

# VersaSCAN™

Electrochemical Scanning System

微区电化学测试系统



- 扫描电化学显微镜系统(SECM)
- 扫描振动电极测量系统(SVET)
- 扫描开尔文探针系统(SKP)
- 微区电化学阻抗系统(LEIS)
- 扫描电解液微滴系统 (SDC)
- 非接触式光学微区形貌探测系统(OSP)

# 简介

系统是能够为电化学及材料测试提供极高空间分辨率的一个测试平台。传统的电化学测试，测量的是整个电极/电解液界面的平均响应信号。由于样品很少为均相，所以样品常常由钝化/活化自然属性的局部区域，或者阴极/阳极特性的局部区域组成。这就需要引入扫描探针电化学测试技术来研究样品的局部现象。

通过探针在样品表面测量，来采集局部样品的响应信号。微小的测试探针与样品的表面非常接近，但是，是非接触式的，这样减少所需样品的体积，并提高空间分辨率。然而，这些微小的响应信号需要强大的测量技术来测量并记录被测量的参数。VersaSCAN集成了久经考验的AMETEK多种型号仪器的强大功能，例如VersaSTAT电化学工作站的低电流测量技术和Signal Recovery 7230锁相放大器的弱信号测量能力，来获取这些数据。

VersaSCAN的定位系统是完全基于压电马达而建立，这些马达在很小的平面内能够提供长工作距离（100-mm）和超高的步进分辨率（1nm）。

多种的辅助器件安装在定位系统上，实现多种不同的扫描探针实验的强大功能：

- 扫描电化学显微镜系统(SECM)
- 扫描振动电极测量系统(SVET)
- 扫描开尔文探针系统(SKP)
- 微区电化学阻抗系统(LEIS)
- 扫描电解液微滴系统(SDC)
- 非接触式光学微区形貌探测系统(OSP)

使用同一个扫描平台和同一软件完成以上任一技术测量。

整合了高分辨率，长距定位系统；多种辅助器件，如测量探针，抗震平台，激光头，和超级测量装置如电化学工作站，锁相放大器使VersaSCAN的完美测试成为可能。



## VersaSCAN无以伦比的优势：

### 超强的技术特性：

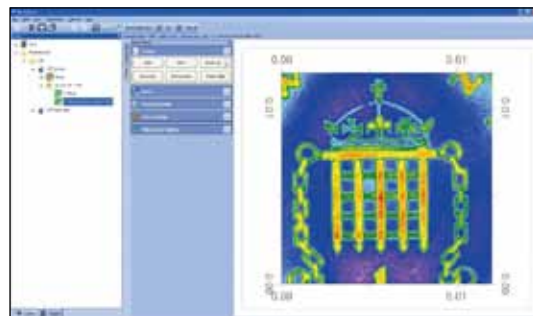
- 同一个扩展平台，可实现SECM, SVET, LEIS, SKP, SDC和OSP等多种技术。
- 集成了来自于VersaSTAT3/4/3F电化学工作站卓越的信号测量技术和Signal Recovery7230锁相放大器强大的噪声区分功能。
- 先进的定位系统提供了100mm的长工作距离，1nm的高步进分辨率和250nm的高重现性。
- 抗震光学平台内部采用蜂巢状的设计和硬质钢表面。
- 仪器之间由以太网相互连接。

### 专业的安装和培训：

- 提供专业的一站式服务，包括现场硬件和软件的安装及培训，性能验证，操作演示等。

### 卓越的软件性能：

- 随机提供软件预装的高性能笔记本电脑。
- 同一软件平台控制所有多种扫描探针技术
- 软件具有步步指引向导及仪器连接图指示，简化连接过程
- 内嵌3D数据旋转视图功能，提高图形的展现力
- 树状结构导航设计，允许设置单一实验，简单和复杂的序列实验，以及在同一测试项目中浏览不同的数据文件
- 结果可以以图像或表格的形式输出，并可导入至其它分析或报告软件中。



...the VersaSCAN

# SECM

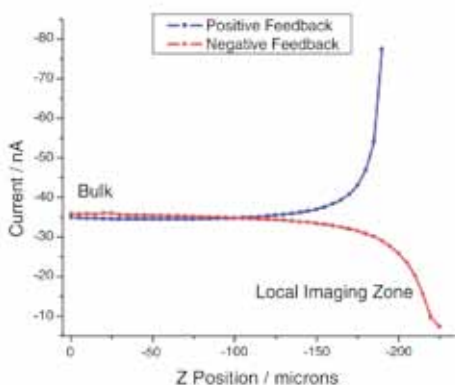
## Scanning Electrochemical Microscopy 扫描电化学显微镜系统

