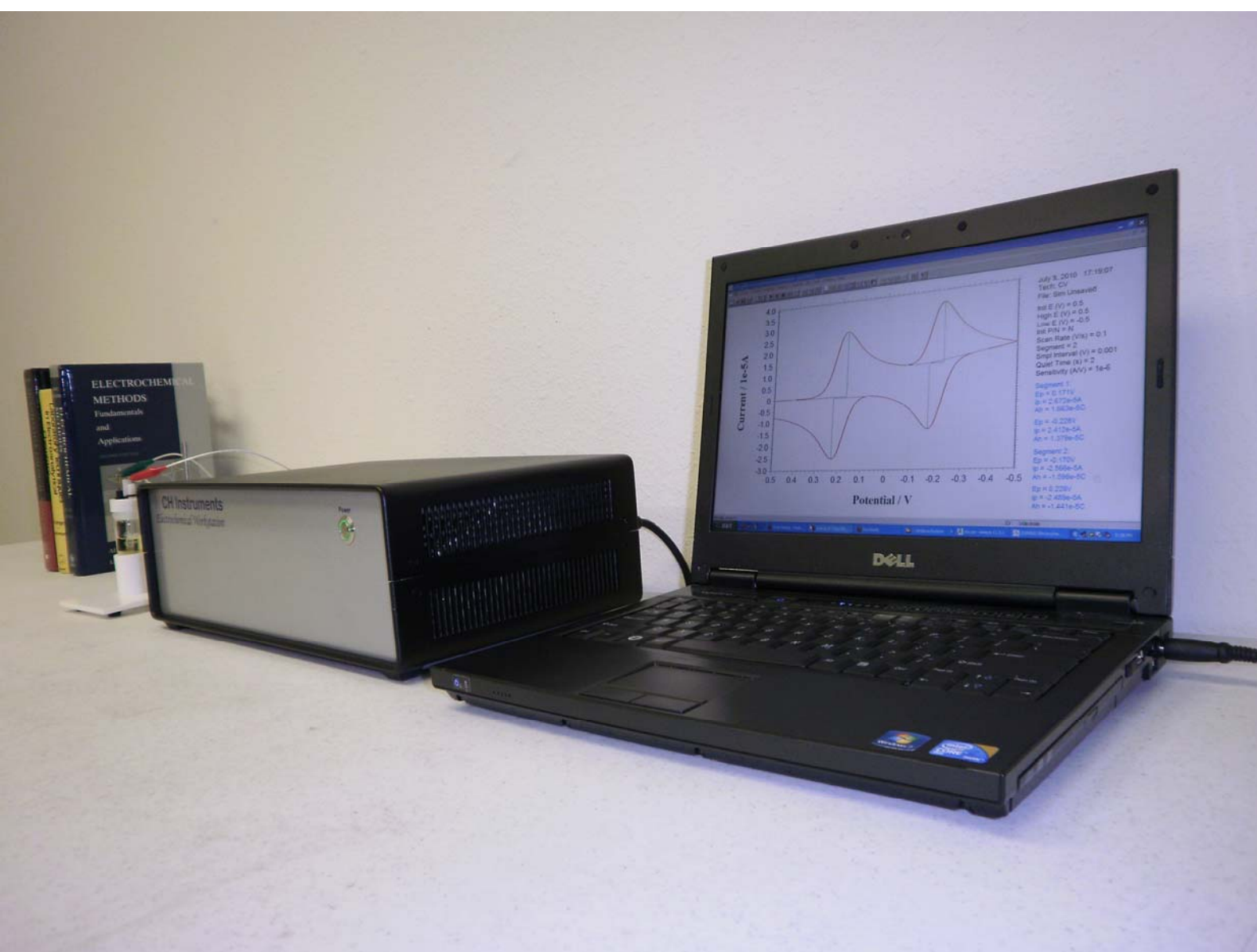


# 电化学测量仪器



上海辰华仪器有限公司

上海市松花江路 251 弄 6 号 1202 室

2013 年 3 月

## Certificate of Exclusive Representation 独家代理证书

WHEREAS, CH Instruments, Inc., are established and reputable manufacturers / producers of electrochemical instruments, having factories/offices at 3700 Tennyson Hill Drive, Austin, TX 78738, USA, do hereby authorize Shanghai Chenhua Instruments Limited (SCHL), with its legal address at #81, Building 2, Rm 206, Xiangyin Road, Shanghai, China as our exclusive representative in China, to participate any tender and subsequently negotiate the Contract in their own name or on behalf of CH Instruments, Inc. in China. We also authorize SCHL to assemble our instruments, sell, install and service our instruments in China.

CH Instruments, Inc. (中文译名:CH 仪器公司), 美国知名的电化学测量仪器生产商, 其主要营业地在美国 3700 Tennyson Hill Drive, Austin, TX 78738, USA, 谨此向上海辰华仪器有限公司, 法定地址在上海市杨浦区翔殷路 81 号 2 幢 206 室, 出具此独家代理证书, 授权上海辰华仪器有限公司以其自己名义或代表 CH 仪器公司, 在中国境内参与竞标, 协商和签订合同。我们并授权上海辰华仪器有限公司组装, 销售, 安装并维修我们在中国境内的仪器。

This certificate shall remain in effect for ten years from the date of execution.  
此授权书自签字之日起生效, 有效期十年。

CH Instruments, Inc.  
CH 仪器公司 (公章)

*Peixin He*  
Peixin He (Signature/签名)  
Vice President

*July 25, 2012*  
Date/日期



Subscribed and sworn to me this *25th* days  
of *July*, 2012

*Daniel Bruce Alejo*  
Notary Public



The State of Texas  
Secretary of State

I, Hope Andrade, Secretary of State of the State of Texas, DO HEREBY  
CERTIFY that according to the records of this office,

DANIEL BRUCE ALEJO

was commissioned as a Notary Public for the State of Texas on May 27,  
2011, for a term ending on May 27, 2015.

Issued: August 1, 2012



*Hope Andrade*

Hope Andrade  
Secretary of State

ST/ac



# 概述

上海辰华仪器公司与美国 CH Instruments, Inc. 合作, 在国内组装销售美国 CH Instruments 公司的各个系列的电化学测量仪器。以下是我们各个系列的仪器:

**400C 系列时间分辨电化学石英晶体微天平 (EQCM):** CHI400、400A、400B 系列改进型, 用于电沉积, 吸附, 化学和生物传感器研究。

**600E 系列电化学分析仪/工作站:** 600A、B、C、D 系列的改进型, 用于通用电化学测量, 例如动力学测量, 电分析, 基础研究, 腐蚀和电池研究。

**700E 系列双恒电位仪:** 700A、B、C、D 系列的改进型, 用于旋转环盘电极等需要双工作电极测量的研究。

**800D 系列电化学检测器:** 800、800A、800B 和 800C 系列的改进型, 用于流动电解池, 毛细管电泳, 液相色谱等的单通道或双通道的电化学检测。也可用于电分析化学和化学或生物传感器的研究。

**900D 电化学扫描显微镜 (SECM):** 900、900B、900C SECM 的改进型, 可用于样品表面化学或地形地貌扫描成像, 以研究电极表面沉积腐蚀, 纳米加工, 生物样品和传感器, 液/液界面以及化学和生物膜的性质。

**1000C 系列八通道恒电位仪:** 用于电化学检测以及生物和化学传感器的研究。

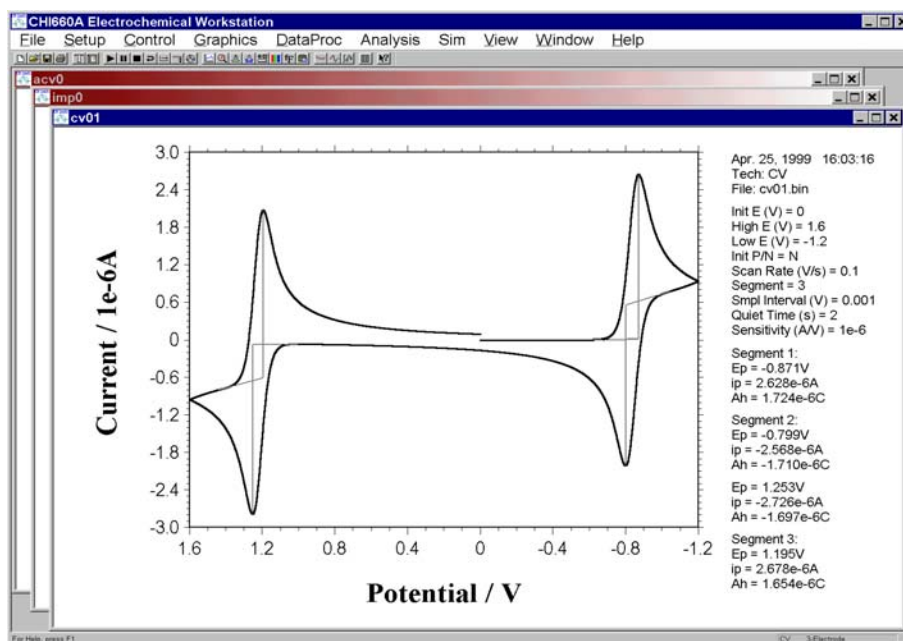
**1100C 系列大功率恒电位仪/恒电流仪:** 提供 2A 电流和 25V 槽压, 可用于腐蚀, 电解电镀和电池研究。

**1200B 系列掌上电化学分析仪:** 通过 USB 接口与 PC 连接并供电。不需要外接电源或电池。适合于野外或移动环境, 也适合于电分析, 传感器研究和教学实验。

所有以上系列的仪器都是由外部计算机控制, 在视窗操作系统下工作。仪器十分容易安装和使用。不需要在计算机中插入其他电路板。用户界面遵守视窗软件设计的基本规则。如果用户熟悉视窗环境, 则无需用户手册就能顺利进行软件操作。命令参数所用术语都是化学工作者熟悉和常用的。一些最常用的命令都在工具栏上有相应的键, 从而使得这些命令的执行方便快捷。软件还提供详尽完整的帮助系统。仪器的软件具有十分强的控制, 文件管理, 图形显示, 数据处理和分析等功能。软件还集成了循环伏安法和交流阻抗的数字模拟器, 这对理解电极过程, 对研究和教学极有帮助。

最近改型升级的 600E、700E、800D 系列和 900D 的内部控制程序采用了 FLASH 存储器。仪器软件的更新不再需要通过邮寄并更换 EPROM, 而可以通过网络进行传送并通过程序命令写入。

仪器提供多种电化学测量技术, 集成了几乎所有常用的电化学测量技术, 包括恒电位, 恒电流, 电位扫描, 电流扫描, 电位阶跃, 电流阶跃, 脉冲, 方波, 交流伏安法, 流体力学调制伏安法, 库仑法, 电位法, 以及交流阻抗, 等等。不同实验技术间的切换十分方便。实验参数的设定是提示性的, 可避免漏设和错设。对每一个系列的仪器, 我们又提供各种不同的型号以满足不同的应用要求以及经费条件。这些仪器既可用于科学研究, 也可用于教学实验。



# CHI400C系列电化学石英晶体微天平

CHI400C系列时间分辨电化学石英晶体微天平(EQCM)是CH Instruments与武汉大学合作的产品(武汉大学专利)。石英晶体微天平(QCM)可进行极灵敏的质量测量。在适当的条件下,石英晶体上沉积的质量变化和振动频率移动之间关系呈简单的线性关系(Sauerbrey公式):

$$\Delta f = -2f_0^2 \Delta m / [A \cdot \rho \cdot \sqrt{\mu \rho}]$$

式中是 $f_0$ 晶体的基本谐振频率, A是镀在晶体上金盘的面积,  $\rho$ 是晶体的密度( $=2.684\text{g/cm}^3$ ),  $\mu$ 是晶体切变系数( $=2.947 \times 10^{11} \text{g/cm} \cdot \text{s}^2$ )。对于我们的晶体( $f_0 = 7.995\text{MHz}$ ,  $A = 0.196 \text{cm}^2$ ), 每赫兹的频率改变相当于 $1.34 \text{ng}$ 。QCM和EQCM被广泛应用于金属沉积, 高分子膜中离子传递, 生物传感器, 以及吸附解吸动力学研究等等。

CHI400C系列电化学石英晶体微天平含石英晶体振荡器, 频率计数器, 快速数字信号发生器, 高分辨高速数据采集系统, 电位电流信号滤波器, 信号增益, iR降补偿电路, 以及恒电位仪/恒电流仪(440C)。电位范围为 $\pm 10\text{V}$ , 电流范围为 $\pm 250\text{mA}$ 。电流测量下限低于 $50\text{pA}$ 。石英晶体微天平恒电位仪/恒电流仪集成使得EQCM测量变得十分简单方便。CHI400C系列采用时间分辨的方式测量频率的改变。传统的方法是采用频率直接计数的方法, 要得到 $1\text{Hz}$ 的QCM分辨率, 需要1秒的采样时间。要得到 $0.1\text{Hz}$ 的QCM分辨率, 需要10秒的采样时间。我们是将QCM的频率和一标准频率的差值作周期测量, 从而大大缩短了采样时间, 提高了时间分辨。我们可在毫秒级的时间里得到 $1\text{Hz}$ 或 $0.1\text{Hz}$ 或更好的频率分辨。当和循环伏安法结合时, 可允许在 $0.5\text{V/s}$ 的扫描速度下获得QCM的信号。这对需要较快速的测量(例如动力学测量)尤为重要。允许与QCM结合的电化学实验技术包括CV, LSV, CA, i-t, CP。

400C系列在测量QCM频率变化的同时, 还能测量晶体谐振网络的电阻变化。

400C系列也是相当快速的仪器。信号发生器的更新速率为 $10\text{MHz}$ , 数据采集速率为 $1\text{MHz}$ 。循环伏安法的扫描速度为 $1000\text{V/s}$ 时, 电位增量仅 $0.1\text{mV}$ 。又如交流伏安法的频率可达 $10\text{kHz}$ 。仪器可工作于二, 三, 或四电极的方式。四电极对于大电流或低阻抗电解池(例如电池)十分重要, 可消除由于电缆和接触电阻引起的测量误差。由于仪器集成了多种常用的电化学测量技术, 使得仪器可用作通用电化学测量, 也可单独用作石英晶体微天平的测量(不同时进行电化学测量)。

CHI400C系列EQCM还包括一个特殊设计的电解池, 如图1(a)所示。电解池由三块圆形的聚四氟乙烯组成。直径为 $35\text{mm}$ , 总高度为 $37\text{mm}$ 。最上面的是盖子, 用于安装参比电极和对极。中间的是用于放溶液的池体。石英晶体被固定于中间和底下的部件之间, 通过橡胶圈密封, 并用螺丝固定。石英晶体的直径为 $13.7\text{mm}$ , 晶体两面的中间镀有 $5.1\text{mm}$ 直径的金盘电极(其它电极材料需特殊定做)。新晶体的谐振频率是 $7.995 \text{MHz}$ 。

图2显示了 $1\text{mM Pb}^{2+}$ 在 $0.1\text{M HClO}_4$ 溶液中欠电位沉积的循环伏安图和作为电位函数的相应的频率改变。扫描速度为 $0.05\text{V/s}$ 。在 $-0.42\text{V}$ 出现的阴极峰是由于单层欠电位沉积。 $-0.29\text{V}$ 处的阳极峰是由于铅的溶出。频率-电位图显示了由于铅沉积而使频率下降了 $25\text{Hz}$ (相当于 $33.5\text{ng}$ )。

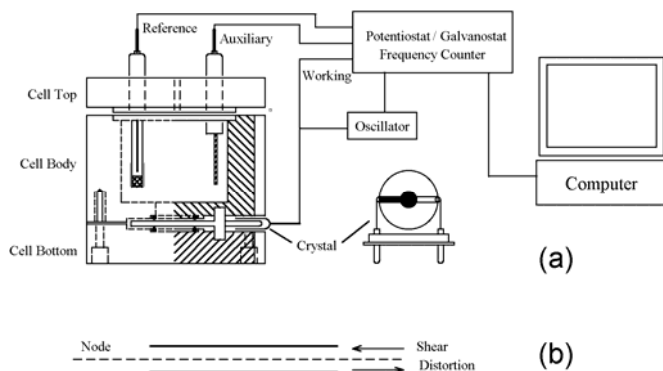


图1. 典型的电化学石英晶体微天平仪器的图示。(a)石英晶体的两面都用真空镀膜机镀上了金膜, 其谐振频率为 $7.995\text{MHz}$ 。晶体朝上的一面的金盘与溶液接触同时也作为工作电极。晶体和安装支架的俯视图见电解池右边。(b)QCM晶体振荡时晶体切变的侧视示意图。为了清晰, 晶体的厚度和切变被放大了。

