

Tektronix®

泰克云上
大讲堂

如何优化 微弱电流测试

4200A-SCS

▶▶▶ 1月12日 (周五) 14:30-15:30

泰克云上大讲堂 & 高速接口发展与技术论坛



关注“泰克科技”服务号
查看产品资料&往期回放~



资料齐全, 墙裂推荐!

泰克科技小程序

工程师身边的实用小助手

产品&应用资料

干货分享

云上大讲堂

实验室预约

直播回放&讲义下载



内容大全

服务与支持

个人中心

2023云上大讲堂主题回顾

PCIe链路问题分析和实际仿真

如何测试纳米材料及纳米电子器件的IV和CV性能?

深度解析IC/CV参数测试难题

零基础学仪器编程

轻松上手你的KEITHLEY源表

电源环路响应测试方案详解

深入浅出剖析高速信号的抖动和眼图

忆阻器的发展及测试方案

深度解析高速信号均衡技术

1/f噪声测试详解

半导体可靠性热载流子效应测试详解

车载以太网中MII接口的测试应用

车载传感器MIPI D-PHY信号分析

源表自动化测量编程详解

基于FET的生物传感器测试详解

PCIe测试面面观

薄膜材料电阻率与霍尔迁移率测试详解...



加入“泰克半导体测试交流群”

只要你问，只要我有



由泰克工程师小助手邀请入群~

(将于本场直播结束后统一邀请)

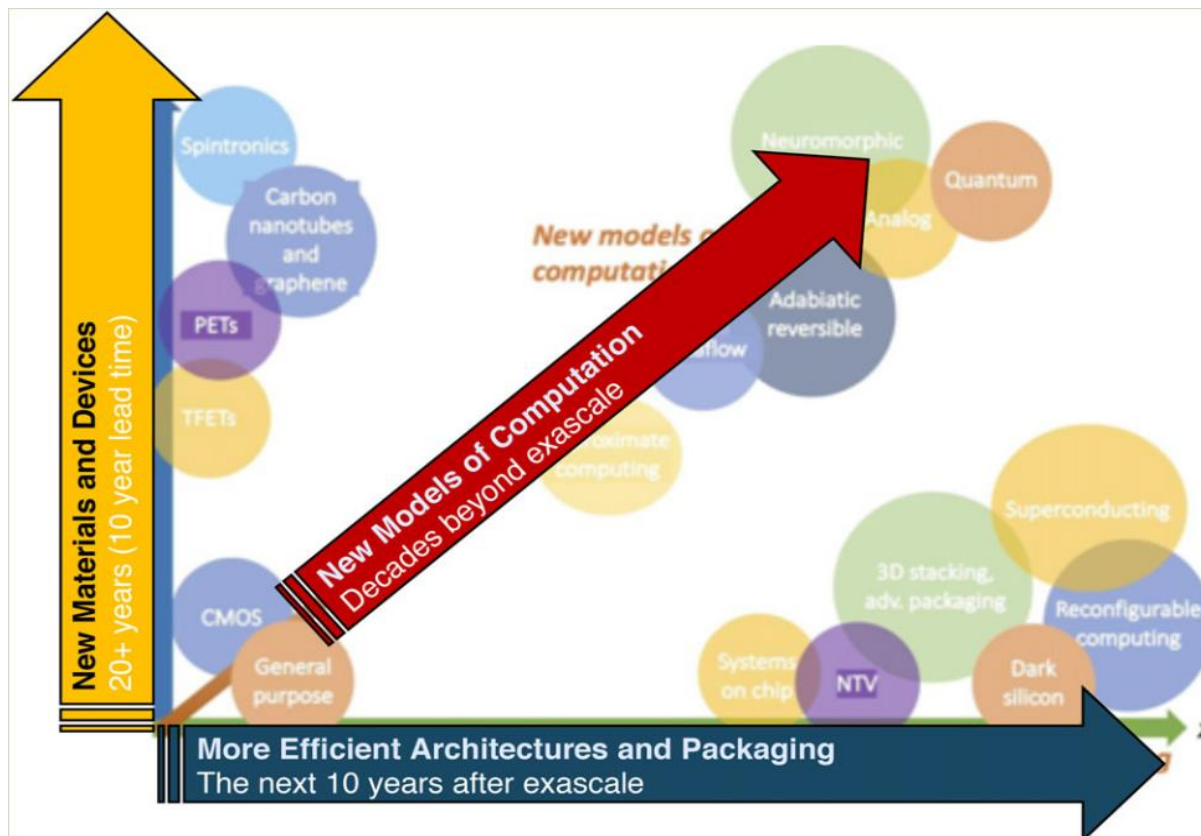
议程



- 4200A-SCS 微弱电流测试优势
- 小电流测试误差与措施
- 配置对测试结果的影响
- 总结与参考文献

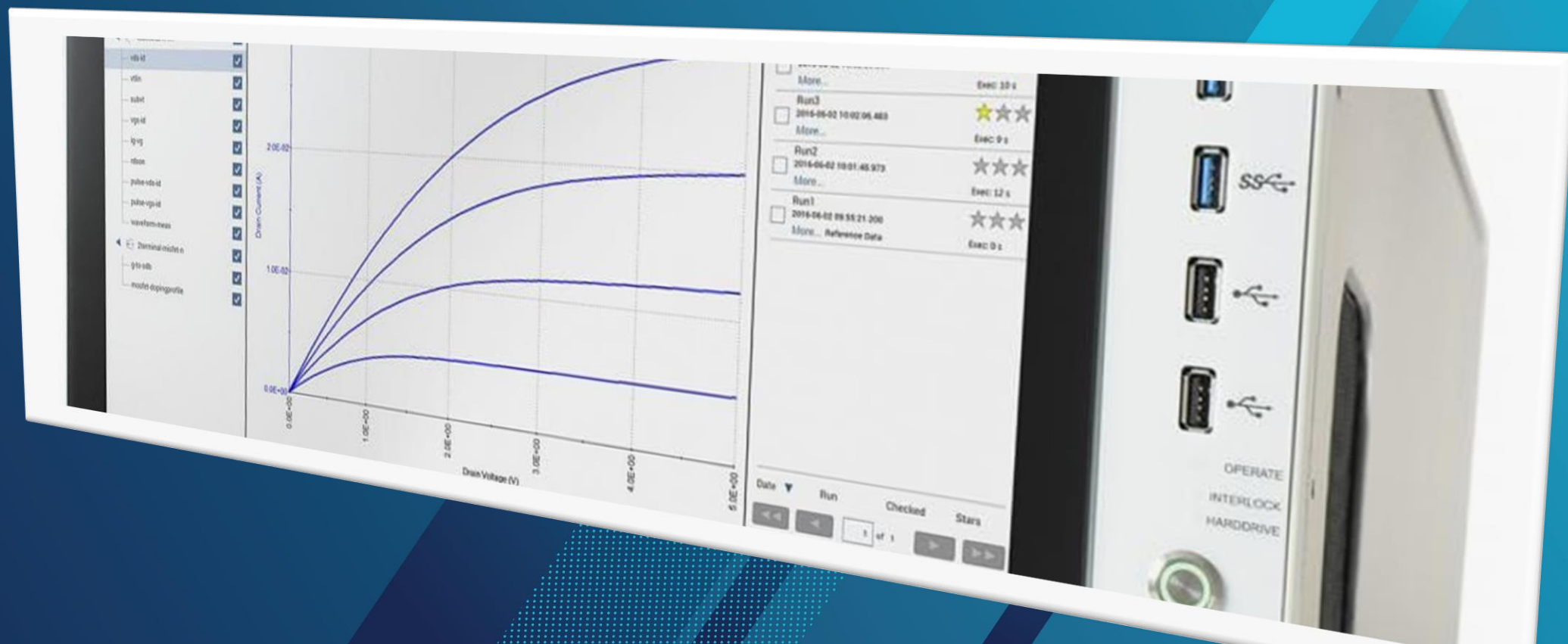
2024 年材料科学与半导体前沿科技热点

- 三个维度 - 新材料、新结构、新范式



研究架构	传统计算	新范式计算
物理态	电荷	相态、自旋 (铁磁)、极化 (铁电)、拓扑、量子态
材料	硅	一维材料、二维材料、纳米、薄膜材料等
器件	CMOS	忆阻器(MIM)、FeFET、FGFET、vdWH-FET、NV-C、Q-Dot等
集成(电路)	数字逻辑	量子态、神经拟态
架构	冯·诺依曼	量子计算、神经网络

4200A-SCS



4200A-SCS参数分析仪综述

中等功率SMU 2.1W

210 V, 0.1A, 10fA最小电流, 10 aA分辨率

高功率SMU 21W

210 V, 1 A, 10fA最小电流, 10 aA分辨率

脉冲测量单元PMU

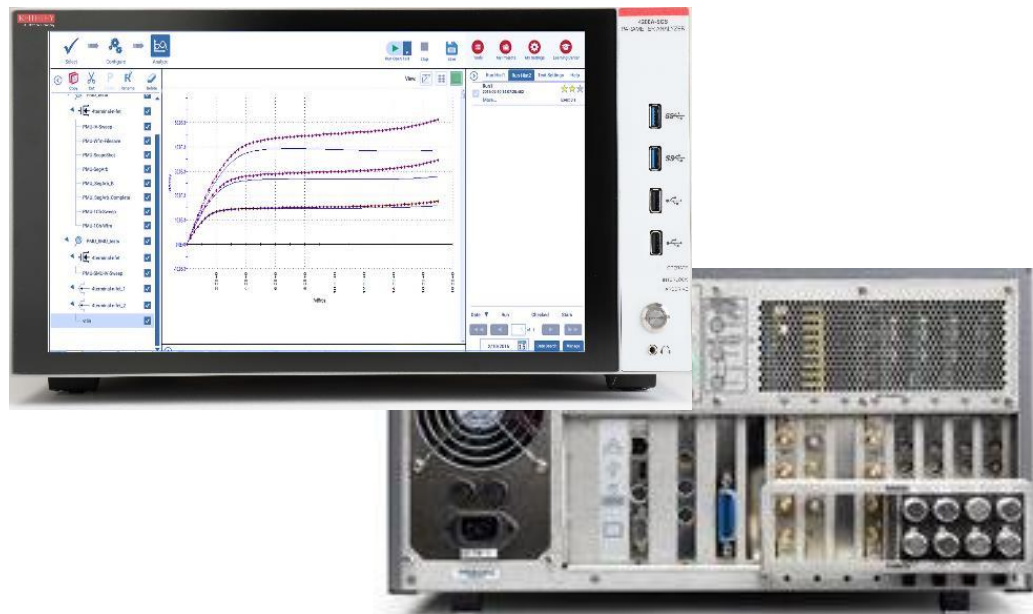
- 超快速I-V
- 示波器视图
- 波形生成：10ns
- 脉冲和测量：70ns