### 介绍

SECM扫描电化学显微镜，集定位系统、双恒电位仪和超微电极探针为一体。定位系统使探针接近样品的表面。双恒电位仪分别极化样品和探针，并测量二者产生的电流。探针为顶部特殊锥形抛光的超微电极，活性半径小于100微米。定位系统通过在可以探测到微区信号并成图的位置上，用测量探针进行扫描，来测量电化学参数，创建微区电化学活性数据图谱。

“逼近曲线”是通过探针在Z方向上充分接近被微区的样品，用化学方式来寻找最佳测量位置。当探针接近样品时，探针电流被绘制成图。当探针十分接近样品时(距离为探针直径的2-4倍)时，测量电流值会从宏观体系的响应转换为区域响应。在高电率的样品微区，Nernstain响应提供的局部电流响应强于宏观体系电流。然而，对于绝缘体特性的样品区域，电传导受阻，局部电流相对宏观体系电流却会下降。(如下图)

通常SECM的实验采用“发生-收集模式”，双恒电位仪的一个通道极化样品，同时另外一个通道极化探针。类似于旋转环盘电极(RRDE)实验，一个电极发生电化学氧化或还原反应，而另外一个电极则采集产物的信号。SECM不仅把带有空间分辨率的空间信息加载到了采集的数据上，而且通过简单改变极化水平，可以从“样品发生-探针收集”(SG-TC)模式改变为“探针发生-样品收集”(TG-SC)模式，得到同一空间位置的不同响应曲线。



逼近曲线实验，采用SECM反馈模式，区域成像图中兰线（金样品）显示电流增强，红线（绝缘体样品）显示电流下降。



### 应用

由于成像机理是电化学，SECM的应用就如同电化学本身的应用一样多种多样。在某些关键的领域，如生物传感器，反应动力学，多孔膜的研究，燃料电池催化剂和腐蚀机理等研究方面已经发挥巨大作用。

### 关键指标

集成VersaSTAT系列的多个电化学工作站型号，可以提供多通道的双恒电位仪。当然，至少其中的一个通道应当是VersaSTAT 3F系列，能够提供“浮地”功能。（在同一电解池中两个工作电极测量的需求。）

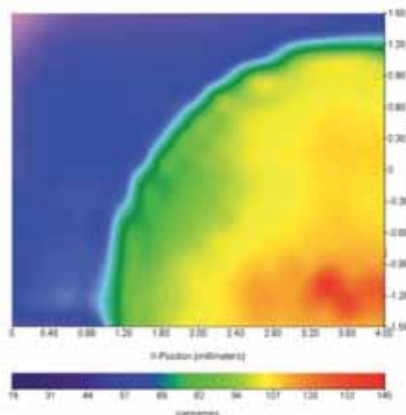
- 槽压：+/-12V
- 极化电压：+/-10V
- 电流范围：

VersaSTAT 4: 4 nA ~ 1A 标配

VersaSTAT 3F: 4nA ~ 650 mA 标配

VersaSTAT 3: 200nA ~ 650 mA 标配

- 仪器：一个通道为VersaSTAT-3F恒电位仪，另一通道可以是VersaSTAT 3/3F/4任一。



SECM微区面扫描，使用“样品发生-探针收集”(SG-TC)操作模式，金/环氧样品，铁氰化钾溶液。

# SVET

## Scanning Vibrating Electrode Technique 扫描振动电极测量系统

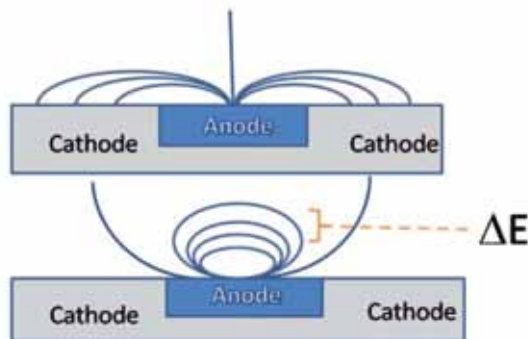
### 介绍

扫描振动电极技术使用一个丝状电极测量溶液中电势场的下降梯度。电势下降由样品表面的局部电流所导致。测量溶液中的电势梯度可以表征样品表面的电流分布图。电流可由腐蚀自然发生、生物过程产生或者由外部的恒电位来人为控制产生。

