

材料

Materials





# Materials

## 材料电性能测试

- Solartron具有50多年开发,生产电化学阻抗谱(EIS)测试仪的历史,完全成为具有极高准确性和可靠性的市场主导产品。其配套软件还可执行系列测量。
- 事实上,任何液体和固体在施加电压时就会有电流通过。当对材料施加可变的交流电压时,得到的电压与电流的比值(V/I)即为阻抗。
- 许多材料,尤其是那些电的不良导体,阻抗会随着施加电压的频率变化而变化,这种变化会随着液体或固体的性质不同而有差异。也可能由于材料的物理结构不同或是化学过程不同,或二者兼而有之。
- 某些材料的物理和化学性质会随着温度显著变化,温度和阻抗关系的测试在这些材料性能分析中是非常重要的。

## 材料表征

材料电子测试考察材料的储存电荷(电容)和传递电荷(电导)的能力。测试分析这些参数可以提供材料物理和化学性质的有价值的信息,如阻抗、孔隙率、介损、分子弛豫、晶界、相变、介电常数测量等许多参数。

### 陶瓷

EIS可以提供有关晶体结构的明显信息(如晶界效应和电子均匀性)可以快速评估变量的影响,并可以优化产品的生产参数,如燃料电池、气体传感器和绝缘器件。

### 聚合物

优化高压电缆的介电性能以改进绝缘性、减少能量损失。离子导电聚合物可以用于新一代锂离子聚合物电池,导电聚合物可以用于传感器和柔性LCD显示。

### 显示技术

在一系列不同条件下对LCD材料电子性能进行详细分析,从而改进能见度、对比度和开关速度。

### 铁电/压电

材料研究已有广泛应用:包括用于汽车发动机和悬吊系统的传动器。

### 颜料与涂料

高阻颜料与涂料广泛用于产品的腐蚀防护,例如:食品包装、汽车、航天器和化工产业。该应用有时需要恒电位研究(详细内容请参考Solartron电化学简介材料)