多频率C-V测量单元

1 kHz – 10 MHz, 30V_{DC} 单端, 60V_{DC} 差分, AC 1000mV_{RMS}

切换开关

- 4225-RPM切换开关
- 707B/708B开关矩阵



15.6" LCD 宽屏, 1920x1080 高清显示, 电容屏, 5U高度, Windows 10, 固态硬盘。

4200A-SCS参数分析仪综述

应用方向

- 生物 FET 和传感器
- MOSFET, BJT 晶体管
- 材料表征
- 非易失性存储设备
- 电阻率系数和霍尔效应测量
- 接口陷阱密度
- 1/f 噪声测试
- NBTI/PBTI
- III-V 族器件
- 失效分析
- 纳米器件
- 二极管和 pn 联结
- 太阳能电池
- 传感器
- MEMS 器件
- 电化学
- LED 和 OLED

4200A-SCS参数分析仪测试微弱电流的优势

- 4200-PA
- 三同轴接口和测试线缆
- Clarius软件



		测量				源	
		电流量程 ¹	最大电压	分辨率 ³	精度 ± (% 读数 + 安培)	分辨率 ³	精度 ± (% 读数 + 安培)
4210-SMU 高功率 SMU 和 4211-SMU 高功率 SMU ²	4200-SMU 中等功率 SMU 和 4201-SMU 中等功率 SMU ²	1 A	21 V	1 μA	0.100% + 200 μA	50 μA	0.100% + 350 μA
		100 mA	210 V	100 nA	0.045% + 3 μA	5 μA	0.050% + 15 μA
		100 mA	21 V	100 nA	0.045% + 3 μA	5 μA	0.050% + 15 μA
		10 mA	210 V	10 nA	0.037% + 300 nA	500 nA	0.042% + 1.5 μA
		1 mA	210 V	1 nA	0.035% + 30 nA	50 nA	0.040% + 150 nA
		100 μA	210 V	100 pA	0.033% + 3 nA	5 nA	0.038% + 15 nA
		10 μA	210 V	10 pA	0.050% + 600 pA	500 pA	0.060% + 1.5 nA
42XX-SMU 加选配 4200-PA 前端放大器		1 μA	210 V	1 pA	0.050% + 100 pA	50 pA	0.060% + 200 pA
		100 nA	210 V	100 fA	0.050% + 30 pA	5 pA	0.060% + 30 pA
		10 nA	210 V	10 fA	0.050% + 1 pA	500 fA	0.060% + 3 pA
		1 nA	210 V	1 fA	0.050% + 100 fA	50 fA	0.060% + 300 fA
		100 pA	210 V	300 aA	0.100% + 30 fA	15 fA	0.100% + 80 fA
		10 pA	210 V	100 aA	0.500% + 15 fA	5 fA	0.500% + 50 fA
		1 pA	210 V	10 aA	1.000% + 10 fA	1.5 fA	1.000% + 40 fA