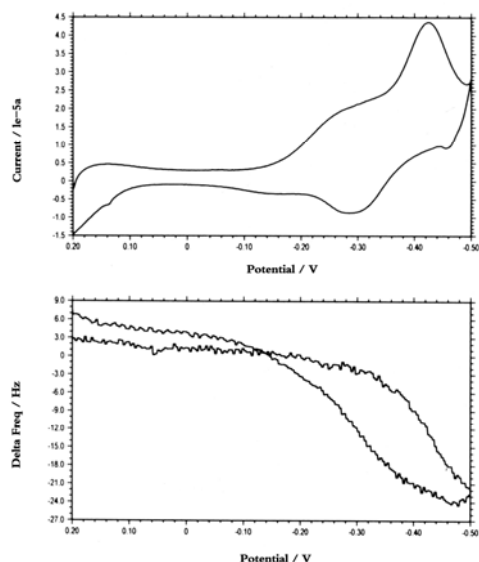


图2. 铅欠电位沉积的循环伏安图和QCM图。扫描速度为 $0.05\text{V/s}$ 。



## 硬件参数指标

恒电位仪

恒电流仪 (Model440C)

电位范围: -10to10V

电位上升时间: <2微秒

槽压:  $\pm 12V$

三电极或四电极设置

电流范围: 250mA

参比电极输入阻抗:  $1 \times 10^{12}$ 欧姆

灵敏度:  $1 \times 10^{-12}$ -0.1A/V共12档量程

输入偏置电流: <50pA

电流测量分辨率: <1pA

CV的最小电位增量: 0.1mV

电位更新速率: 10MHz

数据采集: 16位分辨@1MHz

自动及手动iR降补偿

CV和LSV扫描速度: 0.000001-5000V/s

电位扫描时电位增量: 0.1mV@1000V/s

CA和CC脉冲宽度: 0.0001-1000sec

CA和CC阶跃次数: 320

DPV和NPV脉冲宽度: 0.0001-10sec

SWV频率: 0.1-100kHz

ACV频率: 0.1-10kHz

SHACV频率: 0.1-5kHz

自动电位和电流零位调整

电流测量低通滤波器,自动或手动设置,覆盖八个数量级的

频率范围

旋转电极控制输出: 0-10V(430C以上型号)

电解池控制输出: 通氮, 搅拌, 敲击

最大数据长度: 256K-1,384K点可选

仪器尺寸: 37cm (宽) x 23cm (深) x 12cm (高)

仪器重量: 3.3kg

## CHI400C系列仪器不同型号的比较

功能	400C	410C	420C	430C	440C
循环伏安法 (CV)	●	●	●	●	●
线性扫描伏安法 (LSV) #	●	●	●	●	●
阶梯波伏安法 (SCV) #				●	●
Tafel图 (TAFEL)				●	●
计时电流法 (CA)	●		●	●	●
计时电量法 (CC)	●		●	●	●
差分脉冲伏安法 (DPV) #		●	●	●	●
常规脉冲伏安法 (NPV) #		●	●	●	●
差分常规脉冲伏安法 (DNPV) #					●
方波伏安法 (SWV) #			●	●	●
交流 (含相敏) 伏安法 (ACV) #				●	●
二次谐波交流 (相敏) 伏安法 (SHACV) #				●	●
电流-时间曲线 (i-t)				●	●
差分脉冲电流检测 (DPA)					●
双差分脉冲电流检测 (DDPA)					●
三脉冲电流检测 (TPA)					●
控制电位电解库仑法 (BE)	●		●	●	●
流体力学调制伏安法 (HMF)					●
扫描-阶跃混合方法 (SSF)					●
多电位阶跃方法 (STEP)					●
计时电位法 (CP)					●
电流扫描计时电位法 (CPCR)					●
多电流阶跃 (ISTEP)					●
电位溶出分析 (PSA)					●
开路电压-时间曲线 (OCPT)	●	●	●	●	●
恒电流仪					●
RDE控制 (0-10V输出)				●	●
任意反应机理CV模拟器				●	●
预设反应机理CV模拟器	●	●	●		
价格 (元) *	32,300	32,300	41,500	50,700	57,600

注: #: 包括相应的极谱法和溶出伏安法。用于极谱法时需要特殊的静汞电极或敲击器。

\*: 价格不包括计算机。仪器的保修期为一年。

# CHI600E系列电化学分析仪/工作站

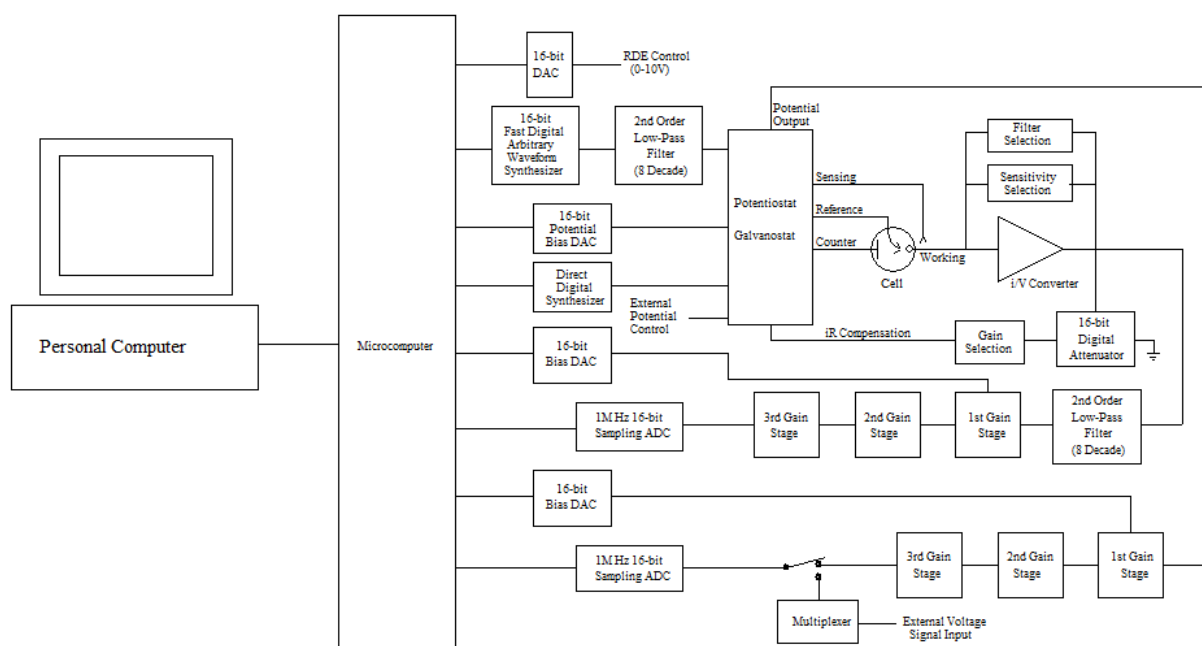
CHI600E系列为通用电化学测量系统。下图为仪器的硬件结构示意图。仪器内含快速数字信号发生器，用于高频交流阻抗测量的直接数字信号合成器，双通道高速数据采集系统，电位电流信号滤波器，多级信号增益，iR降补偿电路，以及恒电位仪/恒电流仪（660E）。电位范围为 $\pm 10\text{V}$ ，电流范围为 $\pm 250\text{mA}$ 。电流测量下限低于 $10\text{pA}$ 。可直接用于超微电极上的稳态电流测量。如果与CHI200B微电流放大器及屏蔽箱连接，可测量 $1\text{pA}$ 或更低的电流。如果与CHI680C大电流放大器连接，电流范围可拓宽为 $\pm 2\text{A}$ 。CHI600E系列也是十分快速的仪器。信号发生器的更新速率为 $10\text{MHz}$ ，数据采集采用两个同步16位高分辨低噪声的模数转换器，双通道同时采样的最高速率为 $1\text{MHz}$ 。双通道同步电流电位采样可加快阻抗测量的速度。某些实验方法的时间尺度可达十个数量级，动态范围极为宽广。循环伏安法的扫描速度为 $1000\text{V/s}$ 时，电位增量仅 $0.1\text{mV}$ ，当扫描速度为 $5000\text{V/s}$ 时，电位增量为 $1\text{mV}$ 。又如交流阻抗的测量频率可达 $1\text{MHz}$ ，交流伏安法的频率可达 $10\text{KHz}$ 。仪器可工作于二，三，或四电极的方式。四电极可用于液/液界面电化学测量，对于大电流或低阻抗电解池（例如电池）也十分重要，可消除由于电缆和接触电阻引起的测量误差。仪器还有外部信号输入通道，同步16位高分辨采样的最高速率为 $1\text{MHz}$ 。可在记录电化学信号的同时记录外部输入的电压信号，例如光谱信号等。这对光谱电化学等实验极为方便。

而此次亮相的系列硬件采用了高速的处理器,快速的放大器,快速的模数转换器和数模转换器。计时电量法加上了模拟积分器。一个16位高分辨高稳定的电流偏置电路以达到电流复零输出,亦可用于提高交流测量的电流动态范围。高分辨的模数转换器具有更好的信噪比,也给出了灵敏度设置的更大动态范围。

CH1600E系列仪器的内部控制程序采用了FLASH存储器。仪器软件的更新不再需要通过邮寄并更换EPROM, 而可以通过网络进行传送并通过程序命令写入。这使得软件更新更加快捷方便。

CHI600E系列还允许升级为双恒电位仪。新的设计通过增加一块第二通道的电位控制，电流电压转换，多级增益和低通滤波器的电路板，便成了CHI700E系列的双恒电位仪。

CHI600E系列仪器集成了几乎所有常用的电化学测量技术。为了满足不同的应用需要以及经费条件, CHI600E系列分成多种型号。不同的型号具有不同的电化学测量技术和功能, 但基本的硬件参数指标和软件性能是相同的。CHI600E和CHI610E为基本型, 分别用于机理研究和分析应用。它们也是十分优良的教学仪器。CHI602E和CHI604E可用于腐蚀研究。CHI620E和CHI630E为综合电化学分析仪, 而CHI650E和CHI660E为更先进的电化学工作站。



CHI600E系列电化学分析仪/工作站的框图

## 硬件参数指标

### 恒电位仪

- 零阻电流计
- 2, 3, 4电极结构
- 浮动地线或实地
- 最大电位范围:  $\pm 10V$
- 最大电流:  $\pm 250mA$ 连续,  $\pm 350mA$ 峰值
- 槽压:  $\pm 13V$
- 恒电位仪上升时间: 小于  $1\mu s$ , 通常  $0.8\mu s$
- 恒电位仪带宽 (-3分贝):  $1MHz$
- 所加电位范围:  $\pm 10mV, \pm 50mV, \pm 100mV, \pm 650mV, \pm 3.276V, \pm 6.553V, \pm 10V$
- 所加电位分辨率: 电位范围的  $0.0015\%$
- 所加电位准确度:  $\pm 1mV, \pm$ 满量程的  $0.01\%$
- 所加电位噪声:  $<10\mu V$  均方根植
- 测量电流范围:  $\pm 10pA$  至  $\pm 0.25A$ , 12量程
- 测量电流分辨率: 电流量程的  $0.0015\%$ , 最低  $0.3fA$
- 电流测量准确度: 电流灵敏度大于等于  $1e-6A/V$  时为  $0.2\%$ , 其他量程  $1\%$
- 输入偏置电流:  $<20pA$

### 恒电流仪(CHI660E)

- 恒电流范围:  $3nA-250mA$
- 所加电流准确度: 如果电流大于  $3e-7A$  时为  $0.2\%$ , 其他范围为  $1\%, \pm 20pA$
- 所加电流分辨率: 电流范围的  $0.03\%$
- 测量电流范围:  $\pm 0.025V, \pm 0.1V, \pm 0.25V, \pm 1V, \pm 2.5V, \pm 10V$
- 测量电位分辨率: 测量范围的  $0.0015\%$

### 电位计

- 参比电极输入阻抗:  $1e12$  欧姆
- 参比电极输入带宽:  $10MHz$
- 参比电极输入偏置电流:  $\leq 10pA @ 25^\circ C$

### 波形发生和数据获得系统

- 快速信号发生更新速率:  $10MHz$ , 16位分辨
- 快速数据采集系统: 16位分辨, 双通道同步采样, 采样速率每秒  $1,000,000$  点
- 外部信号记录通道最高采样速率:  $1MHz$

### 附件

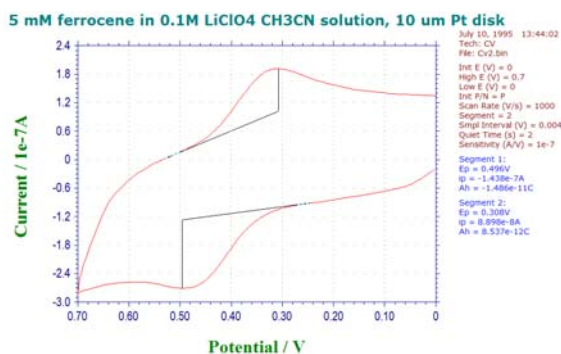
- 电极线
- USB通讯线
- 电源线

### 实验参数

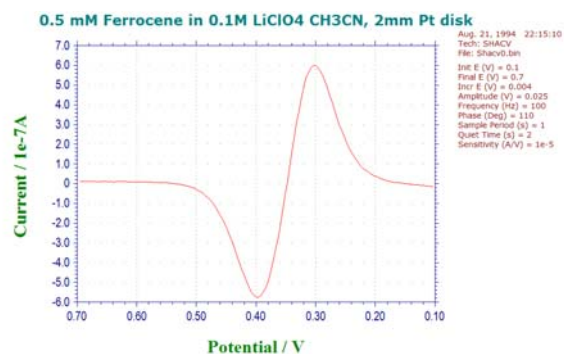
- CV和LSV扫描速度:  $0.000001V/s$  至  $10,000V/s$
- 扫描时的电位增量:  $0.1mV$  (当扫速为  $1,000V/s$  时)
- CA和CC的脉冲宽度:  $0.0001$  至  $1000sec$
- CA和CC的最小采样间隔:  $1\mu s$
- CC模拟积分器
- DPV和NPV的脉冲宽度:  $0.001$  至  $10sec$
- SWV频率:  $1$  至  $100kHz$
- i-t的最小采样间隔:  $1\mu s$
- ACV频率范围:  $0.1$  至  $10kHz$
- SHACV频率范围:  $0.1$  至  $5kHz$
- FTACV频率范围:  $0.1$  至  $50Hz$ , 可同时获取基波, 二次谐波, 三次谐波, 四次谐波, 五次谐波, 六次谐波的ACV数据
- 交流阻抗:  $0.00001$  至  $1MHz$
- 交流阻抗波形幅度:  $0.00001V$  至  $0.7V$  均方根值

### 其他特点

- 自动或手动iR降补偿
- 电流测量偏置: 满量程, 16位分辨,  $0.003\%$  准确度
- 电位测量偏置:  $\pm 10V$ , 16位分辨,  $0.003\%$  准确度
- 外部电位输入
- 电位和电流的模拟输出
- 可控电位滤波器的截止频率:  $1.5MHz, 150KHz, 15KHz, 1.5KHz, 150Hz, 15Hz, 1.5Hz, 0.15Hz$
- 可控信号滤波器的截止频率:  $1.5MHz, 150KHz, 15KHz, 1.5KHz, 150Hz, 15Hz, 1.5Hz, 0.15Hz$
- 旋转电极控制电压输出 (CHI630E以上型号):  $0-10V$  对用于  $0-10000rpm$  的转速, 16位分辨,  $0.003\%$  准确度, 需要某些旋转电极装置才能工作
- 通过宏命令可以控制数字输入输出线
- 内闪存储器可迅速更新程序
- 串行口或USB口数据通讯
- 电解池控制: 通氮, 搅拌, 敲击 (需要特殊电解池系统)
- CV数字模拟器和拟合器。用户定义反应机理 (CHI630E以上) 或预定义反应机理 (其他型号)
- 交流阻抗模拟器和拟合器 (具有交流阻抗测量功能的型号)
- 最大数据长度:  $256K-16384K$  可选
- 仪器尺寸:  $37cm$  (宽)  $\times 23cm$  (深)  $\times 12cm$  (高)