### 复合材料

监控环氧材料的固化机理得到适宜强度和最小固化时间。

### 电子元件

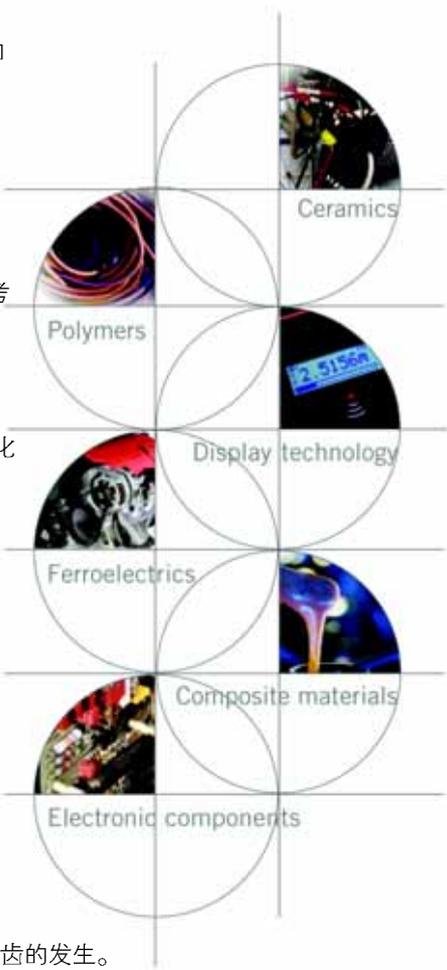
研究电子元件和半导体材料的抗击穿电压。

### 土木工程

EIS可以清晰表述混凝土的强度和构成变化过程。

### 生物材料

检测局部缺血的病因,从而考察器官移植的可能性;  
快速评估皮肤状况促进护肤和皮肤病学研究;  
阻抗能敏感地检测到牙齿瓷釉损坏,从而降低龋齿的发生。



## 材料表征系统

1 PC机通过SMart软件提供系统设置和控制, 数据显示与存储分析。

2 频率响应分析仪(FR A) (1260、1255)提供交流激发信号, 并记录和分析材料响应。

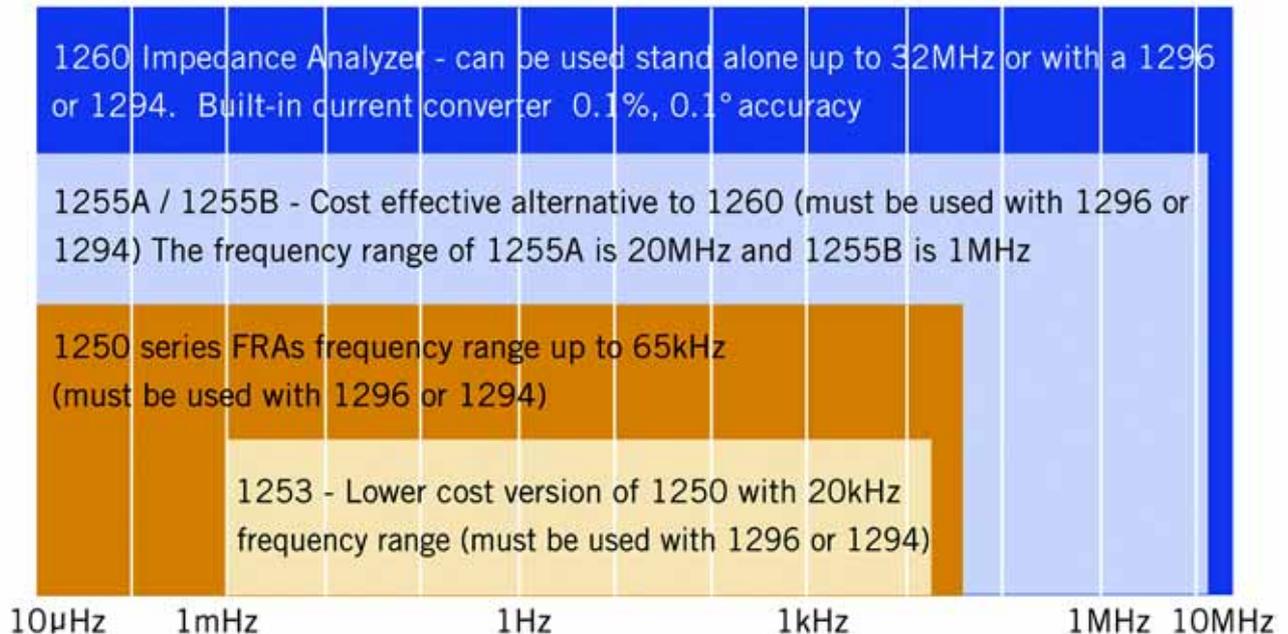


3 介电 / 生物材料阻抗接口 (1296, 1294)有效地增加了FRA的灵敏度, 能够更准确的测定高阻抗 / 低电容材料。

4 自动控温(选配)可利用制冷器或是加热炉进行临界温度的研究。



## 系统配置





## 1260 阻抗 / 增益—相位分析仪

毫无疑问1260 阻抗/增益—相位分析仪是目前最精确方便灵活和强有力的频响分析仪。

在前沿研究者的日常工作中,无论在什么地方测量的完整性和实验的可靠性是最为重要的,1260 以其固有的声誉经常在以下领域中所公开发表的研究论文中被应用如:

- 腐蚀研究
- 电池及燃料电池研究
- 太阳能电池
- 液晶显示器
- 生物材料
- 陶瓷/复合材料
- 电子元件开发
- 土木工程等

部分输力强公司精密产品的延伸是为有效地解决电化学及材料研究中的直流及交流测量分析,而设计的1260为阻抗谱的测量提供了出色的指标;

- 频率分辨率六千五百万分之一即百万分之0.015
- 0.1%, 0.1 度的精度是任何类似仪器中的最佳者
- 分辨率达到0.001 分贝, 0.01° 度可捕捉测量中每一个细节
- 阻抗测量大于100 兆欧 (MΩ)
- 2、3、或4 端测量配置;极化电压达40.95 伏;著名的ZPlot 软件包( 选配) 或SMaRT 软件简化了实验测量优化了数据处理能力。

### 极宽的频率范围(至 32MHz)

从10 μ Hz到32MHz 而分辨率达到百万分之0.015。将所有化学及分子机理的分析研究出众地全部包括在一台简单仪器中。

### 无与伦比的精度

测量精度0.1%, 相位精度0.1°, 即使样品有微小的变化也可被检测到并定量化。

### 无噪分析

1260 使用了输力强公司的单正弦波相关专利技术,该技术能消除那些简单仪器所困扰的噪声及谐波失真干扰。

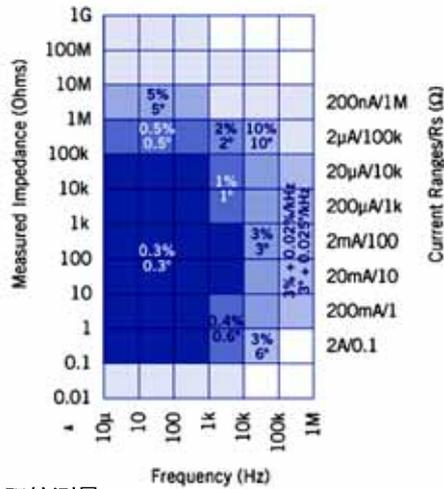
### 阻抗测量

事实上在任何液体及固体上施加一个电压均可有电流流过。如果将交变交流电压施加到材料,则其电压与电流的比值就是所谓的阻抗。测得的阻抗随施加电压的频率基于液体或固体的有关性质而变化。这种变化可以是由于材料内在的物理结构也可以是由于内部发生的化学过程或者两者的联合作用所引起。

### 阻抗测量比之于其他测量技术的优越性在于:

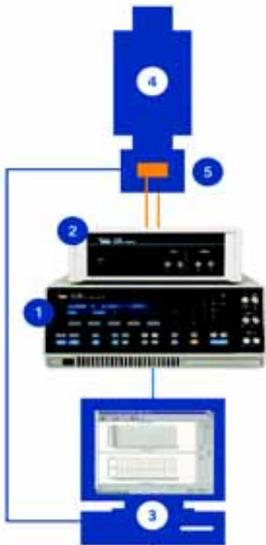
- 数据采集快速
- 测量精确而重现
- 非破坏性测量
- 通过分析不同频段的阻抗变化有能力分辨出由于电极物质扩散/ 电荷迁移的各种不同性质
- 可用等效电路/ 模拟技术来详细分析所得结果





### 阻抗测量

对阻抗>50 施加的激励电位为 1V 或阻抗 <50 则激励电流为 20mA



材料测试系统(1260-1296 或 1294)



电化学阻抗系统(1260-1287)

## 1260 阻抗分析仪的特性指标

发生器	电压模式	电流模式
交流幅度 ≤ 10MHz	0-3V 有效值	0-60mA 有效值
>10MHz	0-1V 有效值	0-20mA 有效值
交流分辨率	5mV	100μA
直流偏置范围	± 40.95V	± 100mA
直流分辨率	10mV	200μA
输出阻抗	50Ω ± 1%	>200k@ <1kHz
频率范围	10μ Hz ~ 32MHz, 最大分辨率: 10μ Hz 误差: ± 100ppm, 稳定度 24 小时 ± 1°C: ± 10ppm	
扫描类型	频率、电压、电流	
电压	高到低端 ± 46V (峰值), 低到地端 ± 0.4V (峰值)	
电流	± 100mA (峰值)	
阻抗	低到地端 100kΩ < 10nF	
连接	BNC, 浮地屏蔽	

输入系统	电压 (双路)	电流
(三组独立的分析器平行工作)		
量程	30mV, 300mV, 3V	6 μA, 60 μA, 600 μA, 6mA, 60mA
最大分辨率	1μV	200pA
满度峰值	± 5V	± 100mA
输入保护至	± 46V	± 250mA
输入方式	单端/差分 BNC	单端 BNC
屏蔽	浮地/接地	---
偶合	直流/交流(-3dB @1Hz)	直流/交流(-3dB @1Hz)

输入阻抗	电压	电流
高端对屏蔽	1MΩ, <35pF	≥ 600μA, 1Ω
屏蔽对地	10kΩ, 330pF	<600μA, 50Ω
最大误差	环境温度 20 ± 10°C, 积分时间 > 200ms (数据标定后一年内有效)	