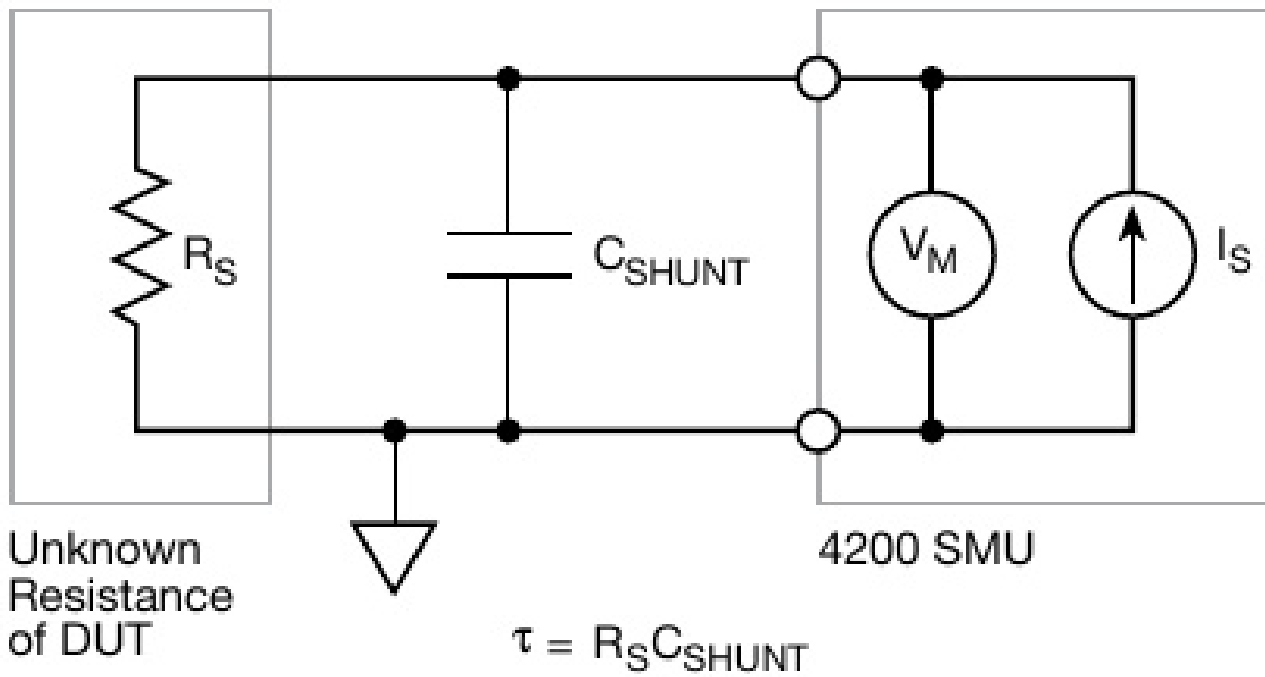
限压值：双极性限压值设置，可以设置所选电压量程的 10% 到满量程区间任意值。

小电流测试可能引入的测试误差 &可采取的措施

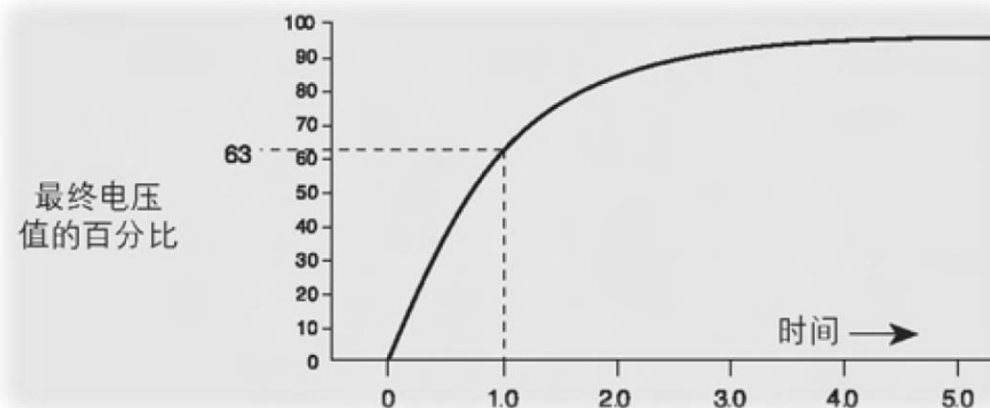


- 稳定时间
- 静电干扰
- 漏电流
- 测试仪器接入位置
- 地回路
- 摩擦电效应
- 压电和存储电荷效应
- 污染和湿度
- 光
- 噪声和源阻抗

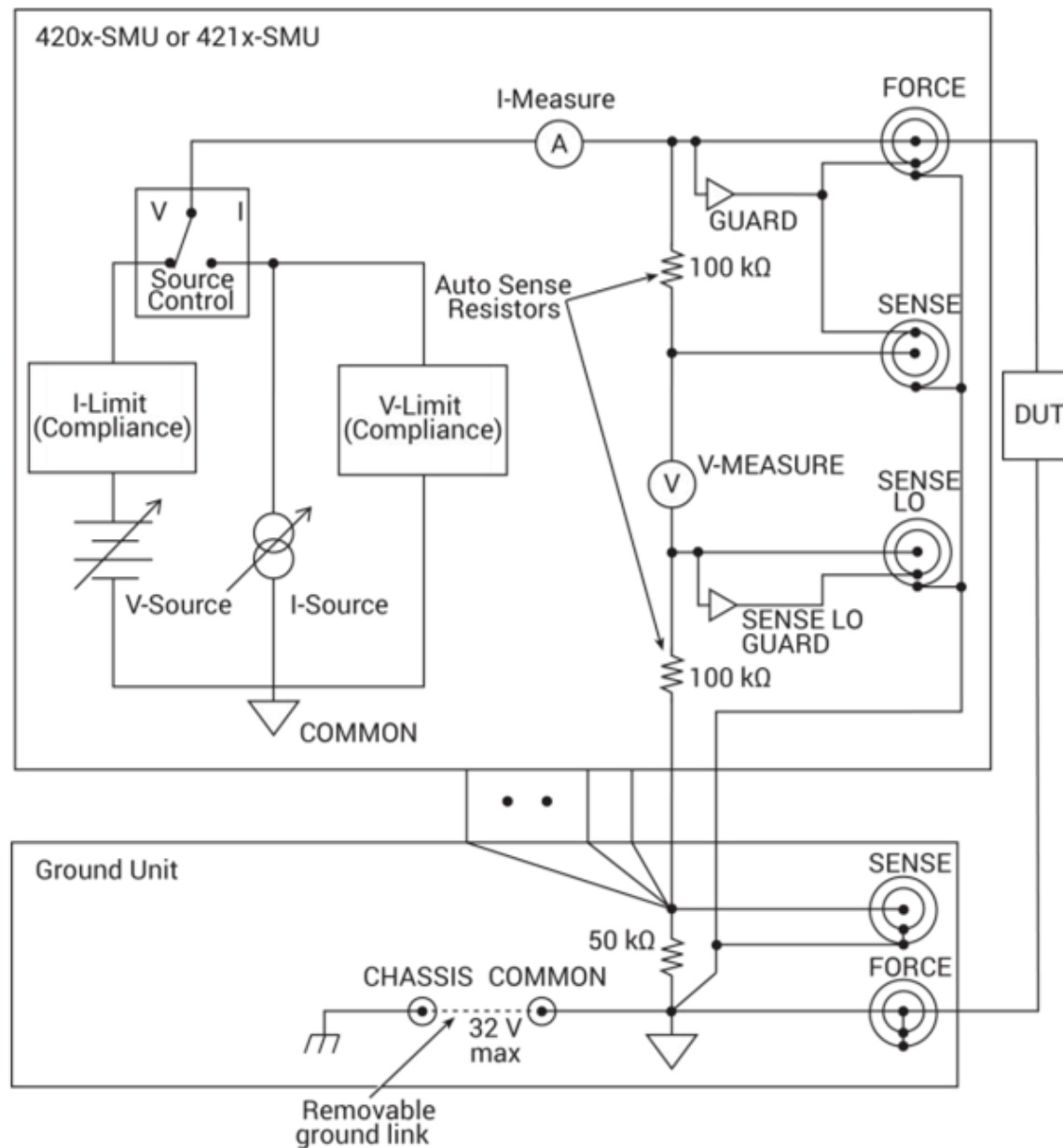
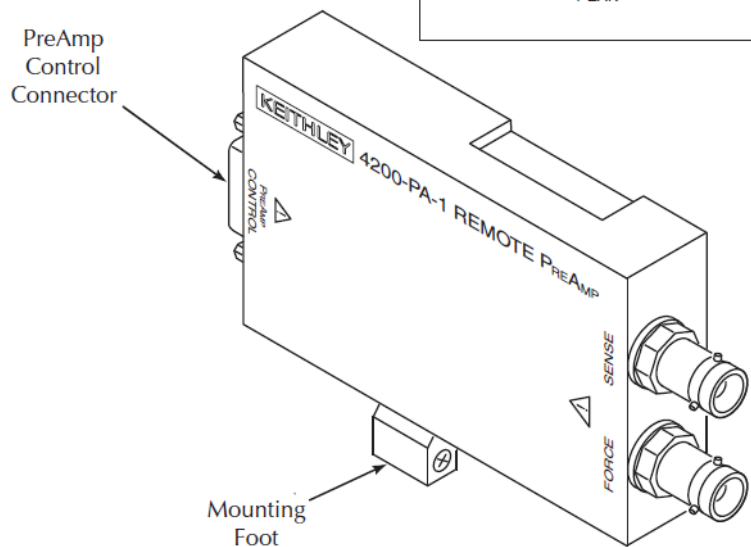
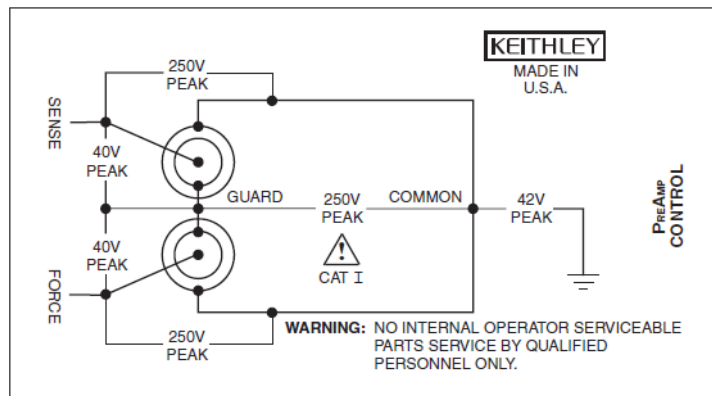
稳定时间



时间常数 (τ^*)	最终数值的百分数
1	63%
2	86%
3	95%
4	98%
5	99.3%

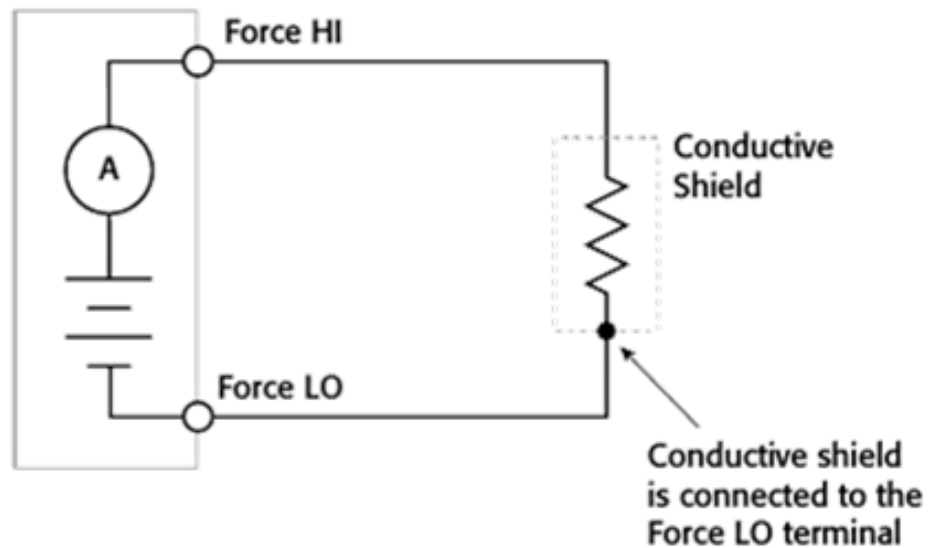
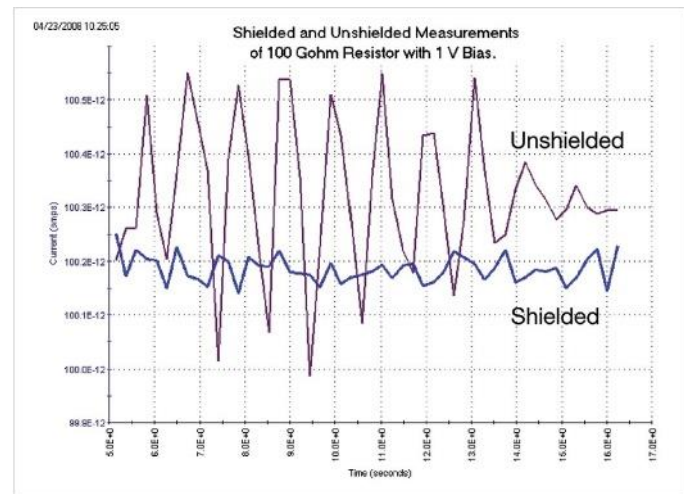
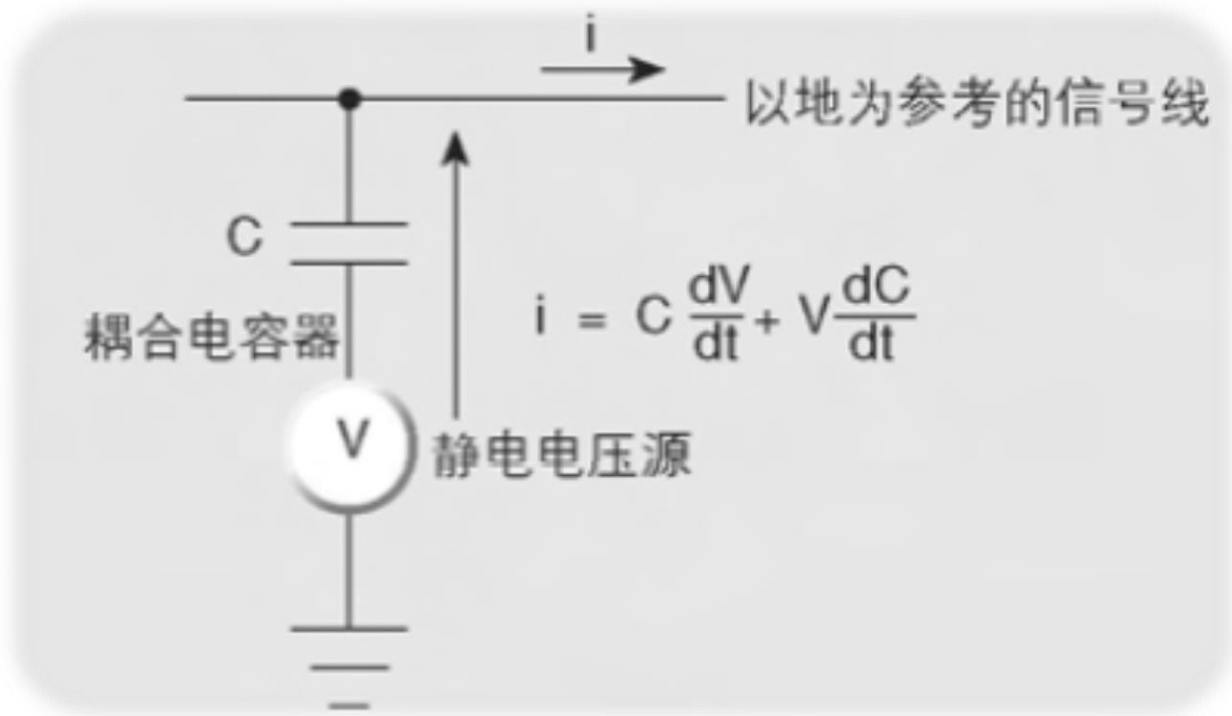