扫速 1000V/s 时的循环伏安图



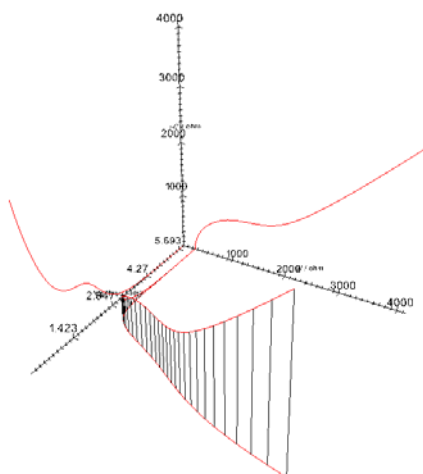
二次谐波相敏交流伏安图

## CHI600E系列仪器不同型号的比较

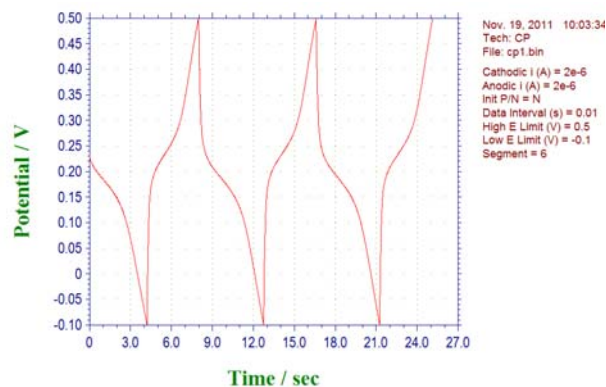
功能	600E	602E	604E	610E	620E	630E	650E	660E
循环伏安法 (CV)	●	●	●	●	●	●	●	●
线性扫描伏安法 (LSV) #	●	●	●	●	●	●	●	●
阶梯波伏安法 (SCV) #						●	●	●
Tafel图 (TAFEL)		●	●			●	●	●
计时电流法 (CA)	●	●	●		●	●	●	●
计时电量法 (CC)	●	●	●		●	●	●	●
差分脉冲伏安法 (DPV) #				●	●	●	●	●
常规脉冲伏安法 (NPV) #				●	●	●	●	●
差分常规脉冲伏安法 (DNPV) #								●
方波伏安法 (SWV) #					●	●	●	●
交流 (含相敏) 伏安法 (ACV) #						●	●	●
二次谐波交流 (相敏) 伏安法 (SHACV) #						●	●	●
傅里叶变换交流伏安法 (FTACV)								●
电流-时间曲线 (i-t)						●	●	●
差分脉冲电流检测 (DPA)								●
双差分脉冲电流检测 (DDPA)								●
三脉冲电流检测 (TPA)								●
积分脉冲电流检测 (IPAD)								●
控制电位电解库仑法 (BE)	●	●	●		●	●	●	●
流体力学调制伏安法 (HMF)							●	●
扫描-阶跃混合方法 (SSF)							●	●
多电位阶跃方法 (STEP)							●	●
交流阻抗测量 (IMP)			●				●	●
交流阻抗-时间测量 (IMPT)			●				●	●
交流阻抗-电位测量 (IMPE)			●				●	●
计时电位法 (CP)								●
电流扫描计时电位法 (CPCR)								●
多电流阶跃法 (ISTEP)								●
电位溶出分析 (PSA)								●
电化学噪声测量 (ECN)								●
开路电压-时间曲线 (OCPT)	●	●	●	●	●	●	●	●
恒电流仪								●
RDE控制 (0-10V输出)						●	●	●
任意反应机理CV模拟器						●	●	●
预设反应机理CV模拟器	●	●	●	●	●			
交流阻抗数字模拟器和拟合程序			●				●	●
价格 (元) *	25,400	30,000	36,900	25,400	34,600	43,800	50,700	57,600

注： #：包括相应的极谱法和溶出伏安法。用于极谱法时需要特殊的静汞电极或敲击器。

\*：价格不包括计算机。仪器的保修期为一年。



交流阻抗的三维图显示



计时电位法数据



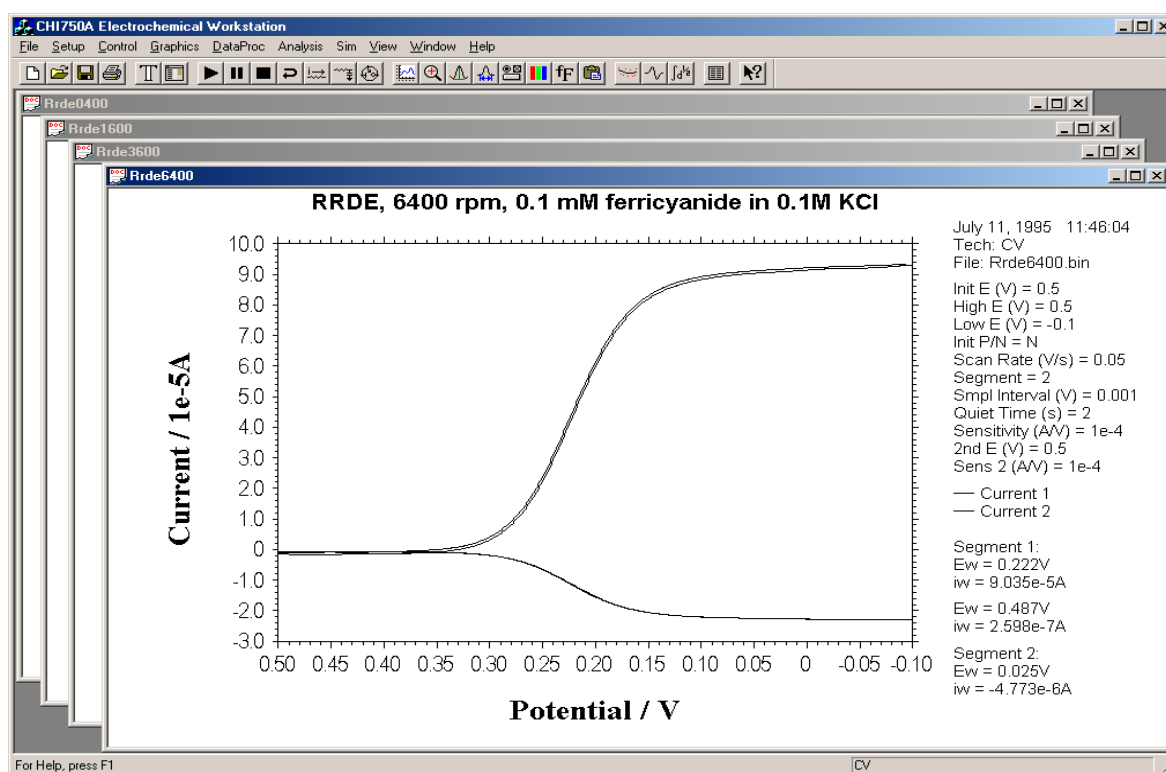
# CHI700E系列双恒电位仪

CHI700E系列是通用双恒电位仪，可同时控制同一电解池中的两个工作电极的电位，其典型应用是旋转环盘电极，也能被用于其它需要双工作电极的情况下。双恒电位仪只能用于同一溶液中的两个工作电极的电位控制以及电流测量，而不是两个独立的恒电位仪。仪器内含快速数字信号发生器，用于高频交流阻抗测量的直接数字信号合成器，双通道高速数据采集系统，电位电流信号滤波器，多级信号增益，iR降补偿电路，双恒电位仪，以及恒电流仪(CHI760E)。两个通道的电位范围均为 $\pm 10\text{V}$ 。电流范围(两通道电流之和)为 $\pm 250\text{mA}$ 。CHI700E系列是在CHI600E的基础上增加了一块电路板，内含第二通道电位控制电路，电流-电压转换器，灵敏度选择，三个增益级，一个具有八个数量级可变频率范围的二阶低通滤波器。CHI700E能够控制两个工作电极的电位，允许循环伏安法，线性扫描伏安法，阶梯波伏安法，计时安培法，差分脉冲伏安法，常规脉冲伏安法，方波伏安法，时间-电流曲线等实验技术进行双工作电极的测量。当用作双恒电位仪测量时，第二工作电极电位可以保持在独立的恒定值，也可与第一工作电极同步扫描或阶跃等。在循环伏安法中，还可与第一工作电极保持一恒定的电位差而扫描。两个工作电极的电流测量下限均低于 $50\text{pA}$ ，可直接用于超微电极上的稳态电流测量。CHI700E系列也是十分快速的仪器。信号发生器的更新速率为 $10\text{MHz}$ ，数据采集采用两个同步16位高分辨低噪声的模数转换器，双通道同时采样的最高速率为 $1\text{MHz}$ 。循环伏安法的扫描速度为 $1000\text{V/s}$ 时，电位增量仅 $0.1\text{mV}$ ，当扫描速度为 $5000\text{V/s}$ 时，电位增量为 $1\text{mV}$ 。又如交流阻抗的测量频率可达 $1\text{MHz}$ ，交流伏安法的频率可达 $10\text{kHz}$ 。仪器还有外部信号输入通道，可在记录电化学信号的同时记录外部输入的电压信号，例如光谱信号等。这对光谱电化学等实验极为方便。

CHI700E除了允许第二工作电极的电位独立控制在恒定电位外，还允许第二工作电极的电位与第一工作电极同步扫描或阶跃。双通道同步扫描时，最高扫描可达 $10,000\text{ V/s}$ 。双通道同步阶跃时，最小采样间隔可达 $1\mu\text{s}$ 。由于CHI700E系列是CHI600E系列的拓展，CHI700E系列还可以配备恒电流仪(CHI760E)。CHI700E系列还允许四电极体系，用于液/液界面的电化学测量。

当CHI700E系列用作单恒电位仪的时候，其性能与CHI600E系列相同。如果与CHI200B微电流放大器及屏蔽箱连接，第一通道可测量 $1\text{pA}$ 或更低的电流。CHI700E也可和CHI680C大电流放大器相连，从而得到更大的电流和槽压，但也只能用于单通道的测量。

为了满足不同的应用需要以及经费条件，CHI700E系列又分成多种型号。不同的型号具有不同的电化学测量技术和功能，但基本的硬件参数指标和软件性能是相同的。CHI700E和CHI710E为基本型，CHI720E和CHI730E为综合电化学分析仪，而CHI750E和CHI760E为更先进的电化学工作站。



旋转环盘电极的循环伏安图

## 硬件参数指标

### 恒电位仪/双恒电位仪

- 零阻电流计
- 2, 3, 4电极结构
- 浮动地线或实地
- 两个通道最大电位范围:  $\pm 10$  V
- 最大电流:  $\pm 250$  mA 连续 (两个通道电流之和),  $\pm 350$  mA 峰值
- 槽压:  $\pm 13$  V
- 恒电位仪上升时间: 小于  $1 \mu\text{s}$ , 通常  $0.8 \mu\text{s}$
- 恒电位仪带宽 (-3分贝):  $1$  MHz
- 所加电位范围:  $\pm 10$  mV,  $\pm 50$  mV,  $\pm 100$  mV,  $\pm 650$  mV,  $\pm 3.276$  V,  $\pm 6.553$  V,  $\pm 10$  V
- 所加电位分辨: 电位范围的0.0015%
- 所加电位准确度:  $\pm 1$  mV,  $\pm$ 满量程的0.01%
- 所加电位噪声:  $< 10 \mu\text{V}$  均方根植
- 测量电流范围:  $\pm 10$  pA 至  $\pm 0.25$  A, 12量程
- 测量电流分辨: 电流量程的0.0015%, 最低  $0.3$  fA
- 电流测量准确度: 电流灵敏度大于等于  $1\text{e-}6$  A/V时为0.2%, 其他量程1%
- 输入偏置电流:  $< 50$  pA

### 恒电流仪

- 恒电流范围:  $3$  nA –  $250$  mA
- 所加电流准确度: 如果电流大于  $3\text{e-}7$  A时为0.2%, 其他范围为1%,  $\pm 20$  pA
- 所加电流分辨率: 电流范围的0.03%
- 测量电流范围:  $\pm 0.025$  V,  $\pm 0.1$  V,  $\pm 0.25$  V,  $\pm 1$  V,  $\pm 2.5$  V,  $\pm 10$  V
- 测量电位分辨率: 测量范围的0.0015%

### Electrometer: 电位计

- 参比电极输入阻抗:  $1\text{e}12$  欧姆
- 参比电极输入带宽:  $10$  MHz
- 参比电极输入偏置电流:  $\leq 10$  pA @  $25^\circ\text{C}$

### 波形发生和数据获得系统

- 快速信号发生更新速率:  $10$  MHz, 16位分辨
- 快速数据采集系统: 16位分辨, 双通道同步采样, 采样速率每秒1,000,000 点
- 外部信号记录通道最高采样速率1M Hz

### 附件

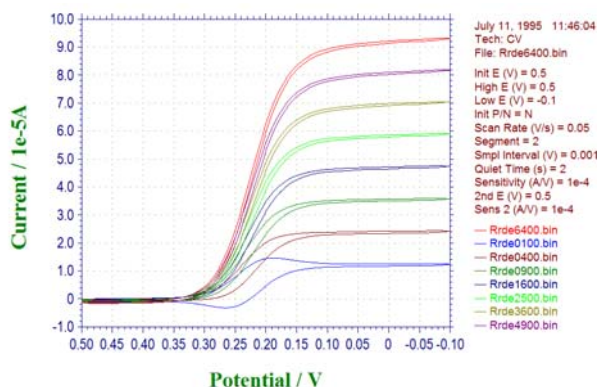
- 电极线
- USB通讯线
- 电源线

### 实验参数

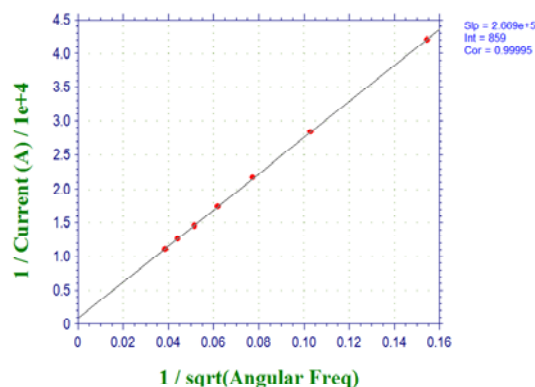
- CV和LSV扫描速度:  $0.000001$  V/s 至  $10,000$  V/s, 双通道同步扫描及采样至10,000 V/s
- 扫描时的电位增量:  $0.1$  mV (当扫速为  $1,000$  V/s时)
- CA和CC的脉冲宽度:  $0.0001$  至  $1000$  sec
- CA的最小采样间隔:  $1 \mu\text{s}$ , 双通道同步
- CC的最小采样间隔:  $1 \mu\text{s}$
- CC模拟积分器
- DPV和NPV的脉冲宽度:  $0.001$  至  $10$  sec
- SWV频率:  $1$  至  $100$  kHz
- i-t 的最小采样间隔:  $1 \mu\text{s}$ , 双通道同步
- ACV频率范围:  $0.1$  至  $10$  kHz
- SHACV频率范围:  $0.1$  至  $5$  kHz
- FTACV频率范围:  $0.1$  至  $50$  Hz, 可同时获取基波, 二次谐波, 三次谐波, 四次谐波, 五次谐波, 六次谐波的ACV数据
- 交流阻抗:  $0.00001$  至  $1$  MHz
- 交流阻抗波形幅度:  $0.00001$  V 至  $0.7$  V 均方根值

### 其他特点

- 自动或手动iR降补偿
- 电流测量偏置: 满量程, 16位分辨, 0.003% 准确度
- 电位测量偏置:  $\pm 10$  V, 16位分辨, 0.003% 准确度
- 外部电位输入
- 电位和电流的模拟输出
- 可控电位滤波器的截止频率:  $1.5$  MHz,  $150$  KHz,  $15$  KHz,  $1.5$  KHz,  $150$  Hz,  $15$  Hz,  $1.5$  Hz,  $0.15$  Hz
- 可控信号滤波器的截止频率:  $1.5$  MHz,  $150$  KHz,  $15$  KHz,  $1.5$  KHz,  $150$  Hz,  $15$  Hz,  $1.5$  Hz,  $0.15$  Hz
- 旋转电极控制电压输出:  $0-10$  V 对用于  $0-10000$  rpm的转速, 16位分辨, 0.003% 准确度, 需要某些旋转电极装置才能工作
- 通过宏命令可以控制数字输入输出线
- 内闪存储器可迅速更新程序
- 串行口或USB口数据通讯
- 电解池控制: 通氮, 搅拌, 敲击 (需要特殊电解池系统)
- CV数字模拟器和拟合器。用户定义反应机理 (CHI730E 以上) 或预定义反应机理 (其他型号)
- 交流阻抗模拟器和拟合器 (具有交流阻抗测量功能的型号)
- 最大数据长度:  $256,000-16,384,000$  点可选择
- 仪器尺寸:  $37$  cm (宽)  $\times$   $23$  cm (深)  $\times$   $12$  cm (高)