### 结果

	频率, 交流幅度, 直流偏置可调
测量参数	电压, 增益, 相位, 实部, 虚部, Z, R, X, Y, G, B, V, I, 群延迟 C, L, Q, D
与计算机连接	GPIB IEEE488 (可选 USB 接口模式)
电源	90-126V, 198-252V, 48-65Hz
功率消耗	230VA
仪器尺寸	宽高深 432x176x573mm (17x6.93x22.56in)
仪器重量	18 公斤 (40 磅)
工作温度	0 ~ 50 °C



## 1255A/B 高频频响分析仪

利用单正弦技术 1255 对待测体系的任何两点间作增益及相位的精确测量。该完全数字化的技术用于评价简单体系及复杂系统 - 机械、电子、电化学系统的性能。输力强公司生产频响分析仪已有三十多年的历史, 这些仪器是为世界所公认的工业标准设备。公司用其卓越的技术知识及经验来生产 1255, 使它频率范围宽且其分辨率达到六千五百万分之一。

### 1255A/B 频响分析仪的主要特性包括:

- 测量增益、相位及群延迟
- 无与伦比的精度 - 0.2%, 0.02 分贝, 0.2°
- 宽深的动态范围 - 130 分贝带自动量程
- 宽的频率范围 - 10  $\mu$  Hz ~ 20MHz(1255A)、~ 1MHz(1255B)
- 超精细的频率分辨率 - 高达六千五百万分之一
- 频率、幅度、直流偏压自动扫描

### 1255A/B 高频频响分析仪的特性指标

<b>发生器</b>			
波形	正弦波		
频率	范围: 10 $\mu$ Hz ~ 20MHz(1255A), 10 $\mu$ Hz ~ 1MHz(1255B) 最大分辨率: 10 $\mu$ Hz 误差: $\pm$ 100ppm, 稳定度(24 小时 $\pm$ 1°C): 10ppm		
幅度	<10MHz: 0 ~ 3V 有效值, >10MHz: 0 ~ 1V 有效值		
分辨率	5mV		
误差(驱动开路)	$\pm$ (5% + 1% / MHz + 5mV)		
失真度	<2%		
扫描类型	频率(对数及线性), 幅度(线性), 直流偏压(线性)		
分辨率	频率: >10000 点, 幅度: >200 点		
<b>直流偏压</b>			
范围	-40.95V 到 +40.95V		
分辨率	10mV		
误差(驱动开路)	$\pm$ 1% $\pm$ 10mV		
最大电流	$\pm$ 100mA		
最大电压(低端到地)	$\pm$ 0.4V		
输出阻抗	50 $\Omega$ $\pm$ 1%, 低端到地: 100 $\Omega$ , <10nF		
连接	单端 BNC, 外屏蔽浮置至 $\pm$ 0.4V		
输出短路保护			
<b>分析器</b>			
两独立的分析器平行操作			
量程	灵敏度 (动态范围)	满度峰值输入	共模抑制电压
30mV	1 $\mu$ V (90 分贝)	45mV	5V
300mV	10 $\mu$ V (90 分贝)	500mV	5V
3V	100 $\mu$ V (90 分贝)	5V	5V
输入保护至	$\pm$ 46V 峰值		
阻抗	高端至外屏蔽: 1M $\Omega$ $\pm$ 2%, <35pF 屏蔽至地(浮置): 10k $\Omega$ , <330pF		
共模抑制(1MHz 处)	>50 分贝		
交叉通道隔离(1MHz 处)	>100 分贝		
积分时间	0.01s - 10ms, 或自动		
与计算机连接	GPIB IEEE488 (可选 USB 接口模式)		
电源	90-126V, 198-252V, 交流, 48-65Hz		
功耗	200VA		
尺寸 (宽 x 高 x 厚)	432 x 176 x 573mm (17 x 6.93 x 22.56in)		
重量	18 公斤(40 磅)		
操作温度范围	0 ~ 50°C		



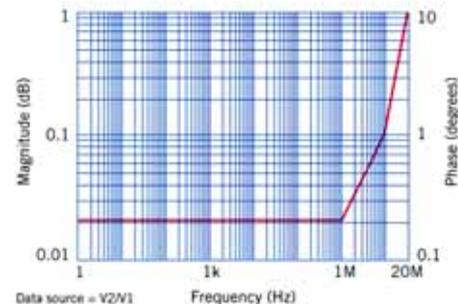
1255A



1255B

### 增益 - 相位测量

适用于所有量程并大于满度的 10%



### 材料测试

当 1255A 与 1296 介电界面以及温度测试设备联用时能对许多材料进行测试, 例如:

- 超级电容器 / 燃料电池 / 电池
- 液晶、聚合物、液体中分子动力学弛豫过程
- 半导体、有机晶体、陶瓷等材料中的电荷迁移
- 分析化学反应、聚合和固化过程
- 新型气体液体传感器
- 绝缘材料、半导体材料的表征
- 绝缘子、印刷电路板生产中的质量控制

### 典型系统配置:

- 1255A-1296 材料阻抗系统
- 1255B-1294 生物材料阻抗系统
- 1255B-1287 电化学阻抗系统
- 1255B-1470E 多通道阻抗系统

## 1294 生物材料阻抗仪

已证实电阻抗和生物阻抗是分析研究材料和生物材料中离子和电荷传递过程的新技术。

阻抗会随着施加电压的频率改变而不同，这与材料的物理结构或/和其中的化学过程有密切关系。材料阻抗的精确测量，可以获得材料在不同频率下的有价值的信息，有机组织（水果、人类、动物）的阻抗能够展示出其储存、冷藏或移植的条件及相匹配性；

1294阻抗接口已经克服了生物材料在低电流测试中精度低的难题，并可满足现在或将来对生物活体组织的性能测试。

与 1260 或 1255 频率响应分析仪联用具有以下特性：

### 精度高

- 真正的四端测试，减小了电流接点的局部扰动影响；
- 采用均衡式信号发生器；
- 有源屏蔽；

### 安全可靠

- 采用 IEC—601 标准连接。适用化妆品、皮肤保湿、组织阻抗及牙齿衰退等涉及活性有机体的测量。

### 测试范围宽

- 1 $\mu$ V, 1pA 灵敏度；
- 阻抗范围：10m $\Omega$ ~10<sup>9</sup> $\Omega$  ( > 1G $\Omega$  ) ( 覆盖几乎所有生物材料 )；
- 频率范围：10mHz~750kHz ( 与 1260 或 1255 联用 )；

