



Потенциостат / гальваностат /анализатор частотного отклика PARSTAT® 4000+

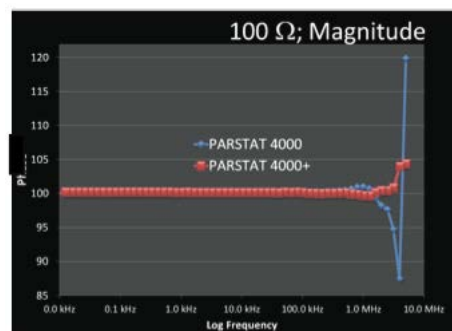
PARSTAT 4000+ олицетворяет собой кульминацию нескольких десятилетий в разработке и производстве потенциостатов передового исследовательского уровня. Разработанный как законченное системное решение в одном единственном блоке, PARSTAT 4000+ является флагманом в линейке электрохимических рабочих станций семейства PARSTAT, вызывающей законную гордость у своего изготовителя – фирмы Princeton Applied Research. Базирующийся на исключительно популярном у электрохимиков предшественнике - модели PARSTAT 4000, PLUS обладает повышенной точностью измерения напряжения и расширенной полосой частот для EIS, позволяющими удовлетворить требованиям со стороны самых придиричивых исследователей.

PARSTAT 4000+ расширяет существовавшие до сегодняшнего дня функциональные возможности и оставляет резерв для дальнейшего наращивания их по мере развития и появления новых видов электрохимических исследований. На сегодняшний день PARSTAT 4000+ является единственной электрохимической рабочей станцией, обеспечивающей в базовом исполнении максимальный диапазон тока в 4 А и минимальный в 40 пА, способной подавать на нагрузку напряжение в 48 В и проводить исследования по методу EIS в полосе частот до 10 МГц. Обладая исключительно привлекательным соотношением стоимости и функциональных характеристик, PARSTAT 4000+ идеально подходит для работы в области энергосбережения, физической электрохимии, нанотехнологий и коррозионных исследований.

В основе PARSTAT 4000+ лежит концепция максимальной функциональности в одном единственном блоке: в то время, как другие изделия такого класса требуют дополнительных дорогостоящих расширительных блоков, позволяющих получить схожие технические и функциональные характеристики, PARSTAT 4000+ уже в базовой комплектации готов практически к любым испытаниям. Тем не менее, если стоящие перед исследователем задачи требуют преодоления существующих в отрасли границ, PARSTAT 4000+, совместимый со всей линейкой предлагаемой фирмой Princeton Applied Research комплектующих и принадлежностей, способен обеспечить такие запредельные возможности.

Для материаловедения PARSTAT 4000+ обеспечивает наивысшую в своём классе изделий полосу частот для исследований по методу EIS до 10 МГц, сохраняя беспрецедентные амплитудные и фазовые характеристики в широком диапазоне частот и величины импеданса.

График зависимости величины импеданса от частоты, полученный с помощью PARSTAT 4000+ на подключённом по стандартному кабелю резисторе номиналом 100 Ом



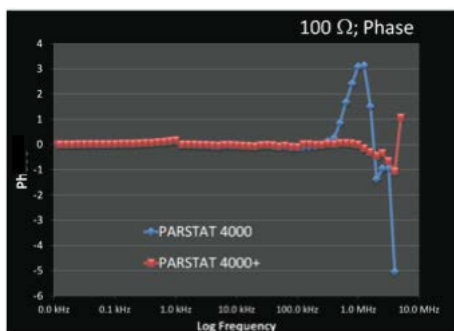
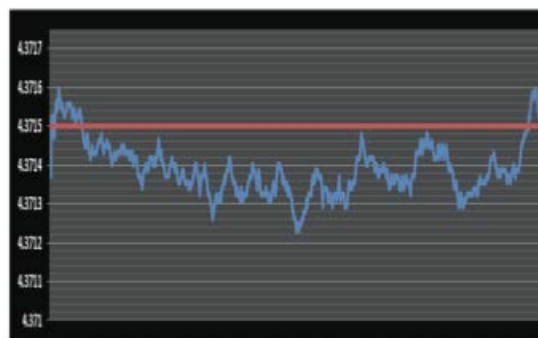


График функции фазового угла от частоты, полученный с помощью PARSTAT 4000+ на подключённом по стандартному кабелю резисторе номиналом 100 Ом



Изменение напряжения во времени от величины 4,3715 В – прекрасный пример того, как пожелания наших заказчиков повлияли на техническое задание при разработке PARSTAT 4000+

