

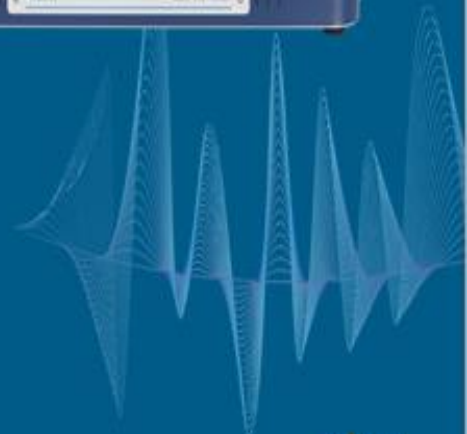


WizMac

Potentiostat / Galvanostat / EIS

Battery Tester / Battery Life Prediction System

SV 실험 및 분석



APPLICATIONS

Batteries/supercapacitors Fuel cells/photovoltaic cells

Fundamental electrochemistry Corrosion

Sensors, Materials



1. SV(Stripping Voltammetry) 실험 및 분석

1.1. 개요

실험하고자 하는 물질을 전극상에 전해석출하여 농축하고, 농축된 물질을 재용출 시킬 때의 전류 전위 곡선을 측정하여 분석하는 전기화학 분석방법이다. 시료 용액에 대한 전기 분해 단계를 통해 시료용액중에 존재하는 분석 대상 성분을 지시 전극에 석출한 후 전압-전류법을 사용하여 전극의 표면에 석출되어 있는 성분을 용액속으로 다시 벗겨내면서 측정되는 전류로부터 용액속에 시료의 농도를 알아 낼 수 있다. 지시전극으로 백금과 같은 고체전극을 사용하면 Stripping Voltammetry 라고 한다.

1.2. SV 분석 방법

1.2.1. 정전위 회로 블록도

SV 실험의 실험 블록도는 다음과 같다.

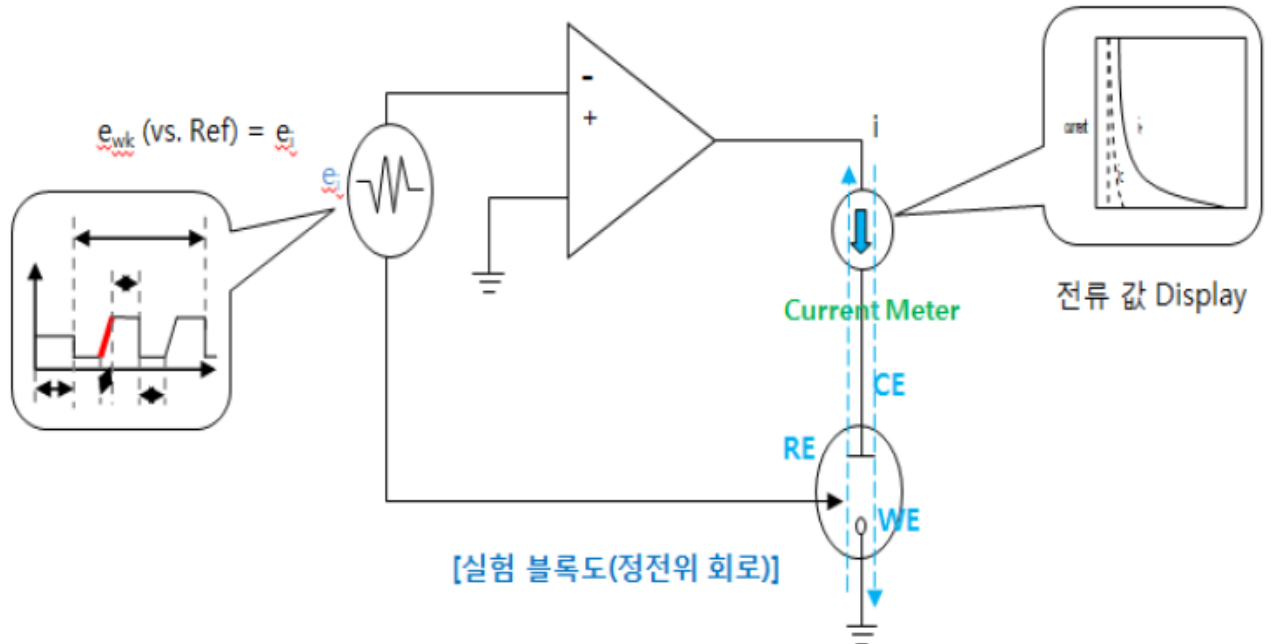


그림 1-1. < SV 실험의 블록도 >

copyright2024 WizMAC all rights reserved

Potentiostat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작

분석대상을 식출하기 위해서 CV 에서와 같은 Low E 에서 High E 까지 전압을 증가시킨 후 일정 시간 유지한 후 다시 Low E 상태의 전압을 인가하는 주기는 반복한다.