### 阻抗测试特性

- 无侵害性：通常采用表面电极进行阻抗测量；
- 非破坏性：没有 X 射线等测试伤害；
- 可重复性：如许多生物阻抗测试要比较不同周期的组织状态等



### 主要应用

- 人工移植
- 肿瘤监测和组织分析
- 人体脂肪研究
- 牙齿
- 胶体 / 电极界面
- 血液细胞分析和病毒感染测试
- 水果和食品新鲜度分析
- 植物和树木生长过程

### 1294 生物材料阻抗仪特性指标

频率范围：	10mHz~750kHz ( 与 1260 或 1255 联用 )；
电压模式：	10V ( DC ), 7V ( AC 有效值 ), AC+DC 峰值 10V
电流模式：	跨导, 10mA/V;
最大 DC 电流：	45mA ( 常规连接 ), 10mA ( IEC601 连接方式 );
最大 AC 电流(有效值)：	30mA ( 常规连接 ), 10mA ( IEC601 连接方式 );
最大 DC+AC 电流(峰值)：	45mA ( 常规连接 ), 14mA ( IEC601 连接方式 );
阻抗范围：	10 <sup>-2</sup> ~10 <sup>9</sup> $\Omega$ ( > 1G $\Omega$ )
结果参数：	Z*, Y*, E*, M*, C*(实部、虚部、 模、相位、损耗系数 tan $\delta$ )可相 对于频率、时间、温度、直流偏 压、交流幅度作波特图及复平面图
电源：	交流 85V~264V ( 47~440Hz ), 功耗 18W
仪器：	尺寸 ( 宽、高、深 ) 340mm x 120mm x 300mm; 重量 6.5 公斤
操作温度范围：	5~40 $^{\circ}$ C

## 1296 超高阻抗测试仪

为分析低电导率、低损耗材料要扩展即使是最好的频响分析仪的能力。阻抗仪 ( 1260 ) 单独使用时, 已不能有效地解决上述问题。

1296 超高阻抗测试仪接口克服了这些限制给你一个频率范围超过了 12 个数量级的快速、精确、可重复的阻抗测量, 产生有价值的可洞察各种材料包括聚合物、橡胶、木材、粘胶剂、电子元件、石蜡及油类等的特性。与易于操作的软件相结合, 系统能照应实验技术而让你集中精力于所得结果的分析。

1296 增强了输力强公司知名的频响仪 1260、1255 去解决在测试介电材料所遭遇到的超低电流及电容的能力, 能够做到:

- 阻抗测量超过  $100T \Omega$  ( $10^{14} \Omega$ );
- 精确测量介质损耗,  $\tan \delta < 10^{-4}$ ;
- 频率范围:  $10 \mu \text{ Hz} \sim 10\text{MHz}$ ;
- 可施加交流信号电压及直流偏压
- 施加高达 1000V 电压 ( 用外接高压源或放大器 )
- 去揭示先前难于达到的一些基本数据。

1296 内有高精度的参考电容, 或者你也可以选用一个外接的参考电容, 因而提供了无比的灵活性可适合各种实验要求。支持温度及直流控制器, 所配的测量软件可加以设定, 这进一步扩充了材料分析工作域。

### 材料介电特性 ( 非传导性 )

许多材料具有低电导 ( 高阻抗 ) 及低损耗的性质。虽然许多呈现了这些性质的材料通常不作介电材料来考虑但它们常被统称为介电材料。分析这类材料的一种通用技术即是阻抗谱—在各种频率下测量其电学阻抗。阻抗与材料的电导率及电容率有关, 而这些参数依次与材料的

原子分子活性有关。当有交流电压施加于介电材料样品时, 一些能量就被电容所储存而另一些则被电阻效应所消耗。

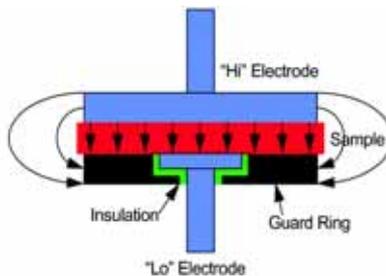
样品中所引起的电流将呈现一个相位滞后  $\delta$ 。在材料研究中的电容效应即是所谓的电容率 ( 或称介电常数 )  $\epsilon'$ , 而电阻效应则称之为介质损耗  $\epsilon''$ 。 $\tan \delta$  即损耗系数, 它等于  $\epsilon'' / \epsilon'$ 。

当材料的  $\epsilon'$  大而  $\epsilon''$  很小时, 若要精确测量则  $\tan \delta$  的分辨率就变得很关键。

1296 通过采用参比测量法来解决此问题, 即先测量精密电容, 该精密电容自动地取代样品; 下一次测量是样品本身, 如此交替地进行。这两个结果可用于获得非常精确的材料电容率值, 事实上, 第一次测量是用来消除外部附加的电容。

### 温度和样品夹具选项

- 低温系统 ( 129610 ), 温度覆盖从 77K 到 500K, 用固体及液体样品夹具来测试聚合物、橡胶、药品等等。
- 高温炉系统, 温度覆盖从  $400^{\circ}\text{C}$  到  $1000^{\circ}\text{C}$ , 用固体及液体样品夹具来测试陶瓷、复合物、玻璃等等。
- 室温下用于固体及液体样品的夹具 ( 12962A, 12968A, 12964A )。



