

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

### HORIBA

## КАТАЛОГ ОБОРУДОВАНИЯ

По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:

Архангельск (8182)63-90-72	Калининград (4012)72-03-81	Нижний Новгород (831)429-08-12	Смоленск (4812)29-41-54
Астана +7(7172)727-132	Калуга (4842)92-23-67	Новокузнецк (3843)20-46-81	Сочи (862)225-72-31
Белгород (4722)40-23-64	Кемерово (3842)65-04-62	Новосибирск (383)227-86-73	Ставрополь (8652)20-65-13
Брянск (4832)59-03-52	Киров (8332)68-02-04	Орел (4862)44-53-42	Тверь (4822)63-31-35
Владивосток (423)249-28-31	Краснодар (861)203-40-90	Оренбург (3532)37-68-04	Томск (3822)98-41-53
Волгоград (844)278-03-48	Красноярск (391)204-63-61	Пенза (8412)22-31-16	Тула (4872)74-02-29
Вологда (8172)26-41-59	Курск (4712)77-13-04	Пермь (342)205-81-47	Тюмень (3452)66-21-18
Воронеж (473)204-51-73	Липецк (4742)52-20-81	Ростов-на-Дону (863)308-18-15	Ульяновск (8422)24-23-59
Екатеринбург (343)384-55-89	Магнитогорск (3519)55-03-13	Рязань (4912)46-61-64	Уфа (347)229-48-12
Иваново (4932)77-34-06	Москва (495)268-04-70	Самара (846)206-03-16	Челябинск (351)202-03-61
Ижевск (3412)26-03-58	Мурманск (8152)59-64-93	Санкт-Петербург (812)309-46-40	Череповец (8202)49-02-64
Казань (843)206-01-48	Набережные Челны (8552)20-53-41	Саратов (845)249-38-78	Ярославль (4852)69-52-93

сайт: [horiba.nt-rt.ru](http://horiba.nt-rt.ru) || эл. почта: [hbr@nt-rt.ru](mailto:hbr@nt-rt.ru)

Спектрофлуориметрическая система

# ✓ FluoroLog-3



Самый чувствительный спектрофлуориметр:  
номер один на мировом рынке

Мощная аналитическая система с  
возможностью интегрирования TCSPC-  
модуля и конфокального микроскопа

# FluoroLog-3

Horiba Scientific (Jobin Yvon) является мировым лидером по выпуску сложного исследовательского оборудования для оптической флуориметрии.

Fluorolog-3 - это флуориметрическая система наиболее высокого уровня, которая воплощает все современные достижения науки и техники в этом сегменте рынка аналитического оборудования.

Основа прибора - спектрофлуориметрический модуль, который может выполняться в различных конфигурациях (рис. 3). Каждая конфигурация характеризуется отдельным набором технических характеристик. Таким образом, уже при заказе система оптимизируется под конкретный ряд прикладных задач.

Ваша конфигурация Fluorolog-3 должна давать возможность проведения всех необходимых экспериментов по изучению флуоресценции, а также обеспечивать лучший баланс чувствительности, разрешения, производительности - и, разумеется, стоимости. Мы поможем выбрать оптимальную систему для решения Ваших задач!

На данный момент Fluorolog-3 является самым чувствительным спектрофлуориметром, способным уверенно определять ряд флуоресцентных меток на уровне десятков фМ,  $10^{-14}$  моль/л (рис. 1). Отношение сигнал/шум Рамановской линии воды (при полосе пропускания 5 нм) составляет 6000:1 для лучшей стандартной конфигурации, и более 10000:1 при применении опциональных детекторов.

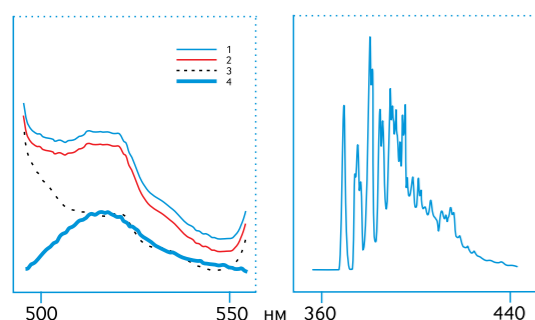


Рисунок 1. Спектр флуоресценции  $5 \cdot 10^{-14}$  М флуоресцеина (слева)

Рисунок 2. Спектр флуоресценции пирена при 77 К (справа)