1.2.2. SV 실험 과정

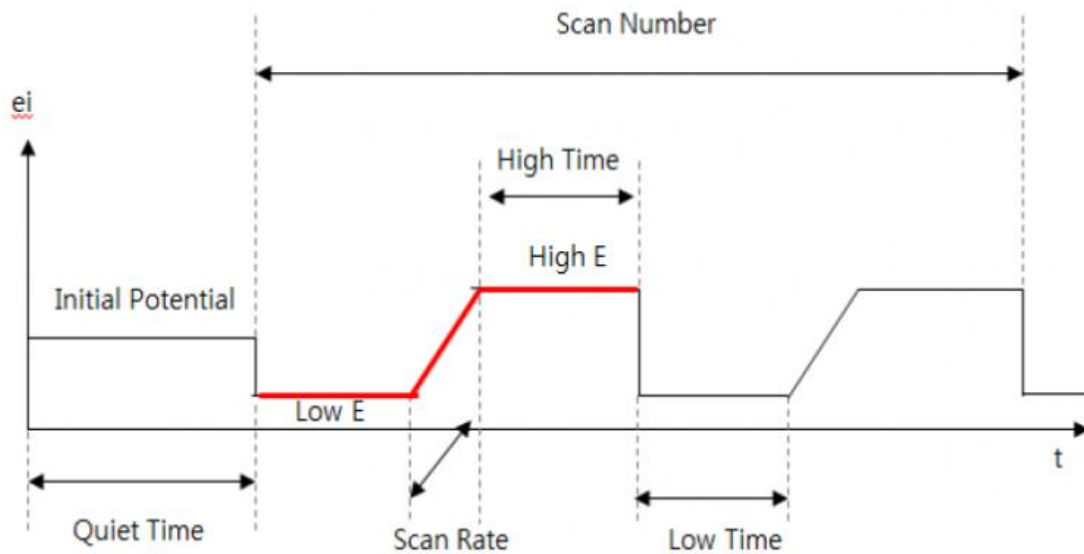
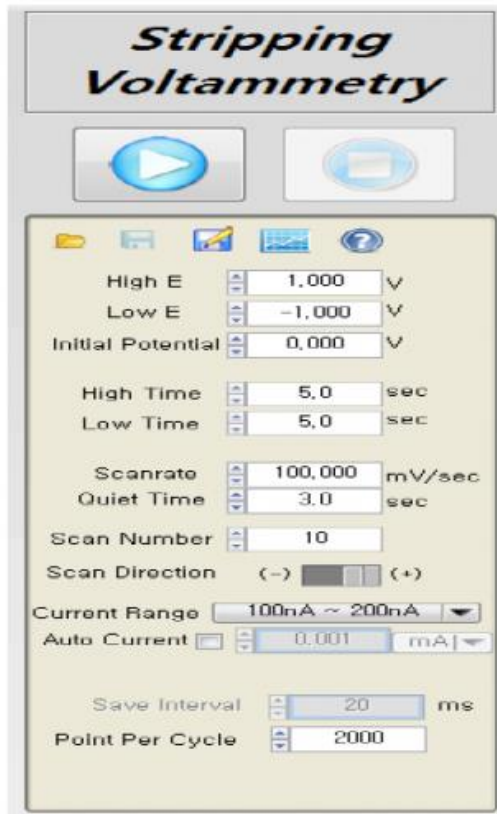


그림 1-2 < SV 실험의 인가 전압 변화도 >

SV 실험을 위해서 제어 프로그램에서 설정할 수 있는 파라미터는 아래와 같다.



- 1) High E → Scan Voltage 중 가장 높은 전압 값
- 2) Low E → Scan Voltage 중 가장 낮은 전압 값
- 3) Initial Potential → Scan Voltage 초기 전압 값
- 4) High Time → 가장 높은 전압 유지 시간
- 5) Low Time → 가장 낮은 전압 유지 시간
- 6) Scanrate → Scan Voltage 초당 증가하는 전압 값
- 7) Quiet Time → Scan Voltage Initial Potential 값이 유지되는 시간(안정주기시간)
- 8) Scan Number → Scan Voltage의 패턴 반복 횟수
- 9) Scan Direction → Scan Voltage 전압 부호 반대
- 10) Current Range → 측정하고자 하는 물질의 예상 저항에 따라 측정 전류 값 설정
- 11) Auto Current → 저항 값에 따른 측정 전류 값이 자동으로 설정
- 12) Point per Cycle : 값에 따라 Save Interval이 결정되어 데이터의 측정 주기를 설정

그림 1-3. < SV 실험의 설정 파라미터 >

설정한 파라미터에 의해 실험이 진행되는 과정을 그림으로 표현하면 다음 그림과 같다.

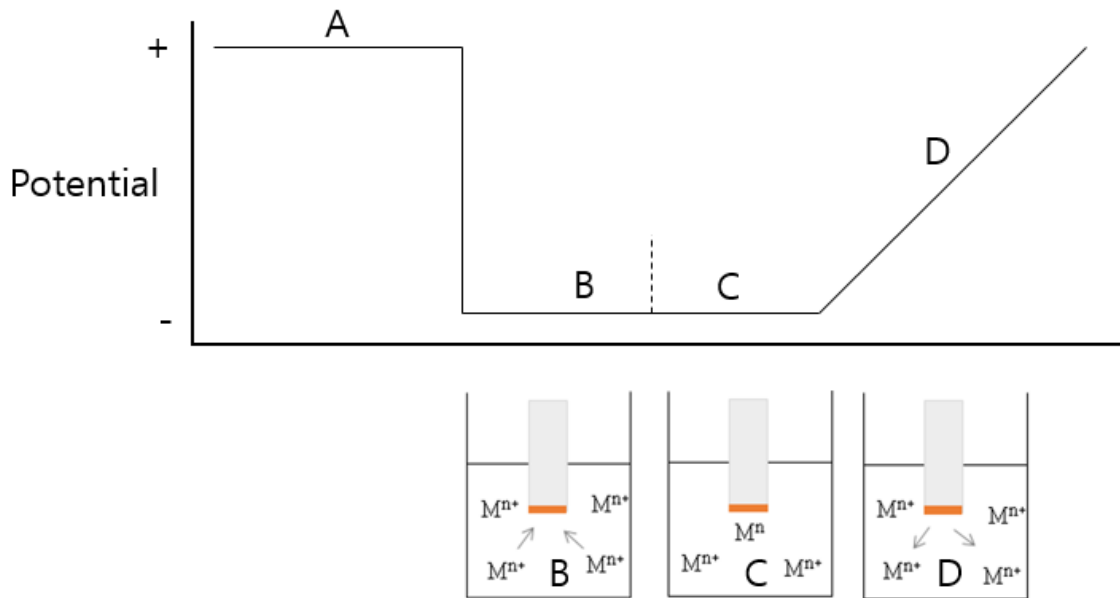


그림 1-4. < SV 실험이 진행되는 동안 수용액 상태 변화 >

청소 단계(A): 시료를 전극으로부터 완전히 제거 하기 위해서 산화 전위를 유지한다.

환원과정(농축단계 B-C): 작업전극에 어느 정도의 전위가 걸리면 시료 용액내에 존재하는 시료가 작업전극에 부착되면서 농축된다. C 단계에서 고르게 분포되도록 전위를 유지한다.

산화과정(벗김단계 D): 작업전극에 거리는 전위가 음전위에서 양전위로 올라가며, 작업전극에 농축(도금)된 시료가 고유 산화 전위에서 박리되면서 용출된다. 산화과정에서 용출된 시료가 상대 전극에서 측정되고, 측정된 전류를 이용하여 시료의 농도를 계산하게 된다. 이 단계에서 전위의 변화는 선형, 계단형, 구형또는 펄스형일 수 있다.