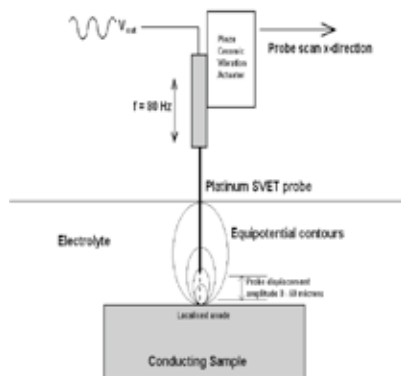
一个压电控制装置控制Z方向(与样品垂直)的探针振动，探针振幅峰对峰距离为数十个微米。微小的振动使得我们可以测量微小的电压信号(电势差) $\Delta E$ 。

探针上响应(信号+噪音)由静电计获取，静电计获取的信号再输入锁相放大器。鉴相器以同样振动频率为参考，从整个测量响应中抽出相应振动的微小的交流信号，消除微区扫描中的背景噪音，并依此测量下去。VersaSCAN采用阿美特克领先的噪声消除技术--7230锁相放大器，能够完美的检测微小信号。

测量的电位和探针的位置被重置，就可以得到电压相对位移的数据图。



由样品表面电化学反应所产生的电力线和电势场， $\Delta E$ 代表SVET实验的测量值。



SVET工作原理



### 应用

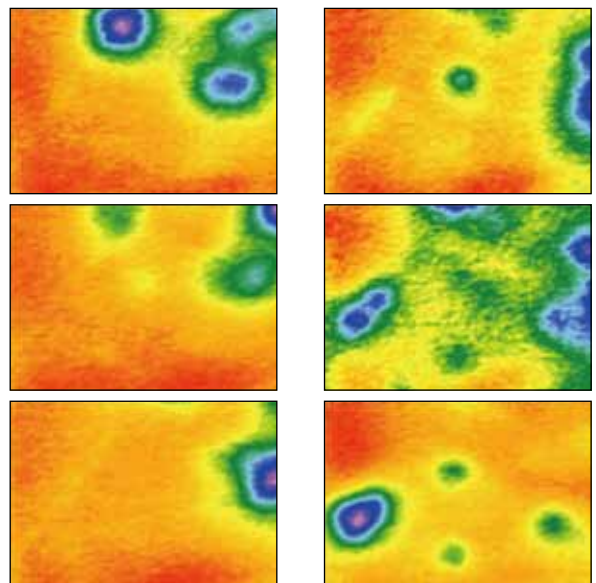
SVET的主要应用之一就是研究裸露金属表面的腐蚀过程，这些金属会形成电偶腐蚀，或者由局部的不均匀腐蚀，诸如点蚀或者缝隙腐蚀，产生这些电势场。

连续的延时实验提供了直接观察腐蚀发生过程的可能性，如不同区域的钝化或者活化。

此外，有很多应用和参考文献是有关SVET研究生物学体系的。

### 关键指标

- 探针材料: Pt/Ir
- 静电计量程: +/-10V
- 静电计增益: 1倍~10,000倍(十进位)
- 基于Signal Recovery7230锁相放大器的关键性能:
  - DSP 动态信号处理稳定性(非模拟信号, 不受温度漂移影响)
  - 高稳定性(无风扇故障)
  - 更佳噪音灵敏度(13 fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$ )
- 压电单元: 0-30微米振动, 垂直于样品



相同区域的腐蚀活性样品在电解液中不同的暴露时间后, 所得的不同时间的SVET图像。

# LEIS

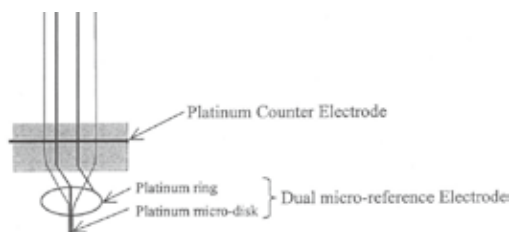
## Localized Electrochemical Impedance Spectroscopy 微区电化学阻抗系统

### 介绍

VersaSTAT 3F给浸在电解液中的样品施加交流电压。这个“整体”的电压施加使电解液界面和电极产生交流电流。一个双探头探针（环形探头与针探头）置于溶液中，与样品表面十分接近。静电计测量这两个探头之间的差分电压，如同测量溶液中的局部电压降。这个存在于溶液中的电压降大小是由样品上的局部反应，电解液的阻抗和双测量探头的空间距离而产生。

