

SolarLab



Apps-XM series

AMETEK

solatron
analytical

Новое поколение изделий от фирмы Solartron Analytical – серия *Apps-XM*

- *меньшие габариты*
- *конкурентные цены*
- *наивысшая в своём классе точность измерений*

Система *SolarLab XM* является одним из представителей новой линейки целевых изделий серии *Apps-XM* фирмы Solartron Analytical – семейства *XM* [от английского *Xtreme Measurement*: экстремальные (высокоточные) измерения], каждое из которых избирательно фокусируется на специфических требованиях, предъявляемых к конкретным исследованиям (области применения).

Эта без преувеличения революционная серия изделий отличается значительно меньшими габаритами по сравнению с конкурентными аналогами, что экономит занимаемую площадь лаборатории, которой всегда не хватает, обладая при этом недостижимыми для последних *XM* рабочими характеристиками.

Каждый модуль семейства *XM* индивидуально калибруется с использованием уникальной многоточечной калибровочной процедуры, разработанной фирмой Solartron Analytical, и испытывается на соответствие самым жёстким стандартам, обеспечивая наивысшую точность в работе.



- *в комплект входит полностью интегрированная в систему оптическая скамья*
- *множество экспериментальных методик, включая модулированную по яркости фототока спектроскопию (IMPS), фотоЭДС спектроскопию (IMVS), импеданс, снижение фотоЭДС (Photovoltage Decay), методы извлечения заряда (Charge Extraction Techniques), вольтамперную характеристику*
- *широкополосные импедансные и ёмкостные измерения*
- *поставляемый по заказу модуль IPCE (Incident Photon to Current Efficiency – эффективность преобразования падающих фотонов в ток) позволяет измерять квантовую эффективность (Quantum Efficiency) широкой гаммы материалов*

<i>Apps-XM</i>	
EnergyLab XM	исследования батарей, топливных элементов, суперконденсаторов
EchemLab XM	исследования коррозии, покрытий и физическая электрохимия
SolarLab XM	разработка солнечных батарей, изучение фотоэдс
Materials Lab XM	исследования диэлектриков, изоляторов и материалов для электроники

Как уже отмечалось, система **SolarLab XM** входит в серию **Apps-XM** специализированных научных инструментов и сфокусирована на исследованиях солнечных батарей / фотоЭДС. Система создавалась в содружестве с профессором Лорье Питер (Laurie Peter) из университета Баф (University of Bath), Великобритания.

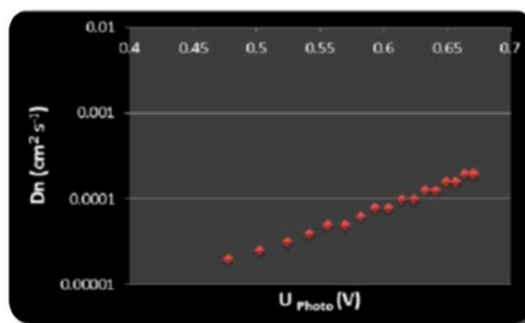
Система **SolarLab XM** объединяет в одном малогабаритном корпусе потенциостат / гальваностат исследовательского класса, анализатор частотного отклика и модуль PhotoEchem, обеспечивающий полную характеризацию широкого спектра элементов, включая Perovskite и тонкоплёночные солнечные батареи с органическим красителем на полупроводниках, вырабатывающих фотоЭДС между светочувствительными анодами и электролитом при облучении в видимом диапазоне (фотокатализ - Dye Sensitized Solar Cells = DSSC). Кроме того, её можно использовать для создания фотоэлектрохимических систем видимого диапазона, например, фото-разложения воды.