SV 에는 양극벗김(Anode Stripping)과 음극벗김(Cathod Stripping)이 있으며, 음극 벗김법의 도금단계에서 전위가 산화전위로 유지되고, 산화된 시료가 전위를 음으로 바꾸는 동안에 전극에서 제거된다는 것을 제외하고 양극벗김법과 같다.

SV 실험의 장점은 예비농축(preconcentration)의 효과로 인하여 묽은 시료 용액(ug/L)에도 적용가능하며 $10^{-9} \sim 10^{-10}M$ 정도의 감도를 보일 수 있다.

1.3. SV 분석예

SV의 실험을 위해서 증류수(20g), KNO_3 (2g), $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ (1g)을 준비한다.

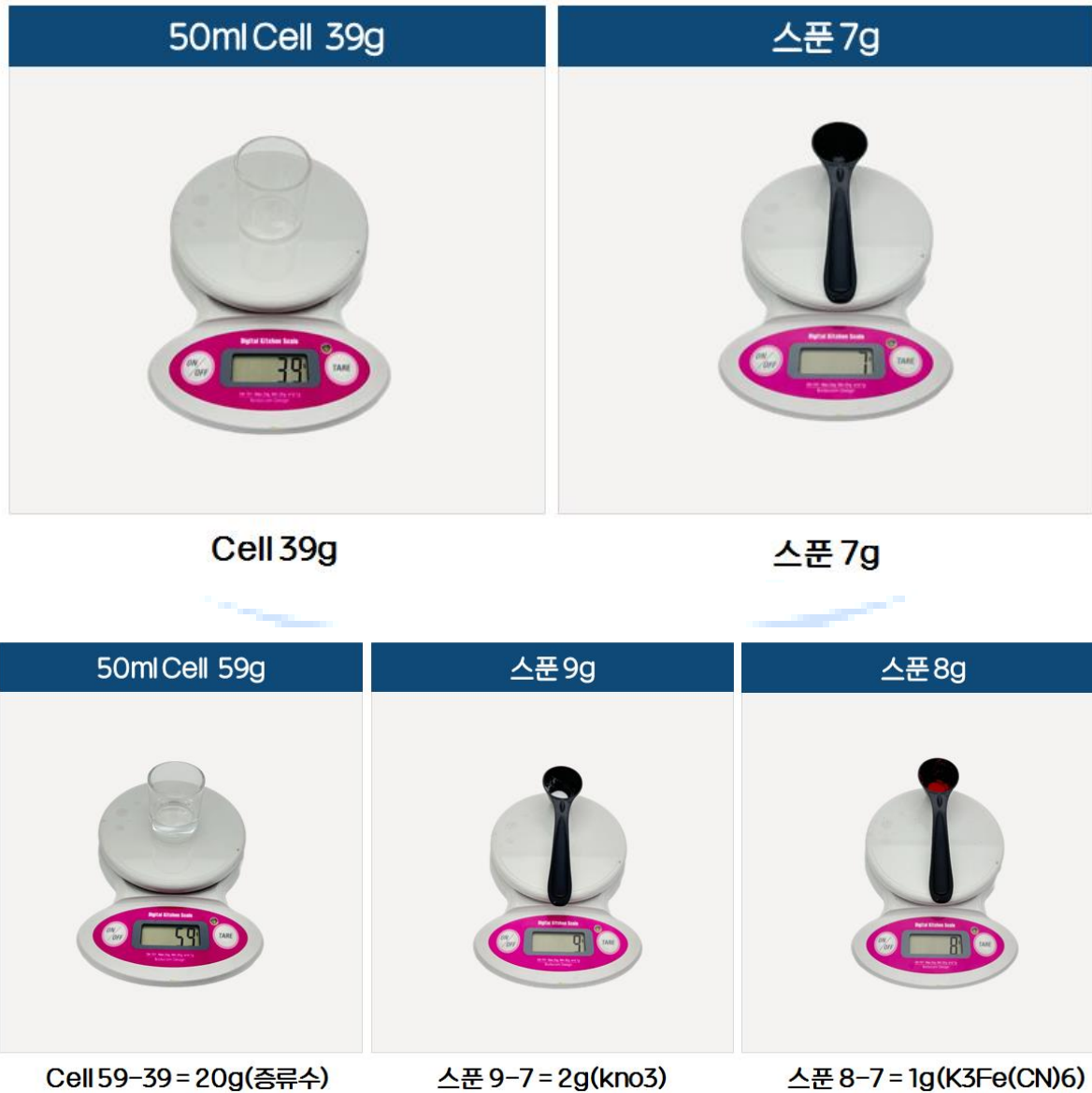


그림 1-5. < SV 실험을 위한 시료 준비 >

증류수 20g 에 KNO_3 2g 을 녹여준 뒤, $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 1g 을 추가로 녹여준다.

copyright2024 WizMAC all rights reserved

PotentialStat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작

사용할 전극과 제어소프트웨어의 파라미터는 다음과 같다.

전극	
RE	Ag/AgCl 기준전극(Filling Solution : 3M KCL)
CE	PT 상대전극(PT 0.5mm wire)
WE	Carbon 워킹전극(Carbon 3mm)
분석법 실험 조건	
High V	1V
Low V	-1V
Scanrate	500mV, 300mV, 100mV, 50mV, 30mV, 10mV
High Time	10 sec
Low Time	10 sec
Quiet Time	3 sec
Cycle	1
Save Interval	50ms

그림 1-6. <SV 실험을 위한 전극과 파라미터 >

위 전극과 파라미터를 이용하여 산화 방향으로 각 Scanrate 에서 실험한 후 데이터를 저장하고 모두 불러오면 다음과 같다.