专利样品夹具示意图

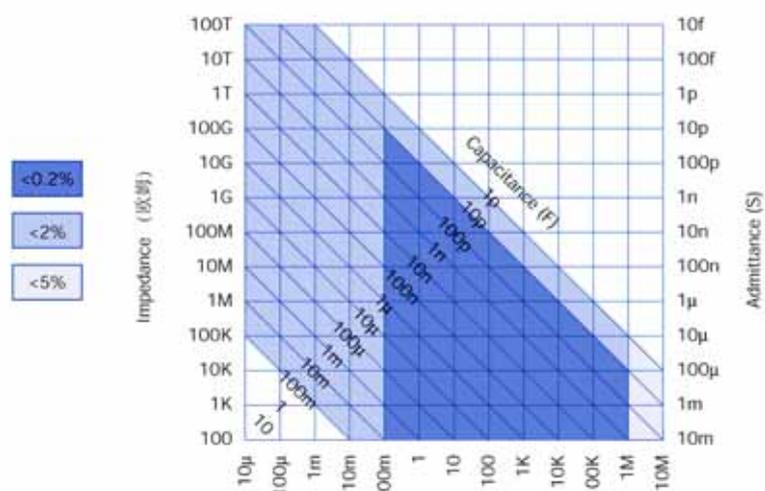


## 1296 阻抗仪特性指标

	1296+1260/1255	1296+1250	1296+1253
频率范围	10 $\mu$ Hz to 10MHz	10 $\mu$ Hz to 65kHz	1mHz to 20kHz
信号幅度	7V 有效值	10V 有效值	10V 有效值
直流偏压	$\pm$ 40V	$\pm$ 10V	$\pm$ 10V

\* 信号>3V 有效值时, 使用内部放大器但信号幅度 + 直流偏压不得超过 10V 峰值

电流测量	1fA ~ 100mA
Tan $\delta$ 范围	$<10^{-4}$ ~ $10^3$ ( 参比模式 )
阻抗范围	100 $\Omega$ ~ 100T $\Omega$ ( $10^{14}$ $\Omega$ )
电容范围	1pF ~ >0.1F



典型精度, 参比模式

## 应用

1296 的应用范围是很广的, 包括以下研究领域:

- 液晶、聚合物及液体分子动力学中的弛豫过程。
- 半导体、有机晶体、陶瓷体等中的电荷迁移。
- 化学反应、聚合作用、固化过程的分析。
- 非线性电学及光学效应。
- 绝缘材料及半导体材料的表征。
- 新颖的气体、液体传感器。
- 定性控制绝缘子、印刷电路板等的生产。
- 燃料电池 / 一般电池材料的开发研究。



软件	可对频响仪、1296、所选温度控制器及直流偏压、交流信号放大器的操作控制
结果参数	Z*, Y*, $\epsilon^*$ , C* (实部、虚部、模、相位、损耗系数 tan $\delta$ ) 可相对于频率、时间、温度、直流偏压、交流幅度作图, 以波特图和复平面图
电源	交流 85V-264V ( 47-440Hz )
功耗	最大 30VA
仪器尺寸(宽,高,深)	340mm x 120mm x 300mm ( 13.39 x 4.72 x 11.81 in )
仪器重量	5.5 公斤 ( 12.13 磅 )
操作温度范围	10-30°C ( 50-80°F )



# ModuLab MTS 材料电特性测试系统

## 用于材料的电学特性研究

ModuLab MTS(材料电特性测试系统)是模块化的,完全整合的研究系统,可用来测试从绝缘体到超导体的大部分材料的电学性质。

很多测试系统都可以测试材料的电学性质。典型的系统分析可以分为两类:要么提供时域技术,如恒定电流,通过脉冲电压和扫描电压(I-V)确定材料的电学性能;要么提供AC技术如阻抗、电容、C-V或者Mott-Schottky来提供更多细节信息进一步分析材料的导电机理。许多情况下,根据被测材料的类型,通常需要多个供应商提供多种设备,包括放大器、功率放大器、控温测试设备(低温系统或高温炉),敏感的电流感测器等。

ModuLab MTS 将上述所有的功能整合于一个模块系统中,从而提供了独特的方法进行材料测试。核心 MAT 模块提供了高速时域测试功能,系统中还可以加入可选模块,例如加入频响分析模块提供阻抗/C-V测试能力,加入模拟放大器提供高电位/低电流测试,加入控温附件则可以实现温度的控制。

这种模块化方法对于用户有如下优点:

**启动成本低**—您可以先购买 MAT 核心组件以及主机箱,当资金允许时再购买可选附件。

**节约成本**—为本系统购买的模块以及附件适用于所有的测试技术。电流以及高电位放大器服务于时域测试和 AC 测试,所有测试均可实现温度控制。

**易于操作**—同样的系统软件用在所有测试中,减少了学习时间,增加了熟悉度。

**系统维修**—当系统的某一模块无法正常工作时,系统的其他组件不会受到影响,当该模块取出维修时,其他组件能继续正常工作。

### 系统提供:

- 时域技术包括 I-V, 恒定 DC, 脉冲电位以及电位扫描。
- AC技术包括阻抗, 电容, 介电常数, 电气模型, C-V以及Mott-Schottky。
- 可选模块扩展了测试范围—高电压、样品/参比、功率放大器和低电流测试。
- 高/低温系统及样品架配件包括低温系统、高温炉等等

多种可选模块的一体化设计,不仅提供卓越性能,而且配置灵活,操作简便,可以配合您的研究,为您量身定做,适应和拓展您的研究深度和广度,主要应用领域有:

		聚合物	陶瓷	电介质	半导体	太阳能电池	显示材料	纳米材料	生物材料	超导体
Modulab MST 模块	MAT 主模块(I-V 时域特性测量)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	MFRA 模块(C-V, 阻抗, MottSchottky 测量)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	MHV 模块(高压至 100V)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	MFA 模块: fA 级电流分辨率(>100T Ω)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	MREF 模块:样品 / 参比样品测量	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	MBST 2A 模块:大电流扩展器(2A)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
辅助设备	外部高压放大器	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	129610A 低温恒温器(5K-600K)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	高温炉(室温 - 1600°C)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	12962A, 63A, 64A 样品支架	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	半导体探针台	●	●	●	●	●	●	●	●	●



## 多种应用简单的叠加...

**介电材料**

铁电材料（常用于电子应用，如PC内存）、压电材料、陶瓷、聚合物、油品、玻璃以及粘土都属于介电材料（绝缘体）。MTS系统的高电压、杰出的电流分辨率及高精度非常适用于测量此类介电材料的电性能。

**陶瓷**

陶瓷经常用于高温及绝缘领域，特别是航天涡轮扇叶、宇宙飞船的材料片、引擎喷嘴、传感器、盘状刹车等。MTS系统的高电压、高温和低电流模块完美的提供了陶瓷材料的测试环境。