Основополагающим фактором, в корне отличающим систему от имеющихся в этом направлении разработок, является простота в эксплуатации и анализа данных, для чего требуется лишь один «щелчок» манипулятора «мышь». Для опытных исследователей **SolarLab XM** предлагает возможность разработки новых методик с мощным пошаговым секвенсором. **SolarLab XM** позволяет реализовать:

- измерения в частотной и временной областях, включая модулированную по яркости фототока спектроскопию (IMPS), фотоЭДС спектроскопию (IMVS), импеданс, снижение фотоЭДС (Photo Voltage Decay), методы извлечения заряда (Charge Extraction Techniques), вольтамперную характеристику
- автоматизированный анализ данных для подсчёта эффективных коэффициентов диффузии и времени жизни электронов одним щелчком мыши; существенная помощь для новичков в области частотной спектроскопии
- стандартная программа калибровки источника света с прослеживаемостью до эталонов
- большая гамма монохромных светодиодов высокой яркости
- полный комплекс электрохимических методик, включая циклическую вольтамперометрию, хроногальванометрию и широкую гамму импеданс- и вольтамперометрии на переменном токе
- дополнительные каналы для одновременного измерения анодного и катодного импеданса и напряжения (по 12-ти проводной схеме)
- лучший в своём классе анализатор частотного отклика, позволяющий выполнять одно- и много- синусоидальный анализ, БПФ и гармонический анализ по всему частотному диапазону
- заказной модуль IPCE (Incident Photon to Current Efficiency – эффективность преобразования падающих фотонов в ток), позволяющий измерять квантовую эффективность (Quantum Efficiency) широкой гаммы материалов

МЕТОДИКА	ПАРАМЕТР
IMPS	эффективный коэффициент диффузии электронов
IMVS	эффективное время жизни электронов
Photo Voltage Delay	эффективное время жизни электронов
I-V	коэффициент заполнения, максимальная мощность, напряжение открытой цепи, ток короткого замыкания, КПД
Charge extraction - Dark	плотность захваченного заряда в темноте
Charge extraction - Short Circuit	плотность захваченного заряда при коротком замыкании
IPCE Option	эффективность квантового преобразования (КПД)
AC measurement	измерение импеданса / ёмкости

Система предлагает и позволяет реализовать всеобъемлющий комплекс испытательных методик



Автоматический анализ модулированной по яркости фототока спектроскопии (IMPS)



Оптическая скамья

Сердцем системы *SolarLab XM* является коллимированный и высоко сфокусированный мощный источник света. Ключевыми особенностями системы являются:



- калибровка источника света с прослеживаемостью до эталонов NIST
- измерение высокоинтенсивных световых пучков с превосходной температурной стабильностью
- измерение и регулировка яркости света в пределах 6 декад
- коллимирующая и фокусирующая оптика
- метод относительных измерений до частоты 100 кГц для твердотельных устройств

Не только фотоэлектрохимическая система....

Система *SolarLab XM* использует мощный потенциостат серии *XM* и анализатор частотного отклика для выполнения широкого диапазона электрохимических исследований, в том числе:

- циклической вольтамперометрии (со ступенчатой/линейной развёрткой)
- нормальной и дифференциальной импульсной вольтамперометрии
- потенциостатической и гальваностатической электрохимической импедансной спектроскопии (одно- синусоидальной, много- синусоидальной / БПФ и гармонического анализа)
- вольтамперометрии на переменном токе
- 12-ти контактные (проводные) измерения на постоянном токе/импеданса (анодно/катодная характеристика и т.п.)

Оптическую скамью можно интегрировать во все упомянутые методы электрохимических исследований, создавая тем самым новые испытательные методики.

Измерение и регулировка яркости света в пределах 6 декад

Быстрый кремниевый фотодетектор имеет семь каскадов усиления, что обеспечивает прекрасное разрешение измерений сигналов с очень низкой яркостью. Дополнительный 0,01 нейтральный светофильтр расширяет диапазон измерений до более 6 декад.

Режим относительных измерений

Метод относительных измерений передаточной функции для фотоэлектрохимических систем типа IMPS и IMVS был впервые разработан профессором Laurie Peter в конце 1980-х годов. Система *SolarLab XM* реализует этот подход, направляя луч света через 50:50 делитель для одинаковой освещённости образца и опорного детектора. Отклик объекта испытаний напрямую сравнивается с откликом опорного сигнала, устраняя фазовые и амплитудные ошибки.