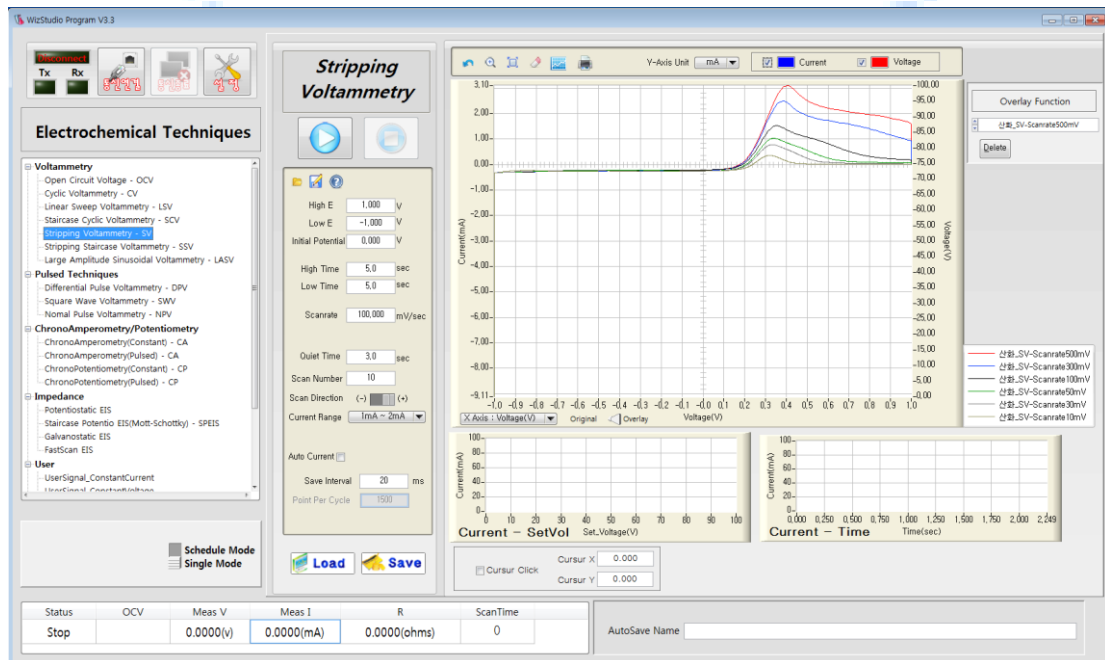


그림 1-7. <SV 산화 측정 결과>

copyright2024 WizMAC all rights reserved

Potentiostat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작

위 전극과 파라미터를 이용하여 환원 방향으로 각 Scanrate 에서 실험한 후 데이터를 저장하고 모두 불러오면 다음과 같다.

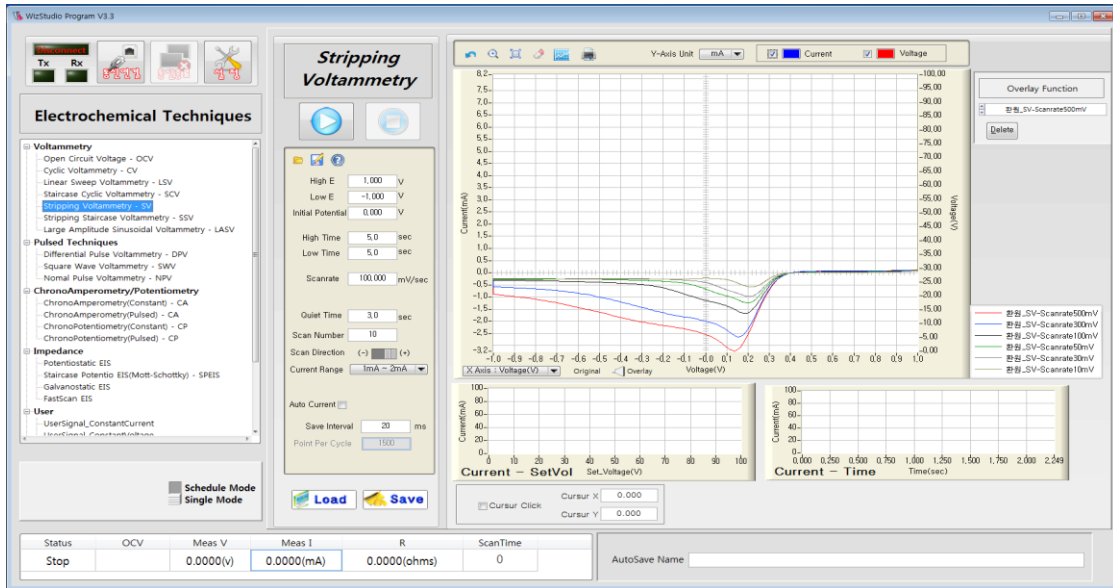


그림 1-8. < SV 환원 측정 결과 >

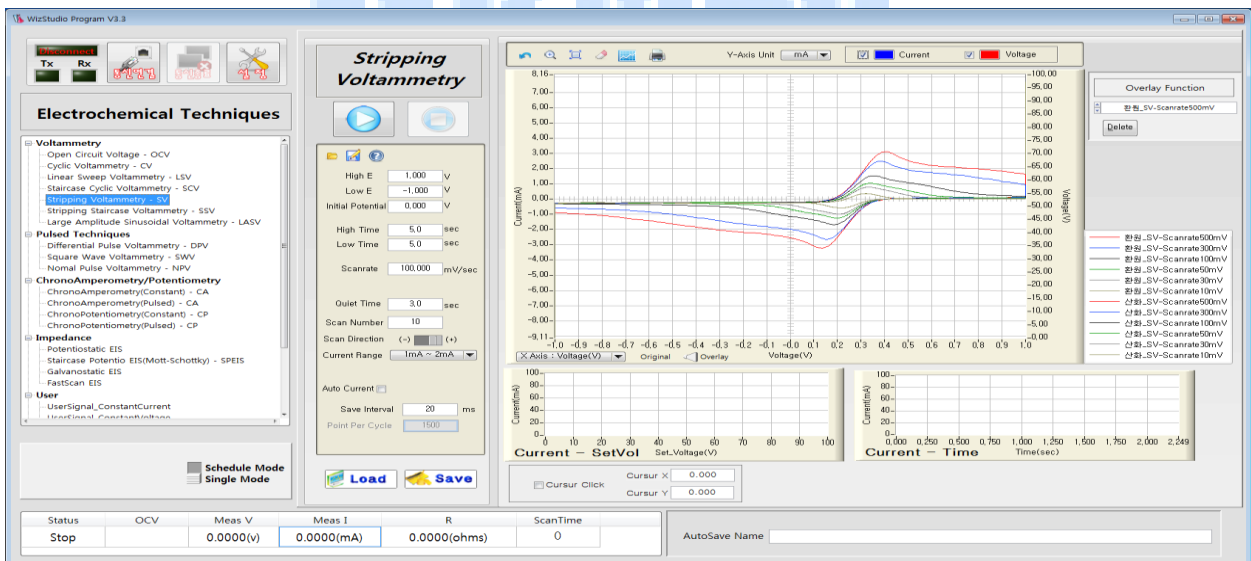


그림 1-9. < SV 산화, 환원 방향 실험 결과 동시에 그리기 >

copyright2024 WizMAC all rights reserved

Potentiostat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작

(주)위즈맥 전기화학 계측기 기본모델

기초적인 전기화학 실험이 가능한 Potentiostat/Galvanostat/EIS

기능으로 구성된 고성능 모델



다양한 전기화학 분석법 및 응용분야에 활용 가능한 전기화학 계측기 모델

<WIZECM – SERIES> <WIZEIS – SERIES>

주요기술(전기화학 분석법)