不同旋转速度的旋转盘电极伏安图



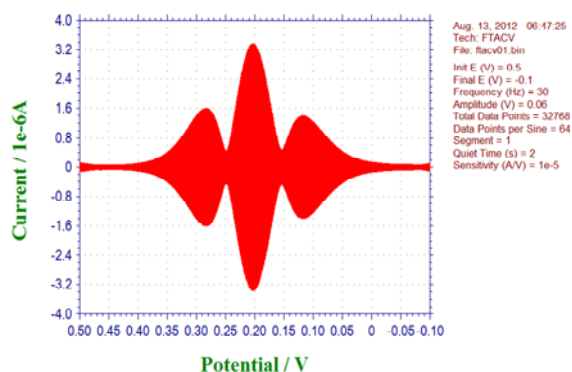
Koutecky-Levich 图

## CHI700E系列仪器不同型号的比较

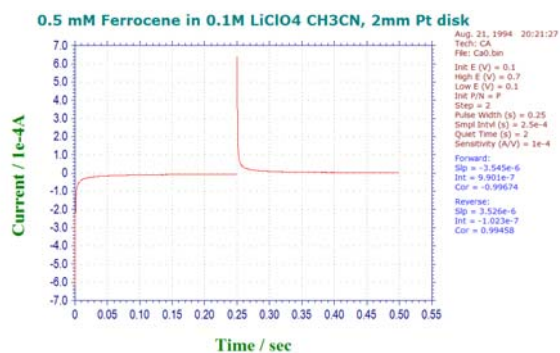
功能	700E	710E	720E	730E	750E	760E
循环伏安法 (CV)	●	●	●	●	●	●
线性扫描伏安法 (LSV) #	●	●	●	●	●	●
阶梯波伏安法 (SCV) #				●	●	●
Tafel图 (TAFEL)				●	●	●
计时电流法 (CA)	●		●	●	●	●
计时电量法 (CC)	●		●	●	●	●
差分脉冲伏安法 (DPV) #		●	●	●	●	●
常规脉冲伏安法 (NPV) #		●	●	●	●	●
差分常规脉冲伏安法 (DNPV) #						●
方波伏安法 (SWV) #			●	●	●	●
交流 (含相敏) 伏安法 (ACV) #				●	●	●
二次谐波交流 (相敏) 伏安法 (SHACV) #				●	●	●
电流-时间曲线 (i-t)				●	●	●
差分脉冲电流检测 (DPA)						●
双差分脉冲电流检测 (DDPA)						●
三脉冲电流检测 (TPA)						●
积分脉冲电流检测 (IPAD)						●
控制电位电解库仑法 (BE)	●		●	●	●	●
流体力学调制伏安法 (HMF)					●	●
扫描-阶跃混合方法 (SSF)					●	●
多电位阶跃方法 (STEP)					●	●
交流阻抗测量 (IMP)					●	●
交流阻抗-时间测量 (IMPT)					●	●
交流阻抗-电位测量 (IMPE)					●	●
计时电位法 (CP)						●
电流扫描计时电位法 (CPCR)						●
多电流阶跃法 (ISTEP)						●
电位溶出分析 (PSA)						●
电化学噪声测量 (ECN)						●
开路电压-时间曲线 (OCPT)	●	●	●	●	●	●
恒电流仪						●
RDE控制 (0-10V输出)	●	●	●	●	●	●
任意反应机理CV模拟器				●	●	●
预设反应机理CV模拟器	●	●	●			
交流阻抗数字模拟器和拟合程序					●	●
价格 (元) *	30,100	30,100	39,200	48,200	55,300	62,200

注： #：包括相应的极谱法和溶出伏安法。用于极谱法时需要特殊的静汞电极或敲击器。

\*：价格不包括计算机。仪器的保修期为一年。



傅里叶变换交流伏安法的三次谐波图



计时电流法数据

# CHI680C 大电流放大器

当 600E 系列的仪器与 CHI680C 相连接，电流范围可拓宽至  $\pm 2\text{ A}$ 。槽压可增至  $\pm 25\text{ V}$ 。CHI680C 大电流放大器与 600A/B/C/D/E 系列完全匹配，由 600A/B/C/D/E 的软件感受并控制，用户将不感觉其存在。CHI680C 也可和 700B/C/D/E 系列相连接，但这时 700B/C/D/E 系列只具有单恒电位仪的功能。

# CHI684 多通道选通器

CHI684 多通道选通器可与 400/400A/400B/400C 系列，600A/B/C/D/E 系列，700A/B/C/D/E 系列，800B/C/D 系列以及 1100B/C 系列联用。选通器控制四根电极线（对于 400A/B/C，600A/B/C/D/E，1100B/C 为工作，感受，参比，对极，对于 700A/B/C/D/E 和 800B/C 为工作，第二工作，参比，对极）。最多可以控制 64 个电解池，但每次只能选通一个电解池。

选通器是由电化学分析仪的软件控制。用户可选通任意通道，然后按顺序逐个对选择的通道进行测量。所测得的数据会自动存盘。选通器也有相应的宏命令控制。

CHI684 的最少通道数为 8。增量为 8 个通道一组。最多可达 64 通道。

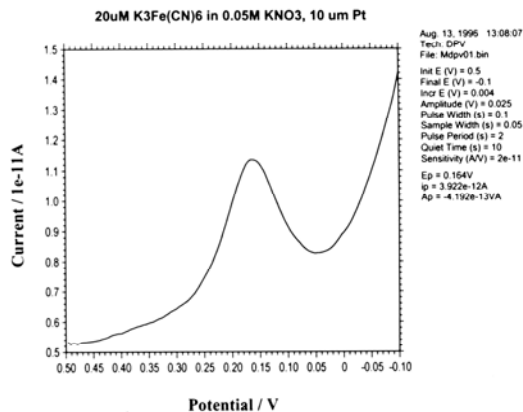
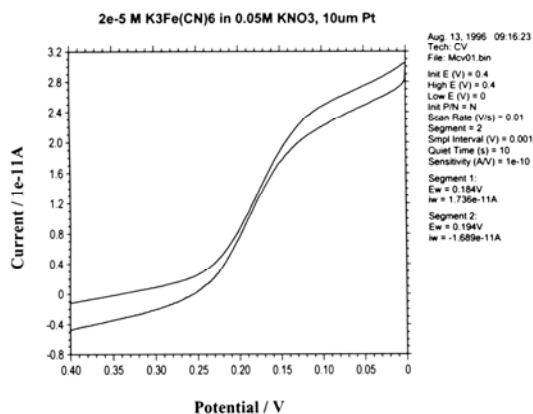
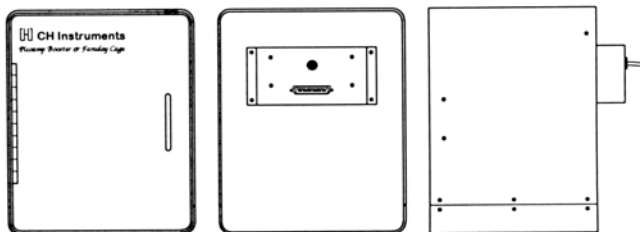
# CHI200B 微电流放大器及屏蔽箱

将 CHI200B 微电流放大器及屏蔽箱与 600A/B/C/D/E，700B/C/D/E 和 800B/C/D 系列的仪器相连接，可测量  $1\text{ pA}$  或更低的电流。CHI200B 与 600A/B/C/D/E，700B/C/D/E 和 800B/C/D 系列完全匹配，由 600A/B/C/D/E，700B/C/D/E 和 800B/D 的软件感受并控制，用户将不感觉其存在。对于 700B/C/D/E 和 800B/C/D 系列，微电流放大器只对第一通道起作用。只有当灵敏度设置在  $1\text{e-}8\text{ A/V}$  或更低时，微电流放大器才会被自动启用。

对于纳安级或更低的电流信号，屏蔽箱可有效消除电子干扰，尤其是  $50\text{ Hz}$  的工频干扰。对于噪声较大的环境，即使对于微安级的电流信号，我们也建议使用屏蔽箱。

屏蔽箱由铝材料做成，三维尺寸为  $24\text{ cm}$ （宽） $\times 23\text{ cm}$ （深） $\times 30\text{ cm}$ （高）。

屏蔽箱由铝材料做成，三维尺寸为  $24\text{ cm}$ （宽） $\times 23\text{ cm}$ （深） $\times 30\text{ cm}$ （高）。



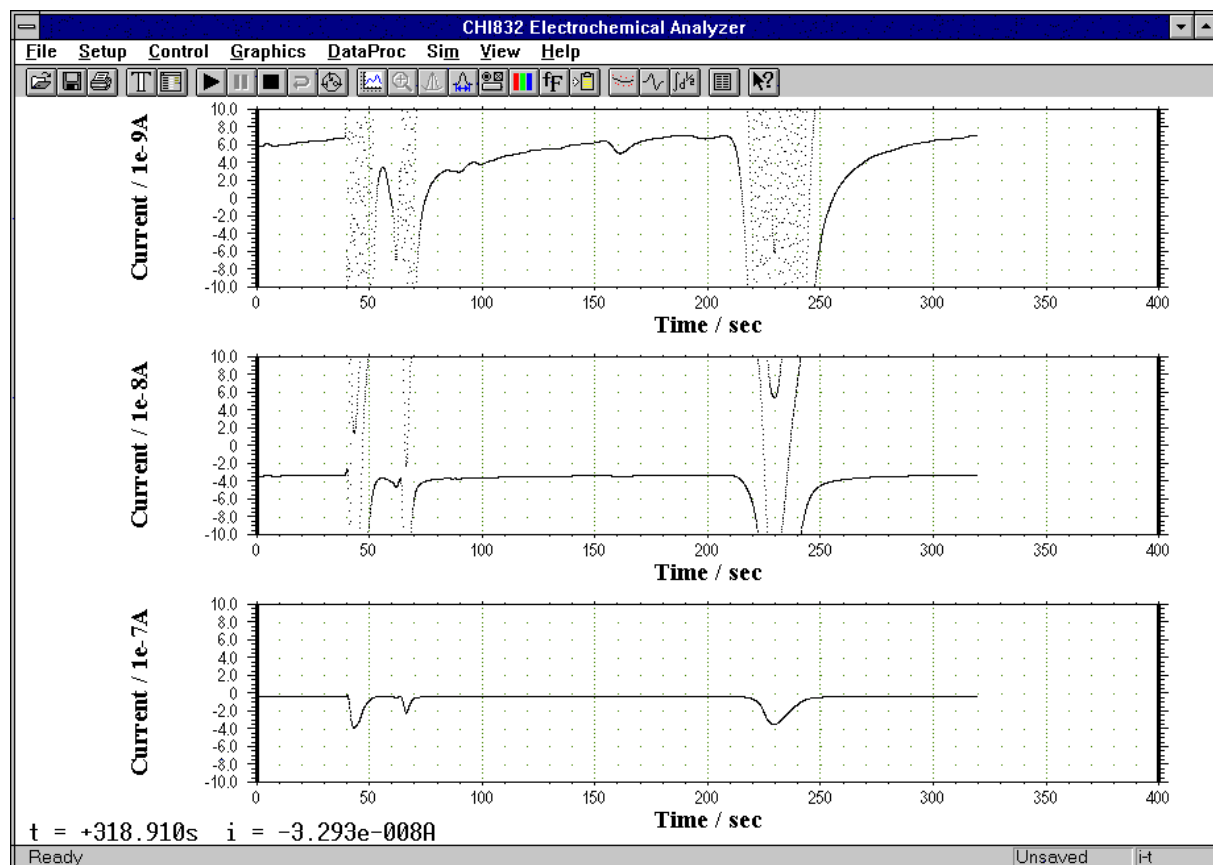
# CHI800D系列电化学分析仪

CHI800D系列电化学分析仪可用于液相色谱，流动电解池，以及毛细管电泳的电化学检测，生物传感器，活体分析，和一般用途的电化学分析。仪器具有极高的灵敏度和极低的噪声，可检测至几个pA的电流。仪器由外部计算机控制，在视窗操作系统下工作。仪器内部含有数字信号发生器，16位高分辨高速数据获得系统，以及恒电位仪，双恒电位仪和恒电流仪。仪器的电位控制范围为-10V至+10V，电流范围为 $\pm 10\text{mA}$ ，采样速率最高为1,000,000Hz。当用于电化学检测时，屏幕上可实时显示三个不同的电流量程，可同时观察不同大小的电流信号。与模拟仪器相比，本仪器易用，灵活性大，具有数据储存和分析的功能，能作高质量数据显示和打印，从而省去了X-t或X-Y函数记录仪。高分辨数据采集电路使得电流测量的动态范围极大，可避免对大小信号共存的体系分几次测量。双恒电位仪的工作和参比电极的输入端的保护电路对于毛细管电泳的电化学检测尤为重要，可防止由于地线开路造成的高压对输入放大器的损坏。

CHI800D系列是CHI800系列、CHI800A系列、CHI800B和CHI800C系列的改进型。CHI800D系列在保持低噪声的条件下，允许了更高的扫描速度和采样速率。CHI800D系列还有正反馈iR降补偿，外部信号输入通道，可在记录电化学信号的同时记录外部输入的电压信号，例如光谱信号等。此外还有一个16位高分辨高稳定的电流偏置电路以达到电流复零输出，这对于进一步提高电流测量的动态范围以及电流信号的模拟输出很有帮助。

CHI800D是单恒电位仪，只能用于单通道的电化学测量。CHI800D/2D是双恒电位仪，可同时控制两个工作电极的电位并进行电流测量。双恒电位仪能用于串联或并联电极的液相色谱电化学检测，也能用于旋转环盘电极的测量。可用于双通道测量的实验方法包括循环伏安法，线性扫描伏安法，计时电流法，差分脉冲伏安法，常规脉冲伏安法，方波伏安法和电流-时间曲线。两个电极的电位和灵敏度设置可以独立控制，也可两个电极的电位同步扫描或阶跃。

为了满足不同的应用需要以及经费条件，CHI800D系列分成了多种型号。不同的型号具有不同的电化学测量技术和功能，但基本的硬件参数指标和软件性能是相同的。CHI800D/802D和CHI810D/CHI812D主要用于流动电解池的检测。CHI820D/822D不能用于流动池检测，而是用于伏安法测量。CHI830D/832D是综合电化学分析仪，可用于电化学检测，伏安法以及其它应用。CHI840D/842D在CHI830D/832D的基础上还增加了恒电流仪。CHI850D/852D在CHI840D/842D的基础上增加了交流伏安法以及其它一些实验技术。



当仪器用于流动电解池电化学检测时三个量程数据实时显示



## 硬件参数指标

单恒电位仪或双恒电位仪或恒电流仪  
 电位范围:  $\pm 10\text{V}$   
 槽压:  $\pm 12\text{V}$   
 电流范围:  $10\text{mA}$   
 参比电极输入阻抗:  $1 \times 10^{12}\Omega$   
 灵敏度:  $1 \times 10^{-12} - 0.001\text{A/V}$  共10档量程  
 输入偏置电流:  $< 5\text{pA}$   
 电流测量分辨率:  $< 0.01\text{pA}$   
 最高数据采集速率:  $1,000,000\text{Hz}$   
 模数转换器分辨率: 16位

CV和LSV扫描速度:  $0.000001 - 5000\text{V/s}$   
 CA和CC脉冲宽度:  $0.0001 - 1,000\text{sec}$   
 CA和CC阶跃次数: 320  
 DPV和NPV脉冲宽度:  $0.0001 - 10\text{sec}$   
 SWV频率:  $1 - 100,000\text{Hz}$   
 双通道测量适用于CV,LSV,CA,DPV,NPV,SWV,i-t  
 电解池控制输出: 通氮, 搅拌, 敲击  
 最大数据长度: 256,000点-16,384,000点可选择  
 仪器尺寸:  $37\text{cm}$  (宽)  $\times$   $23\text{cm}$  (深)  $\times$   $12\text{cm}$  (高)  
 仪器重量:  $3.3\text{kg}$

## CHI800D系列仪器不同型号的比较

功能	800D/802D	810D/812D	820D/822D	830D/832D	840D/842D	850D/852D
循环伏安法 (CV)	●	●	●	●	●	●
线性扫描伏安法 (LSV) #	●	●	●	●	●	●
阶梯波伏安法 (SCV) #,&						●
TAFEL图 (TAFEL)						●
计时电流法 (CA)				●	●	●
计时电量法 (CC)				●	●	●
差分脉冲伏安法 (DPV) #			●	●	●	●
常规脉冲伏安法 (NPV) #			●	●	●	●
差分常规脉冲伏安法 (DNPV) #,&						●
方波伏安法 (SWV) #			●	●	●	●
交流伏安法 (ACV) #,&,\$						●
二次谐波交流伏安法 (SHACV) #,&,\$						●
电流-时间曲线 (i-t)	●	●		●	●	●
差分脉冲电流检测 (DPA)		●		●	●	●
双差分脉冲电流检测 (DDPA)		●		●	●	●
三脉冲电流检测 (TPA)		●		●	●	●
积分脉冲电流监测 (IPAD)						●
控制电位电解库仑法 (BE)			●	●	●	●
流体力学调制伏安法(HMV)						●
扫描-阶跃混合方法 (SSF)					●	●
多电位阶跃方法 (STEP)					●	●
计时电位法 (CP)					●	●
电流扫描计时电位法 (CPCR)					●	●
多电流阶跃法 (ISTEP)					●	●
电位溶出分析 (PSA)				(零电流)	●	●
电化学噪声测量 (ECN)						●
开路电压-时间曲线 (OCPT)	●	●	●	●	●	●
恒电流仪					●	●
RDE控制 (0-10V电压输出)				●	●	●
任意反应机理CV模拟器				●	●	●
预设反应机理CV模拟器	●	●	●			
价格 (元) *	23,100/27,700	27,700/32,300	25,400/30,000	34,600/39,200	39,200/43,800	43,800/48,300

注: #: 包括相应的极谱法

&: 包括相应的溶出伏安法

\$: 包括相敏数据

\*: 价格不包括计算机. 仪器的保修期为一年.