Рисунок 3. Общая схема спектрофлуориметра Fluorolog-3

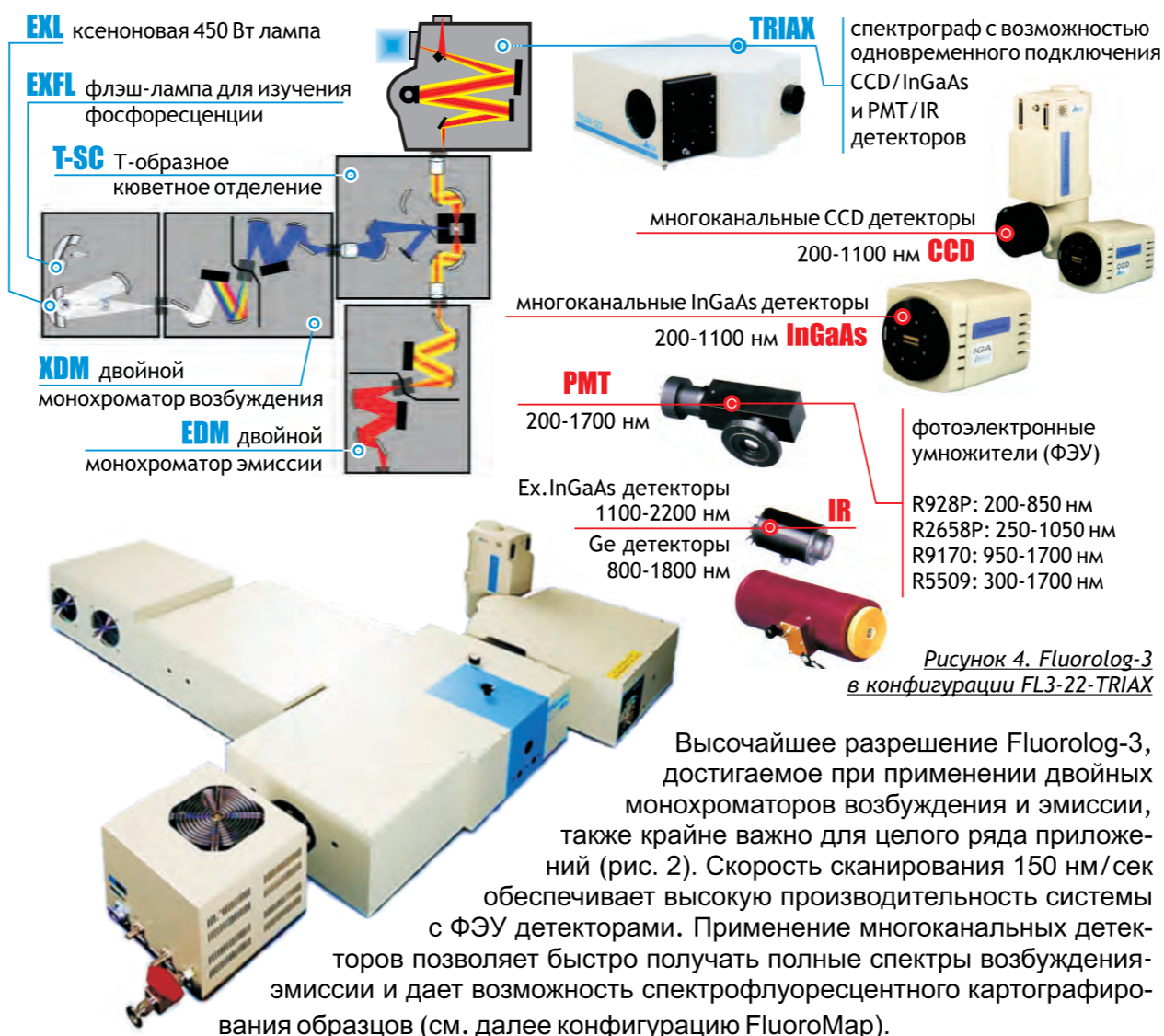
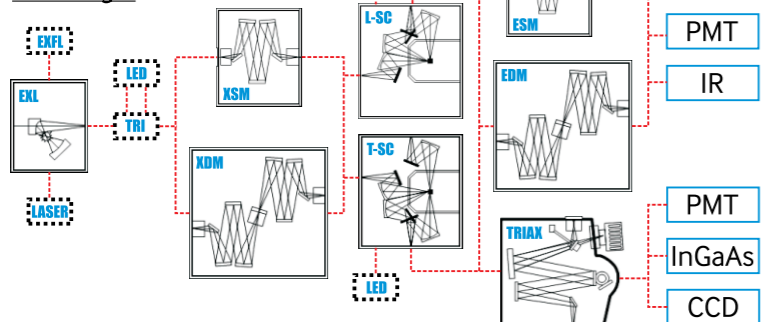


Рисунок 4. Fluorolog-3 в конфигурации FL3-22-TRIAX

Высочайшее разрешение Fluorolog-3, достигаемое при применении двойных монохроматоров возбуждения и эмиссии, также крайне важно для целого ряда приложений (рис. 2). Скорость сканирования 150 нм/сек обеспечивает высокую производительность системы с ФЭУ детекторами. Применение многоканальных детекторов позволяет быстро получать полные спектры возбуждения-эмиссии и дает возможность спектрофлуоресцентного картографирования образцов (см. далее конфигурацию FluoroMap).

Установка на Fluorolog-3 дополнительной пульсирующей флэш-лампы с варьируемой частотой пульсации (10 Гц - 100 кГц) позволяет проводить эксперименты по определению времен жизни фосфоресценции в диапазоне от микросекунд до секунд.

## Интегрированная система Fluorolog-3 + TCSPC

В единую с Fluorolog-3 систему может быть интегрирован модуль для определения времен жизни флуоресценции. Наиболее широкой областью применения обладает TCSPC-модуль. Его действие основано на импульсной технике счета единичных фотонов (TCSPC) - наиболее чувствительной среди всех методов определения времени жизни флуоресценции.

В зависимости от установленного источника излучения, модуль TCSPC позволяет определять времена жизни флуоресценции (и фосфоресценции) от 50 пс ( $5 \cdot 10^{-11}$  с) до 1 секунды. В качестве источников излучения для TCSPC применяют лазерные диоды с длительностью импульса 50-150 пс или LED-ы с длительностью импульса 700 пс - 1.4 нс с максимумом излучения от УФ (280 нм) до ближнего ИК (830 нм). Основным детектором является специализированный пикосекундный ФЭУ (рис. 6). Предельно короткие (до 10 пс) времена жизни флуоресценции могут быть измерены при установке опционального фемтосекундного лазера и МКП-детектора.

Интегрированная система Fluorolog-3/TCSPC позволяет проводить все типы экспериментов, требующих получения спектров флуоресценции с разрешением по

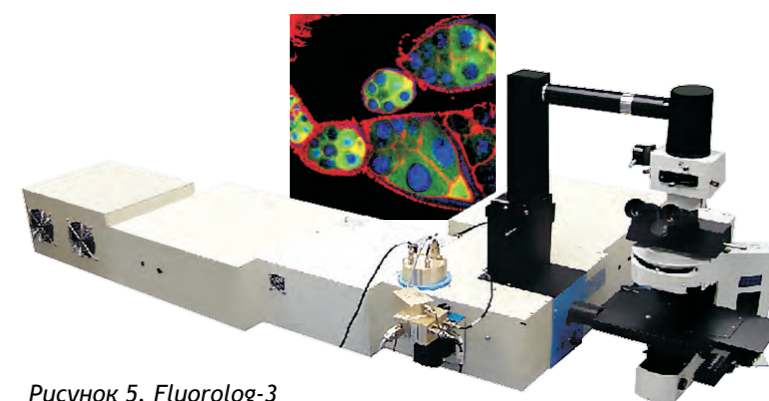


Рисунок 5. Fluorolog-3 в конфигурации Spex FluoroMap (оснащенный конфокальным микроскопом). На заднем плане - изображение, полученное при флуоресцентном картографировании образца биологической ткани

времени, TRES, включая флуоресцентный перенос энергии (FRET) и изучение деполяризации флуоресценции в динамическом режиме.

## Интегрированная система Spex FluoroMap

Fluorolog-3 в любой из конфигураций может быть дополнен конфокальным микроскопом. Подобная интегрированная система называется Spex FluoroMap.

Конфокальный микроскоп позволяет проводить все возможные для данной конфигурации прибора флуоресцентные эксперименты в выбранной точке на оптическом изображении образца.