VersaSCAN静电计将所测量的电压输入到VersaSTAT 3F的“辅助差分电压输入”端。

软件可将所得到探针局部电压降转换为局部交流电流。由整体施加电压与所得的局部电流的比值，可以得到局部阻抗的幅值和相角。



双探头探针示意图

### 应用：

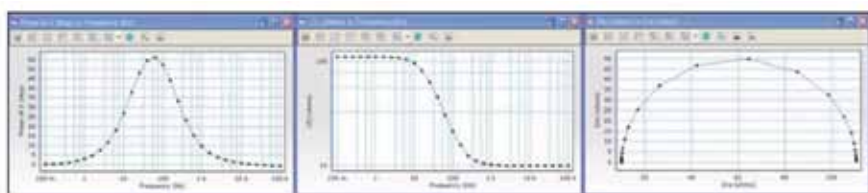
在LEIS的方法菜单中有两个不同的测试方法用于评价样品。

A) 在一个固定位置，进行频率扫描，对这个样品的局部区域响应绘图。数据为表征的Bode图或Nyquist图。提供局部区域的电阻、电容、电感等信息。

B) 根据探针的位置不同，生成一系列的数据图来表征交流响应。用幅值或相位作为响应，产生空间数据图，给出局部电流和电位的线、面分布。

LEIS提供的空间分辨的阻抗测试，为下列应用提供巨大价值：

- 无机/有机涂层研究
- 局部腐蚀
- 涂层得完整性，如分层，缺陷，鼓泡区
- 涂层厚度的变动
- 表面污染
- 缓蚀剂的研究

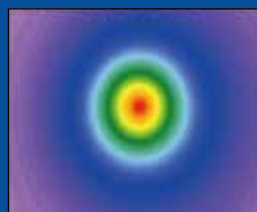


在固定位置LEIS实验得到的结果，结果为相角或幅值的Bode图以及Nyquist图。

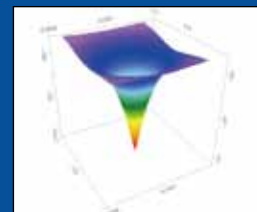


### 关键指标

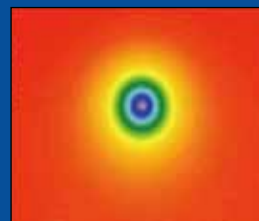
- 探针材料：Pt/Ir 针；Pt环
- 静电计量程：+/-10V
- 静电计增益：1倍~10,000倍（十进位）
- 恒电位仪：VersaSTAT 3F(含差分附件选项)
- 差分附件：
  - 可为单端输入或差分输入
  - ADC：16-bits
  - ADC 电压分辨率：305  $\mu$ V (X1增益)；61  $\mu$ V (X5 增益)，6.1  $\mu$ V (X50增益)。
  - 带宽>3MHz



2维幅值



3维图



2维相角

LEIS面扫描实验：施加电流于200  $\mu$ m金丝，模拟微区真实电流发生，如点蚀或凹坑。

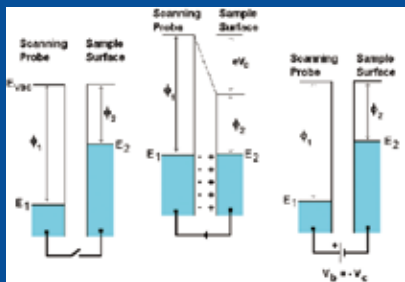
# SKP

## Scanning Kelvin Probe 扫描开尔文探针

### 介绍

开尔文探针实验是一种非破坏性的方法，研究探针和样品之间的相对功函数差。功函数可描述为导体表面释放出一个电子的能量需求，即：电化学家通常理解为电极的费米能级，即电子的平均能量，和真空电子（自由电子）能级的能量差。

金属微探针定位十分接近样品表面(100  $\mu\text{m}$ 数量级)，如果微探针和样品为不同金属，他们的电子会有能量差异，即不同的费米能级差。然后将微探针与样品之间连接短路，电子发生迁移。因此，一种金属表面形成正电荷，而另一种金属表面形成负电荷。探针和样品之间由介电体(空气)隔离，因此形成电容。探针被施加振动，“支持电势”，“零位电势”被施加使电容最小化。在施加电势导致电容趋于零时，系统回到原始状态。这个施加电势值 $V_b$ ，也正是两种材料的功函数差，被记录下来并作图。