# CHI900D/920D扫描电化学显微镜

电化学扫描显微镜(SECM)发明于1989年并获得美国专利。CH Instruments与University of Texas at Austin的化学系的Allen J. Bard教授合作实现了电化学扫描显微镜的仪器商品化,从而使得这一强有力的研究方法走进了更多的实验室。

扫描电化学显微镜与扫描隧道显微镜(STM)的工作原理类似。但SECM测量的不是隧道电流,而是由化学物质氧化或还原给出的电化学电流。尽管SECM的分辨率较STM低,但SECM的样品可以是导体,绝缘体或半导体,而STM只限于导体表面的测量。SECM除了能给出样品表面的地形地貌外,还能提供丰富的化学信息。其可观察表面的范围也大得多。

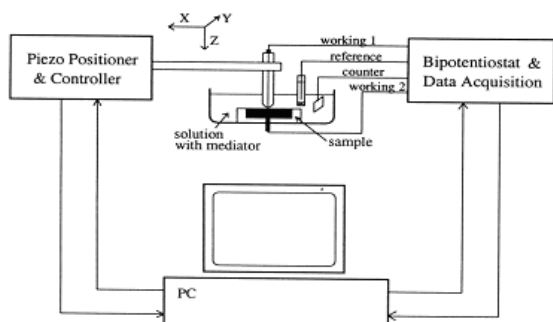
在SECM的实验中,探头先移动到非常靠近样品表面,然后在X-Y的平面上扫描。探头是双恒电位仪的第一个工作电极。如果样品也是导体,则通常作为第二个工作电极。探头的电位控制在由传质过程控制的氧化或还原的电位。而样品的电位被控制在其逆反应的电位。由于探头很靠近样品,探头上的反应产物扩散到样品表面又被反应成为原始反应物并回到探头表面再作用,从而造成电流的增加。这被称为"正反馈"方式。正反馈的程度取决于探头和样品间的距离。如果样品是绝缘体,当探头靠近样品时,反应物到电极表面的扩散流量受到样品的阻碍而造成电流的减少。这被称为"负反馈"方式。负反馈的程度亦取决于探头和样品间的距离。探头电流和探头与导体或绝缘体样品间的距离的关系可通过现有理论计算得到。

基于以上特性,SECM已在多个领域发现了许多应用。SECM能被用于观察样品表面的化学或生物活性分布,亚单分子层吸附的均匀性,测量快速异相电荷传递的速度,一级或二级随后反应的速度,酶-中间体催化反应的动力学,膜中离子扩散,溶液/膜界面以及液/液界面的动力学过程。SECM还被用于单分子的检测,酶和脱氧核糖核酸的成像,光合作用的研究,腐蚀研究,化学修饰电极膜厚的测量,纳米级刻蚀,沉积和加工,等等。SECM的许多应用或是其他方法无法取代的,或是用其他方法很难实现的。

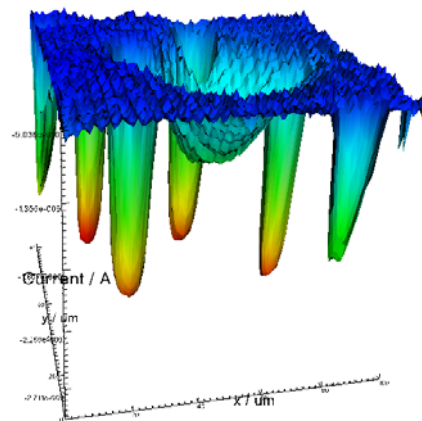
CHI900D/920DSECM是CHI900C/920C的改进型。仪器由双恒电位仪/恒电流仪,高分辨的三维定位装置,和样品/电解池架子组成。三维定位装置采用步进电机(CHI900D)或者步进电机与压电晶体的组合(CHI920D),可允许50毫米的运行距离并达到纳米的空间分辨。与CHI900B/910B采用的步进电机相比,新的步进电机的线性度和分辨率都明显改善。步进电机移动平台的分辨率可达4纳米。这使得大部分SECM的应用可以仅用步进电机定位器(CHI900D)来实现。从而进一步降低了仪器的价格。在需要不断调整定位器而达到电流控制或其它控制的情况下,可采用步进电机与压电晶体闭环控制定位器的组合(CHI920D)。CHI920D的压电晶体闭环控制定位器为XYZ三维空间。

双恒电位仪集成了数字信号发生器和高分辨数据采集系统。电位范围为 $\pm 10\text{V}$ ,电流范围为 $\pm 250\text{mA}$ 。仪器的噪声极低,其电流测量可低于 $1\text{pA}$ 。两个工作电极的电位可单独控制,也允许同步扫描或阶跃。与CHI900B相比,CHI900D在保持低噪声的条件下,速度大为提高。信号发生器的更新速率为 $10\text{MHz}$ ,数据采集采用两个同步16位高分辨低噪声的模数转换器,双通道同时采样的最高速率为 $1\text{MHz}$ 。循环伏安法的扫描速度为 $1000\text{V/s}$ 时,电位增量仅 $0.1\text{mV}$ ,当扫描速度为 $5000\text{V/s}$ 时,电位增量为 $1\text{mV}$ 。仪器增加了交流测量方法,如交流阻抗的测量频率可达 $1\text{MHz}$ ,交流伏安法的频率可达 $10\text{KHz}$ 。CHI900D仍具备恒电流仪,正反馈iR补偿,用于旋转电极转速控制的模拟电压输出信号( $0-10\text{V}$ ),外部信号输入通道,以及一个16位高分辨高稳定的电流偏置电路。

除了SECM成像以外,仪器还提供探头扫描曲线,探头逼近曲线和表面成像处理。探头可沿X, Y, 或Z的方向扫描,探头和第二工作电极的电位可独立控制并分别测量两个通道的电流。当电流达到某一设定值时,探头会停止扫描。探头逼近表面时采用PID控制,可自动调节移动步长使得快速逼近但又避免探头碰撞样品表面。仪器的控制软件是多用户界面的视窗程序,十分友好易用。仪器的其他特点还包括灵活的实验控制,数据分析,并集成了三维图形。除了电流检测方式,探头的电位也能被检测,从而允许用电位法做SECM。仪器还允许多种常规电化学测量方法。



扫描电化学显微镜示意图



扫描电化学显微镜三维成像图

## 硬件参数指标

### 高分辨的三维定位装置:

步进电机XYZ分辨率: 8nm (CHI900D)

步进电机加闭环压电晶体XYZ分辨率: 1.6nm (CHI920D)

XYZ移动距离: 50 mm

### 恒电位仪/双恒电位仪

- 零阻电流计
- 2, 3, 4电极结构
- 浮动地线或实地
- 两个通道最大电位范围:  $\pm 10\text{ V}$
- 最大电流:  $\pm 250\text{ mA}$  连续 (两个通道电流之和),  $\pm 350\text{ mA}$  峰值
- 槽压:  $\pm 13\text{ V}$
- 恒电位仪上升时间: 小于  $1\text{ }\mu\text{s}$ , 通常  $0.8\text{ }\mu\text{s}$
- 恒电位仪带宽 (-3分贝):  $1\text{ MHz}$
- 所加电位范围:  $\pm 10\text{ mV}$ ,  $\pm 50\text{ mV}$ ,  $\pm 100\text{ mV}$ ,  $\pm 650\text{ mV}$ ,  $\pm 3.276\text{ V}$ ,  $\pm 6.553\text{ V}$ ,  $\pm 10\text{ V}$
- 所加电位分辨: 电位范围的0.0015%
- 所加电位准确度:  $\pm 1\text{ mV}$ ,  $\pm$ 满量程的0.01%
- 所加电位噪声:  $< 10\text{ }\mu\text{V}$  均方根植
- 测量电流范围:  $\pm 10\text{ pA}$  至  $\pm 0.25\text{ A}$ , 12量程
- 测量电流分辨: 电流量程的0.0015%, 最低  $0.3\text{ fA}$
- 电流测量准确度: 电流灵敏度大于等于  $1\text{e-}6\text{ A/V}$  时为 0.2%, 其他量程 1%
- 输入偏置电流:  $< 10\text{ pA}$

### 恒电流仪

- 恒电流范围:  $3\text{ nA} - 250\text{ mA}$
- 所加电流准确度: 如果电流大于  $3\text{e-}7\text{ A}$  时为 0.2%, 其他范围为 1%,  $\pm 20\text{ pA}$
- 所加电流分辨率: 电流范围的0.03%
- 测量电流范围:  $\pm 0.025\text{ V}$ ,  $\pm 0.1\text{ V}$ ,  $\pm 0.25\text{ V}$ ,  $\pm 1\text{ V}$ ,  $\pm 2.5\text{ V}$ ,  $\pm 10\text{ V}$
- 测量电位分辨率: 测量范围的0.0015%

### Electrometer: 电位计

- 参比电极输入阻抗:  $1\text{e}12\text{ }\Omega$
- 参比电极输入带宽:  $10\text{ MHz}$
- 参比电极输入偏置电流:  $\leq 10\text{ pA}$  @  $25^\circ\text{C}$

### 波形发生和数据获得系统

- 快速信号发生更新速率:  $10\text{ MHz}$ , 16位分辨
- 快速数据采集系统: 16位分辨, 双通道同步采样, 采样速率每秒1,000,000 点
- 外部信号记录通道最高采样速率  $1\text{M Hz}$

### 其他特点

- 自动或手动iR降补偿
- 电流测量偏置: 满量程, 16位分辨, 0.003% 准确度
- 电位测量偏置:  $\pm 10\text{ V}$ , 16位分辨, 0.003% 准确度
- 外部电位输入
- 电位和电流的模拟输出
- 可控电位滤波器的截止频率:  $1.5\text{ MHz}$ ,  $150\text{ KHz}$ ,  $15\text{ KHz}$ ,  $1.5\text{ KHz}$ ,  $150\text{ Hz}$ ,  $15\text{ Hz}$ ,  $1.5\text{ Hz}$ ,  $0.15\text{ Hz}$
- 可控信号滤波器的截止频率:  $1.5\text{ MHz}$ ,  $150\text{ KHz}$ ,  $15\text{ KHz}$ ,  $1.5\text{ KHz}$ ,  $150\text{ Hz}$ ,  $15\text{ Hz}$ ,  $1.5\text{ Hz}$ ,  $0.15\text{ Hz}$
- 旋转电极控制电压输出 (CHI630E以上型号):  $0-10\text{ V}$

## 实验技术

### 扫描探头技术:

表面成象处理 (SPC)

探头扫描曲线 (PSC, X, Y, Z方向)

探头逼近曲线 (PAC)

扫描电化学显微镜 (SECM)

PSC和SECM允许电流, 电位, 常电流, 阻抗检测

### 电位扫描技术:

循环伏安法 (CV)

线性扫描伏安法 (LSV)

TAFEL图 (TAFEL)

### 电位阶跃和脉冲技术:

计时电流法 (CA)

计时电量法 (CC)

阶梯波伏安法 (SCV)

差分脉冲伏安法 (DPV)

常规脉冲伏安法 (NPV)

差分常规脉冲伏安法 (DNPV)

方波伏安法 (SWV)

### 交流技术:

交流伏安法 (ACV)

二次谐波交流伏安法 (SHACV)

傅里叶变换交流伏安法 (FTACV)

交流阻抗 (IMP)

交流阻抗-电位 (IMPE)

交流阻抗-时间 (IMPT)

### 恒电流技术:

计时电位法 (CP)

电流扫描计时电位法 (CPCR)

多电流阶跃 (ISTEP)

电位溶出分析 (PSA)

### 其它电化学测量技术:

时间-电流曲线 (i-t)

差分脉冲安培法 (DPA)

双差分脉冲安培法 (DDPA)

三脉冲安培法 (TPA)

积分脉冲电流检测 (IPAD)

扫描-阶跃混和方法 (SSF)

多电位阶跃 (STEP)

流体力学调制伏安法 (HMFV)

控制电位电解库仑法 (BE)

电化学噪声测量 (ECN)

各种溶出伏安法

开路电位-时间曲线 (OCPT)

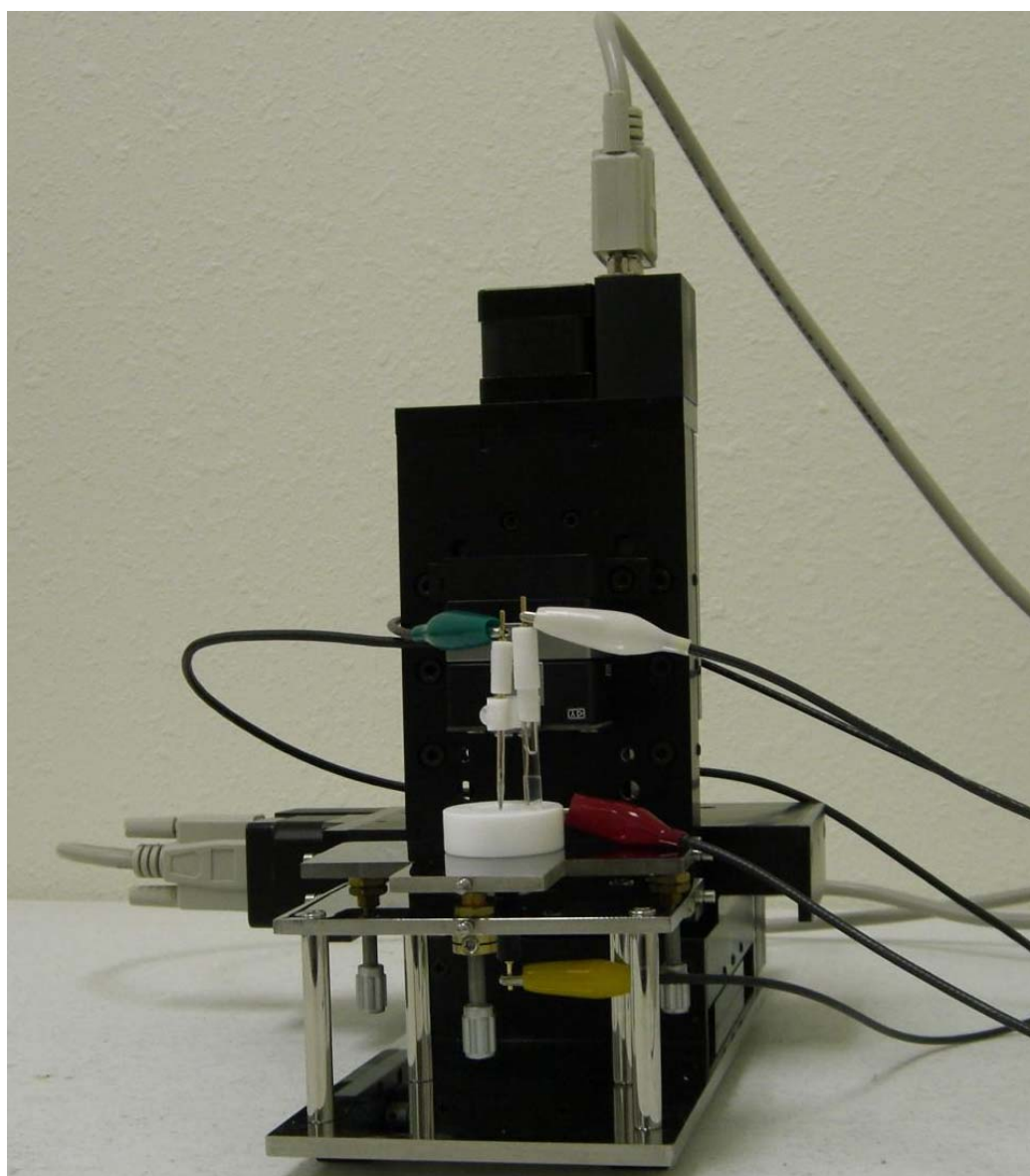
### 实验参数

- CV和LSV扫描速度:  $0.000001\text{ V/s}$  至  $10,000\text{ V/s}$ , 双通道同步扫描及采样至  $10,000\text{ V/s}$
- 扫描时的电位增量:  $0.1\text{ mV}$  (当扫速为  $1,000\text{ V/s}$  时)
- CA和CC的脉冲宽度:  $0.0001$  至  $1000\text{ sec}$
- CA的最小采样间隔:  $1\text{ }\mu\text{s}$ , 双通道同步