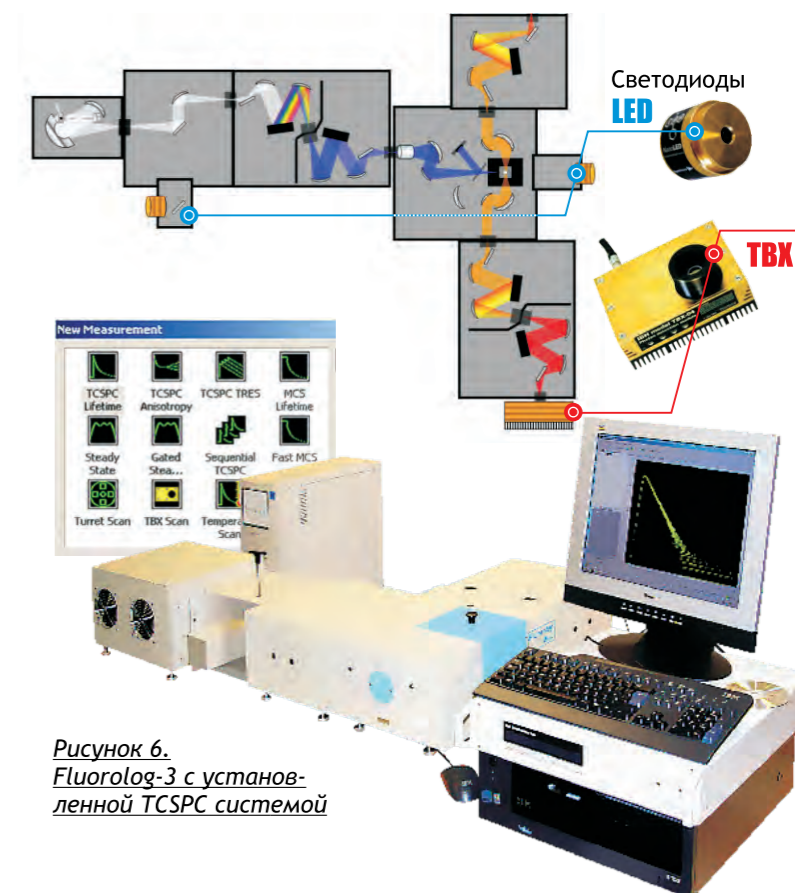


Рисунок 6. Fluorolog-3 с установленной TCSPC системой



# ✓ FluoroLog-3

Система Spex FluoroMap также позволяет картографировать образец с высоким латеральным (пространственным) разрешением - 1 мкм по горизонтали и вертикали. Флуоресцентное картографирование можно проводить, выбирая в качестве сигнала необходимый фрагмент изучаемого спектра, и/или времени жизни флуоресценции при наличии в интегрированной системе TCSPC-модуля.

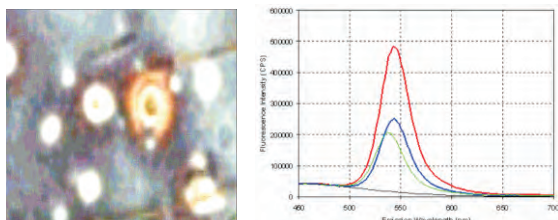


Рисунок 7. Спектры выбранных на оптическом изображении квантовых точек (Spex FluoroMap)



Рисунок 8. Флуоресцентное картографирование образца клеточной ткани по времени жизни флуоресценции

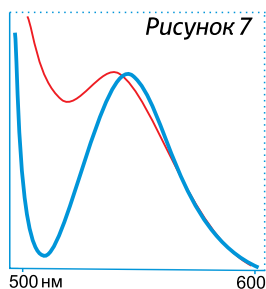


Рисунок 9

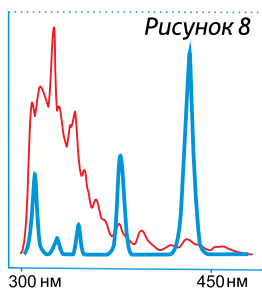


Рисунок 8

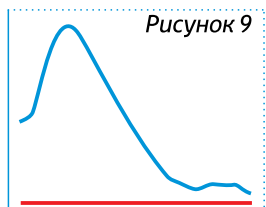


Рисунок 9

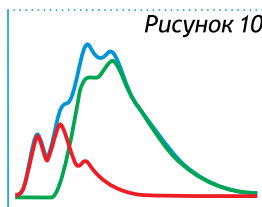


Рисунок 10

## Дополнительные устройства

Систему Fluorolog-3 можно укомплектовать опциональными вспомогательными устройствами, необходимыми для проведения тех или иных экспериментов, в частности:

- микропланшетным считывателем MicroMax для проведения серийных определений в автоматическом режиме;
- приставкой MicroFlow для проведения экспериментов по изучению кинетики реакций в режиме стоп-флоу;
- поляризаторами (L и T конфигурации);
- интегрирующей сферой для определения квантового выхода флуоресценции;
- устройством для измерения флуоресценции в отраженном свете;
- термостатируемыми кюветами с возможностью перемешивания образца, титраторами;
- проточной ВЭЖХ кюветой;
- оптоволоконной системой со внешним держателем для проведения удаленных измерений.



Рисунок 7. Спектры монослая родамина в отраженном свете с применением одинарного и двойного монохроматоров

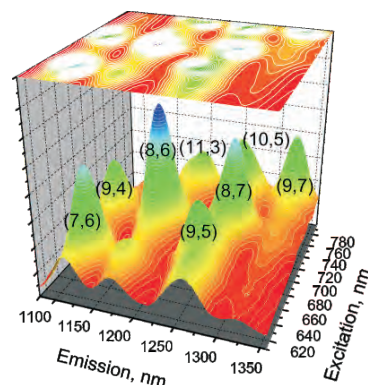
Рисунок 8. Спектры смеси пяти ПАУ при обычном и синхронном сканировании

Рисунок 9. Спектры гемоглобина при сборе излучения под прямым углом и нулевым углом (в отраженном свете)

Рисунок 10. Деконволюция суммарного спектра антрацена и 9-цианоантрацена за счет разницы во временах жизни флуоресценции (4 нс и 12 нс)

## Примеры приложений

Рисунок 10. Полный спектр возбуждения-эмиссии для образца углеродных нанотрубок



# AutoSE

Спектральный эллипсометр





# AutoSE

Эллипсометрия представляет собой высокочувствительный и точный поляризационно-оптический метод исследования поверхностей и границ раздела различных сред. Исследуемая структура может состоять из нескольких слоев различной природы и толщины: от десятков микрометров до ангстрем.

Метод позволяет определять толщины отдельных слоев, измерять их индивидуальные оптические и оптико-электронные свойства. Наиболее широкими возможностями обладает спектральная эллипсометрия, позволяющая контролировать измеряемые параметры в широком спектральном диапазоне.



## Отличительные черты AutoSE

Horiba Scientific является мировым лидером в области производства спектральных эллипсометров. Выпускаемая продукция включает приборы для проведения сложных исследований, а также для производственного контроля.