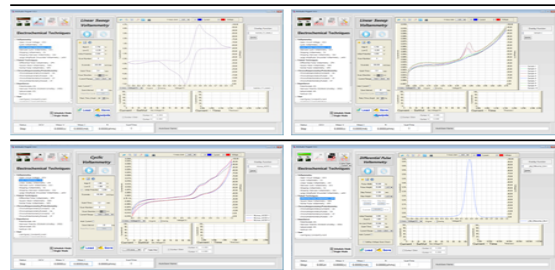
- Potentiostatic EIS (PEIS)
- Galvanostatic EIS (GEIS)
- Stair Case Potentiostatic EIS (SCPEIS)
- FastScan EIS
- (Real Time Impedance Monitoring)
- Cyclic Voltammetry (CV)
- Constant Chrono Amperometry (CCA)
- Pulsed Chrono Amperometry (PCA)
- Constant Chrono Potentiometry (CCP)
- Pulsed Chrono Potentiometry (PCP)
- Normal Pulse Voltammetry (NPV)
- Square Wave Voltammetry (SWV)
- Open Circuit Voltage(OCV)
- Stripping voltammetry (SV)
- Linear Sweep Voltammetry (LSV)
- Differential pulse Voltammetry (DPV)
- Staircase Voltammetry (SCV)
- Multi-Potential Step (STEP)
- Potential Intermittent Titration Technique(PITT)
- Current- Voltage Curve (I - V Curve)
- Voltage- Current Curve (V - I Curve)
- Amperometric I - T Curve (I - T Curve)
- Tafel Plot(Linear, step)
- Cyclic Polarization (Linear, step)
- Polarization Resistance(Linear, step)

응용분야

- General Electrochemistry
- Thin Film
- Corrosion
- Battery
- Fuel Cell
- Supercapacitor
- Materials
- Solar Cell

▶ WizStudio v3.4 software

- 전기화학 실험 맞춤형 고급 소프트웨어 패키지
- 제품과 같이 제공하는 맞춤형 소프트웨어



전기화학 전문기업이 직접 개발 공급하는

(주)위즈맥 전기화학 솔루션 개발

전기화학을 이용한 제품 개발 솔루션 제공 임피던스 측정 솔루션

<http://www.wizmac.com>

copyright2024 WizMAC all rights reserved

Potentiostat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작

측정 시료의 내부 상태 변화를 해석하기 위한
 임피던스 Curvefitting 프로그램

배터리 분야에서 필수적인 응용 프로그램

내부상태 파라미터 추출을 통해 노화 상태, 충전상태, 고장유무, 수명
 예측의 판단이 가능한 전기화학 고성능 모델 및 프로그램

+ WIZStudio v3.4 Data Analysis

WIZSIM Curvefitting 프로그램

임피던스 측정과 Curve Fitting에 의한 내부 상태 파라미터 추출

80종이 이상의 등가회로 선택 가능

[측정 데이터 입력]

[EIS Curve Fitting]

최적 등가회로 Autosearch 기능

Index	Model	Value
1	L	2.617695
2	R	47.919029
3	C	2.852502
4	R	66.666298
5	Cy	0.003326
6	On	0.433515

[RLC 파라미터 산출]

[내부 상태 해석]

+ WIZStudio v3.4 Data Analysis

Z Fit & Simulation Analysis

등가 회로 커브피팅 및 시뮬레이션

Converting Data Table

Time	Phase	Amplitude	Frequency
0.000000	0.000000	1.000000	1000.000000
0.000500	0.000000	1.000000	1000.000000
0.001000	0.000000	1.000000	1000.000000

Original Data Table

Time	Phase	Amplitude	Frequency
0.000000	0.000000	1.000000	1000.000000
0.000500	0.000000	1.000000	1000.000000
0.001000	0.000000	1.000000	1000.000000

copyright2024 WizMAC all rights reserved

PotentialStat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작

(주)위즈맥 전기화학 충방전기 시스템

- 배터리 테스트를 위한 고성능 다채널 배터리 충방전기 시스템
- Potentiostat/Galvanostat/EIS 회로로 구성된 배터리 충방전기 시스템
- 기본은 8채널로 구성되어 있으며 Rack 과 호환되어 최대 64 채널까지 확장 가능한 장비(8채널 * 8줄)
- 전류 범위는 최소 100mA ~ 10A 까지 포괄적이며 저전류, 중전류, 고전류 모델로 구성되어 코인셀, 파우치 등 시료에 따라 제품 구성이 가능

Battery Tester
Potentiostat/Galvanostat + EIS (Option)

WizeIS - BCS SERIES

“ 배터리 테스트를 위한 고성능 다채널 충방전 시스템 ”

- Current Range : ±100mA/±1A/±3A/±5A/±10A
- 다양한 전류 범위를 보유
- Control Voltage : ±5V, 12V
- Compliance Voltage : ±8V, ±15V
- EIS Frequency : 200K-Hz ~ 10m-Hz
- Max. Number of Channels : 64 Channel
- 기본 8채널 단위

copyright2024 WizMAC all rights reserved

Potentiostat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작

- 충방전기 시스템에 제공되는 다기능 맞춤형 소프트웨어
- 8채널별 프로그램 관리, 최대 64채널 관리 프로그램
- 사용자가 직접 배터리 테스트의 절차를 편집 및 테이블 형식으로 시퀀스를 편집 가능한 특성을 가짐

Battery Tester

PotentioStat/GalvanoStat + EIS(Option)

WizBCS - Software

주요기술

- Charge(CC,CV,CP, CC-CV)
- Discharge(CC,CV,CR,CP, CC-CV)
- OCV(Open circuit voltage)
- C-Rate charge-discharge
- Cell Charge/discharge/rest/loop 등 조건 편집 가능