对于 0-10000 rpm 的转速，16 位分辨，0.003% 准确度，需要某些旋转电极装置才能工作

- 通过宏命令可以控制数字输入输出线
- 内闪存储器可迅速更新程序
- 串行口或USB口数据通讯
- 电解池控制：通氮,搅拌,敲击（需要特殊电解池系统）
- CV 数字模拟器和拟合器。用户定义反应机理
- 交流阻抗模拟器和拟合器
- 探头逼近曲线的模拟和拟合
- 最大数据长度：256,000-16,384,000 点可选择
- 仪器尺寸：两个 37 cm (宽) × 23 cm (深) × 12 cm (高)
- 仪器重量：7 kg

- CC 的最小采样间隔：1  $\mu$ s
- CC 模拟积分器
- DPV 和 NPV 的脉冲宽度：0.001 至 10 sec
- SWV 频率：1 至 100 kHz
- i-t 的最小采样间隔：1  $\mu$ s，双通道同步
- ACV 频率范围：0.1 至 10 kHz
- SHACV 频率范围：0.1 至 5 kHz
- FTACV 频率范围：0.1 至 50 Hz，可同时获取基波，二次谐波，三次谐波，四次谐波，五次谐波，六次谐波的 ACV 数据
- 交流阻抗：0.00001 至 1 MHz
- 交流阻抗波形幅度：0.00001 V 至 0.7 V 均方根值



# 扫描电化学显微镜的原理和应用

## I . SECM工作原理

与其它扫描探针显微镜相同, 扫描电化学显微镜 (SECM) 也是基于非常小的电极 (探头) 在靠近样品的表面进行扫描。通常SECM采用电流法, 用超微电极作探头。SECM也可用离子选择电极作电位法实验。

在电流法实验中, 探头的电流会受到样品的影响。当探头远离 (大于探头电极直径几倍) 样品表面时 (见图1A), 流过探头电极的稳态电流  $i_{T,\infty}$  为

$$i_{T,\infty} = 4nFDc_a$$

其中F为法拉第常数, n为探头上电极反应 ( $O + ne \rightarrow R$ ) 所涉及的电子数, D为反应物 O 的扩散系数, C为浓度, a为探头电极的半径。当探头移至绝缘样品表面时, 反应物 O 从本体溶液向探头电极的扩散受到阻碍, 流过探头的电流  $i_T$  会减小。探头越接近于样品, 电流  $i_T$  就越小 (见图1B)。这个过程常被称作“负反馈”。如果样品是导体, 则通常将样品作为双恒电位仪的第二工作电极, 并控制样品的电位使得逆反应 ( $R - ne \rightarrow O$ ) 发生。当探头移至样品表面时, 探头的反应产物 R 将在样品表面重新转化为反应物 O 并扩散回探头表面, 从而使得流过探头的电流  $i_T$  增大。探头离样品的距离越近, 电流  $i_T$  就越大 (见图 1C)。这个过程则被称为“正反馈”。以上的两种简单的反馈原理就构成了SECM 工作原理的基础。

流过探头的电流和探头与样品的间距的关系已有理论推导。通过测量电流, 还可得到样品表面的化学和电化学活性。

在SECM的实验中, 总反应局限于探头和样品间的薄层中。如果用样品电极来产生反应产物并以探头来收集 (Substrate-Generation/Tip-Collection, 或SG/TC 方式), 探头被移至样品电极产生的扩散层内。这种方式被用于检测酶反应,

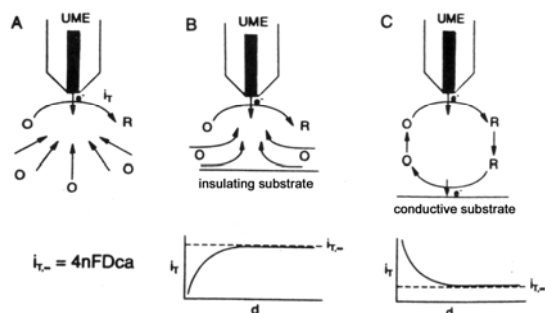


图 1. SECM的工作原理: (A) 当探头微电极远离样品时, O 的扩散导致稳态电流  $i_{T,\infty}$ 。(B) 当探头靠近绝缘样品表面时, O 的扩散受阻使得  $i_T < i_{T,\infty}$ 。(C) 当探头靠近导体样品表面时, “正反馈”使得  $i_T > i_{T,\infty}$ 。

腐蚀, 以及样品表面发生的异相过程。当样品电极较大时, 这种方式的应用具有某些局限性: (1) 大的样品电极不容易达到稳态; (2) 样品电极的较大电流会造成较大的  $iR$  降; (3) 收集效率 (即探头电流与样品电极的电流之比) 较低。因此对于动力学测量经常用探头来产生反应产物而用样品电极来收集 (Tip-Generation/Substrate-Collection, 或 TG/SC 方式)。

## II . SECM 应用

基于以上特性, SECM 已在多个领域发现了许多应用。SECM 能被用于观察样品表面的化学或生物活性分布, 亚单分子层吸附的均匀性, 测量快速异相电荷传递的速度, 一级或二级随后反应的速度, 酶-中间体催化反应的动力学, 膜中离子扩散, 液/膜界面以及液/液界面的动力学过程。SECM 还被用于单分子的检测, 酶和脱氧核糖核酸的成像, 光合作用的研究, 腐蚀研究, 化学修饰电极膜厚的测量, 纳米级刻蚀, 沉积和加工, 等等。SECM 的许多应用或是其他方法无法取代的, 或是用其他方法很难实现的。

### A . 样品表面扫描成像

通过在靠近样品表面的X-Y平面上扫描探头并记录作为X-Y坐标位置函数的探头电流  $i_T$ , 可得到三维的SECM图象。SECM 能被用于导体或绝缘体等各种样品表面的成像。SECM 图象的分辨率取决于探头电极的直径。目前人们能够制作的最小探头的直径为20-30 nm, 相当于电子扫描显微镜的分辨率。图2为用2微米直径的铂盘微电极在  $Fe(CN)_6^{4-}$  溶液中得到的高分子滤膜的SECM图象。滤膜的平均孔径约10微米。除了可得到样品表面的地形地貌外, SECM还可测量样品表面化学或生物活性的分布。

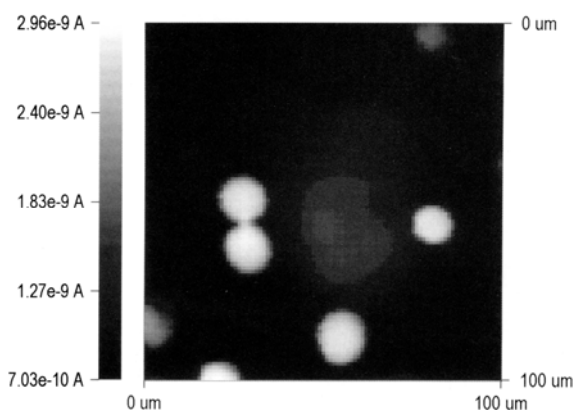


图 2 . 用2微米直径的铂盘微电极在  $Fe(CN)_6^{4-}$  溶液中得到的高分子滤膜的 SECM 图象。滤膜的平均孔径约10微米。



## B. 异相电荷转移反应的研究

为了进行异相电子转移动力学研究, 传质系数  $m$  必须接近或大于标准异相电子转移速度常数  $k^0$ 。对于瞬态电化学测量方法(例如CV或CA等), 传质系数  $m$  约为  $(D/t)^{1/2}$ , 其中  $t$  是实验的时间尺度。为了测量快速反应, CV 的扫描速度要提到非常高(例如每秒一百万伏)。用 SECM 也能进行各种金属, 碳或半导体材料的异相电子转移动力学的研究。探头电极被移至非常靠近样品电极表面处从而形成非常薄的薄层电解池。当薄层的厚度  $d$  小于电极的半径  $a$  时, 传质系数  $m$  为  $D/d$ 。当  $d$  小于一微米时, 传质系数相当于目前 CV 能达到的最高扫描速度。与快扫描循环伏安法(CV)等瞬态方法相比, SECM 测量方法是稳态测量, 具有更高的信噪比和测量精度, 也不受  $iR$  降和充电电流的影响。用此方法测得二茂铁在乙腈溶液中的  $k^0$  为  $3.7 \pm 0.6 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 。

## C. 均相化学反应动力学研究

当 SECM 工作在 TG/SG 方式时, 相当于旋转环盘电极的工作方式, 对于研究均相化学反应特别有用。SECM 可很方便地研究不同的样品电极, 而无需制备不同材料的环盘电极。SECM 的传质系数远大于目前旋转环盘电极所能达到的极限。在不伴随化学反应的电极过程中, TG/SG 方式的收集效率几乎可达100%, 远高于旋转环盘电极。

假定溶液本体溶液中只有  $O$  存在, 探头电极的电位足够负,  $O$  会被还原成  $R$ 。而样品电极的电位足够正, 使得  $R$  又会被氧化成  $O$ 。如果  $R$  稳定的话, 探头上的电流会由于样品电极上  $O$  的再生而得到增强(即“正反馈”过程)。如果是随后反应过程,  $R$  不稳定而进一步生成无活性的最终产物, 则  $O$  不会在样品电极上再生。这时将观察到“负反馈”过程, 探头电极上电流减小。对一给定随后反应体系, 探头上的电流取决于探头和样品电极间的距离  $d$  和随后反应的速度常数  $k_s$  :

当  $d^2 k_s / D \gg 1$  时, 样品电极呈绝缘体行为

当  $d^2 k_s / D \ll 1$  时, 样品电极呈导体行为

当  $d^2 k_s / D \sim 1$  时, 可用于动力学测量

同理 SECM 还被用于测量各种其它类型的与电极过程耦合的化学反应的动力学。当化学反应速度非常快时, 则要求探头非常靠近样品电极。

## D. 薄膜的表征

SECM 也是研究电极界面上薄膜的十分有用的技术。可将探头电极插入膜中进行直接电化学测量, 或通过媒介反应进行测量。这方面的实例包括多电解质, 导电高分子, 金属表面的钝化膜等的测量。其中一个有趣的应用是在已富集了  $\text{Os}(\text{bpy})_3^{2+/3+}$  的 Nafion 膜中用 SECM 直接进行电化学测量。当探头在膜外面时, 无电流流过。当探头刚碰到膜时, 电流突然增加。当探头在膜中朝着样品电极表面移动但离表面尚有距离时, 电流是稳定值。根据此电流可计算得扩散系数而不受其它因素的复杂化影响。当探头移至样品电极表面附近时, 可观察到由反应物再生的“正反馈”过程引起的电流的进一步上升。由此可见

SECM 为研究高分子修饰电极的电荷传递动力学提供了十分重要的手段。它亦允许现场测量溶胀后的膜的厚度。膜厚是化学修饰电极研究中的一个重要参数。过去人们只能猜测估计溶胀后的膜厚而无法进行实际测量, 只能根据粗略估计的膜厚进行其它参数的计算。

## E. 液/液界面的研究

液/液界面研究对于理解电荷转移过程, 化学传感器, 药物释放过程, 溶剂萃取过程有着重要的意义。液/液界面电化学测量通常涉及经修改的恒电位仪控制两相间两个参比电极的电位差并测量流过两个辅助电极间的电流信号。但传统的方法不能区分电子转移和离子转移过程, 数据有可能受到电容电流以及非水相的  $iR$  降的影响而失真。当 SECM 用于液/液界面研究时, 两相的电位是由两相中的电对的浓度决定的。假定上面相的溶液中含还原物质  $R_1$ , 控制探头电极的电位使得  $R_1$  会在探头上氧化成  $O_1$ 。当探头接近两相界面时, 探头上产生的  $O_1$  会与下面相中的还原物质作用而再生  $R_1$ 。探头上的电流从而由于“正反馈”而增加。在这一过程中电子从下面相转移至上面相, 为了保持两相的电中性, 离子在两相间的转移也同时发生。由于 SECM 实验中电子转移是在探头附近的微区内发生, 而离子的转移是在大得多的整个相界面发生, 电子转移过程受离子转移过程的影响极小。

## F. 生物体系的测量和成像

SECM 可用于观察人工或天然的生物体系。电流法和电位法(离子选择电极)都被使用。这方面的例子包括人造和天然皮肤的离子或分子的渗透, 生物酶活性的分布和检测, 植物叶子光合作用和呼吸作用的研究, 破骨细胞的钙离子和过氧化物的测量, 抗原抗体及 DNA 的成像, 等等。

SECM 可用于测量酶与媒介反应的动力学。当葡萄糖氧化酶被固定在表面或膜中并当氧化剂存在时能催化葡萄糖的氧化。溶液为媒介体(如亚铁氰化钾, 甲基紫精, 或二茂铁的羧酸衍生物)的还原态  $R$ 。控制探头电极使得  $R$  能被氧化成  $O$ , 当探头移至样品表面时, 探头上产生的  $O$  将参与催化反应。探头上的电流将取决于催化反应的动力学速度。

## G. 纳米加工

当探头电极移至样品表面时, 电子转移局限于靠近样品表面的很小的局部区域。这个特性能用于微区沉积或刻蚀。探头电极可作为工作电极或对极来直接进行表面加工。也可在探头电极上产生试剂与样品作用。例如在探头上将  $\text{Br}^-$  氧化成  $\text{Br}_2$  以刻蚀半导体砷化镓。也可通过产生还原物质使表面修饰膜中的贵金属络合物还原沉积。加工分辨率取决于探头电极大小, 探头电极距样品的距离。除了金属和半导体的沉积刻蚀外, 人们还能沉积高分子, 有机和生物分子。这是微电子照相刻蚀技术做不到的。

## III. 参考资料

"Scanning Electrochemical Microscopy" A. J. Bard and M. V. Mirkin eds., Marcel Dekker, New York, 2001.

