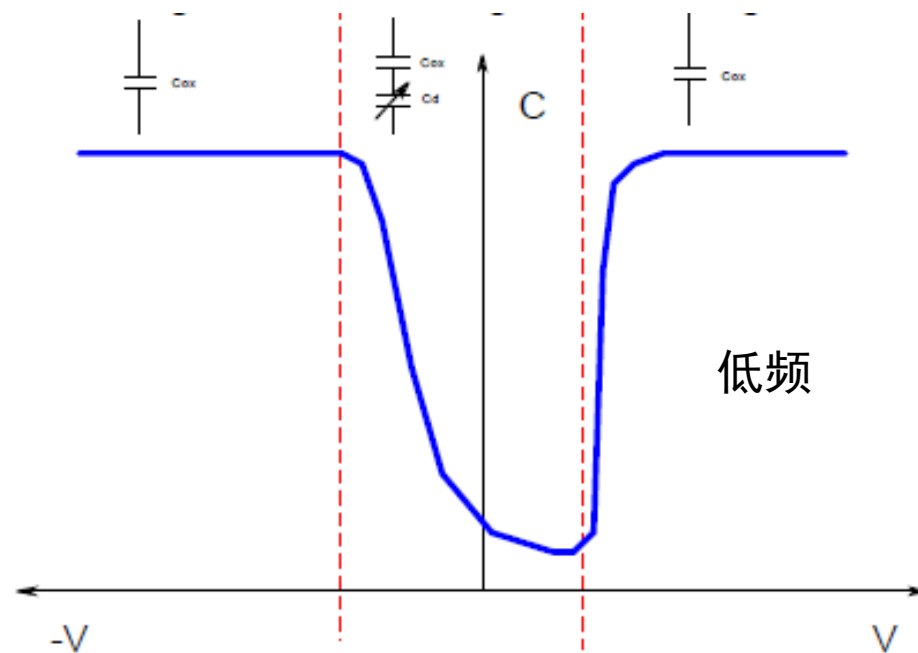
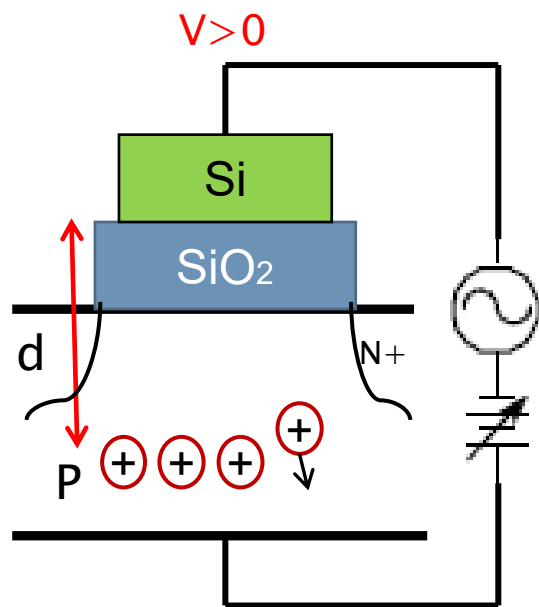
$$C = \epsilon^* S / d$$