Спектральный эллипсометр AutoSE оптимизирован для применения в сфере производственного контроля. Прибор обладает высокой степенью автоматизации всех процессов: от юстировки положения образца до автокалибровки и поиска неисправностей. Специализированное программное обеспечение содержит в базе данных большое число готовых моделей для ряда типовых приложений. Скорость измерения (во всем спектральном диапазоне) составляет менее 1 секунды - что удовлетворяет самым строгим требованиям к экспрессности. AutoSE является первым коммерчески доступным спектральным эллипсометром, оснащенным патентованной системой визуального наблюдения образца. Объектив камеры наблюдения располагается на одной оси с аналитическим пучком (то есть не сверху, как в традиционных эллипсометрах).



Рисунок 1. In-situ контроль технологического процесса нанесения эпитаксиальной пленки при помощи спектральной эллипсометрии.

Рисунок 2. Схема устройства эллипсометра. Прибор измеряет отношение амплитуд обеих компонент отраженного эллиптически поляризованного света при варьировании угла падения луча и длины волны света, которое используется для расчета т.н. Стоксовых параметров.

Параметры выбранной модели не измеряются напрямую, а рассчитываются в результате итерационного процесса до достижения минимального расхождения с экспериментом.

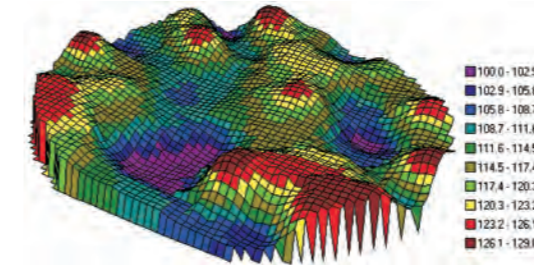
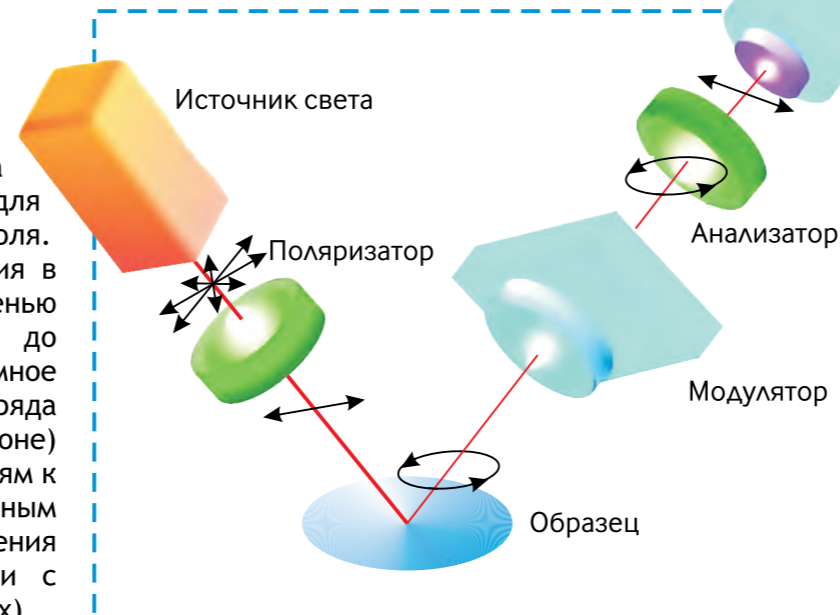


Рисунок 3. Картографирование толщины слоя при помощи спектральной эллипсометрии

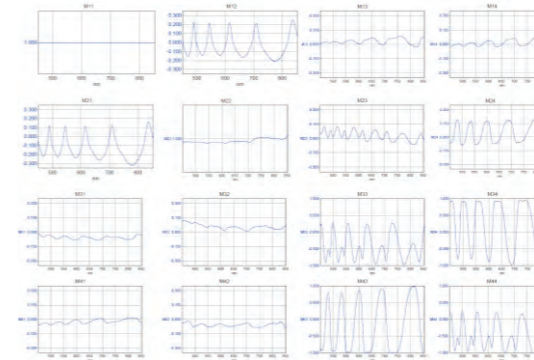


Рисунок 4. Зависимости 16 коэффициентов матрицы Мюллера от длины волны для анизотропной 1.994 мкм пленки оксида на поверхности алюминия (450-850 нм)

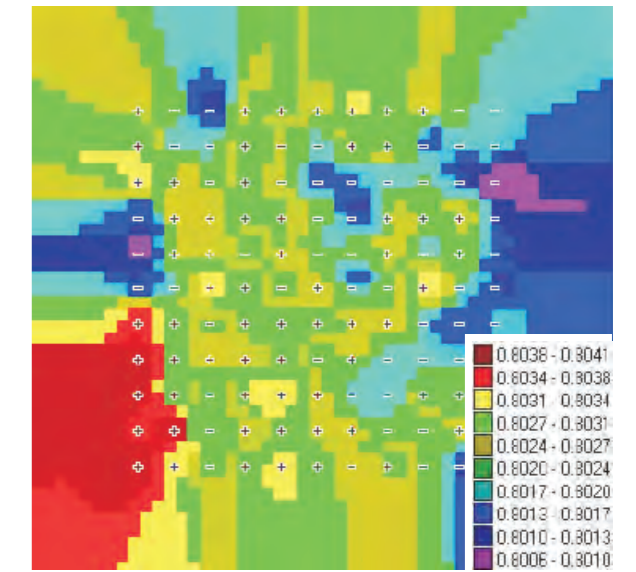


Рисунок 5. Картографирование прозрачности слоя при помощи спектральной эллипсометрии (контроль производства солнечных батарей)

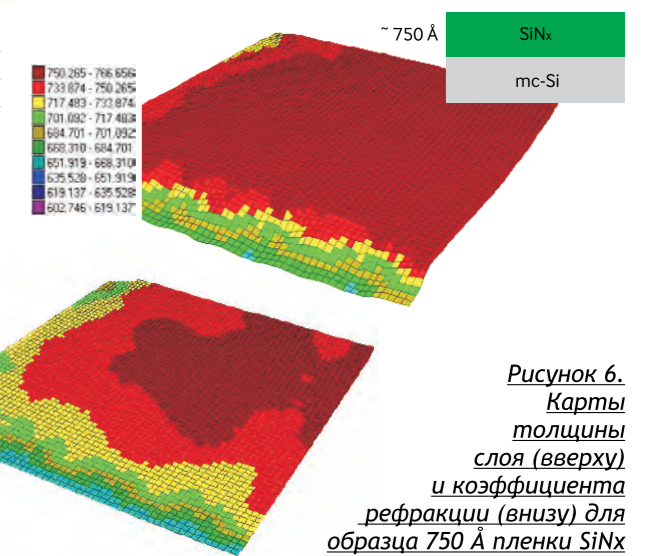


Рисунок 6. Карты толщины слоя (вверху) и коэффициента рефракции (внизу) для образца 750 Å пленки SiNx

## Преимущества AutoSE

- автоматическая загрузка образца, юстировка его положения;
- полностью автоматизированный анализ по заданным профилям;
- автокалибровка по встроенным стандартным образцам;
- патентованная система визуального наблюдения;
- высокая экспрессность измерения (менее 1 с по всему диапазону);
- автоматический подбор диаметра пятна (от 25x60 мкм и более);
- автоматическое 2D картографирование образцов;
- большой выбор дополнительных устройств: ячейка для работы с жидкостями и газами, термостатируемый столик и т.д.;
- возможность монтажа эллипсометра для проведения in-situ измерений (см. рис. 3).