# CHI1000C系列多通道恒电位仪

CHI1000C系列为八通道恒电位仪，可用于传感器等需要多工作电极同时测量的条件下或其它电化学应用。仪器由数字信号发生器，多道选通数据采集系统，和多恒电位仪组成。多恒电仪可用于八个工作电极与一个共用的参比电极和一个共用的对极处于同一电解池中的测量。仪器也能用于八个独立电解池的测量。工作电极的电位范围为 $\pm 10\text{V}$ 。每个通道的工作电极可以独立控制，包括开关，电位和电流测量灵敏度的设定。第二至七通道的任一工作电极亦能被设为与第一通道相同的电位，从而能与第一通道的工作电极一样扫描或阶跃电位。电流范围为 $\pm 10\text{mA}$ 。电流的下限可测至 $50\text{pA}$ 。

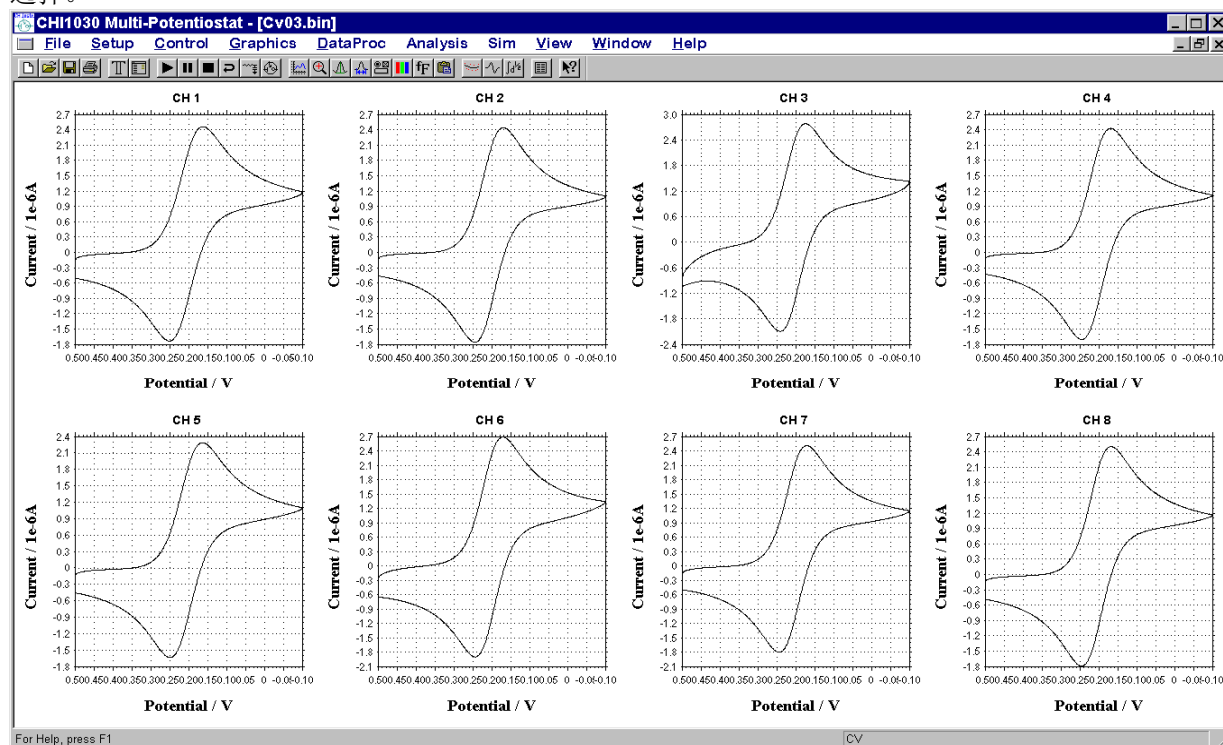
仪器还集成了常用的循环伏安法，电流-时间测量，和许多其他电化学测量方法。除了开路电位时间以外，所有八个工作电极都能用于各种电化学技术的测量。所有通道的参数都必须在实验开始前设好。用户不能在实验过程中改变实验参数。但用户可在实验过程中改变数据显示方式，可以是单组数据显示，也可以是多组数据的并行显示或重叠显示。实验结束后，任意数据组能被并行显示或重叠显示。对于能实时传送的数据，每组数据的最大长度为 $128\text{K}$ – $8192\text{K}$ 。

CHI1000C系列采用了更高速的信号发生器。对于单通道或顺序测量，波形更新速率可达 $10\text{MHz}$ ，采样速率可达 $1\text{MHz}$ ，八个通道的电位控制数模转换器具有更低的噪声。

CHI1000C系列仪器的内部控制程序采用了FLASH存储器。仪器软件的更新可以通过网络进行传送并通过程序命令写入。这使得软件更新更加快捷方便。仪器还许可通过USB进行控制。

仪器由外部计算机控制，非常容易安装和使用。不需要在计算机中插入其他电路板。软件是32位或64位的多文件界面的视窗软件。用户界面遵守视窗软件设计的基本规则。如果用户熟悉视窗环境，则无需用户手册就能顺利进行软件操作。命令参数所用术语都是化学工作者熟悉和常用的。一些最常用的命令都在工具栏上有相应的键。从而使得这些命令的执行方便快捷。软件还提供详尽完整的帮助系统。

为了满足不同的应用需要以及经费条件，CHI1000C系列又分成多种型号。不同的型号具有不同的电化学测量技术和功能，但基本的硬件参数指标和软件性能是相同的。用户可根据自己的需要作出选择。



八通道循环伏安图

## 硬件参数指标

八通道恒电位仪  
 独立电解池或八工作电极在同溶液中  
 电位范围:  $\pm 10\text{V}$   
 电位控制精度:  $<1\text{ mV}$   
 电位控制噪声:  $<0.01\text{ mV}$   
 槽压:  $\pm 12\text{V}$   
 电流范围(每个通道):  $10\text{mA}$   
 参比电极输入阻抗:  $1 \times 10^{12}\text{ ohm}$   
 灵敏度量程:  $1 \times 10^{-9} - 0.001\text{A/V}$ 共七档  
 输入偏置电流:  $<50\text{ pA}$   
 电流测量分辨率:  $<1\text{ pA}$

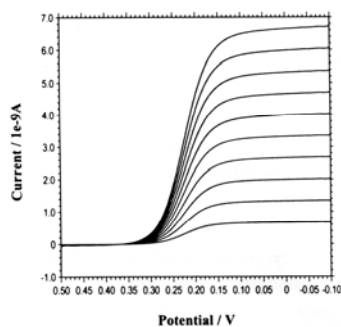
最高数据采集速率:  $1\text{MHz}@16\text{位}$   
 CV和LSV扫描速度:  $0.000001\text{ to }5000\text{V/s}$   
 CA和CC脉冲宽度:  $0.0001\text{ to }1000\text{s}$   
 CA和CC阶跃次数: 320  
 DPV和NPV脉冲宽度:  $0.005\text{ to }10\text{s}$   
 SWV频率:  $1\text{ to }100000\text{Hz}$   
 电流测量低通滤波器  
 电位电流的模拟输出  
 电解池控制输出: 通氮, 搅拌, 敲击  
 最大数据长度(每个通道): 128K - 8192K点可选  
 仪器尺寸:  $37\text{cm}(\text{宽}) \times 23\text{cm}(\text{深}) \times 12\text{cm}(\text{高})$

## CHI1000C系列仪器不同型号的比较

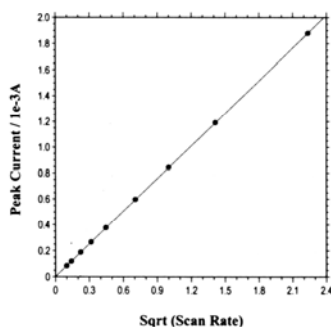
功能	1000C	1010C	1020C	1030C	1040C
循环伏安法 (CV)	●	●	●	●	●
线性扫描伏安法 (LSV) #	●	●	●	●	●
计时电流法 (CA)				●	●
计时电量法 (CC)				●	●
差分脉冲伏安法 (DPV) #			●	●	●
常规脉冲伏安法 (NPV) #			●	●	●
方波伏安法 (SWV) #			●	●	●
交流伏安法(ACV)					●
二次谐波交流伏安法(SHACV)					●
傅里叶变换交流伏安法(FTACV)					●
电流-时间曲线 (i-t)	●	●		●	●
差分脉冲电流检测 (DPA)		●		●	●
三脉冲电流检测 (TPA)		●		●	●
扫描-阶跃混合方法 (SSF)				●	●
多电位阶跃方法 (STEP)				●	●
开路电压-时间曲线 (OCPT)	●	●	●	●	●
任意反应机理CV模拟器				●	●
预设反应机理CV模拟器	●	●	●		
价格(元)*	36,900	41,500	41,500	50,700	54,700

注: #: 包括相应的溶出伏安法.

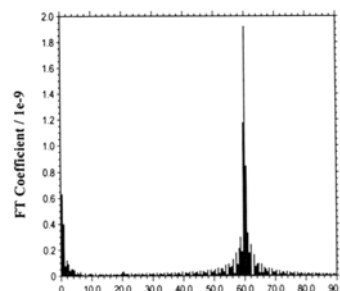
\*: 价格不包括计算机. 仪器的保修期为一年.



重迭作图



自动峰电流对扫速作图



付里叶谱图

# CHI1100C大功率恒电位仪/恒电流仪

CHI1100C系列为大功率恒电位仪/恒电流仪，主要用于需要较大电流和较高槽压的电化学测量和应用，例如电池，腐蚀，电解，电镀等。仪器由数字信号发生器，数据采集系统，和恒电位仪/恒电流仪组成。仪器的电流范围为 $\pm 2$ A，槽压为 $\pm 25$ V。电流测量下限低于50pA。可直接用于超微电极上的稳态电流测量。CHI1100C系列也是较快速的仪器。信号发生器的更新速率为10MHz，数据采集速率为1MHz。循环伏安法的扫描速度为1000V/s时，电位增量仅0.1mV。

## 硬件参数指标

恒电位仪/恒电流仪(CHI1140C)

电位范围:  $\pm 10$  V

槽压:  $\pm 25$  V

电流范围:  $\pm 2$  A

参比电极输入阻抗:  $1 \times 10^{12}$  ohm

灵敏度量程:  $1 \times 10^{-12}$  - 0.2 A/V共十二档

输入偏置电流: <50 pA

电流测量分辨率: <1 pA

数据采集系统: 16位 @ 1MHz

电位电流的模拟输出

CV和LSV扫描速度: 0.000001 to 5000V/s

CA和CC脉冲宽度: 0.0001 to 1,000s

CA和CC阶跃次数: 320

DPV和NPV脉冲宽度: 0.0001 to 10s

SWV频率: 1 to 100,000 Hz

电流测量低通滤波器(覆盖八个数量级频率范围)

电解池控制输出: 通氮, 搅拌, 敲击

最大数据长度: 128,000点 - 4,096,000点可选择

仪器尺寸: 37cm(宽)  $\times$  23cm(深)  $\times$  12cm(高)

## CHI1100C系列仪器不同型号的比较

功能	1100C	1110C	1120C	1130C	1140C
循环伏安法 (CV)	●	●	●	●	●
线性扫描伏安法 (LSV) #	●	●	●	●	●
阶梯波伏安法 (SCV) #				●	●
Tafel图 (TAFEL)				●	●
计时电流法 (CA)	●		●	●	●
计时电量法 (CC)	●		●	●	●
差分脉冲伏安法 (DPV) #		●	●	●	●
常规脉冲伏安法 (NPV) #		●	●	●	●
差分常规脉冲伏安法 (DNPV) #					●
方波伏安法 (SWV) #			●	●	●
交流 (含相敏) 伏安法 (ACV) #					●
二次谐波交流 (相敏) 伏安法 (SHACV) #					●
电流-时间曲线 (i-t)				●	●
差分脉冲电流检测 (DPA)					●
双差分脉冲电流检测 (DDPA)					●
三脉冲电流检测 (TPA)					●
控制电位电解库仑法 (BE)	●		●	●	●
流体力学调制伏安法 (HMF)					●
扫描-阶跃混合方法 (SSF)				●	●
多电位阶跃方法 (STEP)				●	●
计时电位法 (CP)					●
电流扫描计时电位法 (CPCR)					●
多电流阶跃法 (ISTEP)					●
电位溶出分析 (PSA)					●
开路电压-时间曲线 (OCPT)	●	●	●	●	●
恒电流仪					●
任意反应机理CV模拟器				●	●
预设反应机理CV模拟器	●	●	●		
价格 (元) *	25,400	25,400	34,600	41,500	48,400

注: #包括相应的极谱法和溶出伏安法。用于极谱法时需要特殊的静汞电极或敲击器。

\*: 价格不包括计算机。仪器的保修期为一年。

# CHI1200C掌上恒电位仪/双恒电位仪

CHI1200C系列为计算机化的掌上恒电位仪/双恒电位仪。仪器由数字信号发生器，数据采集系统，和恒电位仪/双恒电位仪组成。仪器的电压范围为 $\pm 5V$ ，单通道时电流范围为 $\pm 50mA$ 。双通道时电流范围为 $\pm 35mA$ 。电流测量下限低于 $10pA$ 。可直接用于超微电极上的稳态电流测量。仪器的数据采集最高速率为 $100KHz$ 。仪器的外尺寸为 $18cm$ （长） $\times 11cm$ （宽） $\times 6cm$ （高）。可用手握住。仪器通过USB接口与PC连接并供电。不需要外接电源或电池。仪器适合于一般电分析应用，传感器研究等。由于其体积小，重量轻，价廉等特点，仪器特别适合野外现场测试以及教学实验等。

CHI1200C系列是CHI1200、1200A、1200B系列的改进型。增加了电解池控制信号和旋转电极的控制信号（限于1240C/1242C）。槽压由1200B系列的 $\pm 7.5V$ 提高为 $\pm 11V$ ，从而保证了工作电极的控制范围。CHI1200C系列采用16位高分辨的数模转换器和16位的数据采集系统，从而保证了数据质量。

为了满足不同的应用需要以及经费条件，CHI1200C系列分成多种型号。不同的型号具有不同的电化学测量技术和功能并有单恒电位仪和双恒电位仪之分，但基本的硬件参数指标和软件性能是相同的。CHI1200C，1210C，1220C，1230C，1240C为普通恒电位仪，只能做单通道测量。而CHI1202C，1212C，1222C，1232C，1242C为双恒电位仪。

## 硬件参数指标

恒电位仪/双恒电位仪	CV和LSV扫描速度: $0.000001 - 10 V/s$
电位范围: $\pm 5.0V$	CA和CC脉冲宽度: $0.001 - 1,000 s$
槽压: $\pm 11V$	CA和CC阶跃次数: $1 - 320$
单通道电流范围: $\pm 50mA$ ，双通道电流: $\pm 35mA$	DPV和NPV脉冲宽度: $0.001 - 10 s$
参比电极输入阻抗: $1 \times 10^{12} \Omega$	SWV频率: $1 - 5,000Hz$
灵敏度量程: $1 \times 10^{-9} - 0.01A/V$ 共八档	电流测量低通滤波器
输入偏置电流: $<10 pA$	最大数据长度: $128000$ 点 - $4096000$ 点可选择
电流测量分辨率: $<1 pA$	供电: PC的USB接口
数据采集系统: 16位 @ $100kHz$	仪器尺寸: $17cm$ (长) $\times 11cm$ (宽) $\times 3cm$ (高)

## CHI1200C系列仪器不同型号的比较

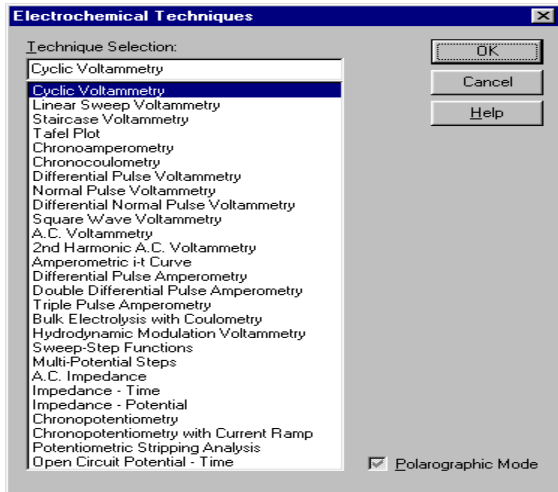
功能	1200C/1202C	1210C/1212C	1220C/1222C	1230C/1232C	1240C/1242C
循环伏安法 (CV)	●	●	●	●	●
线性扫描伏安法 (LSV)	●	●	●	●	●
阶梯波伏安法 (SCV)					●
计时电流法 (CA)	●		●	●	●
计时电量法 (CC)	●		●	●	●
差分脉冲伏安法 (DPV)		●	●	●	●
常规脉冲伏安法 (NPV)		●	●	●	●
差分常规脉冲伏安法(DNPV)				●	●
方波伏安法 (SWV)			●	●	●
交流 (含相敏) 伏安法 (ACV)					●
二次谐波交流伏安法 (SHACV)					●
电流-时间曲线 (i-t)				●	●
差分脉冲电流检测 (DPA)				●	●
双差分脉冲电流检测 (DDPA)				●	●
三脉冲电流检测 (TPA)				●	●
扫描-阶跃混合方法 (SSF)					●
多电位阶跃方法 (STEP)					●
开路电压-时间曲线 (OCPT)	●	●	●	●	●
旋转电极控制信号 (0-10V)					●
任意反应机理CV模拟器				●	●
预设反应机理CV模拟器	●	●	●		
价格 (元) *	11,600/13,900	11,600/13,900	16,200/18,500	20,800/23,100	22,800/25,080