当偏压降低时，多数载流子从氧化层界面被排斥开，耗尽区形成。当偏压反相时，电荷载流子远离氧化层达到最大距离，电容达到最小值（即d为最大值）。。

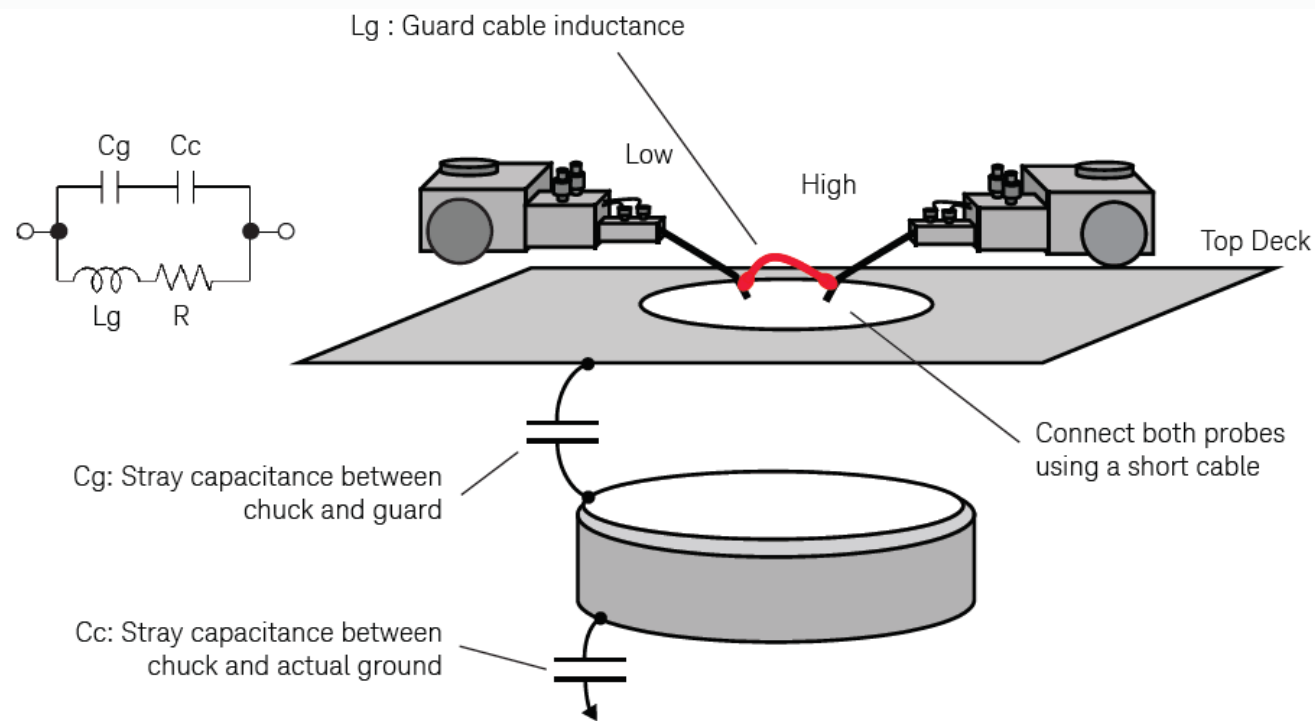
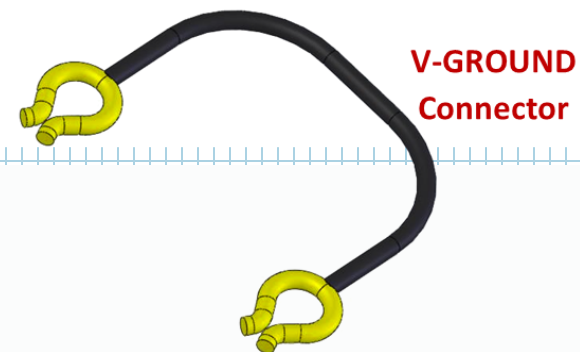