## Приложения UVISE при анализе ...

### Диффузные слои и межфазные границы

- толщина, оптические свойства и химический состав диффузных слоев;
- наблюдение процессов на межфазной границе в режиме реального времени: адсорбция, конденсация, формирование и рост пленок

### ... мониторов и дисплеев:

- TFT, LTPS, LCD мониторы,
- OLED дисплеи,
- PDP панели,
- гибкие дисплеи.

### ... солнечных батарей:

- модификации кремния,
- проводящие оксиды,
- нитрид кремния,
- органические полимеры.

### Шероховатая поверхность, < 50 нм

- определение толщины слоя шероховатой поверхности в выбранной точке;
- картографирование по толщине слоя шероховатой поверхности;
- контроль состояния поверхности образца: загрязненность, окисление, травление, полировка;
- измерение коэффициента деполяризации, получение спектров деполяризации излучения

### Тонкие слои, от 1 Å до 30 мкм

- измерение параметров многослойных структур;
- определение толщины слоев

#### Измерение оптических свойств (для каждого слоя):

- коэффициенты рефракции (преломления света)  $n$  и коэффициент экстинкции  $k$  на заданной длине волны;
- зависимости коэффициентов  $n$ ,  $k$  от длины волны;
- спектр поглощения (зависимость коэффициента поглощения  $\alpha$  от длины волны);
- коэффициенты пропускания  $T$  и отражения  $R$  света;
- зависимость коэффициентов  $T$ ,  $R$  от длины волны

#### Измерение физических свойств (для каждого слоя):

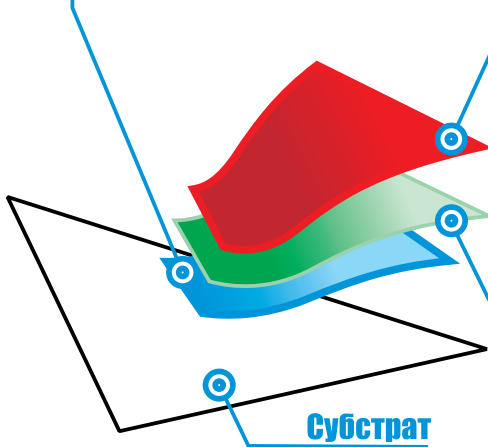
- ширина запрещенной зоны  $E_g$ ;
- анизотропия;
- компонентный состав;
- пористость.

### ... функциональных покрытий:

- оптические покрытия: защитные, антиотражающие, зеркальные,
- оптические фильтры,
- изолирующие покрытия для упаковочных материалов,
- антикоррозионные покрытия.

### ... электронных элементов:

- транзисторы: HEMT, MOSFET, CMOS,
- элементы памяти: PZT, BST,
- диэлектрики,
- материалы с высокой и низкой диэлектрической проницаемостью,
- фоторезисторы,
- элементы флэш-памяти: GeSbTe, DLC.



Субстрат



## Smart SE

### Спектральный эллипсометр для анализа тонких пленок

Smart SE-это инновационный спектральный эллипсометр для легкого, быстрого и точного определения характеристик слоя/слоев тонких пленок.

#### Быстрота и точность

- CCD детектор Smart SE позволяет получать точные данные в диапазоне от 400нм до 1000нм меньше чем за 1секунду.

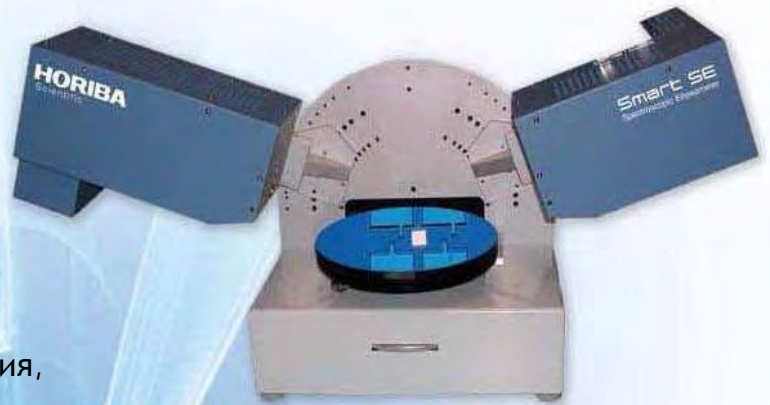
#### Гибкость

- Оптическая головка Smart SE устанавливается вручную.  
Угол от  $45^{\circ}$  до  $90^{\circ}$  с шагом  $5^{\circ}$ .

#### Универсальность

Smart SE может быть модернизирован :

- 200 или 300 мм стол для картирования, при рутинных измерениях.
- Автоматизированный переменный угол падения для сложного анализа.
- In-situ конфигурация для контроля процесса в реальном времени.



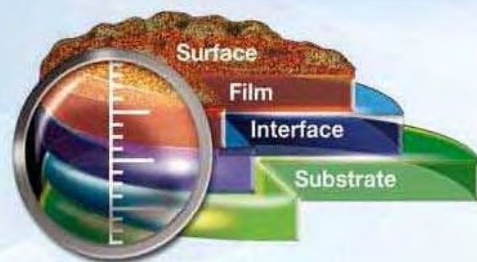
Изображение пятна на образце с системой MyAutoView vision

#### Уникальные способности

- Система наблюдения MyAutoView для точного позиционирования пятна на любых непрозрачных или прозрачных подложках.
- Семь автоматически устанавливаемых размеров микропятна для измерений образцов.
- Способность измерения полной матрицы Мюллера для изучения анизотропных и деполаризующих образцов.

#### Применение:

- Толщина пленки от нескольких ангстрем до 15мкм
- Оптические константы (n, k)
- Ширина запрещенной зоны
- Градиент, анизотропия и деполаризация





**Программная платформа, ориентированная на пользователя**  
Smart SE объединяет два уровня программного обеспечения для выполнения рутинных анализов с предустановленными параметрами и исследовательских анализов, в соответствии с современным состоянием эллипсометрии.