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ PARSTAT® 4000+



Стабилизированное напряжение (нагрузки)	± 48 В
Напряжение поляризации	± 10 В
Погрешность напряжения постоянного тока (измерения)	$< \pm 0,025\%$ от ИВ ± 1 мВ; влияет на все эксперименты
Погрешность напряжения постоянного тока (подводимого)	$< \pm 0,025\%$ от установки ± 1 мВ; влияет на все потенциостатические эксперименты
Входное сопротивление электрометра	1×10^{13} Ом (10 ТОм)
Частотный диапазон для EIS	10 мкГц ÷ 10 МГц
Максимальный токовый диапазон	4 А (20 А с внешним усилителем)
Минимальный токовый диапазон	40 пА (40×10^{-12} А)
Динамический токовый диапазон (мА/пА)	80 фА (80×10^{-15} А) с опцией LC
Частота дискретизации	100 1000 кивыборок/сек (временное разрешение 1 мксек)
Ширина полосы частот EIS	10 МГц
Функциональность	все методики, включая EIS
Программное обеспечение	VersaStudio и VersaStudio Developer's Kit (VDK)
Разъём подключения к управляющему компьютеру	USB

Унаследовав все сильные стороны PARSTAT 4000, включая наивысшие на рынке стабилизированное напряжение, диапазон измерений тока и частоту дискретизации, PARSTAT 4000+ получил повышенную точность измерения напряжения постоянного тока. Это обеспечивает превосходное управление в потенциостатическом режиме и измерение в гальваностатическом режиме, влияя на все электрохимические эксперименты повышая точность подводимого к ячейке сигнала или измерения отклика объекта испытаний, что наиболее заметно при исследованиях приборов с малым импедансом (батареи питания, конденсаторы, топливные элементы).

«Потенциостат / гальваностат / анализатор частотного отклика PARSTAT® 4000+». Страница 2

Помимо повышенной точности на постоянном токе PARSTAT 4000+ также получил улучшенные характеристики при измерениях и расширенную полосу частот при использовании метода EIS. Поскольку результаты исследований с EIS интерпретируются с привлечением анализа эквивалентных электрических цепей, то в этом случае повышенные точностные характеристики EIS обеспечивают превосходную характеризацию последовательного сопротивления, двухслойной ёмкости и сопротивления переносу заряда, а расширенная до 10 МГц полоса частот позволяет измерять электронную и ионную проводимости при оценке материалов для твердотельных батарей питания.

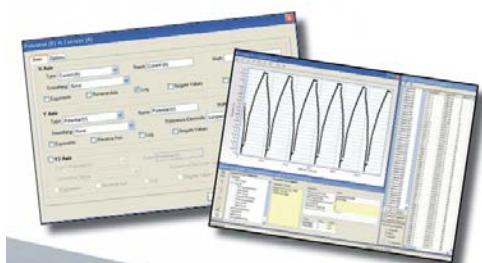
Подвод напряжения	Погрешность на значении в 4,3 В лучше в четыре раза
Погрешность постоянного напряжения	Номинальное напряжение энергосберегающих устройств возрастает по мере появления новых материалов и конфигураций сборок. Импеданс этих приборов снижается благодаря инженерным решениям. Эта комбинация высокого напряжения и малого импеданса указывает на необходимость измерения напряжения с максимально возможной точностью.
Измерение напряжения	PARSTAT 4000+ (погрешность $\leq \pm 1 \text{ мВ} \pm 0,025\%$ от ИВ) даёт область значений погрешности на 4,3 В всего 2 мВ, что в 4 раза лучше, чем у других систем. Диапазон погрешности других систем создаёт в 11 раз больший постоянный «паразитный» (непреднамеренный) ток, чем PARSTAT4000-PLUS в обычных экспериментах.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА VersaStudio

Многоцелевой программный пакет с мощными возможностями

Программный комплекс VersaStudio позволяет полностью реализовать аппаратные возможности PARSTAT 3000 и PARSTAT 4000+, включая варианты комплектации с установленными модулями очень слабых токов и усилителями мощности (тока). Впечатляющий перечень электрохимических исследований, которые могут выполняться индивидуально или в задаваемой оператором последовательности, приведён далее. Некоторые из реализованных в VersaStudio особенностей рассмотрены ниже:

- гибкая система установок начальных параметров для проведения экспериментов, позволяющая выстраивать автоматически выполняемые последовательности потенциостатических, гальваностатических и импедансных исследований с целью максимального использования возможностей семейства PARSTAT
- расширенные функции, включая Message Prompts (вывод предложений к действию), Run External Applications (запуск внешних приложений) и Email (электронная почта), позволяющие повысить гибкость и функциональность программного комплекса VersaStudio
- простые и мощные средства Copy/Paste (копировать/вставить) и Export (экспортировать) управления данными для специальных анализов и/или представления данных вне пакета VersaStudio.
- визуализация нескольких кривых в одном окне с выбором различных графических средств для экспериментов на постоянном и переменном (EIS) токе.
- стандартные процедуры анализа и аппроксимации результатов исследований по постоянному току, включая линейную и пиковую поляризацию сопротивления (Line, Peak, Rp) и диаграммы Тайфеля (Tafel), а также специальные дополнительные графические представления для построения кривых шумов вихревых токов (EC Noise) и скорости коррозии как функции времени (Corrosion Rate vs. Time).
- линейная и круговая аппроксимация для проведения основных анализов результатов EIS и оценки таких параметров элементов, как сопротивление растворов и сопротивление поляризации.
- всесторонний анализ EIS и аппроксимация результатов возможны при экспорте полученных данных в поставляемый по отдельному заказу широко распространённый программный продукт ZSimpWin



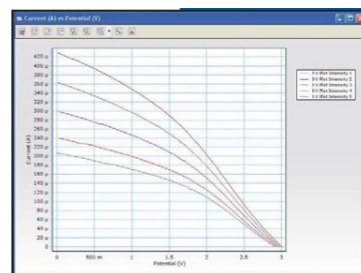
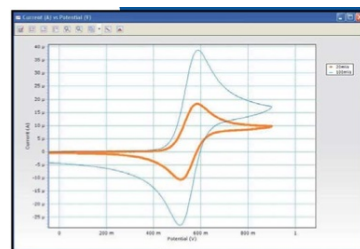
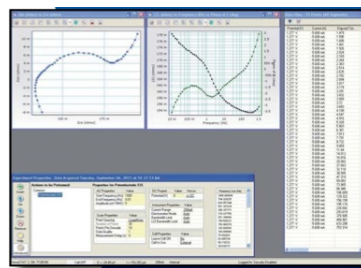
Несмотря на широчайшие возможности по обработке и представлению результатов, пакет VersaStudio исключительно прост в применении. Основные виды исследований, например, циклическая вольтамперометрия, выполняются заданием лишь нескольких пунктов из командного меню, что позволяет легко общаться с системой даже начинающим экспериментаторам.

Тщательная проработанная система меню позволяет просто и логично настраивать комплекс на выполнение сложных экспериментов, таких, как заряд батарей / импульсный разряд / электрохимическая импедансная спектроскопия или многоступенчатые специальные электрохимические исследования.



- вольтамперометрия с линейным сканированием
 циклическая вольтамперометрия (однократная)
 циклическая вольтамперометрия (многократная)
 ступенчатая вольтамперометрия с линейным сканированием
 ступенчатая циклическая вольтамперометрия (однократная)
 ступенчатая циклическая вольтамперометрия (многократная)
 хроноамперометрия
 хронопотенциометрия
 хронокулонометрия
 быстрая пульсация потенциала
 быстрая гальваническая пульсация
 прямоугольная вольтамперометрия (меандр)
 дифференциальная импульсная вольтамперометрия
 нормальная импульсная вольтамперометрия
 обратная нормальная импульсная вольтамперометрия
 амперометрия при нулевом сопротивлении (Zero resistance ammeter - ZRA)
 гальваническая коррозия
 циклическая поляризация
 линейная поляризация
 исследования по Тайфелю (Tafel)
 потенциостатика
 потенциодинамика
 гальваностатика
 гальванодинамика
 динамическая компенсация внутреннего сопротивления (Dynamic IR)
 потенциостатическая EIS
 гальваностатическая EIS
 предварительная подготовка (Condition)
 осаждение (Deposition)
 уравнивание (Equilibration)
 очистка (Purge)
 определение внутреннего сопротивления (IR Determination)
 петля (Loop)
 временная задержка (Time Delay)
 вспомогательное сообщение (Message Prompt)
 измерение разомкнутой цепи (Measure OC)
 дополнительный интерфейс (Auxiliary Interface)
 электронная почта
 выполнение внешней задачи (Run External Application)
 контроль выхода ЦАП (DAC Output Control)
 автоматическая настройка токового диапазона (Auto Current Range Setup)