# 低频测试条件下的CV

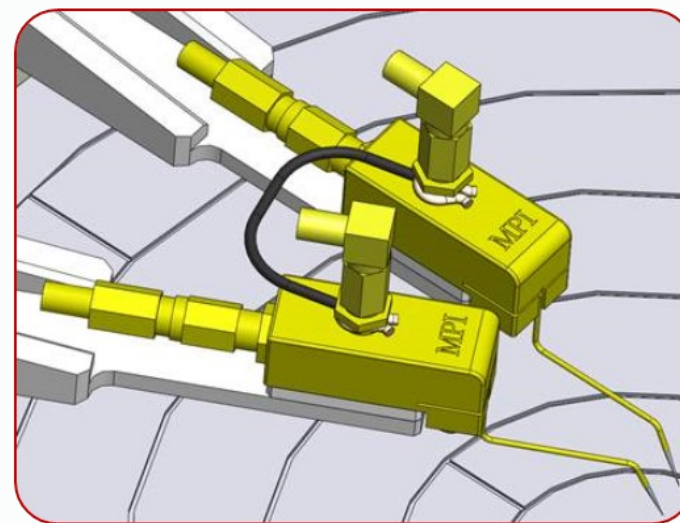


# CV测试前的准备工作

- ✓ 减少振荡
- ✓ 提高测试准确性

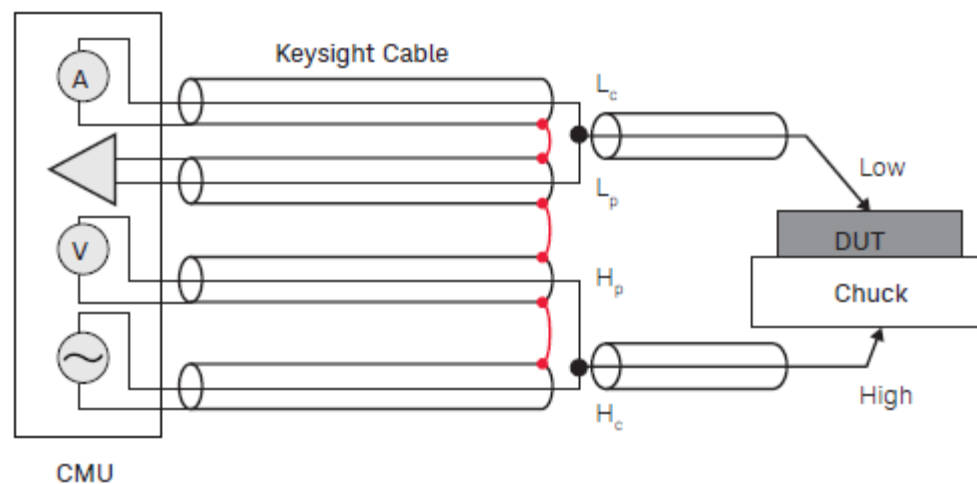


CC



# CV测试需要关注的问题

- ✓ CV测试频率是否大于5M,
- ✓ 不同频率下分别什么样的系统配置及探针来测试,
- ✓ 测试前是否经过了校准,
- ✓ 4TP布线法测试垂直器件时, 需把Hc、Hp接Chuck, L接DUT PAD。



# B1500软件中的设置 (CV)

Keysight EasyEXPERT

File Edit View Run Tools Help

Initial Workspace

C-V Sweep Setup Name : C-V Sweep

Channel Measurement Function Auto Analysis Display

C-V (VAR1) Signal Source

V Name : VBias Model : Cp-G C Name : C G Name : G Direction : Single Linear/Log : LINEAR Start : -3 V Stop : 3 V Step : 60 mV Compliance : No. of Steps : 101

Frequency List : 1 MHz

F Name : Freq AC Level : 30 mV

Integration Time Mode : AUTO Factor : 2

Timing Hold : 0 s Delay : 0 s

Range... ADC / Integ... Advanced... \* Sweep CONTINUE AT ANY status

Constants

Unit :	V Name :	I Name :	Mode :	Source :	Compliance :
SMU1:HP	VG	IG	V	0 V	100 mA

My Favorite

ECRAM\_I...