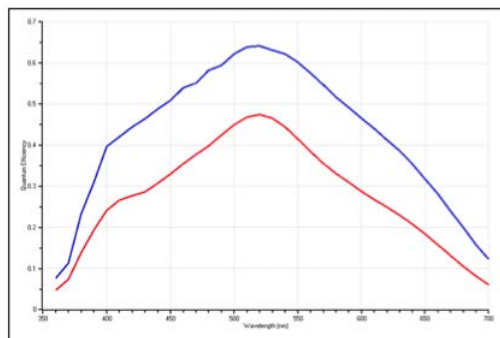
Прослеживаемость результатов до эталонов NIST

Каждая оптическая скамья снабжена быстрым 10 МГц кремниевым фотодетектором, разработанным специально для изделий серии XM. Встроенный в такой детектор датчик поставляется с файлом заводской калибровки с прослеживаемостью до эталонов NIST, что обеспечивает уверенность в надёжности и точности результатов измерений

Модуль IPCE (поставляется по заказу)

Модуль IPCE позволяет измерять квантовую эффективность широкой гаммы материалов. В отличие от традиционных методов, использующих для этого оптические модуляторы, модуль задействует анализатор частотного отклика, повышая относительное разрешение сигнал/шум. Благодаря встроенной функции подавления смещения (bias rejection) измерение смещения белого света для нелинейных ячеек становится стандартной функцией, а не дорогостоящей опцией, как это является на практике.

- длина волны $350 \div 1100$ нм
- встроенный в модуль источник смещения белого света •
- модуляция в диапазоне $0,1 \div 10$ Гц для исключительно высокого подавления шумов на малых частотах
- автоматическое определение квантовой эффективности и тока короткого замыкания

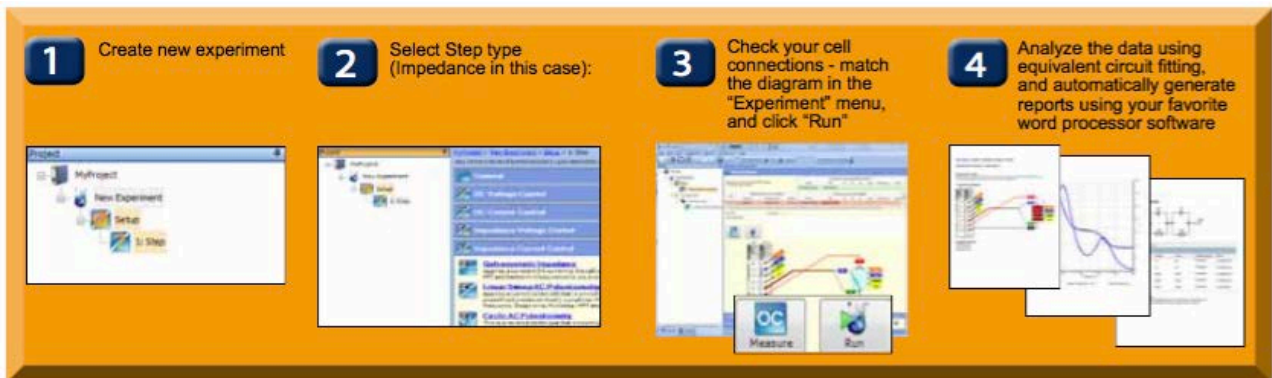


Кривые IPCE спектра с использованием (голубая) и без (красная) использования источника смещения белого света



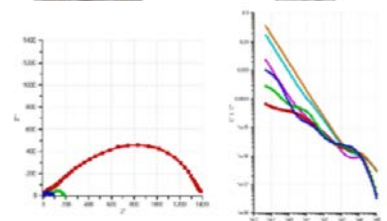
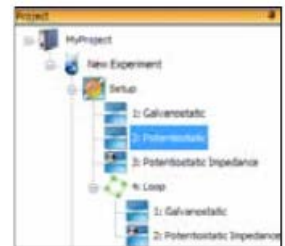
Программные средства **XM-studio**: просто как 1... 2... 3... 4...