相关等效电路



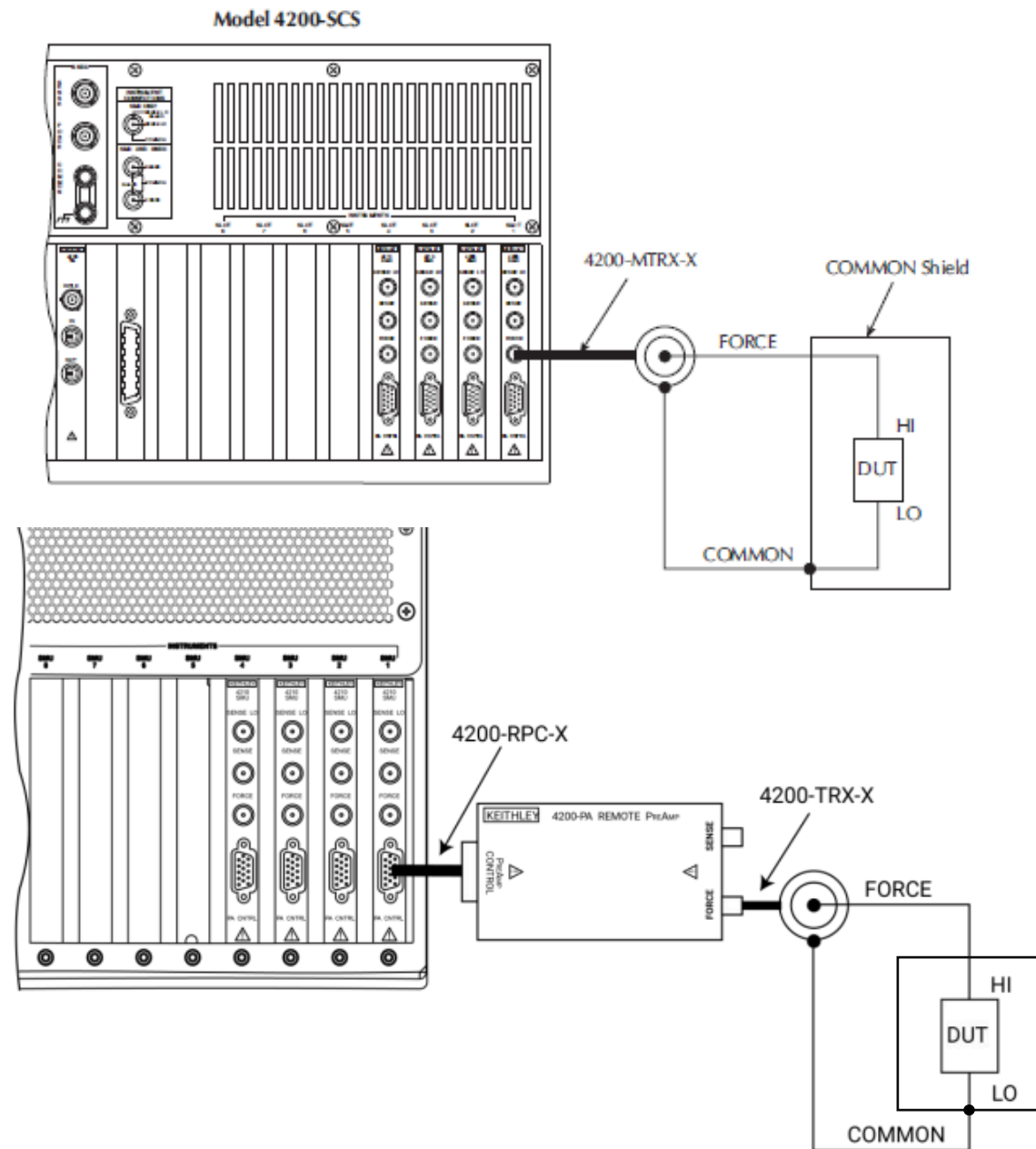
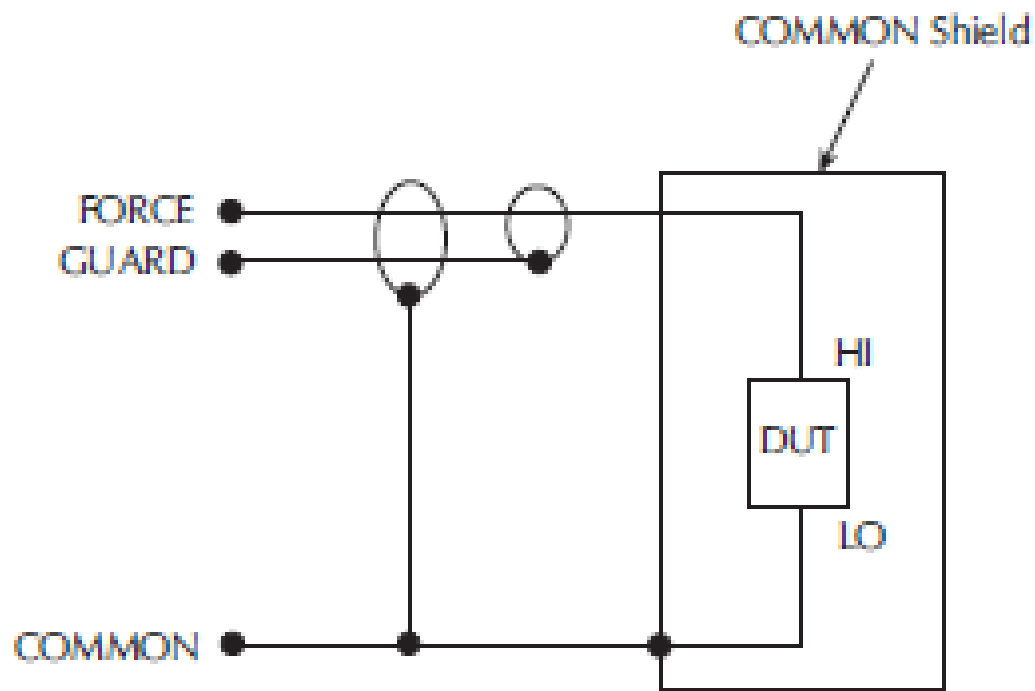
静电干扰