где:
 Voltammetry – вольтамперометрия;
 Corrosion – коррозия;
 Sequence – последовательность (цепочка);
 Pre-experiment – подготовка эксперимента



Энергетический программный модуль

Входящий в VersaStudio энергетический программный пакет объединяет средства испытаний энергетических устройств, таких как батареи, суперконденсаторы и топливные элементы. В его составе можно выделить:

- методики с постоянным током, напряжением, мощностью и сопротивлением с целевым назначением «заряд» / «разряд»
- циклические методики «заряда» / «разряда», легко адаптируемые под дополнительные исследования или исключение из рассмотрения, включая EIS, в зависимости от комплектации рабочих станций.
- значимые для сбора и обработки данных переменные, позволяющие контролировать объём собираемой информации, и предельные значения для остановки эксперимента, включая напряжение (В), ток (А) и ёмкость (ампер-часы)

Программный модуль для исследования коррозии

Этот программный пакет содержит ряд измерительных методик на постоянном токе, представляющих особый интерес для электрохимиков, изучающих коррозию и связанные с ней дисциплины, включая покрытия, коррозию арматуры железобетона, ингибиторы, биомедицинские имплантаты и т.п. К таким методикам относятся:

- оценка свойств покрытий и ингибиторов: электрохимическая импедансная спектроскопия, сопротивление поляризации как функция времени, петлевые функции
- однородная коррозия: линейное поляризационное сопротивление (LPR), расщеплённое линейное поляризационное сопротивление, метод Тайфеля
- неоднородная коррозия: циклическая поляризация, потенциодинамический метод
- гальваническая связь: гальваническая коррозия, электрохимический шум в режиме амперметра с нулевым сопротивлением
- осаждение: потенциостатический метод, гальваностатический метод

Программный модуль для электрохимической импедансной спектроскопии

Исследования по методу EIS являются стандартной функцией базовых версий всех входящих в семейство PARSTAT потенциостатов. В этой связи каждый из них способен реализовать широкую гамму встроенных методик по изучению импеданса электрохимических ячеек, датчиков, батарей / топливных элементов, процессов коррозии / свойств покрытий и т.д.

- потенциостатическая EIS широко применяется при исследованиях электрохимических ячеек, батарей питания и коррозионных ячеек, предоставляя информацию по кинетике электродов, диффузии и переносе масс
- гальваностатическая EIS применяется главным образом для характеристики батарей питания и топливных элементов при нагрузках постоянным током
- анализ по методу EIS батарей и топливных элементов с использованием сильноточных диапазонов или внешних усилителей мощности
- автоматизированная экспериментальная последовательность циклов заряда / разряда / EIS при определении сроков службы батарей питания, суперконденсаторов и топливных элементов
- автоматизированная экспериментальная последовательность петель, EIS и ступенчатых задержек для выявления тенденций изменения импеданса во

времени (например, возникновение коррозии вызывает разрушение (дефекты) покрытия)

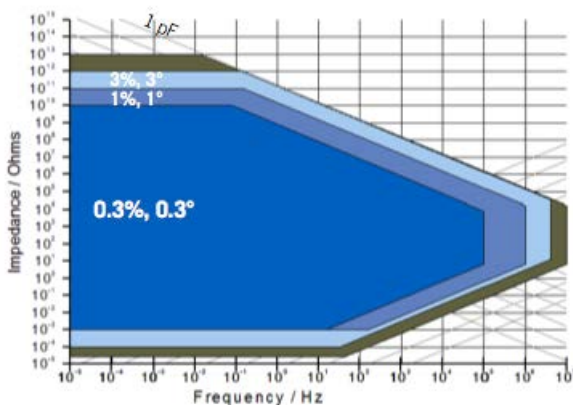
- автоматизированная экспериментальная последовательность методов EIS и линейного поляризационного сопротивления для проверки скорости распространения коррозии и проведения импедансного анализа механизмов коррозии

Программный модуль физической электрохимии

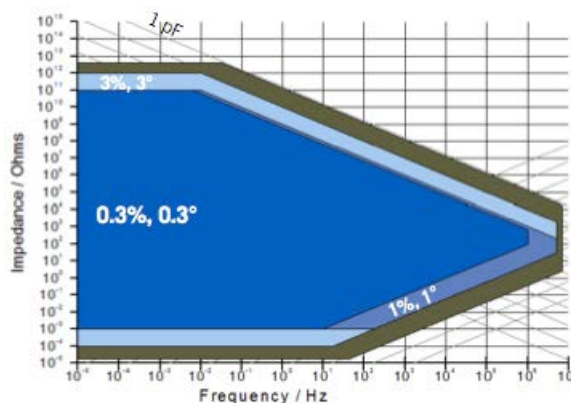
Расширенный пакет вольтамперометрии объединяет ряд сканирующих, ступенчатых и импульсных методик, важных для работ в области аналитической электрохимии, микроэлектродных исследований, разработки датчиков, электро-осаждения материалов и анализа батарей питания / топливных элементов:

- метод повторяющихся импульсов используется для анализа состояния батарей / топливных элементов (включая анализ эквивалентного последовательного сопротивления ESR и импульсные испытания мобильных телефонов стандартов GSM / CDMA). Эти же методики используются и при изучении процессов электро-осаждения материалов
- хроноамперометрия и хронопотенциометрия используются в широком ряде электрохимических экспериментов
- управление работой усилителей мощности с мощными ячейками при изучении процессов электро-осаждения материалов и аккумуляирования электроэнергии
- метод многовершинного (многоточечного) сканирования для методики с линейным испытательным напряжением до максимально трёх отдельных вершин
- нормальная и дифференциальная импульсная вольтамперометрия, применяющаяся во многих аналитических электрохимических исследованиях

Контурная карта PARSTAT 4000+



Контурная карта PARSTAT 3000



КОМПЛЕКТУЮЩИЕ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Держатели батарей питания

Сотрудничество Princeton Applied Research и ведущего производителя батарей фирмы MACCOR позволило создать ряд держателей стандартных типов батарей, напрямую подключаемых к PARSTAT и исключающих, тем самым, влияние кабелей подключения, и позволяющих подвести незагрязнённый испытательный сигнал и получить «чистый» отклик. Эти тонкие (плоские) держатели устанавливаются непосредственно на передней панели PARSTAT'ов. Держатели также могут поставляться и в стандартном корпусе с форм-факторами, совместимыми с батареями типов 18650, AA, AAA, «таблетками» (2032), а также с гибкими зажимами для заказных элементов.

Тип

BUTTONCELL1

18650BATT1

AAATT1

AAABATT1

2032BATT1

BUTTONCELL2

18650BATT2

AAATT2

AAABATT3

2032BATT2

Назначение/описание держателя

для «таблеточных» батареек к PARSTAT4000+

для батареек типа 18650 к PARSTAT4000+

для батареек типа AA к PARSTAT4000+

для батареек типа AAA к PARSTAT4000+

для плоских круглых батареек к PARSTAT4000+

для «таблеточных» батареек к PARSTAT3000

для батареек типа 18650 к PARSTAT3000

для батареек типа AA к PARSTAT3000

для батареек типа AAA к PARSTAT3000

для плоских круглых батареек к PARSTAT3000

Усилители мощности для PARSTAT 4000+

Усилители мощности фирмы Princeton Applied Research обеспечивают увеличение измеряемого / подводимого к потенциостату тока. Каждый усилитель представляет собой внешний источник питания, подключаемый к встроенной схеме на задней панели потенциостата. При простом подключении с помощью кабеля и изменения начальной установки потенциостат переходит из нормального в усиленный режим. Усилители могут поставляться как часть комплекта при первоначальном заказе или поставлены к уже существующему потенциостату (необходимо вернуть потенциостат на завод-изготовитель для установки вышеупомянутой встроенной схемы).

Тип

20A/PARSTAT 4000

Назначение/описание

Усилитель тока до 20 А

(по заказу возможна поставки усилителей 10 А / 20 В и 8 А / 50 В)

Слаботочный интерфейс для PARSTAT 4000+

Слаботочный интерфейс (Low Current Interface) представляет собой идеальное решение для задач, требующих высокой точности измерения при наивысшем разрешении в области очень малых токов. К числу подобных областей применения относятся исследования с ультра микроэлектродами, изучение процессов коррозии у биоимплантов, разработка датчиков.

Тип

Назначение/описание

VersaSTAT-LC

Слаботочный интерфейс



За дополнительной информацией и по всем вопросам, связанным с приобретением, обращайтесь:

ООО «ВулТест»

127287, Москва, Петровско-Разумовский проезд, 29, строение 4, 1 этаж, пом. 1, офис 24

Телефон: +7 (495) 614 7704 / + 7 (903) 723 3859

Электронная почта: info@vltest.ru; Адрес в Интернете: www.vltest.ru

«Потенциостат / гальваностат / анализатор частотного отклика PARSTAT® 4000+». Страница 8

© Перевод В.В. Левикова, 2018 г