응용분야

<p>중·고전류 모델</p> <ul style="list-style-type: none"> Li-ion Battery Test Fuel Cell coin Cell Supercapacitor Materials 	<p>저전류 모델</p> <ul style="list-style-type: none"> Low current Battery Test Low current experiments coin Cell Materials
---	--

충방전기제어 메인 프로그램

• 채널번호, 시작, 정지, 현재상태, 전압, 전류, 조건파일 열기 등 채널별 충방전기 시스템을 제어하는 메인 프로그램



조건 편집 프로그램

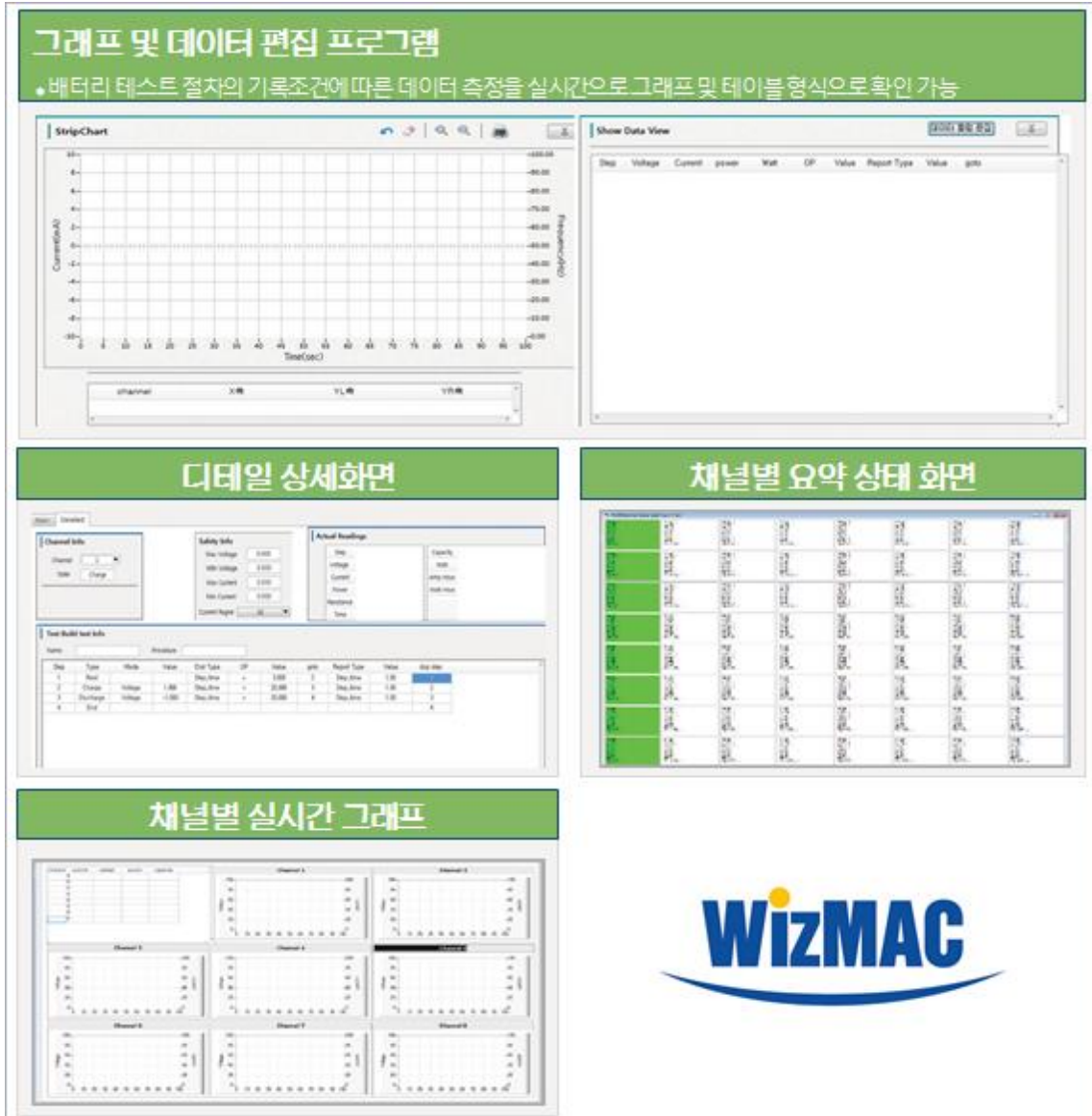
• 충전, 방전 모드, 기록조건, 전환조건 등 사용자가 원하는 배터리 테스트 절차를 편집하여 테스트 진행



copyright2024 WizMAC all rights reserved

PotentioStat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작



전기화학 전문기업이 직접 개발 공급하는

(주)위즈맥 전기화학 솔루션 개발

전기화학을 이용한 제품 개발 솔루션 제공 임피던스 측정 솔루션

<http://www.wizmac.com>

copyright2024 WizMAC all rights reserved

PotentialStat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작

(주)위즈맥 전기화학 계측기 포터블

(주)위즈맥 전기화학 계측기 MultiChannel 모델

Potentiostat/Galvanostat/EIS 동시 측정이 가능한

고성능 다채널 시스템



MultiChannel tester
PotentioStat/GalvanoStat/EIS(Option)

MultiChannel - SERIES

“ 전기화학 실험을 동시 측정이 가능한 다채널 고성능 다재다능성을 겸비한 MultiChannel 모델 제품(최대 8ch) ”

- Current Range : $\pm 1A / \pm 2A$
- Control Voltage : $\pm 10V, 12V$
- Compliance Voltage : $\pm 15V, \pm 15V$
- EIS Frequency : $2MHz \sim 10uHz$
- Max Number of Channels : 8Channel
- Booster Option 가능

전기화학 전문기업이 직접 개발 공급하는

(주)위즈맥 전기화학 솔루션 개발

전기화학을 이용한 제품 개발 솔루션 제공 임피던스 측정 솔루션

<http://www.wizmac.com>

copyright2024 WizMAC all rights reserved

PotentioStat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작

MultiChannel 모델

저전류 범위와 소형 사이즈의

전기화학 계측기 포터블 시리즈

바이오, 수질, 가스센서 등 저전류 범위에

맞춤형 모델

바이오, 가스센서 측정 등 저전류 범위에 특화된 전기화학 계측기
PotentioStat/GalvanoStat + EIS(Option)