屏蔽



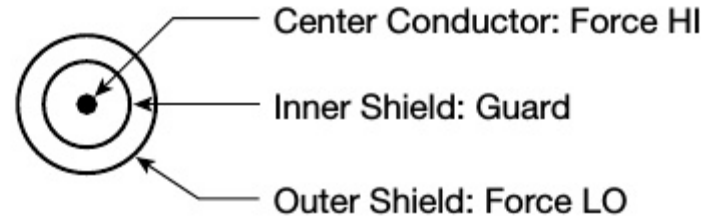
静电干扰

屏蔽接线

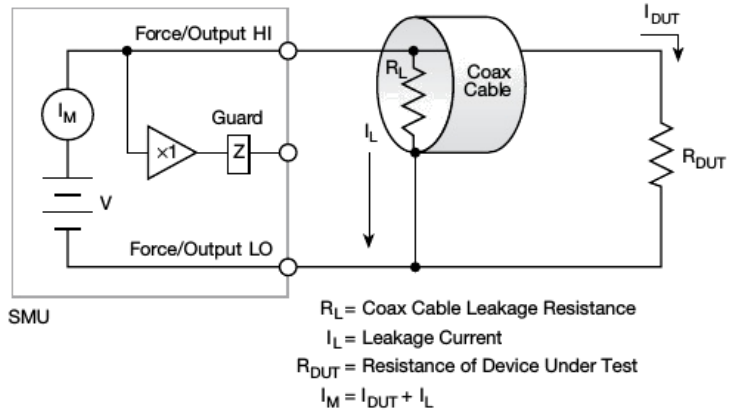


漏电流

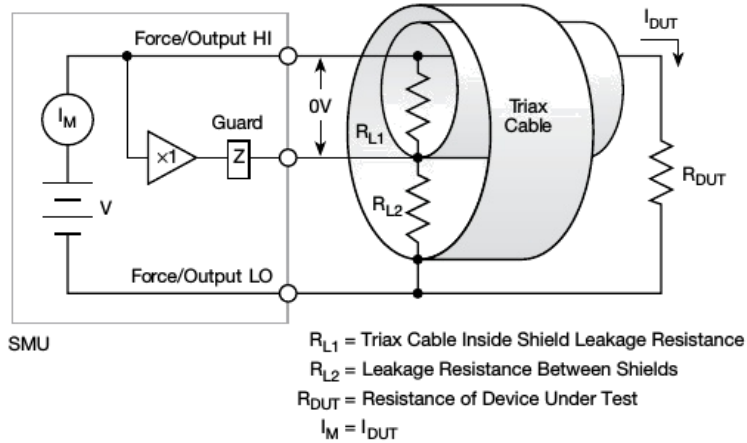
GUARD



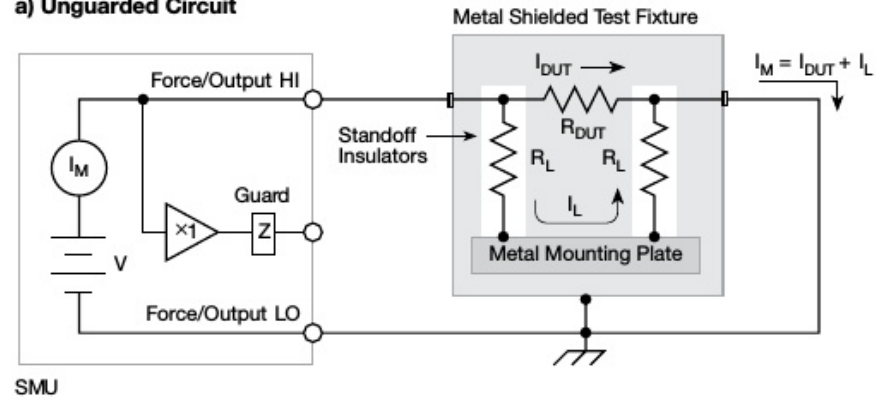
a) Unguarded Circuit



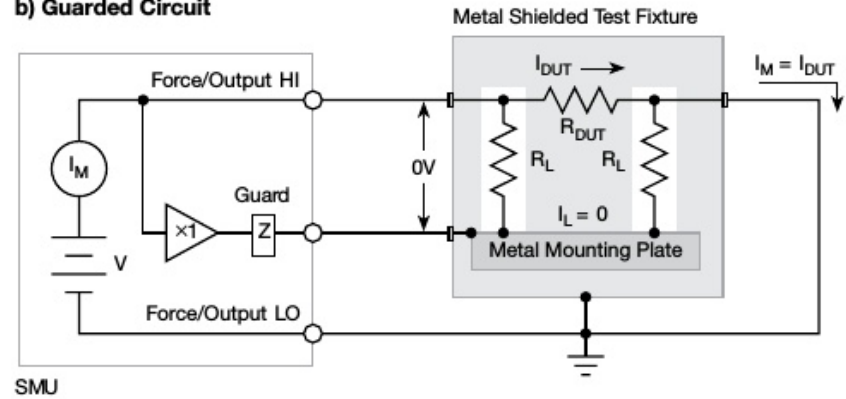
b) Guarded Circuit



a) Unguarded Circuit

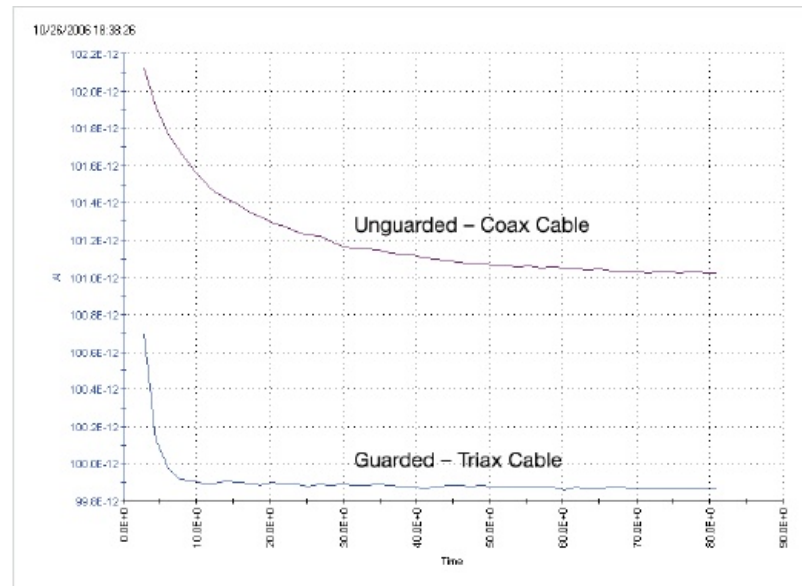
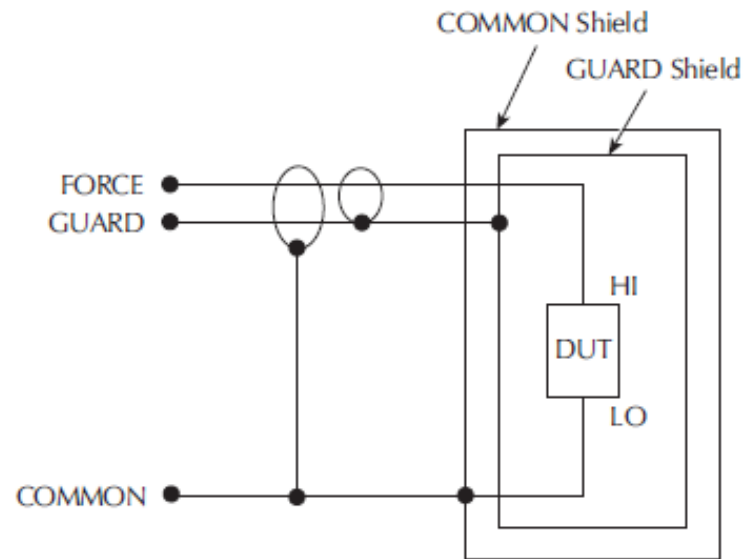
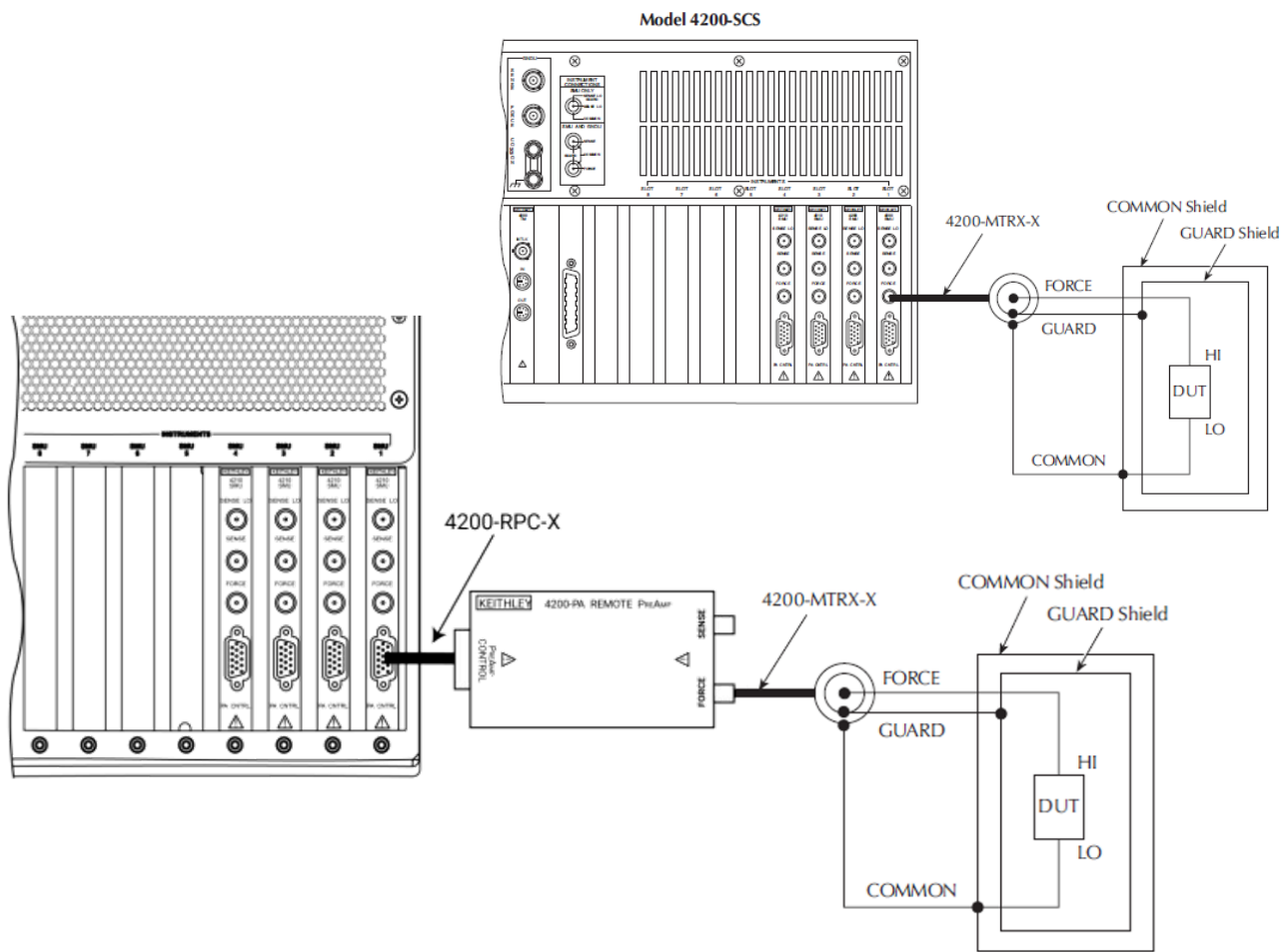