Программный комплекс **XM-studio PhotoEchem** охватывает весь возможный спектр экспериментальных методик в одном простом в обращении пакете. В течение всего эксперимента, который можно схематично представить в виде следующей последовательности: установка начальных параметров → выполнение эксперимента со сбором данных → анализ полученной информации → подготовка документального отчёта, программное обеспечение **XM-studio PhotoEchem** предлагает оператору готовые к использованию инструментальные шаблоны, позволяющие осуществить весь процесс несколькими «щелчками» манипулятора «мышь»:



Графический интерфейс пакета **XM-studio PhotoEchem** обеспечивает простоту в обращении и функциональную полноту испытаний:

- экспериментальные последовательности методик можно создавать функциями копирования/вставки и переносом/внедрением отдельных шагов опираясь на собственную интуицию
- новые испытательные подходы можно получать из уже выполненных шагов путём их копирования с последующим редактированием параметров и последовательностей отдельных этапов эксперимента
- экстенсивное использование графической интерпретации вводимой и получаемой информации способствует полному пониманию установок начальных параметров и условий проведения испытаний. Влияние вносимых изменений можно наблюдать в реальном времени, что позволяет выявлять, устранять и корректировать возможные ошибки до запуска процесса реальных испытаний
- программные средства **XM-studio PhotoEchem** воспроизводят также схемы подключений с тем, чтобы избежать возможных ошибок и на этом этапе
- аппроксимация эквивалентных электрических цепей уже встроена в программные средства; нет необходимости в экспорте данных в другие пакеты для их получения
- в программе уже предусмотрены символы отображения отдельных компонентов: R, C, L, элементов Варбурга с постоянной фазой и распределённых устройства
- автоматизированный анализ результатов измерений



Комплекующие и принадлежности



Как подчёркивалось ранее, система **SolarLab XM** изначально создавалась для работ с преобразователями видимого света / определения фотоЭДС, но при дополнительном оснащении её соответствующими комплекующими появляется возможность применения такого комплекса и в других областях, включая борьбу с коррозией, разработку защитных и других типов покрытий, энергосберегающих устройств, в том числе батарей, топливных элементов и суперконденсаторов, а также физической электрохимии.

Внешние усилители мощности

Установка **SolarLab XM** рассчитана на работу с широкой гаммой внешних усилителей тока (мощности), что позволяет существенно расширить диапазоны измерения силы тока и импеданса, что особенно ценно при исследованиях батарей с малым импедансом, коррозии и покрытий, топливных элементов, суперконденсаторов и солнечных батарей.

- конструкция с «плавающим» входом позволяет испытывать заземлённые ячейки
- временные и импедансные анодно/катодные исследования сборок с напряжением до ± 8 В
- результирующий ток до 100 А и измерения малых величин импеданса вплоть до 1 мкОм
- расширение полосы частот до 100 кГц при импедансных измерениях с внешними усилителями для высокочастотных исследований, в том числе твердооксидных топливных элементов
- автоматическое управление работой внешних усилителей на аппаратном (**SolarLab XM**) и программном (**XM-studio PhotoEchem**) уровне

Электрохимическая ячейка для исследования коррозии

Ячейка предназначена для быстрого равномерного тестирования металлических образцов в жидких средах. Она позволяет работать с использованием большинства существующих электрохимических методик, применяемых для исследований процесса коррозии в агрессивных средах (за исключением HF) при комнатных и повышенных температурах.

Плоская электрохимическая ячейка

Конструкция ячейки позволяет применять электроды различных типоразмеров при анодно/катодных и коррозионных исследованиях, устраняя необходимость в предварительной механической обработке.