**聚合物**

MTS系统可用于测量聚合物的电性能，如电缆绝缘材料、显示屏基质材料、半导体低K介电材料、导电聚合物、塑料涂层等。

阻抗测试广泛应用于聚合物介电特性的测试。

**半导体**

半导体材料的电阻率因随周围的电场变化而变化，被广泛应用于PC、整流器、太阳能电池、放大器等。MTS系统的AC与时域测量功能包括I-V、C-V、温度控制及宽泛的电压、电流范围为研究者提供了极大的方便。

**超导体**

超导体是指在一个临界温度以下具有零电阻的材料，它们广泛用于电磁体、如MRI、NMI与质谱仪；MTS系统的超低阻抗测试特点和精确的温控附件是测量超导材料的必须。

该ModuLab MTS系统设计的目的是检验由绝缘体至超导体的几乎任何类型的材料，包括：

- 纳米材料
- 半导体
- 光伏
- 陶瓷
- 聚合物
- 显示材料
- 铁电/压电材料
- 介电材料
- 物材料
- 超导体

该材料可以是固体，液体或粉末，可使用加热到>1600°C高温炉或冷却到接近绝对零度的低温系统。使用时间域，阻抗和温度测试大多数材料均可获得性能表征。

对于如何用Solartron的系统测试这些材料可以在Solartron的网站上检索得到应用案例：  
[www.solartronanalytical.com/stacksofapps/](http://www.solartronanalytical.com/stacksofapps/)

**纳米材料**

新型纳米材料掺杂于现有的陶瓷、聚合物等材料中，制造出具有优异的机械、电气及热特性的复合材料。MTS系统的多功能性及模块化结构是测试这些新型材料电性能的绝佳之选。

**生物材料**

利用时域及AC测量技术，MTS系统可用于各种生物材料、器官移植成活、医用植入材料、血液、病毒或组织细胞以及药物在体内传输的测量。虽然不能直接和生物活体相连接，但是广泛应用于体外测试。

**太阳能电池**

太阳能电池以其来源于太阳的无穷无尽以及廉价的特点成为传统燃料的替代。MTS系统集成I-V特性（评估功率/转换效率）及阻抗/C-V特性（确定载流子密度和迁移率）测量为一体，简化了测试程序，降低了投入成本。

**显示材料**

新型显示技术，如OLED及AMOLED，为手提电脑、手机及薄屏电视提供了更大的发展潜力。MTS系统为该类产品的提供了多种测试方法，如脉冲（显示保持/Flicker测试）、I-V、C-V及阻抗测试。



## 该系统包含所有的.....

### MAT 核心模块

ModuLab MTS 是模块化的材料测试系统,其核心MAT模块使用最新的数字信号处理器(DSP),能精准地进行控制和测量。高速数据采集,数据平均,确保数据可靠及检测灵敏度。

- 使用高采样速率(64MS/s)之波形发生器与插值滤波平滑的功能,能在所有平滑的模拟技术之下,传送高精度、稳定及控制的数字波形。
- 应用于脉冲与快速 I-V 扫描,高速数采达 1MS/S
- 高带宽可以用于高速 I-V、脉冲和阻抗(需MFRA选项)的精确、可靠测量;
- 浮地电极功能,用于在接地的电池、压力容器、导管与贮存箱等接地样品的测量。
- 灵活的序列实验设定,容许在实验中有需要的特定点上以高速率采集,如:分析脉冲或高速 CV。
- 在各种实验技术之间瞬时切换的能力,提高了操作及测量的灵活性,例如C-V,Z-V,脉冲,阻抗测量等。

### MFRA 频率响应模块

阻抗、导纳、电模数、C-V、Mott-Schottky、介电常数分析,整个频率范围(10 μ Hz to 1 MHz)内采用多种测量技术,MTS 均可完成。

- **单一正弦相关:** 提供无可匹敌的精度与可重复性。成千上万的研究文章都是使用 Solartron 的阻抗测试技术完成。MFRA 结合最佳品质的模拟硬件设计及最新一代的高速数字信号处理器(DSP)技术,提供更高的测量速度与精度(从 1MHz 至 10Hz,每 10 倍频间隔采样,取样 10 点,仅需 5 秒),将阻抗测量性能带领到更高的境界。
- **多正弦/快速傅立叶转换(FFT)分析:** 同时触发与测量可由使用者选择的多重频率,提供甚至更快速的测量性能。这对于快速低频分析及随时间变化或不稳定体系之测量特别有用。  
多正弦/快速傅立叶转换(FFT)测量是如此快速,因此可经常在样品体系改变响应之前完成。
- **谐波分析:** 采用 FFT 分析技术及单一或多重频率触发,以便研究线性与失真。
- **C-V 和 Mott-Schottky 测量:** 在整个频率范围使用上,用单波或多波测量技术实现。

### MHV 100V 高电压选项

标准的 MAT 核心模块能提供高达 ± 8V 的扫描电压值,对于很多应用,高电压也是必须的,如在高阻抗绝缘材料情况下。

MAT 和 MHV 选项可以提供 ± 100 V 范围内超平滑的扫描电压、I-V、DC、脉冲测试。自动衰减样品电压以满足 MAT 核心模块测量的要求。

MHV 能同样提供峰值为 100V 的 AC 峰形,用于样品阻抗测试,DC 及 AC 信号可以结合用于高压的 C-V、Mott-Schottky、电容及阻抗测试。



**MFA 小电流选项**

标准 MAT 核心模块能够达到 1pA 电流分辨率，这个分辨率对于许多材料测试已足够。但对于高阻抗材料，如绝缘体、介电材料、陶瓷、纳米材料（碳纳米管）、半导体材料等，可能需要更为灵敏的电流测量精度。

fA 电流测量选项 MFA 是设计用于解决极小电流(150aA)分析。也可结合与 MHV 高压选项使用，以测量极高阻抗材料(>100T Ω)，也可以与 MREF 结合提高材料测试精度和重现性。

**MREF 样品 / 参比选项**

MREF 可以提高电介质样品的 AC 阻抗的测量精度。电容标样可以测量系统误差。MREF 样品 / 参比选项通过先测量样品，再测量一个已知标定过的与参比有相似阻抗值的电容，使用验证过的电缆来提高电介质材料 AC 测量的准确度。