b) Guarded Circuit



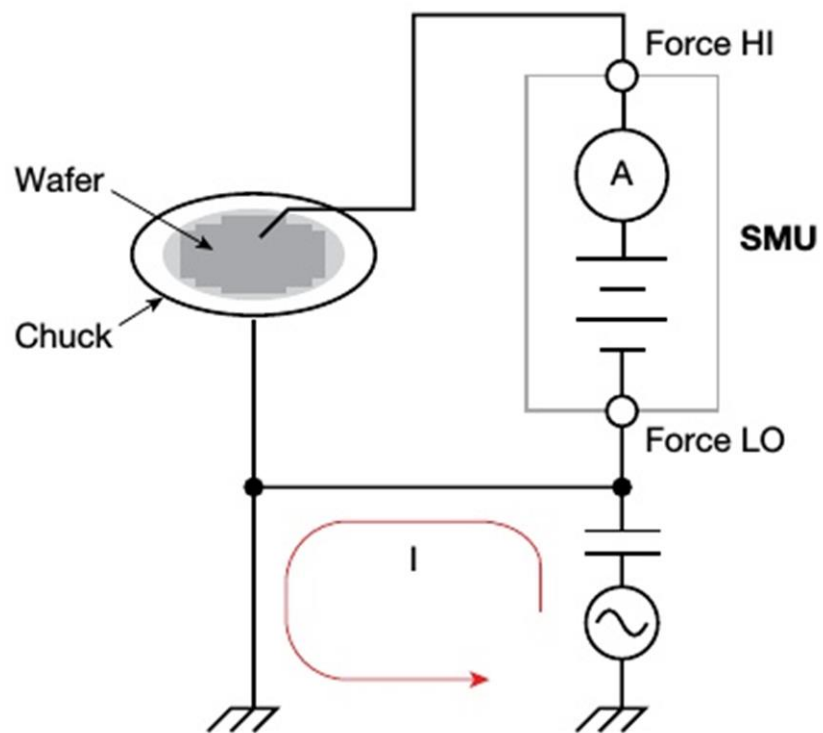
漏电流

GUARD接线

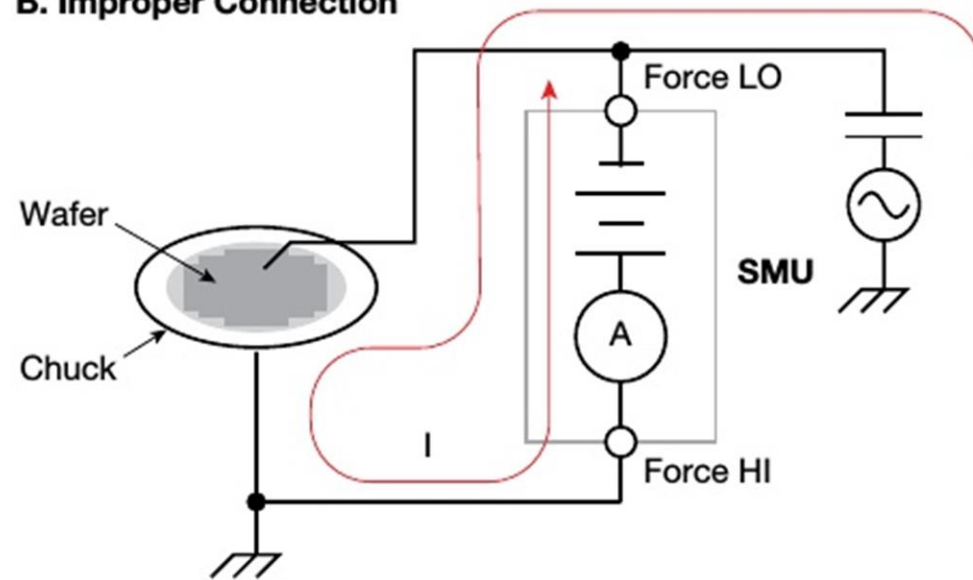


SMU接入位置

A. Proper Connection



B. Improper Connection



SMU接入位置

图2-40：恰当的连接

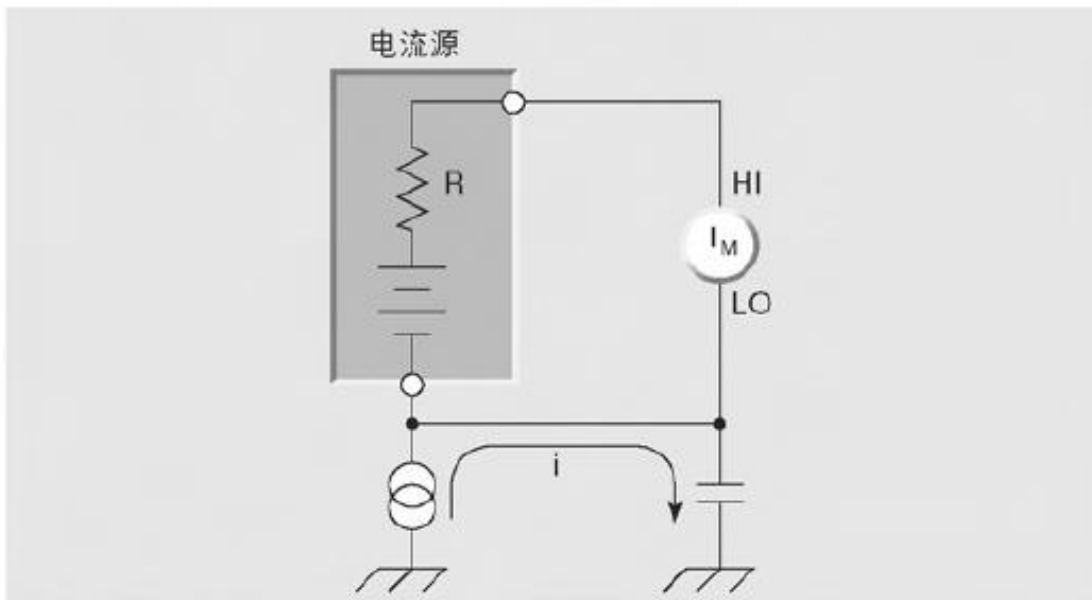
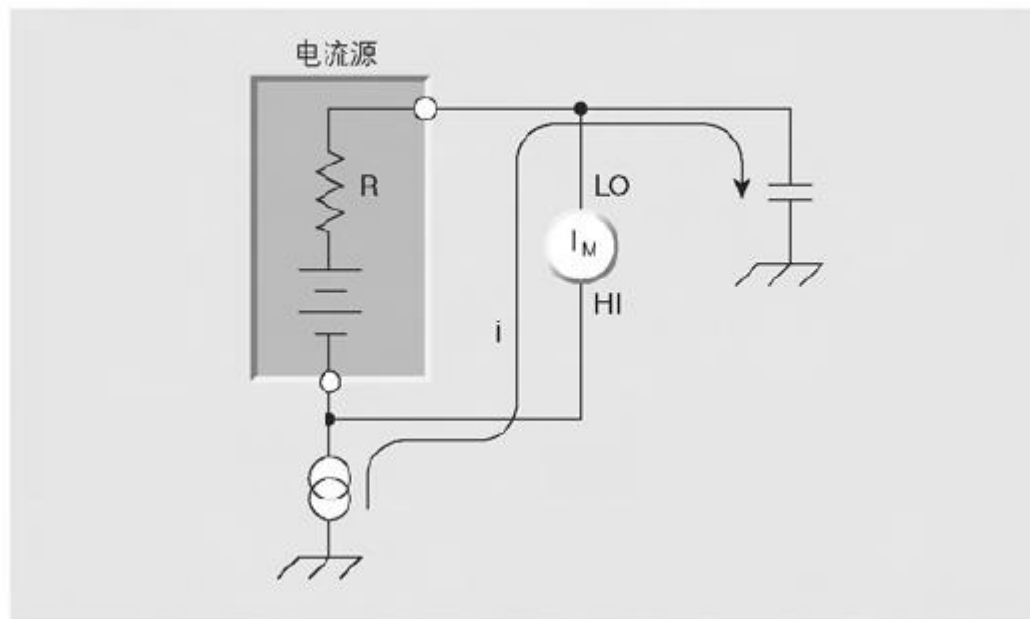
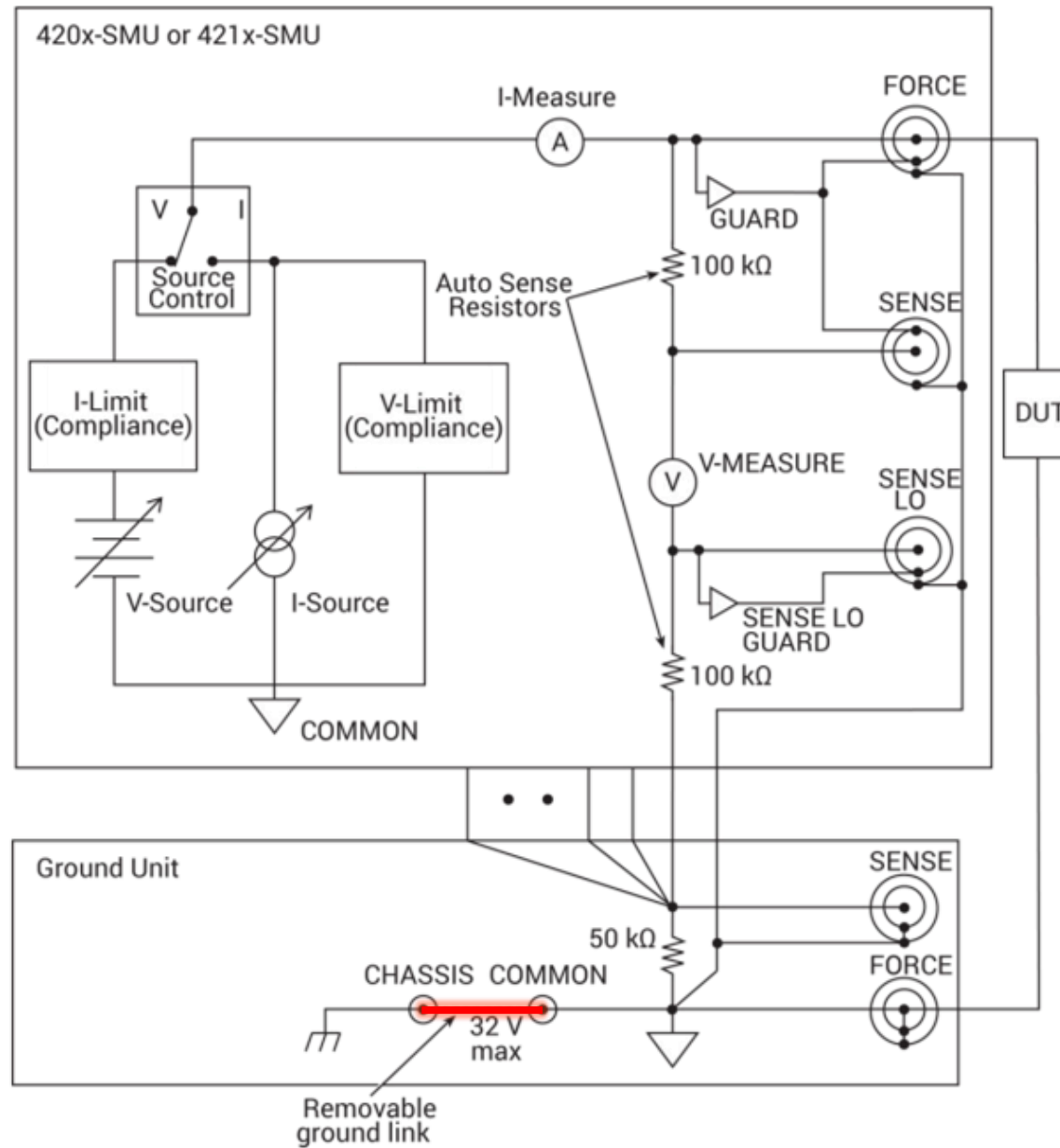
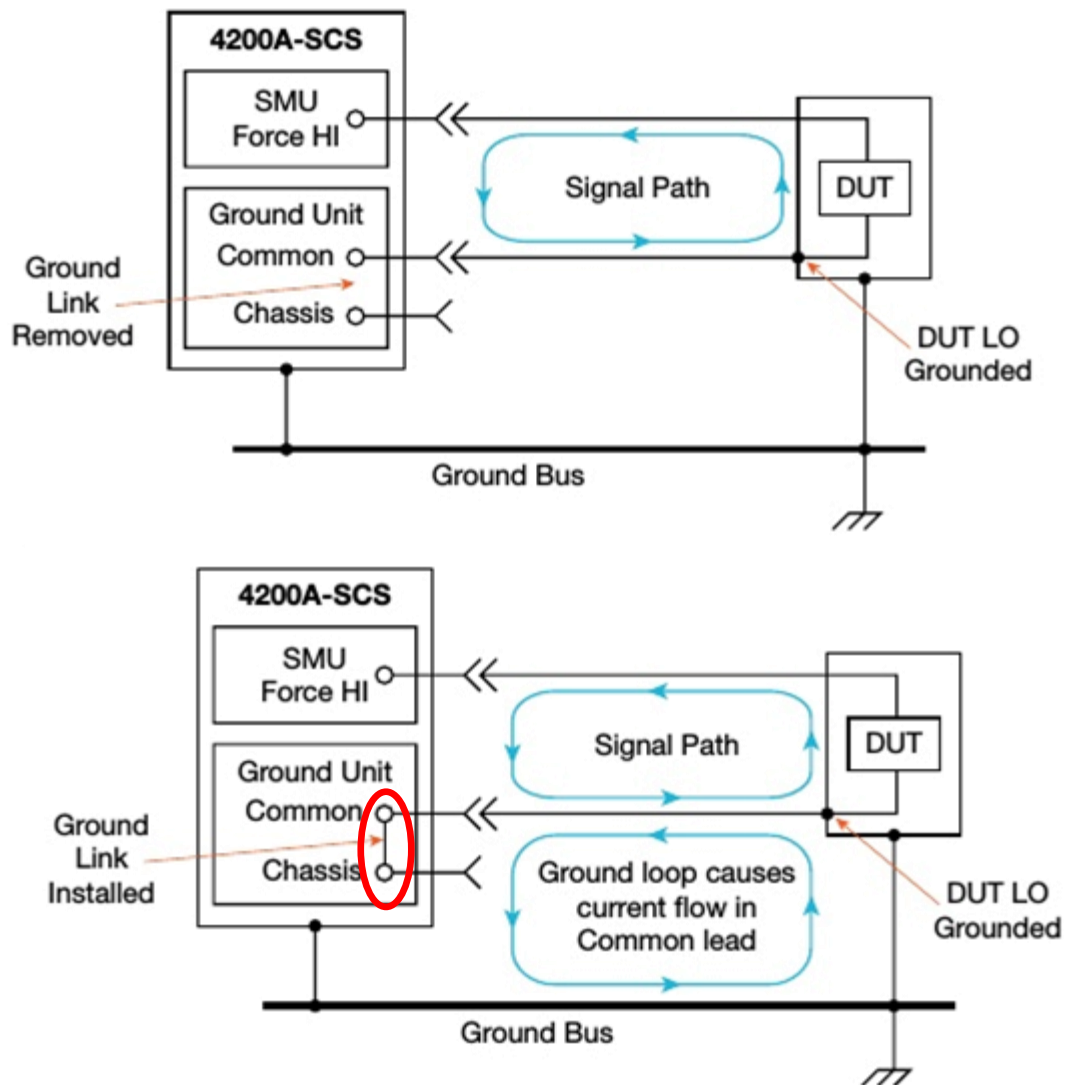