Система для вращения электродов (ротатор)

Ротатор электродов модели 636А предназначен для работы с гидродинамическими моделями систем. Контролируемый электроникой сервопривод позволяет регулировать с минимальными искажениями скорость вращения электрода в зависимости величины входного сигнала. Прекрасные характеристики устройства достигнуты сочетанием высокоскоростного мало инерциального электродвигателя постоянного тока с постоянным магнитом и высоковольтного биполярного источника питания. Скорость вращения регулируется в пределах 1% от входного сигнала в диапазоне от 50 до 10000 об/мин. Прибор снабжён также выходом напряжения, пропорционального скорости вращения.

Область применения

Солнечные батареи / исследования фотоЭДС



Принцип действия солнечных батарей основан на способности световых фотонов возбуждать электроны с переходом их в более высокое энергетическое состояние, при котором они становятся переносчиками заряда, создавая электрический ток. Существует много типов элементов, используемых для солнечных батарей, в том числе многопереходные (multi-junction), галлий-арсенидные, на основе кристаллического кремния, тонкоплёночные (например, CdTe соединений) и целого ряда новейших разработок, в том числе органических преобразующих свет веществ (оптических фотоЭДС – OPV), тонкоплёночных солнечных батарей с органическим красителем на полупроводниках, (фотокатализ - Dye Sensitized Solar Cells = DSSC), ячеек Perovskite и наноматериалов, включая элементы на точечных физических объектах с квантовыми свойствами. КПД преобразования света у таких устройств варьируется от более чем 40% до 5% у некоторых новейших разработок; при этом низкий КПД может и не быть критическим недостатком из-за исключительно малых в этом случае производственных затрат, например, созданием больших панелей, покрывающих окна, крыши или стены зданий, реальная стоимость которых составляет лишь небольшую часть от стоимости традиционных солнечных батарей

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧЕСКОЙ СКАМЬИ	
Диапазон длин волн	350 нм ÷ 1100 нм
Диапазон яркости	6 декад (с нейтральным светофильтром)
Максимальная расходимость пучка	4°
Макс. диаметр пучка / размер ячейки	1 см
IMPS / IMVS передаточная функция	опорный фотодетектор
Калибровка	прослеживаемость к эталонам NIST
Макс. ток возбуждения светодиодов	2 А
Типовая стабильность светодиодов при максимальной мощности	дрейф после 24 часов < 2%
Максимальная частота возбуждения светодиодов (IMPS и IMVS)	100 кГц (возможно до 1 МГц)

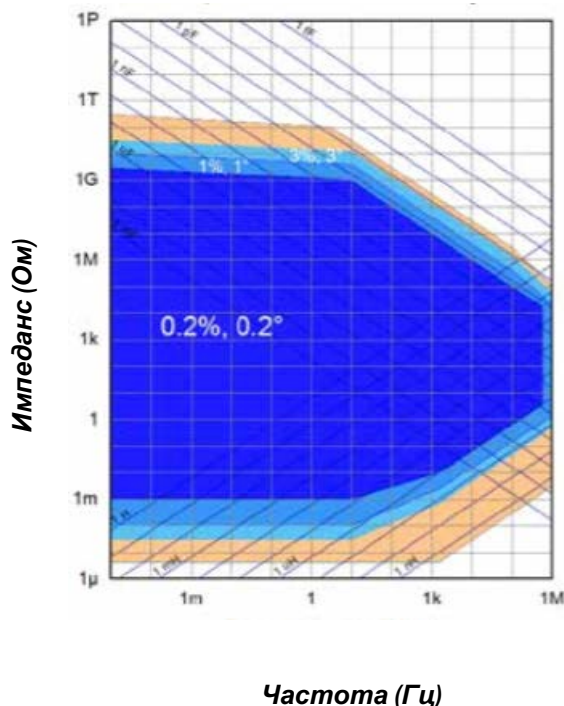
Длина волны, нм	Макс. мощность, мА	Ширина полосы, нм	Длина волны, нм	Макс. мощность, мА	Ширина полосы, нм
420	500	12	590	1600	14
455	1000	18	625	1000	16
470	1600	29	660	1200	25
505	1000	30	Холодный белый	1000	неприменимо
530	1600	31	Тёплый белый	1000	неприменимо