参比电容的测量提供准确测量值，消除在样品测量中由于连接电缆，测量回路所带来的系统误差，多个标定的内部参比电容可供选择用于匹配各类样品阻抗，如需要，用户可以采用外部参考模式，使用外部参比电容。

**MBST 2A 功率放大器选项**

MAT 核心模块提供的标准电流范围是 ± 100 mA。对于超导体或半导体测试，如需要更大的电流可通过选购 2A 内置电流放大器。

MBST 选项提供高达 ± 2A 的电流输出，这使得测量样品上的压降更为简便，提供阻抗分辨率达 10 μ Ω。



**ModuLab 采用最新的数字信号处理器(DSP)技术。**

## 软件

Modulab MTS软件是全面、灵活、易于操作。该系统有多种测试类型可供选择,从标准开路电压、I-V、C-V和Mott Schottky测试到复杂的多步序列测试,包括样品制备、先进的实验技术以及综合阻抗分析。

Modulab MTS 软件在实验进行的所有阶段都用到了图表,以使用户精确理解自己的样品需要进行什么样的测试。一旦软件中输入参数,软件中的波形图将给出样品运行时,该实验所需要的实际时间及实验的设置值。

软件还给出了接线图,以方便用户检查样品是否正确连接,并在开始测试之前给出调整。

软件提供了多种数据采集模式可供用户自由选择而不受所选实验类型的限制。例如当运行电压脉冲实验时,就会选择高数据采样率,以便分析脉冲(电压和电流)的实际形状,以选择最佳测试点。

为了使用户能够分别实现序列AC、DC、温度和阻抗测试,软件提供大量的循测试设定方法,方便使用。

## 附件 ( 选购 )

### 温度控制

绝大多数材料的性质会随着温度的变化大幅改变—例如聚合物在其玻璃化温度、超导体在其零电阻临界温度、半导体在超出其工作温度范围、航天陶瓷在极端高温下性质都会发生很大改变。

ModuLab MTS通过低温系统和高温炉这两种附件提供全面的温度测试功能,来全面表征材料的性能。

Solartron 129610A 低温系统采用液氮或液氦来测试固体、液体或粉末材料,提供温度范围非常宽广,从5K到600K以上。为了避免样品发生破裂或膨胀,样品与制冷剂蒸汽不直接接触,而是将样品定位于一个独立的空间,通过热交换气体(通常是干燥的氦气)热交换来实现加热或者是冷却。

对于超高温测试需要高温炉。高温炉利用一个特殊的高温样品架,可以在室温到1600°C以上工作。该体系可以测试绝大多数要求苛刻的高温航空材料。

### 半导体探针台

ModuLab MTS 利用各种厂家的探针台来测试半导体薄片。探针台可以将探针在半导体薄片的表面精确定位,以精确测定薄片的电学性能。许多情况下,保持低温控制,能将温度和电学性能相结合。

### 样品架

除了作为低温系统和高温炉系统附件的专用样品架外,Solartron还提供额外的可用于室温或可控温烘箱中的样品架。

新研发的12962A样品架设计用于中温范围,测试固体材料。样品架可以采用2端或4端模式来测试高阻抗或低阻抗样品。

12963A样品架为附加电极的可选套件,用于不同尺寸的试样测试,12964A为12962A的附件,用于测试液体材料。

### 电位放大器

采用 ModuLab MTS 中的插件选择模块,可以在电位范围为MHV 100( $\pm 100V$ )下运行时域和AC测试。

对于很多材料这个电压已经足够了,但是仍有不少材料需要更高的电压。在这种情况下,需要在体系中增加外部放大器,提供高达 $\pm 10 kV$ 的电压放大器。

当使用外部高电压选项时,保护设备免受可能发生的损毁(样品被毁或者发生短路)是非常重要的。因此,高电位放大器提供了一个保护设备,该保护设备安装于MTS、高电位放大器以及样品之间。



## 技术指标

### MTS, 高压 MHV100, 功率放大器 MBST 2A, fA 测量 MFA:

规格描述	核心(模块)			
	MAT 1MHz	MHV100 高压选项	MBST 2A 电流放大器	MFA fA 小电流选项
所占插槽位置	1 个	1 个	2 个	1 个
测量方式	2 或 4 个端子	2 或 4 个端子	2 或 4 个端子	2 或 4 个端子
样品连接	Gen, VHi, VLo, I	Gen, VHi, VLo, MAT- I	Gen, I, MAT-, VHi, VLo	I, MAT- Gen, VHi, VLo
电缆 (1m)	4 x BNC to BNC	MAT 电缆	MAT 电缆	三轴电缆 to BNC
浮地测量	有, 至 1V	有, 至 1V	有, 至 1V	有, 至 1V
发生器 (Gen)	MAT 1MHz	MHV100	MBST 2A	MFA
波形发生器	64MS/s	同 MAT	同 MAT	N/A
最大采样速率	插补与过滤			
最大电压 (开路)	± 8V	± 100V	± 20V with MHV ± 8V with MAT	N/A
DC+AC 峰				
最大电压分辨率	150 μV (< 3V) 400 μV (≥ 3V)	2 mV (< 37V) 5 mV (≥ 37V)	1.5 mV	N/A
最大输出电流	± 100 mA	± 100 mA	± 2 A	N/A
输出阻抗	50 Ω	50 Ω	< 1 Ω	N/A
施加电压误差 (开路)	± 0.2% setting ± 800 μV (< 3V) / ± 2 mV (≥ 3V)	± 0.2% setting ± 12.5 mV (< 37V) / ± 35 mV (≥ 37V)	± 0.2% setting ± 10 mV (< 3V) / ± 25 mV (≥ 3V)	N/A
电压扫描速率	1.6MV/s ~ 1 μV /s1	10MV/s ~ 1 μV /s1	1.6MV/s ~ 1 μV /s1	N/A
推荐最大扫描速率	25kV/S	150kV/S	25kV/S	N/A
最小脉冲持续时间	1 μS	同 MAT	同 MAT	N/A
最大切换速率	> 10V/ μS	> 15V/ μS	> 10V/ μS	N/A
电压测量	MAT 1MHz	MHV100	MBST 2A	MFA
最大测量电压	± 8V	± 100V	N/A	N/A
电压范围	8, 3, (V) 300, 30, 3 (mV)	100, 37.5, 3.75 (V) 375, 37.5 (mV)	N/A	N/A
误差(% 读值 + 范围 % + 偏差)	0.1%+0.05%+100 μV	0.1%+0.05%+100 μV	N/A	N/A
最大 DC 时域测量速率	1MS/s	N/A	N/A	N/A
最长记录时间	无限制	N/A	N/A	N/A
电流测量	MAT 1MHz	MHV100	MBST 2A	MFA
最大电流	± 100mA	N/A	± 2A	± 100mA
电流量程	100mA, 30mA 至 30nA (10 倍间隔)	N/A	2A+MTS Ranges	100mA, 30mA 至 3pA (10 倍间隔)
误差(% 读数 + 范围 % + 偏差)	0.1%+0.05%+100pA	N/A	0.1%+0.05%+30fA	0.1%+0.05%+30fA
最大分辨率	1.5pA	N/A	1.5pA (MAT)	0.15fA
辅助电压输入	MAT 1MHz	MHV 100	MBST 2A	MFA
辅助直流 DC 通道数	4	N/A	N/A	N/A
电压范围	8V, 3V 至 3mV	N/A	N/A	N/A
最大分辨率	1 μV	N/A	N/A	N/A
同步测量 VHi, VLo	是	N/A	N/A	N/A