Save

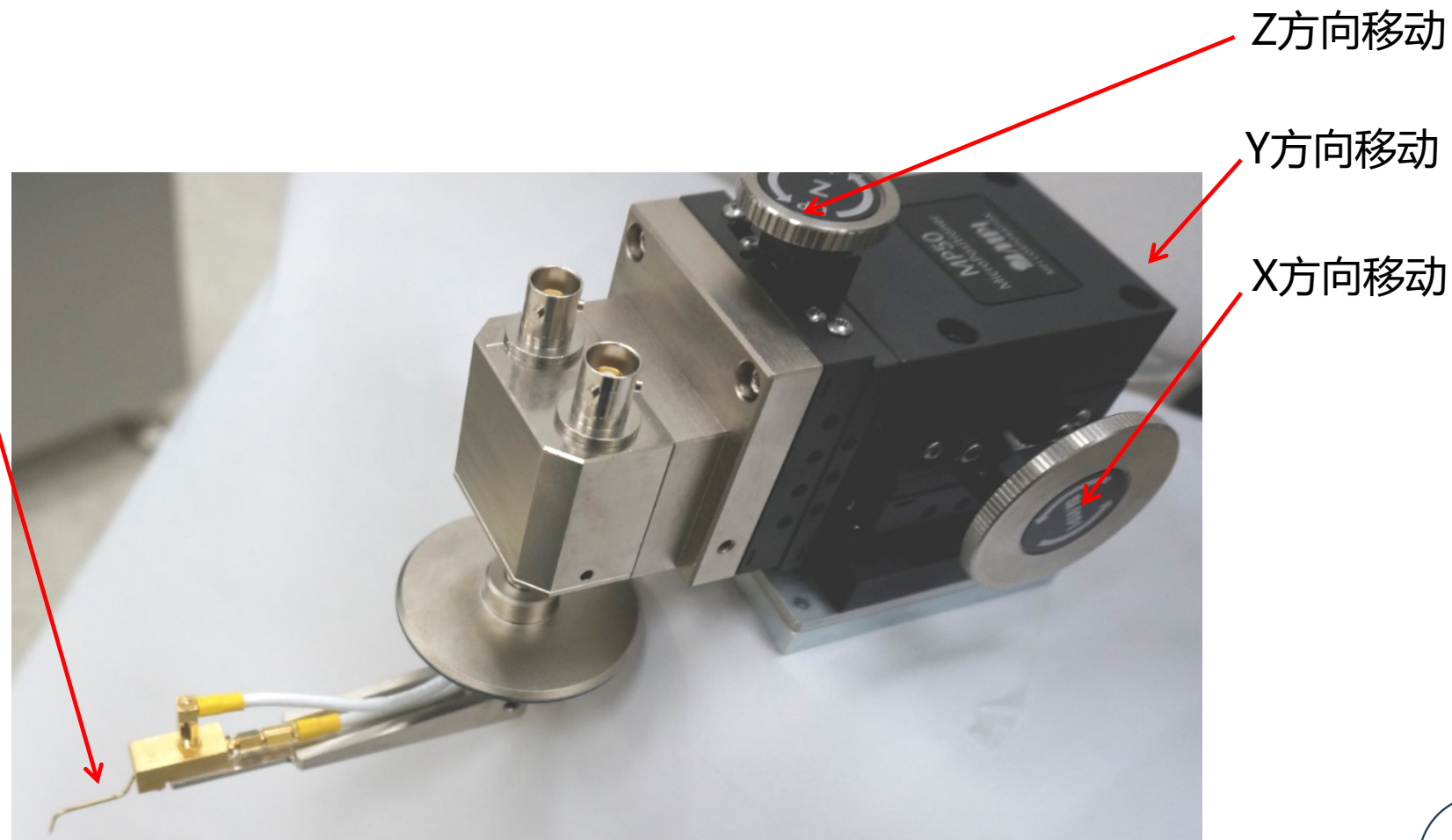
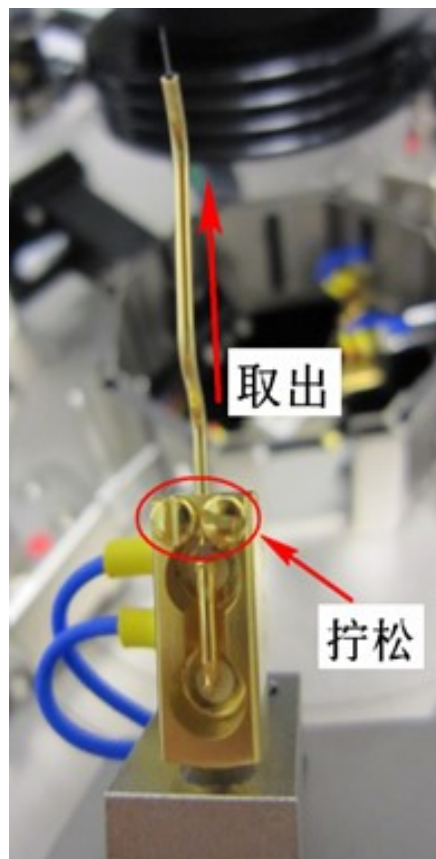
Recall