WIZEIS – PORTABLE SERIES

“ 저전류 범위와 소형의 사이즈로 휴대성의 편리성을 극대화시키고 기본적인 전기화학 실험이 가능한 PotentioStat/Galvanostat/EIS Portable 모델 ”



Current Range	: ±500mA / ±200mA
Control Voltage	: ±5V, ±10V,
Compliance Voltage	: ±7V, ±15V
EIS Frequency(Option)	- 2MHz ~ 10uHz - 200KHz ~ 10uHz

응용분야

- General Electrochemistry
- Bio
- Gas sensor

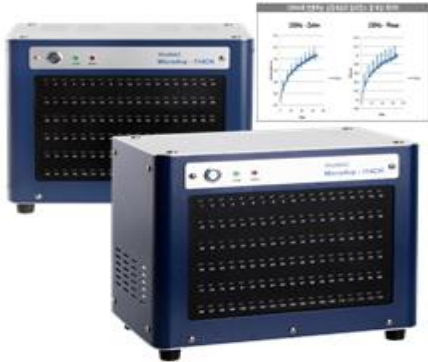
copyright2024 WizMAC all rights reserved

PotentioStat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작

바이오, 가스센서 측정 등 저전류 범위에 특화된 전기화학 계측기
PotentioStat/GalvanoStat + EIS(Option)

Portable MultiChannel 최대 114ch



포터블 멀티채널

- 바이오 분야의 독성평가, 약물 실험, 세포 실험 등 응용 분야에 활용 가능한 장비
- 16채널 단위로 제작 가능함(16ch, 32ch, 64ch, 114ch)
- 다채널을 활용한 지속적인 모니터링이 가능한 시스템



측정 지그기구

- 포터블 맞춤형 지그
- 스크린 프린트 전극과 연결 가능한 기구
- 산화, 환원, 임피던스 등 일정 용개 비율로 전기화학 측정이 가능한 기구



전기화학 가스센서

- 가스 감지기를 전기화학 분석법으로 측정 가능한 맞춤형 장비
- 임피던스 및 커패시팅 알고리즘을 통한 내부 등가회로 해석 가능
- 내부 특성 파악을 통해 자동교정, 수명예측, 고장여부 판단이 가능

전기화학 전문기업이 직접 개발 공급하는

(주)위즈맥 전기화학 솔루션 개발

전기화학을 이용한 제품 개발 솔루션 제공 임피던스 측정 솔루션

<http://www.wizmac.com>

copyright2024 WizMAC all rights reserved

PotentioStat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작

※ 전기화학 데이터 분석 알고리즘 항목

수학 분석법에 대해 더 자세히 알고 싶다면

http://www.wizmac.com/2015/lecture/board01_view.htm?No=670&Sub_No=8

일반 전기화학 분석법에 대해 더 자세히 알고 싶다면

http://www.wizmac.com/2015/lecture/board01_view.htm?No=671&Sub_No=8

부식 분석법에 대해 더 자세히 알고 싶다면

http://www.wizmac.com/2015/lecture/board01_view.htm?No=672&Sub_No=8

Wizmac 데이터 분석 프로그램은 다양한 분석이 가능한 소프트웨어로서
사용자에게 편리성 및 측정 데이터 해석을 제공한다.

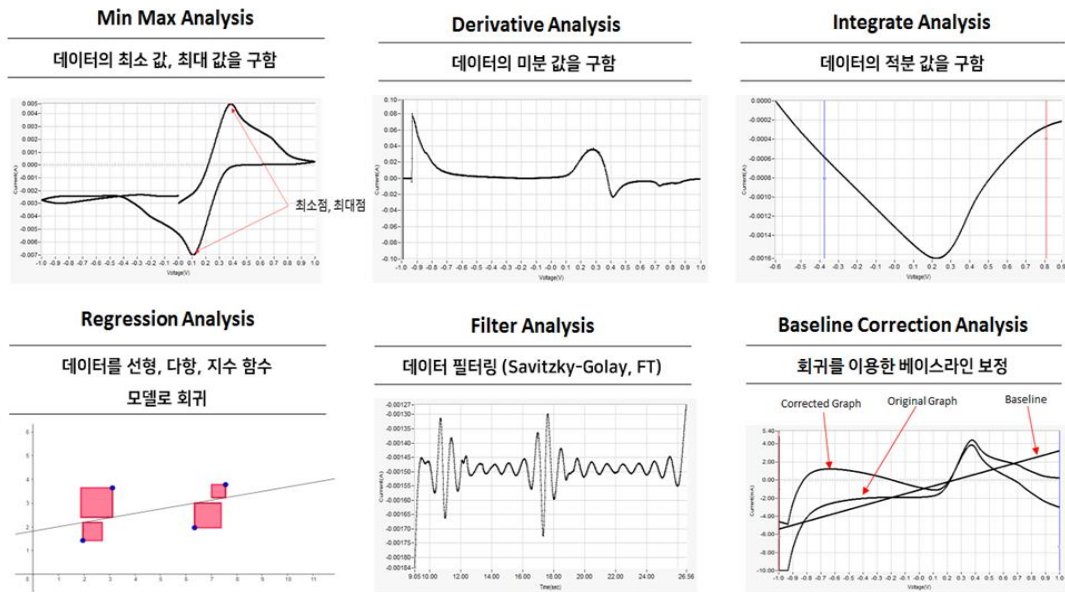
Analysis Tools	Description	
Mathematical Analysis	Min Max	측정 데이터의 최소값, 최대값 계산
	Subtract Data	두 개의 측정 데이터 빼 줄
	Derivative	측정 데이터의 미분 값 계산
	Integrate	측정 데이터의 적분 값 계산
	Regression	측정 데이터를 선형, 다항, 및 지수 형태로 회귀
	Filter	Savitzky-Golay 및 푸리에 변환을 이용한 데이터 필터링
	Baseline Correction	회귀를 이용한 베이스라인 보정
	Interpolate	일정 값을 가진 데이터 점을 찾을
General Electrochemical Analysis	Fourier Transform (FT)	푸리에 변환으로 시간 영역을 주파수 영역으로 변환
	Peak Search	피크 점과 관련 값 구함
	Diffusion Coefficient	Randles-Sevcik 식을 이용하여 확산 계수 구함
	Q Determination	전하량 계산
Corrosion Analysis	Electrochemical Noise Analysis	전기화학 실험의 전압, 전류 노이즈 측정
	Tafel Plot Fit	Butler-Volmer 식으로 회귀하여 확산 계수, 분극 저항 등 계산
	Polarization Resistance	확산 관련 값 계산
Electrochemical Impedance Spectroscopy Analysis	Z Fit	등가회로의 소자 파라미터 값 추정
	Z Simulation	사용자 정의된 소자 회로의 Nyquist Plot 도시
	Circle Fit	원 형태 회귀