### SKP工作原理

实验通常是在环境气氛条件下进行的，但是所发表文章的几个实例都是在潮湿的环境下，底层导体样品可以是一个有机涂层或者涂料。

相对功函数差也与腐蚀电位相关，可以通过传统参比电极在电解液中测量得到的腐蚀电位确定两者关系，因此，可以从微区的开尔文探针测量数据中换算得到相应腐蚀电位。

我们的SKP同样具有“地形地貌模式”的功能，无需更换连接或者探针，当一个参考电压施加到样品，这个参考电压使样品表面一致。不同位置电容的差异是由电容板之间的距离决定，即探针和样品间的距离；通过对电容的平衡，得到探针与样品表面的距离，从而得到样品表面的高低平整度信息，即形貌图。

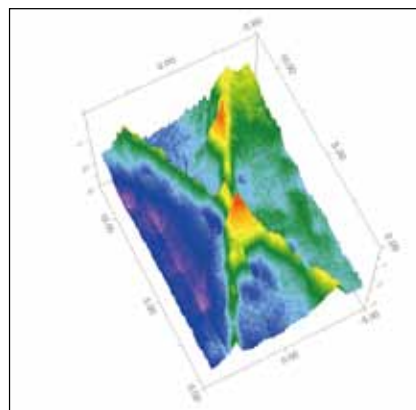
这个信息有两种用途，

使用一个“校正系数”，把探针定位到离样品已知的高度，进行测量；或将形貌图进一步与“等距离模式”SKP相配合，这对于研究焊接或者其他复杂形貌样品特别有用。



### 关键指标：

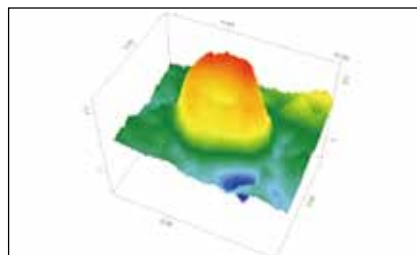
- 探针材料：钨，多种直径
- 静电计量程：+/- 10V
- 静电计增益：1倍~10,000倍（十进位）
- 锁相放大器：Signal Recovery 7230



SKP面扫描实验，带有机涂层的金属样品，并刻画一个“X”



锌/钢表面的二维SKP面扫描图



锌/钢表面的三维SKP面扫描形貌图

# SDC

## Scanning Droplet Cell 扫描电解液微滴系统

### 介绍

扫描电解液微滴池(SDC)使用了一个紧凑的蠕动泵来迫使电解液通过直径微小的管而进入一个特殊设计的“顶端”(Head)。这个PTFE材料的SDC顶端,入口毛细管内预装参比电极,电解液进入顶端底部的入口,当端口的的位置十分接近样品,在样品和端口之间会形成一个液滴。湿润的样品表面即是工作电极。同样,PTFE顶端的输出口连接毛细管,内装辅助电极,蠕动泵的第二通道可将顶端流出的电解液汲取走。

SDC实验可设置为如下任一方式:

- 施加一个恒定偏置(电位, 电流或开路), 改变顶端(Head)空间的位置, 采集数据绘图。
- 顶端被固定在一个位置, 施加静态或动态电化学信号, 进行诸如EIS实验, Tafel曲线, 或者循环伏安实验。

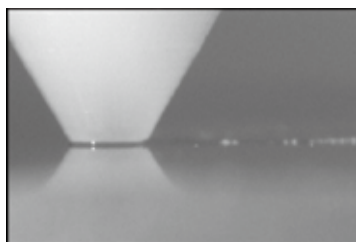
由于电化学反应发生于电极电解液界面, 只有样品中接触到液滴的一部分发生反应并被测量。这使得实验研究的对象仅为大样品的一小部分区域, 测量并不破坏大样品并消除了边界效应。

当运行时, SDC泵输送流动的液滴, 泵的速率可调整用来研究流速效应。



### 关键指标

- SDC顶端材料: PTFE 聚四氟乙烯
- 管状材料: Tygon聚乙炔
- 参比电极: Ag/AgCl
- 对电极: Pt丝
- 恒电位: VersaSTAT3/3F/4任一



SDC顶部及其反射图片。  
注意: 电解液液滴存在于小孔及其反射图像之间。

# OSP

## Non-contacting Optical Surface Profile 非接触式光学微区形貌探测系统

### 介绍

OSP实验探测样品表面的地形形貌变化, 该技术基于激光技术。一个650nm的激光点可以投射到样品表面, 分散的光点聚集在CCD上从而完成对离散光点的直接位移测量。