Results

Flag	Setup Name	Date	Count	Device ID	Remarks
	I/V Sweep	2021/8/4 15:17:24	6		
	I/V Sweep	2021/8/4 15:17:17	5		
	I/V Sweep	2021/8/4 15:16:49	4		
	I/V Sweep	2021/8/4 15:16:29	3		
	I/V Sweep	2021/8/4 15:16:17	2		
	I/V Sweep	2021/8/4 15:16:05	1		
	I/V Sweep	2021/8/4 14:57:06	4		
	I/V Sweep	2021/8/4 14:56:52	3		

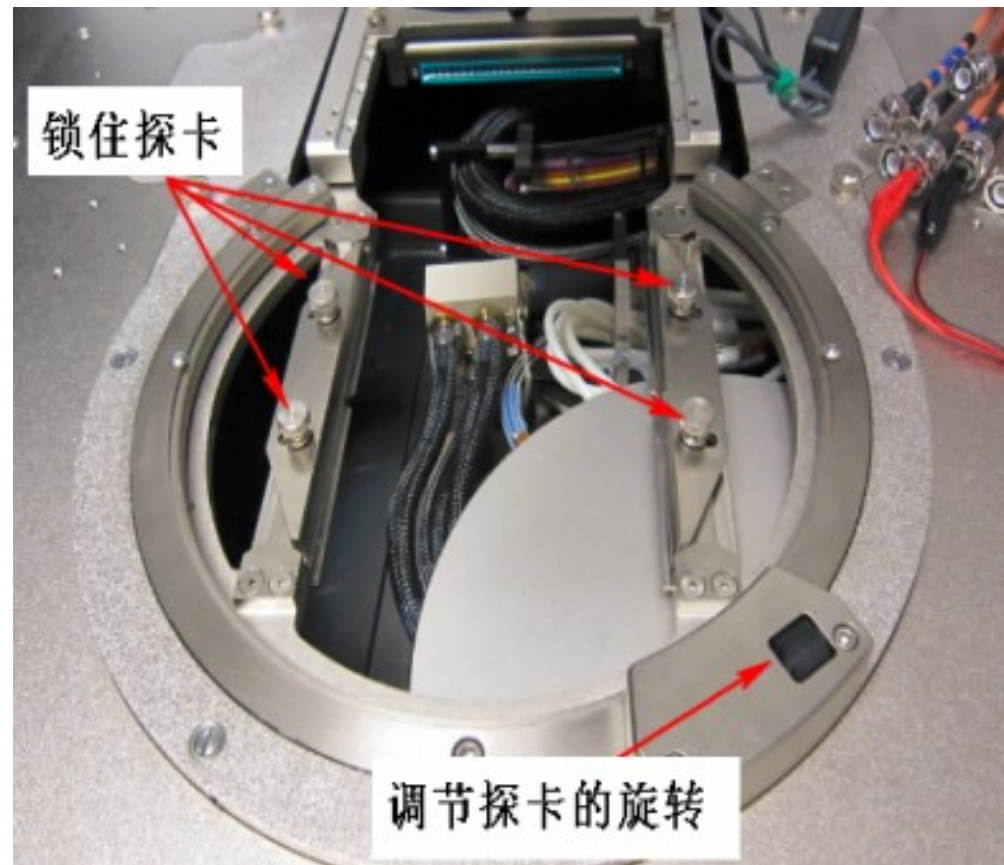
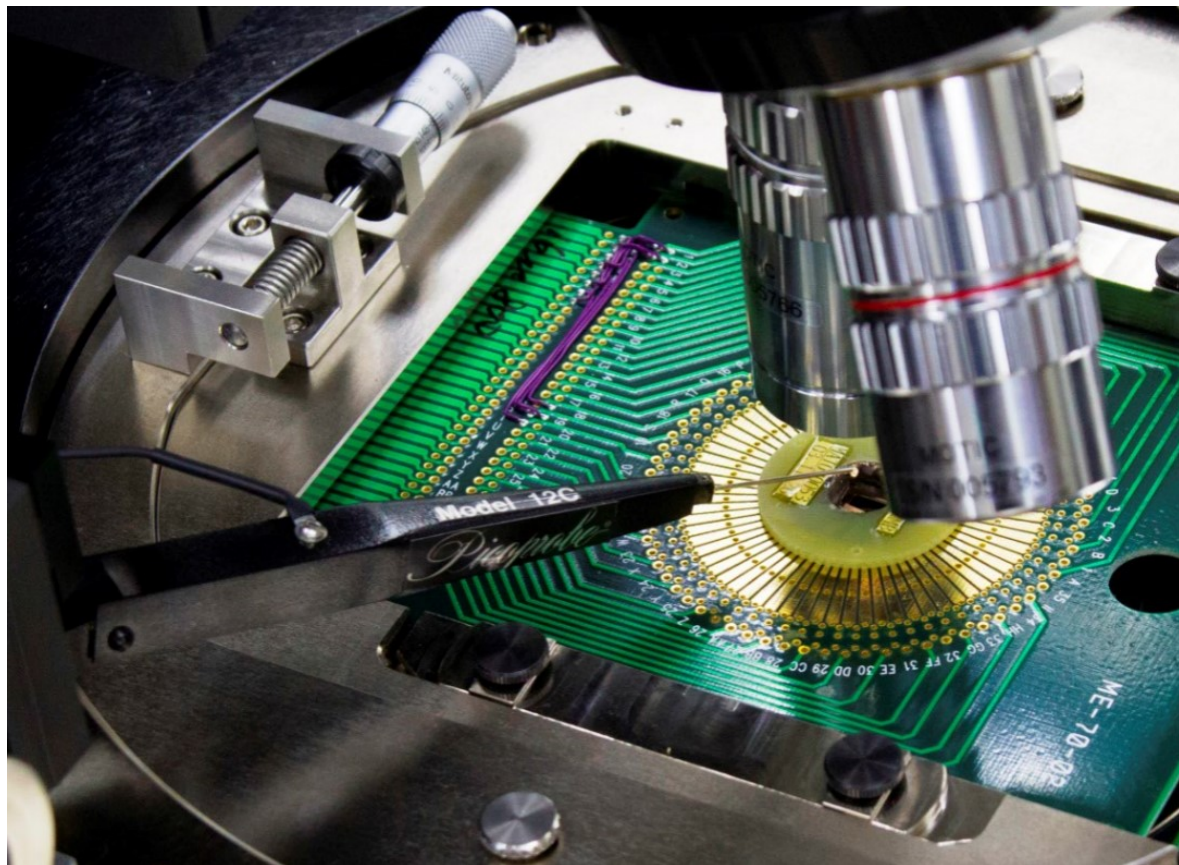
Initial Workspace

Thermometer OFF Multi Display OFF Standby OFF SMU Zero OFF Auto Export OFF Auto Record ON





# 针卡的使用





# 高压探卡的应用 (7PSI)

GBTEST



# Part 05

Q&A!





# THANKS

深圳市易捷测试技术有限公司