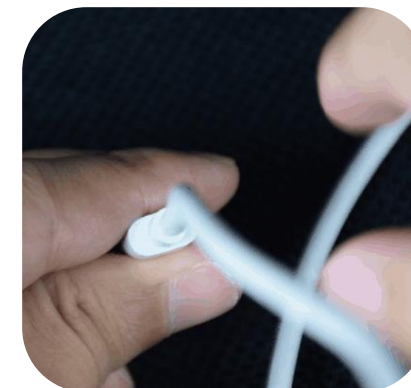
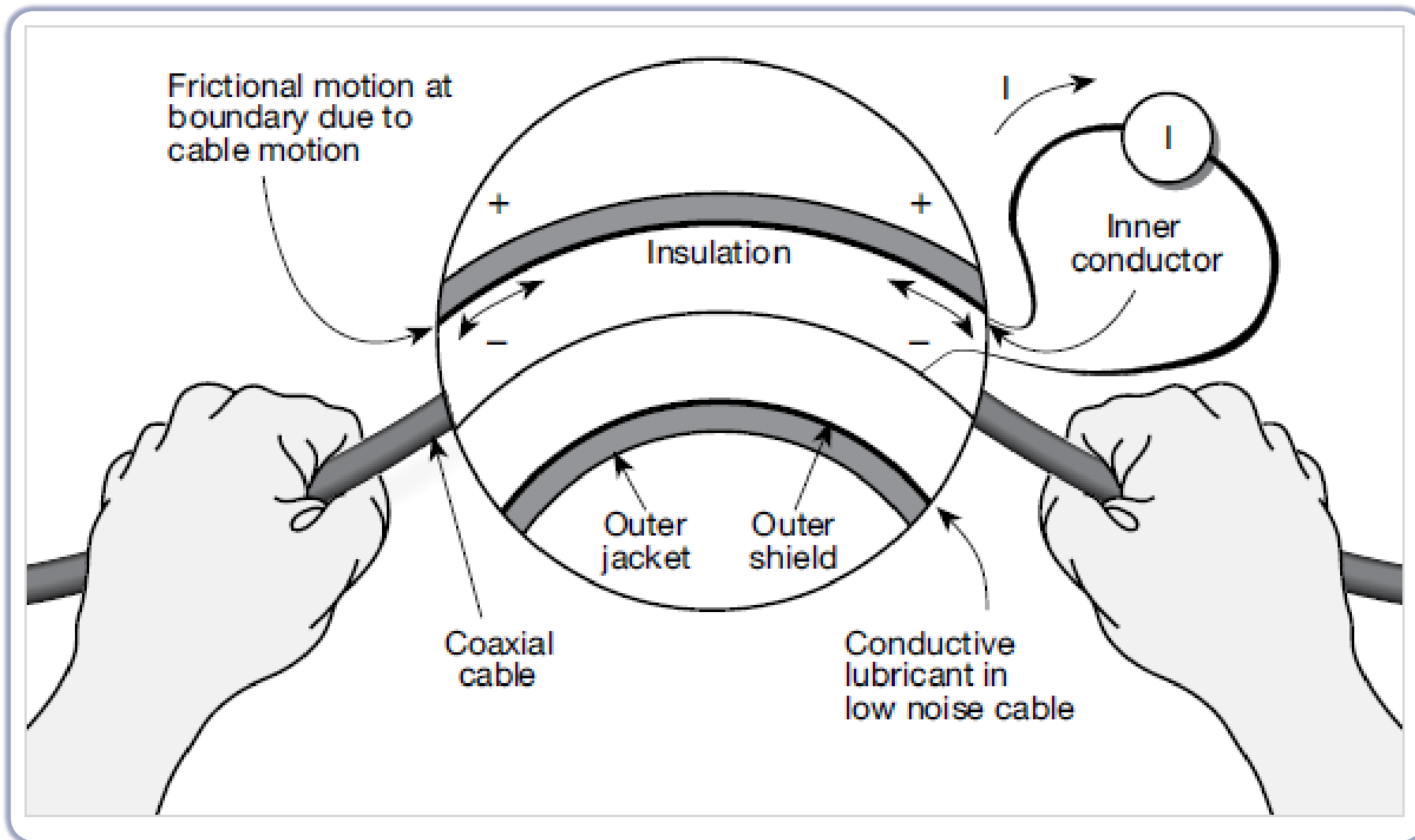
图2-41：不恰当的连接



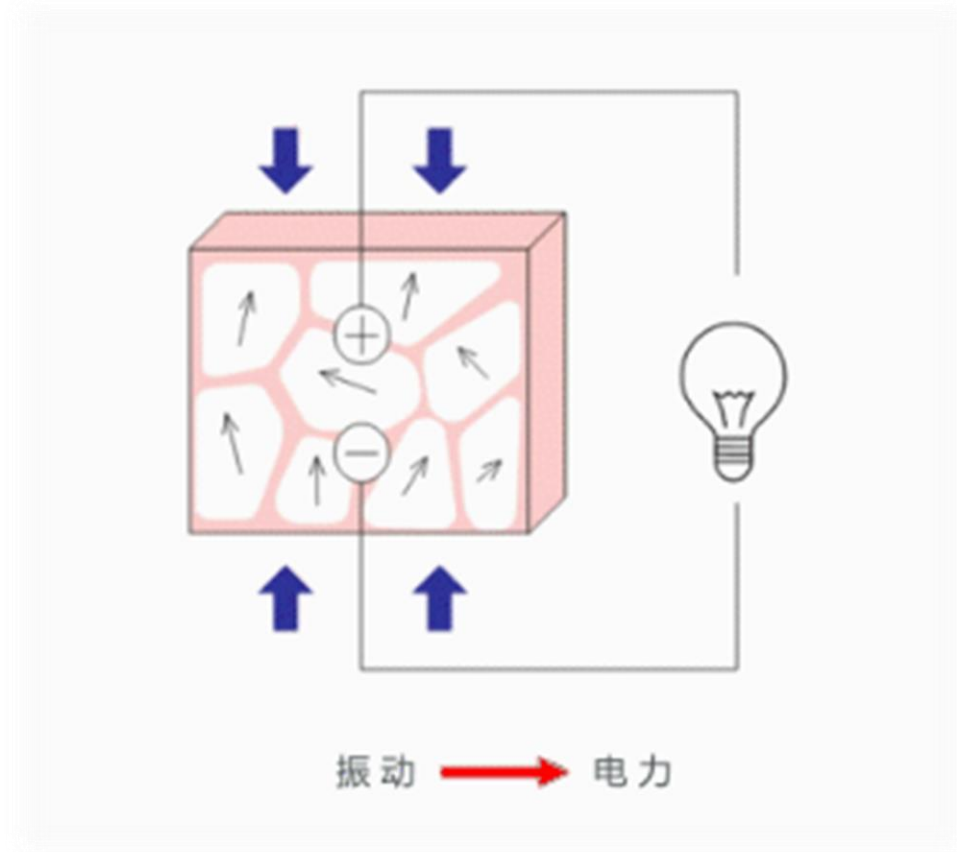
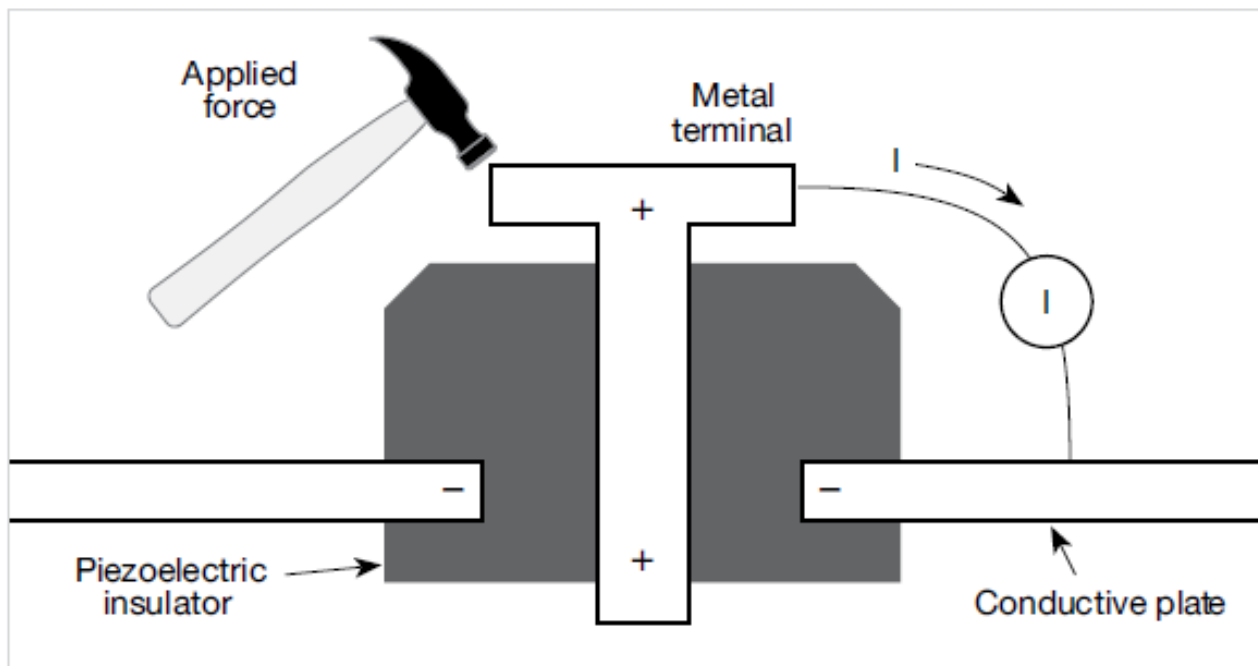
地回路