Технические характеристики

Потенциостат / Гальваностат	
Схемы подключения ячеек	2, 3 и 4-х проводные
Подключение инструментов	CE, WE, RE, LO
«Плавающие» измерения	+
Полоса импедансных измерений	1 МГц (через FRA)
Компенсация внутреннего сопротивления	+
Противоэлектрод (CE)	
Генератор сглаженной «аналоговой» развёртки	64 мега слов/сек интерполированная и отфильтр.
Диапазон полярности (и нагрузки)	±8 В
Диапазон полярности тока	±300 мА
Рекомендуемая скорость развёртки	25 кВ/сек ÷ 1 мкВ/сек
Рекомендуемая скорость развёртки тока	1 кА/сек ÷ 200 мкА/сек
Макс. напряжение нагрузки (между CE и LO)	±8 В
Ширина полосы частот (декадные шаги)	1 МГц ÷ 10 Гц
Погрешность полярности напряжения и тока (установка + диапазон)	0,1% + 0,1%
Минимальная длительность импульса	1 мксек
Крутизна спада	> 10 В/мксек
Опорные входы (RE)	
Тип подключения	дифференциальный вход
Экранировка кабелей	возбуждение (3)/земля (4)
Максимальное измеряемое напряжение	± 8 В
Диапазоны	8 В; 3 мВ; 300 мВ; 30 мВ 3 мВ
Погрешность (показан. + диапа. + сдвиг)	0,1% + 0,05% + 100 мкВ
Максимальное разрешение	1 мкВ
Входной импеданс	>100 ГОм, < 28 пФ (3Т)
Входной ток подмагничивания	<10 пА
Макс. частота дискретизации АЦП	1 мега выборка/сек
Рабочий электрод (WE)	
Максимальный ток	±300 мА
Диапазоны (декадные)	300 мА ÷ 30 нА
Погрешность (показан. + диапа. + сдвиг)	0,1% + 0,05% + 30 фА
Максимальное разрешение	1,5 пА
Диап. напряжения нагрузки (плавающий)	±8 В
Макс. частота дискретизации АЦП	1 мега выборка/сек
Дополнительные электроды (A, B, C, D)	
Дифференциально подключаемые	4
Технические характеристики	аналогично RE (выше)
Измерения постоянного тока	синхронизированы с RE
Полоса измерений импеданса	1 МГц (через FRA)

Анализатор частотного отклика	
Макс. частота дискретизации	40 мега выборок/сек
Частотный диапазон	10 мкГц ÷ 1 МГц
Частотное разрешение	1 на 65.000.000
Погрешность частоты	± 100 PPM
Минимальное время интегрирования на одно измерение (одно синусоидальный, БПФ или гармонический метод)	10 мсек
Выход сигнала	
Форма волны	одно- или много-синусоидальная
Одно синусоидальная	линейная / логарифмическая
Много- синусоидальная / гармонические частоты	все или заданные частоты
Аналитические каналы	
Погрешность (относительная)	±0,1%; ±0,1°
Защита от наложения спектров, цифровые фильтры, подавление сдвига	автоматически
Анализируемые каналы	RE, WE, Aux A/B/C/D
Аналитические методы	одно синусоидальный, БПФ, гармонический
Подавление сдвига постоянного тока	автоматически

ИЗМЕРЕНИЕ ИМПЕДАНСА



Частота (Гц)

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

- внешние усилители мощности увеличивают погрешность на 1 мкОм
- 3 точечное подключение для измерений с высоким импедансом / малой ёмкостью; в противном случае - 4-х точечное
- гальваностатический режим <1 Ом рекомендует использовать клетку Фарадея и подходящую экранировку