copyright2024 WizMAC all rights reserved

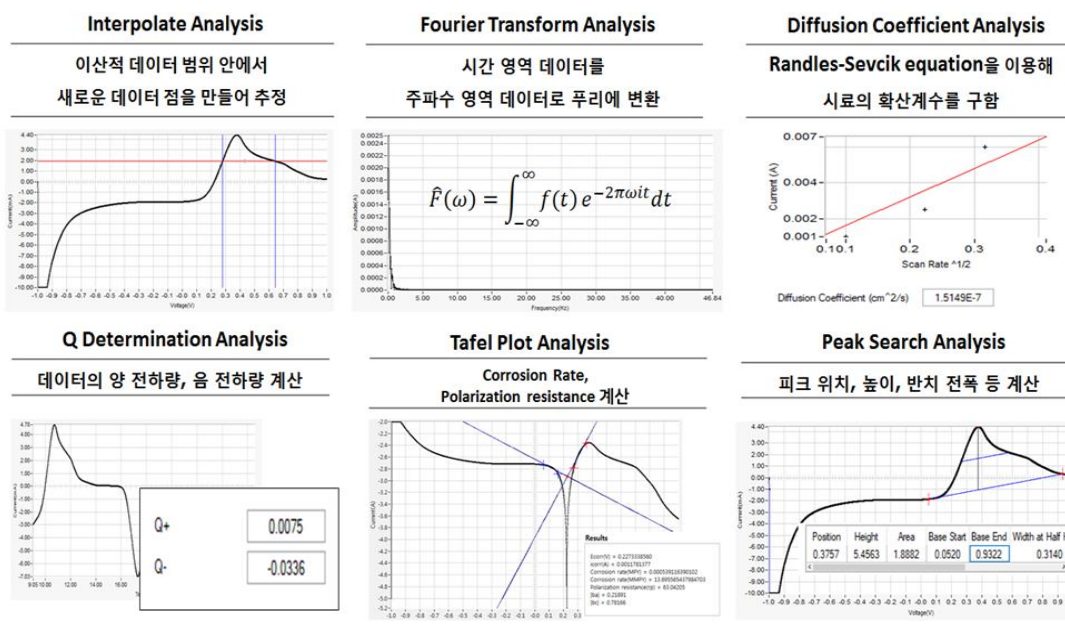
Potentiostat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작

+ WIZStudio v3.4 Data Analysis



+ WIZStudio v3.4 Data Analysis



copyright2024 WizMAC all rights reserved

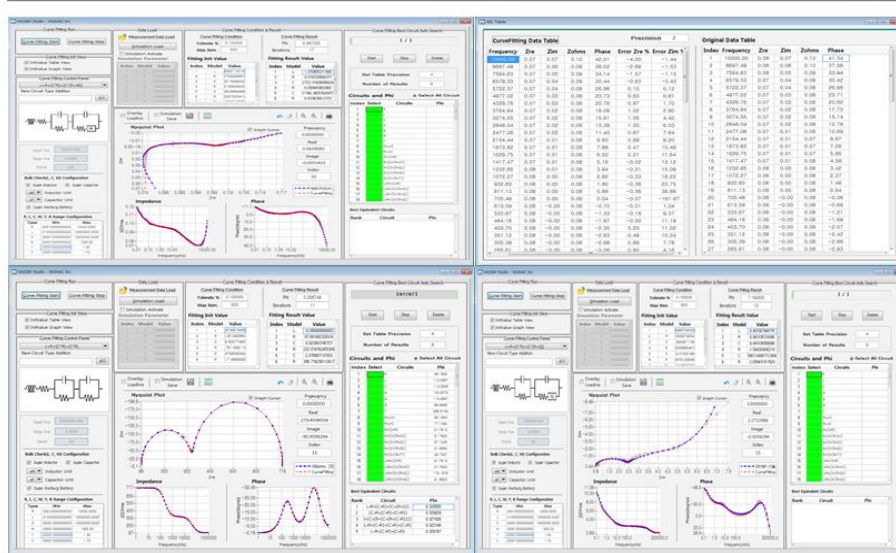
Potentiostat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작

+ WIZStudio v3.4 Data Analysis

Z Fit & Simulation Analysis

등가 회로 커브피팅 및 시뮬레이션



CV 실험의 구체적인 방법 및 절차에 대해서 궁금하다면 ₩

http://www.wizmac.com/2015/lecture/board01_view.htm?No=257&Sub_No=8

전기화학을 더 이해하기 위하여 전기화학 전극과 전기화학 셀에 대하여 이해가 필요 하다.

전기화학 전극(Electrochemistry Electrode) 및 셀의 더 자세한 자료를 원하신다면

http://www.wizmac.com/2015/lecture/board01_view.htm?No=366&Sub_No=8

Potentiostat 를 이용하여 분석을 하기 위해서는 분석법에 대한 이해가 더 필요할 수 있다.

전기화학 분석법의 더 자세한 자료를 원하신다면

http://www.wizmac.com/2015/lecture/board01_view.htm?No=189&Sub_No=8

또한 전기화학 전극의 종류와 특성에 대해 설명한 자료가 있다.

copyright2024 WizMAC all rights reserved

Potentiostat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작

기준 전극(Reference Electrode) 의 더 자세한 자료를 원하신다면

http://www.wizmac.com/2015/lecture/board01_view.htm?No=135&Sub_No=8

카운터 전극(Counter Electrode) 의 더 자세한 자료를 원하신다면

http://www.wizmac.com/2015/lecture/board01_view.htm?No=137&Sub_No=8

워킹 전극(Working Electrode) 의 더 자세한 자료를 원하신다면

http://www.wizmac.com/2015/lecture/board01_view.htm?No=136&Sub_No=8



copyright2024 WizMAC all rights reserved

PotentialStat/GavanoStat 개발, 임피던스 측정 솔루션

전기화학 전극, 전기화학 셀 주문제작