注： \*：价格不包括计算机。仪器的保修期为一年。

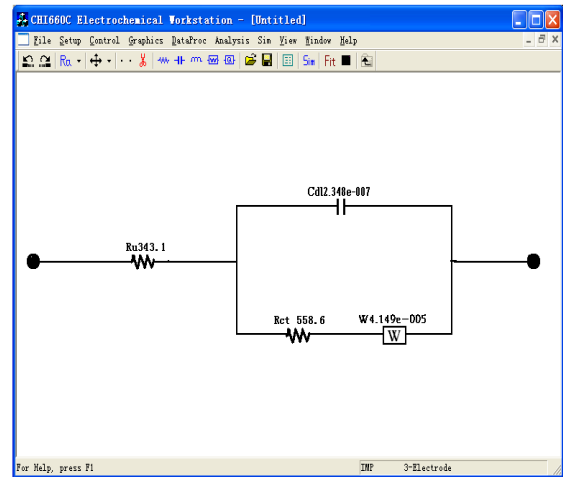


# 软件硬件特征

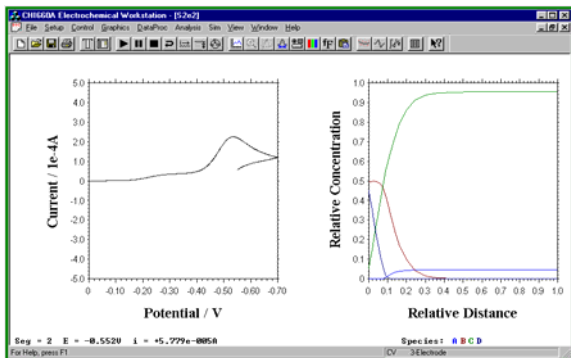
仪器软件具有很强的功能，包括极方便的文件管理，全面的实验控制，灵活的图形显示，以及多种数据处理和分析。软件还集成了交流阻抗的数字模拟器和拟合程序以及循环伏安法(CV)的数字模拟器和拟合程序，CV模拟器采用快速隐式有限差分法，具有很高的效率。算法的无条件稳定性使其适合于涉及快速化学反应的复杂体系。模拟过程中可同时显示伏安曲线以及各种有关物质随电位和时间改变的动态浓度剖面图。这对于理解电极过程极有帮助。这也是一个很好的教学工具，可帮助学生直观地了解浓差极化，扩散传质，以及溶液中的化学反应过程。



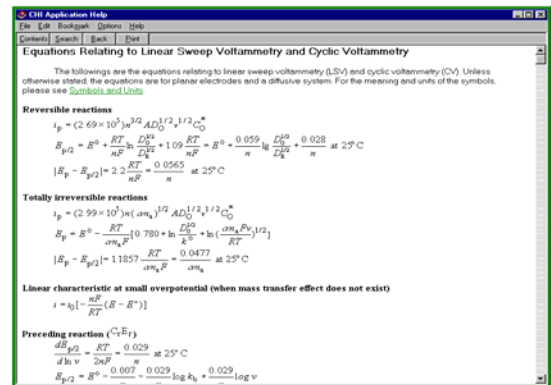
多种电化学测量技术的选择



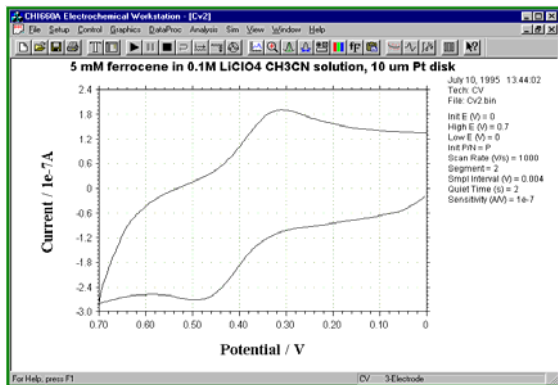
交流阻抗模拟和拟合的用户界面



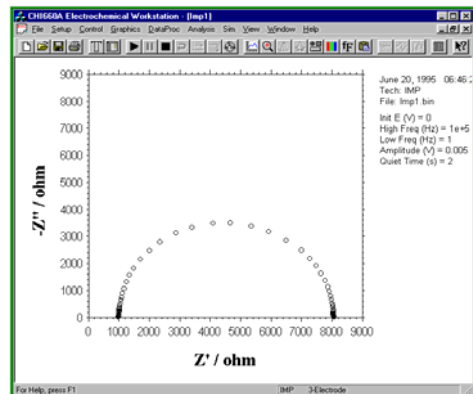
数字模拟器在模拟过程中同时显示伏安响应和各种物质的浓度剖面图



各种实验方法有关的方程式及条件



扫描速度为1,000V/s时的循环伏安图



交流阻抗的奈奎斯特图（复平面阻抗图）

# 软件硬件特征

## 用户界面

- 多文件界面视窗软件
- 工具栏：允许快速执行最常用的命令
- 状态栏：实验技术，文件状态和命令解释显示
- 高质量图形显示
- 完整的帮助系统

## 文件管理

- 打开数据文件
- 储存数据文件
- 删除文件
- 数据文件列表显示
- 转换成文本文件：可将数据输出到其他应用软件
- 文本文件格式
- 打印当前数据
- 打印多个数据文件
- 打印机设置

## 设置

- 技术：多种电化学实验技术
- 实验参数：宽广的动态范围
- 系统设置：通讯口，电流和电位轴的极性
- 硬件测试：数字和模拟电路的自测试

## 仪器控制

- 运行实验：实时数据显示
- 暂停 / 继续电位扫描
- 终止实验
- 反转扫描方向
- 重复相同的实验：自动测量并存储数据，信号平均，延时，提示或外触发
- 实验状态：搅拌，通氮，实验后数据自动平滑以及SMDE控制
- 宏命令：编辑，存储，执行一系列命令
- 开路电位测量
- iR降自动或手动补偿
- 电位电流信号自动或手动滤波：8个数量级的频率范围
- 电解池控制：搅拌，通氮，SMDE汞滴收集，实验前汞滴敲击
- 电位阶跃信号发生器
- 实验前工作电极的预处理
- 旋转电极控制电压输出
- 溶出法方式：溶出法选择，沉积电位和时间，搅拌和通氮条件

## 图形显示

- 当前数据显示
- 多组数据重叠显示

- 多组数据平行显示
- 局部放大显示
- 手工结果报告：直观地决定基线
- 峰形定义：形状，宽度，以及结果报告类型
- 特殊作图：x-y, i-v,  $i_p-v^{1/2}$ , E-logv,以及半对数图，三维作图
- 图形设置：屏幕和打印机图形控制，数据轴，参数，基线，结果，望格，轴反向，轴锁定，轴标记，数据显示方式，图形大小，参比电极类型，注解
- 颜色和符号：背景，数据轴，网格，曲线，符号大小，线条粗细，数据显示间隔
- 字体：轴标记，注解，参数，结果的字形，大小，颜色，Y轴标记旋转角度
- 复制到剪贴板：可将数据图形粘贴到其他软件，例如文字处理器

## 数据处理

- 平滑：5-49点最小二乘法或付里叶变换平滑
- 导数：一至五阶导数，5-49点最小二乘法
- 积分
- 卷积：半微分和半积分
- 插值：2x-64x数据插值
- 基线拟合和扣除
- 直线基线校正及电平补偿
- 数据点删除
- 数据点修改
- 背景扣除：两组数据的差值
- 信号平均：多组数据的平均
- 数学运算：X和Y数组
- 付里叶频谱

## 分析结果

- 校正曲线及作图
- 标准加入法及作图
- 分析结果报告
- 浓度-时间依赖关系报告及作图

## 数字模拟

- 循环伏安法数字模拟和拟合
- 交流阻抗数字模拟和拟合
- 反应机理：预定义机理或用户输入任意反应机理(取决于仪器型号)，包括电子转移，一级或二级化学反应
- 体系：扩散或吸附
- 最多方程式数：12
- 最多物质种类数：9
- 实时数据显示
- 实时浓度剖面图显示

- 模拟参数：标准氧化还原电位，电子转移速度常数，传递系数，浓度，扩散系数，正反向化学反应速度常数，温度，电极面积，双电层电容，及实验参数
- 存储或读入模拟参数
- 无量纲电流
- 平衡浓度

## 看

- 数据信息：日期，时间，文件名，数据来源，仪器型号，所作过的数据处理，注释
- 数据列表：数据信息以及XY数组的数值显示
- 方程式：与各种电化学技术相关的方程式
- 时钟
- 工具栏
- 状态栏

## 帮助

- 系统完整的帮助
- 软件版本及公司信息

## 计算机系统要求

- 操作系统：视窗95/98/NT/2000/XP
- 处理器：Pentium
- 随机存储器：64M字节
- 显示器：SVGA
- 鼠标器：PS/2
- 串行通讯口
- 输出设备：视窗支持的任何打印机，建议激光打印机

## 硬件参数指标

- 恒电位仪/恒电流仪
- 控制电位： $\pm 10V$
- 电流： $\pm 250mA$
- 上升时间： $< 1\mu s$
- 槽压： $\pm 12V$
- 2, 3, 4 - 电极体系
- 参比电极输入阻抗： $10^{12}$  欧姆
- 电位分辨率：0.1mV
- 主采样速率：1.0M Hz@16-bit
- 外部输入电压信号记录
- 灵敏度： $0.1 - 10^{-12} A/V$  共12档
- 电流测量下限：小于 50 pA
- 电位电流的自动或手动滤波
- 自动或手动iR降补偿
- 自动电位和电流的调零
- 电解池控制：与BAS的电解池及CGME匹配
- 仪器尺寸：37cm（宽） $\times$ 23cm（深） $\times$ 12cm（高）
- 重量：~4Kg

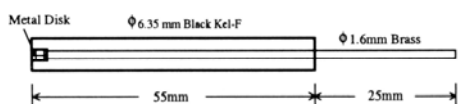
## 附件

型 号	描 述	数 量	价 格
CHI101	2 mm 直径金盘电极	1	620.00
CHI101P	2 mm 直径金盘电极	3/pk	1620.00
CHI102	2 mm 直径铂盘电极	1	620.00
CHI102P	2 mm 直径铂盘电极	3/pk	1620.00
CHI103	2 mm 直径银盘电极	1	498.00
CHI104	3 mm 直径玻碳盘电极	1	620.00
CHI104P	3 mm 直径玻碳盘电极	3/pk	1620.00
CHI105	12.5 $\mu\text{m}$ 直径金盘微电极	1	1030.00
CHI105P	12.5 $\mu\text{m}$ 直径金盘微电极	3/pk	2850.00
CHI106	25 $\mu\text{m}$ 直径金盘微电极	1	1030.00
CHI106P	25 $\mu\text{m}$ 直径金盘微电极	3/pk	2850.00
CHI107	10 $\mu\text{m}$ 直径铂盘微电极	1	1030.00
CHI107P	10 $\mu\text{m}$ 直径铂盘微电极	3/pk	2850.00
CHI108	25 $\mu\text{m}$ 直径铂盘微电极	1	1030.00
CHI108P	25 $\mu\text{m}$ 直径铂盘微电极	3/pk	2850.00
CHI111	Ag/AgCl 参比电极	1	100.00
CHI111P	Ag/AgCl 参比电极	3/pk	270.00
CHI112	非水Ag/Ag <sup>+</sup> 参比电极 <sup>1</sup>	1	100.00
CHI112P	非水Ag/Ag <sup>+</sup> 参比电极 <sup>1</sup>	3/pk	270.00
CHI115	铂丝对极	1	375.00
CHI116	10 $\mu\text{m}$ 直径SECM铂探头	1	1150.00
CHI116P	10 $\mu\text{m}$ 直径SECM铂探头	3/pk	3150.00
CHI117	25 $\mu\text{m}$ 直径SECM铂探头	1	1150.00
CHI117P	25 $\mu\text{m}$ 直径SECM 铂探头	3/pk	3150.00
CHI120	电极抛光材料 <sup>2</sup>	1	900.00
CHI125A	抛光并固定好的100A Ti + 1000 A金盘EQCM晶体	1	230.00
CHI127	EQCM电解池	1	1000.00
CHI128	EQCM池的Ag/AgCl参比电极	1	100.00
CHI129	EQCM 池的铂丝对极	1	375.00
CHI130	薄层流动电解池(含参比电极和玻碳工作电极)	1	9000.00
CHI131	薄层流动电解池的玻碳电极	1	2100.00
CHI132	薄层流动电解池的金电极	1	2800.00
CHI133	薄层流动电解池的铂电极	1	2800.00
CHI134	薄层流动电解池的参比电极	1	1050.00
CHI135	薄层流动电解池的25 $\mu\text{m}$ 间隔薄膜	4/pk	220.00
CHI140A	光谱电解池	1	10800.00
CHI140B	光谱电解池(国产)	1	5000.00
CHI150	饱和甘汞电极	1	100.00
CHI151	汞/硫酸亚汞参比电极	1	100.00
CHI152	汞/氧化汞参比电极	1	500.00
CHI200	pA 微电流放大器和屏蔽箱	1	3500.00
CHI201	pA 微电流放大器	1	3000.00
CHI202	屏蔽箱	1	500.00

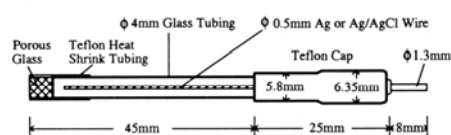
CHI220	简单电极架 <sup>3</sup>	1	300.00
CHI222	玻璃电解杯	1	10.00
CHI223	电极帽	1	30.00
CHI250	电极线	1	80.00

注：

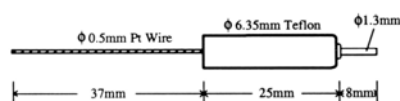
- 1、用户需自行配制含支持电解质和银离子(通常10 mM) 的溶液并注入参比电极室内。
- 2、电极抛光材料包括一小瓶1.0  $\mu\text{m}$   $\alpha$ -氧化铝粉，一小瓶0.3  $\mu\text{m}$   $\alpha$ -氧化铝粉，一瓶 0.05  $\mu\text{m}$   $\gamma$ -氧化铝粉，两块用于固定抛光皮的玻璃板，五张1200 grit 的 Carbimet 金相砂纸(灰色)，五张尼龙抛光布(白色)，十张Microcloth抛光布(咖啡色)。
- 3、由不锈钢和聚四氟乙烯材料做成，不可遥控。包括四个玻璃电解杯。



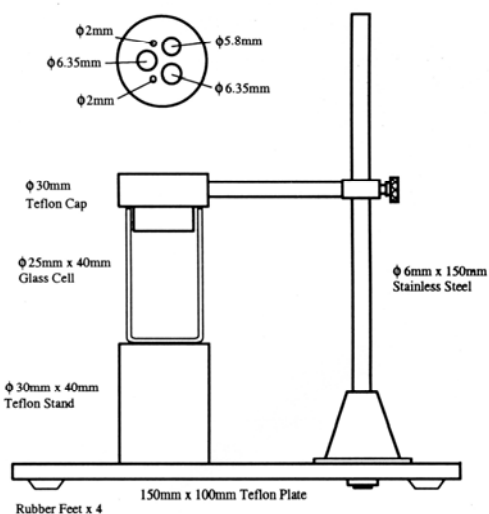
CHI101/102/103/104 Working Electrodes



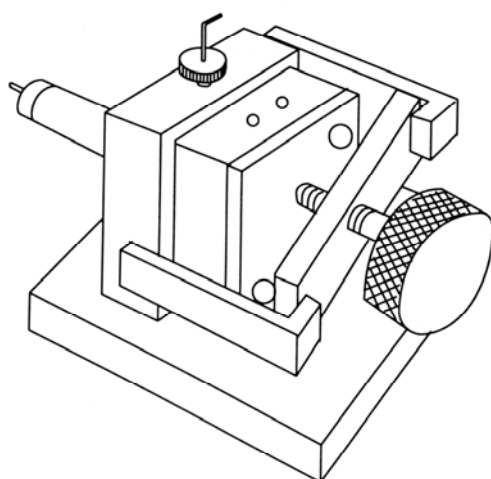
CHI111/112 Reference Electrodes



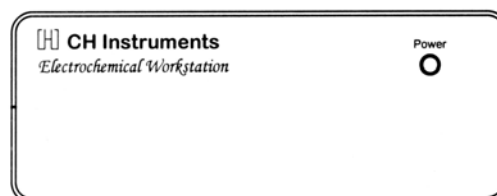
CHI115 Pt Wire Counter Electrode



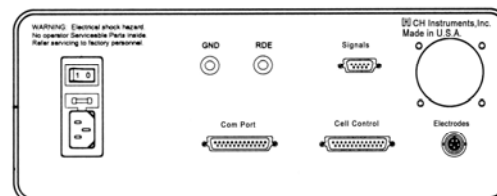
CHI220 Cell Stand



CHI130 Thin-Layer Flow Cell.



Front View



Rear View

Front and rear view of the Model 600C, 700C, 800B, and 400A series instruments.



### 通讯联系地址:

上海市松花江路 251 弄 6 号 1202 室

仪器销售 (北方区): 021-65333320

仪器销售 (南方区): 021-65339212

附件销售: 021-65330600

传 真: 021-55235200

e-mail: chyqx@chinstr.com

e-mail: chyqh@chinstr.com

e-mail: chyqj@chinstr.com

网 址: www.chinstr.com

## CH Instruments, Inc

3700Tennison Hill Drive

Austin, Tx 78738-0512 USA

Tel: (512) 402-0176 Fax: (512) 402-0186

E-mail: [info@chinstruments.com](mailto:info@chinstruments.com)

Web Page: <http://www.chinstruments.com>

© 2013 年上海辰华仪器有限公司版权所有