### Софт Auto Soft для рутинного анализа

- Auto Soft - интуитивное программное обеспечение, которое позволяет неопытным пользователям выполнять измерения и анализировать данные нажатием одной кнопки.
- Четыре интерфейса: контроль системы, запуск эксперимента, управление данными и выполнение сервисных тестов.
- Предустановленные данные внесены в список применений и материалов.
- Подгонка и сведение данных в таблицу на одном и том же экране для ускорения и удобства работы (годность подгонки, толщина, оптические константы, ширина запрещенной зоны, состав).

### Софт DeltaPsi2 для продвинутого анализа

- За прошедшие два десятилетия программное обеспечение DeltaPsi2, HORIBA Jobin Yvon, для эллипсометрии стало брендом и признано как наиболее передовое и мощное коммерческое программное обеспечение для эллипсометрии.
- Строит модель, чтобы характеризовать анизотропию, деполяризацию и градиент для ваших образцов.
- Экспорт из DeltaPsi2 в Auto Soft для рутинного анализа.

### Спецификация

#### Стандартная конфигурация

Спектральный диапазон: 450 нм до 1000 нм  
Спектральное разрешение: лучше, чем 3 нм  
Источник излучения: Комбинированный- галогеновая лампа и голубой светодиод  
Время измерения: < 1 сек. до 10 сек.  
Размер луча: 75 мкм x 150 мкм, 100 мкм x 250 мкм, 100 мкм x 500 мкм, 150 мкм x 150 мкм, 250 мкм x 250 мкм, 250 мкм x 500 мкм, 500 мкм x 500 мкм  
Угол падения: 45° до 90° с шагом 5°  
Размер образца: до 200 мм  
Регулировка образца: Ручная- 17 мм по высоте и наклон  
Размеры: 100 см x 46 см x 23 см (W x H x D)



#### Характеристики

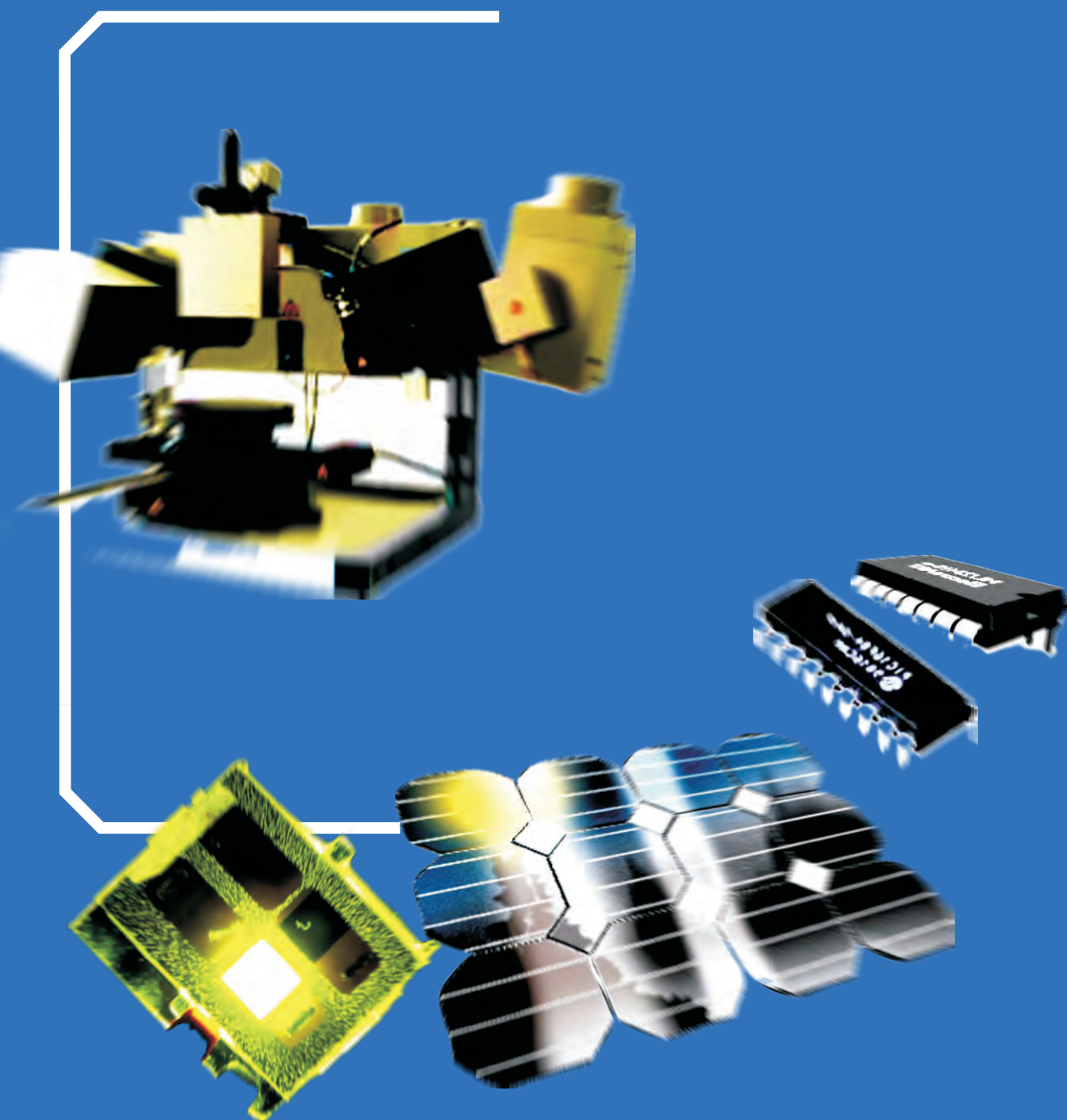
Точность:  $\Psi = 45^\circ \pm 0.05^\circ$   $\Delta = 0^\circ \pm 0.2^\circ$   
Точность толщины на оксиде 1000 Å - 0.4 %  
Точность воспроизведения на оксиде 1000 Å -  $\pm 0.02\%$

#### Опции

Автоматизированный угол падения от 45° до 90° с шагом 0.01°  
Моторизованный столик для размеров образца 200 мм и 300 мм  
In-situ фланец для установки на технологическую камеру  
Столик с нагревом и охлаждением  
Жидкостные и электрохимические ячейки  
Автоколлимирующая система

# Uvisel

✓ Спектральный эллипсометр





Серия спектральных эллипсометров UVISEL производства Horiba Scientific предназначена для проведения широкого круга исследований по изучению различных физических свойств наноразмерных пленок и многослойных покрытий.

Спектральные эллипсометры UVISEL характеризуются:

- модульным дизайном: конфигурация прибора выбирается с учетом специфики решаемых задач;
- огромным спектральным диапазоном от 142 нм до 2100 нм;
- интегрированным ПО для моделирования, проведения измерений и обработки результатов экспериментов.