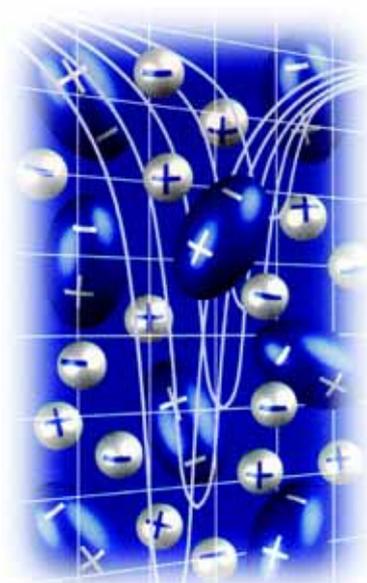
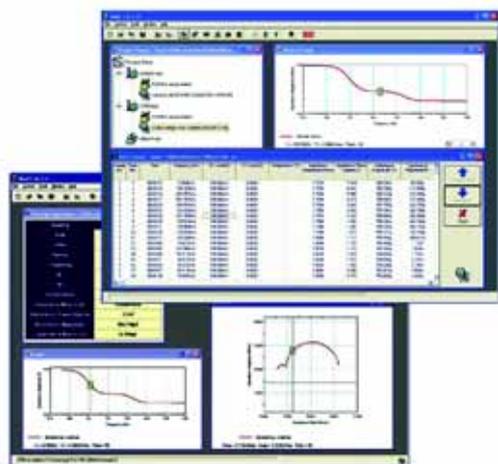
频率响应模块 MFRA	型号	说明
	所占插槽位置	1 个
	最大发生速率	40MS/s
	频率范围	10 μHz to 1MHz
	频率精度	1 in 65,000,000
	频率误差	± 100ppm
	最小测量积分时间	10ms
	分析模式(10μHz to 1MHz)	线性/对数 (全选或单选)
	定频率	
	单波	
	多波/谐波	
	精度 (比例)	± 0.1%, ± 0.1°
	抗混叠, 数字滤波,	
	直流偏置抑制	自动

样品/参比模式 MFR	模块	说明
	所占插槽位置	1 个
	参比模式	内部/外部
	连接至 MAT, MHV, 或 MFA	Gen, I
	连接至样品	1 m BNC cables
	连接至内部/外部参比	1 m BNC cables
	标定参比电容器	10nF to 1pF (3 per decade)
	模块	说明
	MAT 1MHz (2096A)	时域分析功能 (1MHz 带宽)
	MREF (20965A)	样品/参比介电材料选项
	MBST 2A (209610A)	2A 大电流扩展功能选项
	MHV 100 (20961A)	100V 高压选项
	MFA (20963A)	fA 小电流选项
	MFRA 1MHz (2065B)	1MHz FRA 选项 (用于 AC 测试)
	Chas 08 (2100A)	8 插槽机箱
	Chas 04 (2101A)	4 插槽机箱



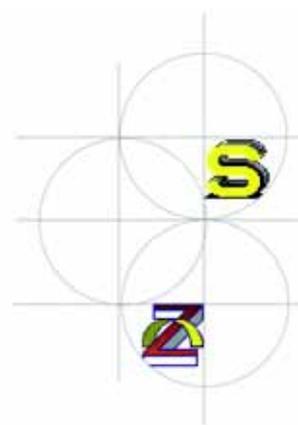
## SMarT (Solartron 材料研究与测试软件)

全套 Windows PC 软件，可控制频率响应分析仪、材料测试接口和温度控制仪。SMarT 软件允许复杂的 AC、DC、频率和温度的程序控制，可以为许多材料提供全阻抗测试。测定结果可用阻抗、导纳、介电、幅值对频率、AC、DC、温度和时间作图表示出来。其表现形式可以有 Bode 图和复平面图两种。SMarT 软件可在 Windows95、98、2000 或 XP 操作系统下运行。



## ZView 软件

SMarT 软件所采集到的数据均能很容易的引入到 ZView 软件中进行进一步分析。ZView 具有最全面的表示和分析阻抗数据的能力。数据可以用各种不同的形式表现出来，并可用强大的等效电路拟合程序来分析这些数据。事实上，任何的电路都可以等效为包括电阻、电容、电感、恒相位元素、分布因子和 Warburg 阻抗等的各种不同组合。



输力强公司 (Solartron) 现隶属于美国 AMETEK 集团公司，具有 50 多年设计和生产精密电子仪器的历史，是电化学交流阻抗谱仪器的专业生产厂家，已成为极高准确性和可靠性的电化学和材料测试分析仪器市场的领先者。代表性产品包括：频率响应分析仪，恒电位仪，电化学软件 (Zplot 和 CorrWare) 及电池测试系统。这些技术主要应用于：电池、燃料电池、超级电容器、传感器、腐蚀、电分析等领域；近年在研究和检测材料 (包括生物材料) 的储存电荷 (电容) 和传递电荷 (电导) 等阻抗特性方面日益成为热点。