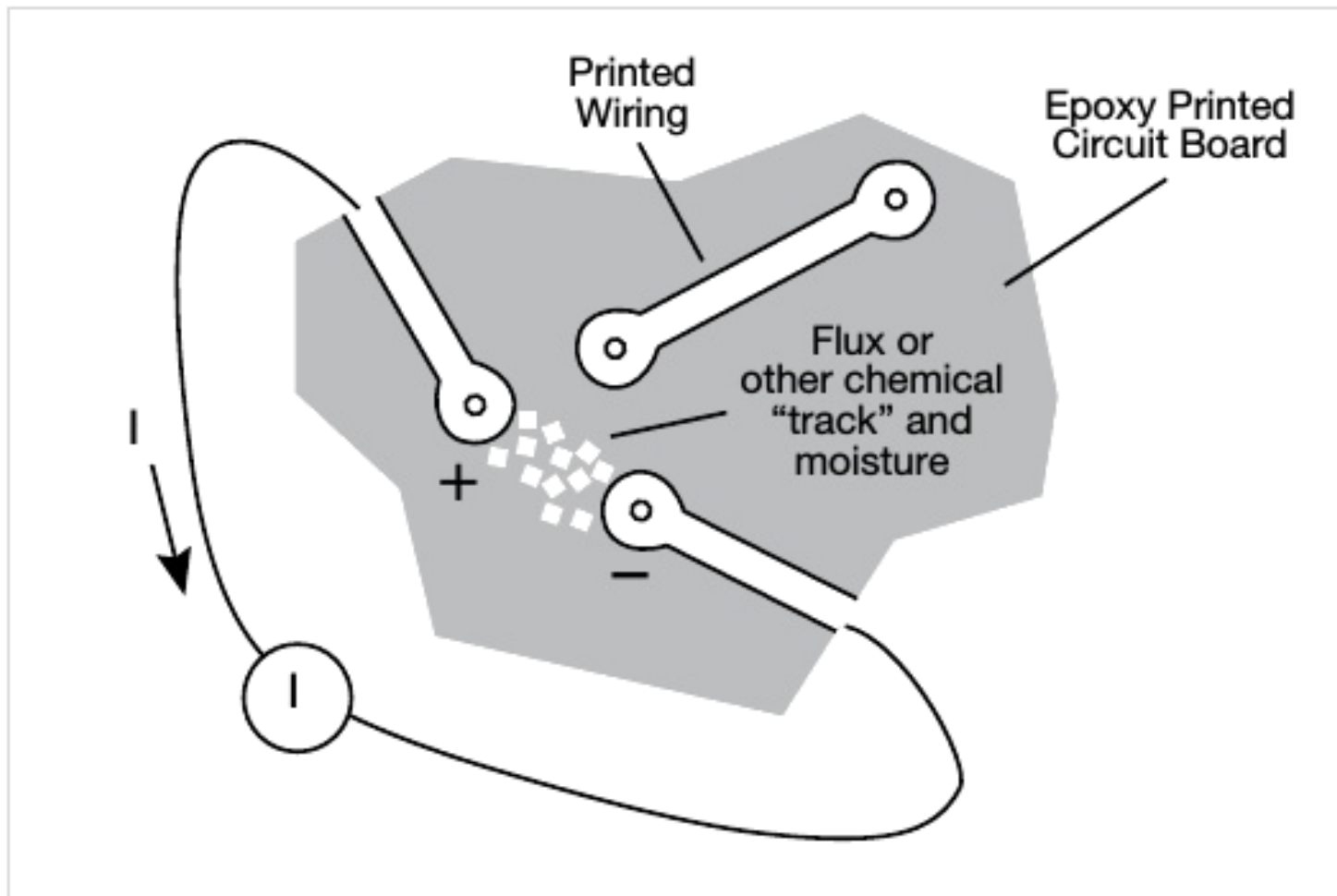
摩擦电效应



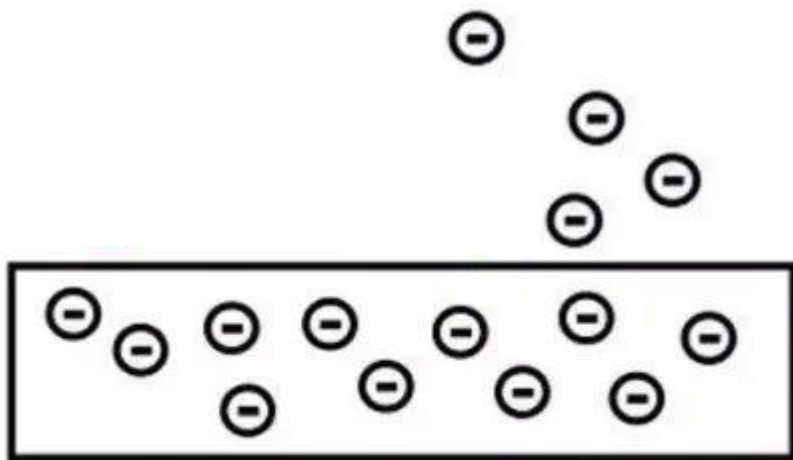
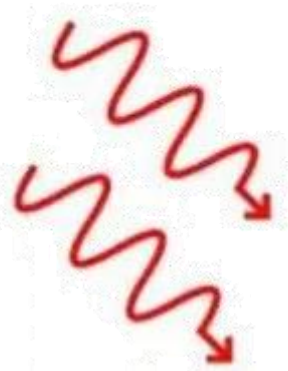
压电和存储电荷效应



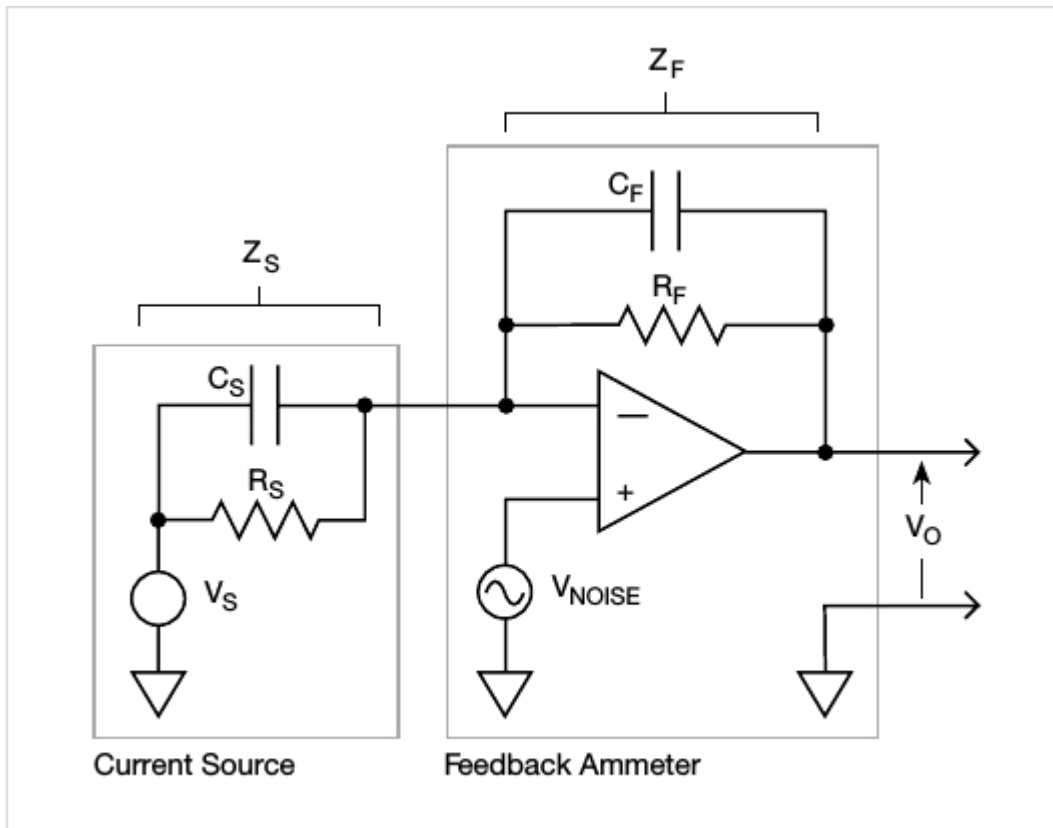
污染和湿度



光



噪声和源阻抗



R_S =源电阻

C_S =源电容

V_S =源电压

V_{NOISE} =电流表的噪声电压

R_F =反馈电阻

C_F =反馈电容

电路的噪声增益为

$$\text{Output } V_{NOISE} = \text{Input } V_{NOISE} \left(1 + \frac{R_F}{R_S}\right)$$

Range	Minimum Recommended Source Resistance
1pA to 100pA	1GΩ to 100GΩ
1nA to 100nA	1MΩ to 100MΩ
1μA to 100μA	1kΩ to 100kΩ
1mA to 100mA	1Ω to 100Ω

测量配置对测试的影响



消除偏置



Tools

- Instrument Tools
- Data Export

SMU

SMU Auto Calibration

CVU

CVU Connection Compensation

CVU Real-Time Measurement

CVU Confidence Check

PMU

PMU Connection Compensation

Exit

测量设置

- NPLC
- Range
- Delay/interval
- filter

Terminal	A
Instrument	SMU1
Force	
Operation Mode	Voltage Linear
Start	0
Stop	5
Step	0.05
Points	101
Dual Sweep	<input type="checkbox"/>

Test Settings Terminal Settings Help

bio-iv-sweep#1 Advanced

– Measure Settings

Speed

Delay Factor

Filter Factor

Auto A/D Aperture

A/D Aperture Time

Report Timestamps

– Test Mode

Mode

Interval s

Number of Samples

Hold Time s

Formulator Output Values Exit Condition

Speed mode	Delay factor
Fast	0.7
Normal	1.0
Quiet	1.3
Custom	0 to 100

Speed Mode	Filter Factor
Fast	0.2
Normal	1
Quiet	3
Custom	0 to 100

Speed Mode	A/D Aperture Time
Fast	Auto
Normal	Auto
Quiet	Auto
Custom	0.01 to 10 PLC

总结

推荐参考文献