Приборы UVISEL обладают высочайшей точностью и воспроизводимостью измерений. Их возможности:

- определение толщины слоев многослойных структур (от 1 ангстрема до 30 микрометров),
- измерение оптических констант (n, k) для изотропных и анизотропных слоев,
- измерение коэффициентов деполяризации, пропускания, отражения,
- измерение 16 коэффициентов матрицы Мюллера,
- расчет коэффициента поглощения  $\alpha$  и ширины запрещенной зоны  $E_g$ ,
- определение ряда физических и химических свойств: химический состав, пористость, кристалличность и т.д.

Horiba Scientific является мировым лидером в области производства эллипсометрического оборудования. Выпускаемая продукция включает эллипсометры для исследовательских целей и для производственного контроля, в том числе для in-situ измерений в режиме реального времени. Компания имеет собственный центр исследований в области эллипсометрии, задача которого заключается в разработке методических подходов для решения целого комплекса практических задач.

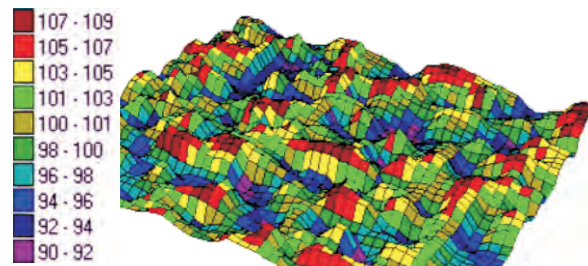
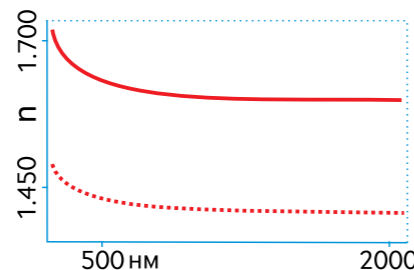


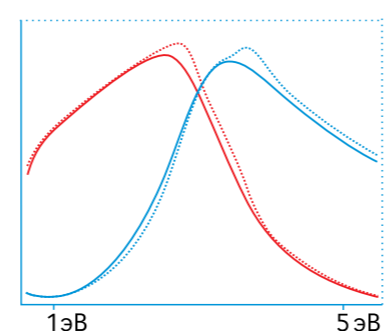
Рисунок 1. Карта ширины одного из слоев жидкокристаллического дисплея

Рисунок 3. Эллипсометрическая порометрия на примере слоя оксида алюминия



68% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
32% поры  
Пористый Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
c-Si

Рисунок 4. Спектры оптических констант (n, k) для слоя с изменяющимися свойствами



1226 Å  
Микрокристаллический Si  
c-Si

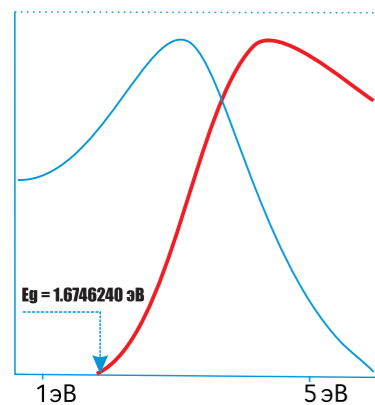


Рисунок 2. Определение ширины запрещенной зоны  $E_g$  для образца a-Si

... солнечных батарей:

- модификации кремния,
- проводящие оксиды,
- нитрид кремния,
- органические полимеры.

... плоских мониторов:

- TFT, LTPS, LCD мониторы,
- OLED дисплеи,
- PDP панели,
- гибкие дисплеи.

Приложения UVISEL при анализе ...

... функциональных покрытий:

- оптические покрытия: защитные, просветляющие, зеркальные
- оптические фильтры,
- изолирующие покрытия для упаковочных материалов,
- антикоррозионные покрытия.

... полупроводниковых элементов:

- транзисторы: HEMT, MOSFET, OTFT, CMOS,
- элементы памяти: PZT, BST,
- диэлектрики,
- материалы с высокой и низкой диэлектрической проницаемостью,
- фоторезисторы,
- элементы флэш-памяти: GeSbTe, DLC.

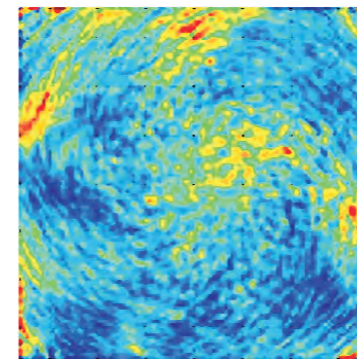


Рисунок 5. Карта деполяризации для образца полимерной пленки

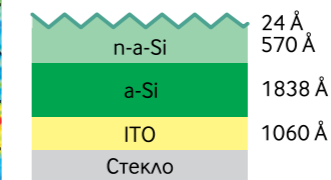


Рисунок 6. Рабочая модель покрытия TFT дисплея по результатам эллипсометрических измерений

### Диффузные слои и межфазные границы

- толщина, оптические свойства и химический состав диффузных слоев;
- наблюдение процессов на межфазной границе в режиме реального времени: адсорбция, конденсация, формирование и рост пленок

### Шероховатая поверхность, < 50 нм

- определение толщины слоя шероховатой поверхности в выбранной точке;
- картографирование по толщине слоя шероховатой поверхности;
- контроль состояния поверхности образца: загрязненность, окисление, травление, полировка;
- измерение коэффициента деполяризации, получение спектров деполяризации излучения

### Тонкие слои, от 1 Å до 30 мкм

- измерение параметров многослойных структур;
- определение толщины слоев

### Измерение оптических свойств (для каждого слоя):

- коэффициенты рефракции (преломления света) n и коэффициент экстинкции k на заданной длине волны;
- зависимости коэффициентов n, k от длины волны;
- спектр поглощения (зависимость коэффициента поглощения  $\alpha$  от длины волны);
- коэффициенты пропускания T и отражения R света;
- зависимость коэффициентов T, R от длины волны

### Измерение физических свойств (для каждого слоя):

- ширина запрещенной зоны  $E_g$ ;
- анизотропия;
- компонентный состав;
- пористость