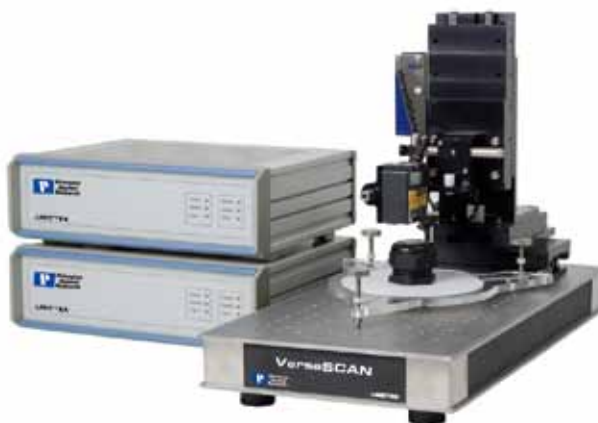
形貌图的差异用于表征腐蚀点, 传感器等。

绘制形貌图可用来集成其他的扫描探针技术, 在“等距离模式”下工作, 使各探针可以扫描不平的表面, 同时保持探针与样品间的距离不变。

也可先于其它扫描探针技术使用之前, 作为一个高精度水平装置使用。



英国硬币OSP探测的形貌图



### 关键指标

- 测量范围: +/- 10mm
- 激光: 2级, 650nm, 0.95mW
- 重复性: 0.025μ
- 斑点尺寸: 50μ, 参考距离为 50mm

# VersaSCAN 选件:



## VersaSCAN L-Cell

- 螺丝固定至VersaSCAN光学平台
- 池体积大约1L
- 水平调整装置
- 可测平板大样品和直径32mm的封装样品
- 推荐用于所有尤其是LEIS, SVET, SKP, SDC, OSP



## VersaSCAN mL-Cell

- 螺丝固定至VersaSCAN光学平台
- 池体积大约7mL体积
- 水平调整装置
- 可测一定大小范围的样品, 包括直径32mm的封装样品和非标准样品
- 特别设计用于小体积SECM应用

## 主机尺寸:

- 扫描平台:  
300mmW × 470mmH × 600mmD  
66.31bs; 30kg
- 控制器 (每个, 共两个)  
360mmW × 1200mmH × 300mmD  
9.3 1bs; 4.3kg
- 恒电位仪:  
421mmW × 89mmH × 387mmD  
10 1bs; 4.5kg

## VersaCAM

- 相机: 彩色  
像素: 795(H)×596(V)  
最小照度: 0.02 lx.F 1.2  
功率: 12V DC+/- 10%  
所提供适配器为CS-接口或者C-接口

- 镜头:  
C-接口  
手动调焦

- 显示:  
8 英寸彩色TFT显示屏  
PAL&NTSC 自动选择  
640x480(307,200像素)屏幕分辨率



美国阿美特克集团公司 (www.ametek.com) 是全球电子仪器和电子机械设备的领先制造商, 年销售额超过36亿美元, 员工超过14,000人, 分布在美国及全球的120多个工厂, 80多家销售和服务中心。Advanced Measurement Technology Inc. 是美国阿美特克(AMETEK)集团的子公司, 旗下拥有Princeton Applied Research(PAR)普林斯顿应用研究, Solartron Analytical输入强分析, Signal Recovery和ORTEC四个品牌。其中Princeton Applied Research(PAR), Solartron Analytical, Signal Recovery组成阿美特克科学仪器部。



AMETEK Inc.北京  
朝阳区酒仙桥路10号京东方总部  
大厦 (B10) 二层西侧  
邮编: 100015  
电话: 010-85262111-10  
传真: 010-85262141

AMETEK Inc.上海  
上海自由贸易试验区富特东  
三路526号1幢二层A1区  
邮编: 200131  
电话: 021-58685111-101  
传真: 021-58660969

AMETEK Inc.成都  
成都市总府路35号总府大厦  
2408室  
邮编: 610016  
电话: 028-86758111  
传真: 028-86758141

AMETEK Inc.北京维修中心  
朝阳区酒仙桥路10号京东方总部  
大厦 (B10) 二层西侧  
邮编: 100015  
电话: 010-85262111-12  
传真: 010-85262141

E-mail: [infos@ametek.cn](mailto:infos@ametek.cn) 中文网站: [www.par-solartron.com.cn](http://www.par-solartron.com.cn)

销售电话: 400-1100-281 服务电话: 400-1100-282

AMETEK