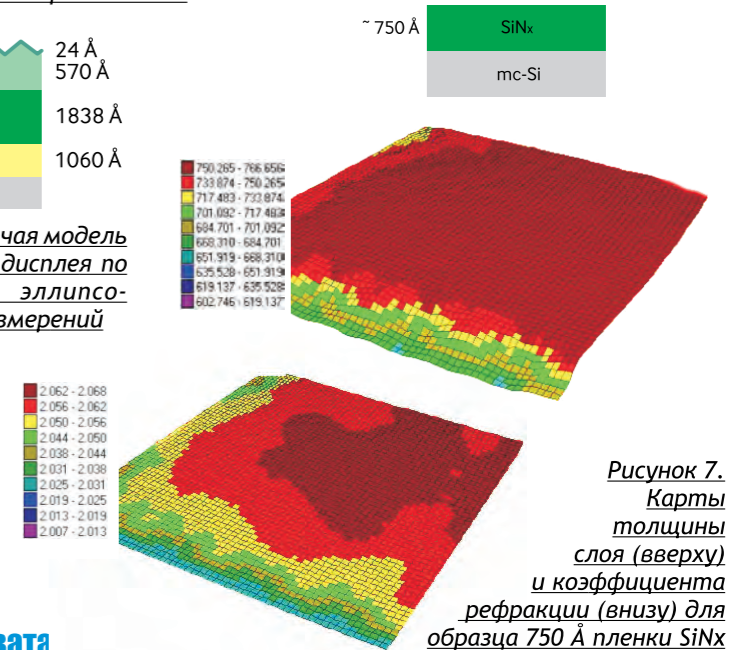


Рисунок 7. Карты толщины слоя (вверху) и коэффициента рефракции (внизу) для образца 750 Å пленки SiNx

Рисунок 8. Возможности спектральной эллипсометрии при характеристике наноразмерных пленок и многослойных покрытий

Рисунок 9. (слева) Зависимости коэффициентов  $n$ ,  $k$  от длины волны для трех образцов AlGaAs в различной доле Al. (справа) Градуировка содержания Al в AlGaAs по диэлектрической проницаемости

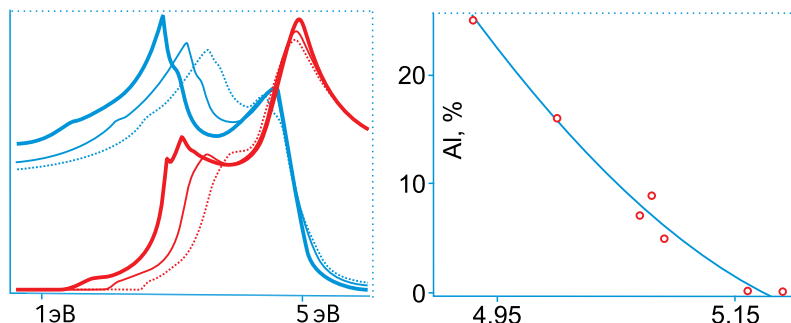


Рисунок 11. Спектры оптических констант ( $n$ ,  $k$ ) для одноосного анизотропного PEDOT-PSS слоя

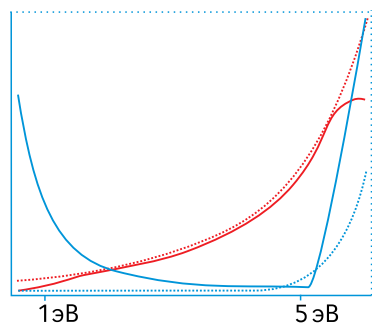


Рисунок 12. Спектры оптических констант ( $n$ ,  $k$ ) для двухосного анизотропного слоя ПЭТ

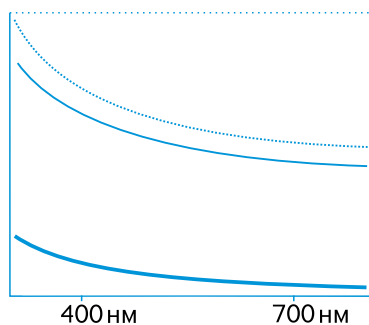


Рисунок 10. Спектры оптических констант ( $n$ ,  $k$ ) для OTFT транзистора

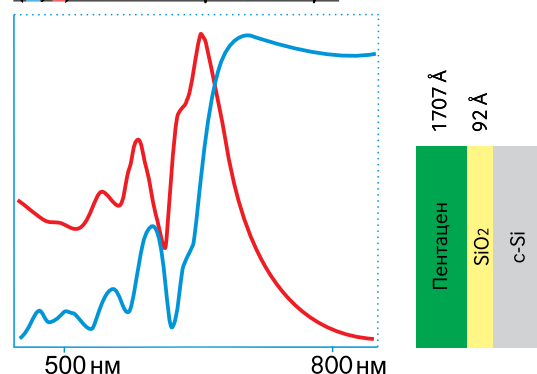
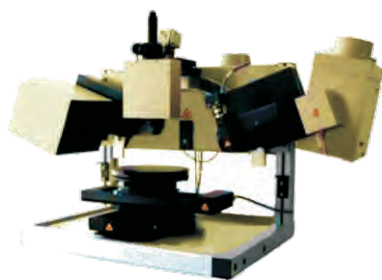
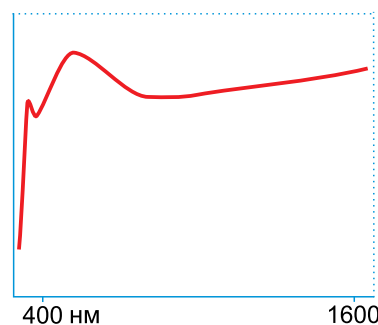


Рисунок 13. Спектр пропускания слоя оксида титана на стекле



### Спектральные диапазоны:

UVISEL VIS: 210 нм - 880 нм,  
 UVISEL FUV: 190 нм - 880 нм,  
 UVISEL NIR: 245 нм - 2100 нм,  
 UVISEL VUV: 142 нм - 880 нм.

### Детектирование:

- монохроматор высокого разрешения,
- высокочувствительные детекторы различного типа.

### В автоматизированной конфигурации:

- световое пятно: 0.08 - 0.1 - 1 мм или 0.08 - 0.12 - 0.25 - 1.2 мм,
- моторизованный столик: 200x200 мм, 300x300 мм,
- моторизованный гониометр: 40° - 90° с шагом 0.01°.

### In situ конфигурации:

- крепления CF35 или Kf40,
- простая смена режимов in situ / ex situ.

### Опции:

- дополнительные приспособления: термостатируемая ячейка, ячейка для работы в жидких средах, электрохимическая ячейка, модуль для работы при близких к 0° углах падения и многие другие,
- спектральный рефлектометр: 450 нм - 850 нм, световое пятно 10x10 мкм,
- визуализация: CCD камера.

### Точность:

- $\Psi = 45^\circ \pm 0.02^\circ$ ;  $\Delta = 0^\circ \pm 0.02^\circ$  при проведения измерения из воздуха.

### Воспроизводимость:

- для NIST 100 нм SiO<sub>2</sub>/Si образца (190 нм - 2100 нм):  $d \pm 0.1\%$ ,  $n(632.8 \text{ нм}) \pm 0.0001$ .



# UVISEL 2

СПЕКТРАЛЬНЫЙ ЭЛЛИПСОМЕТР НАУЧНОГО КЛАССА

Идеальное решение для любых задач  
измерения тонких пленок

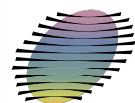
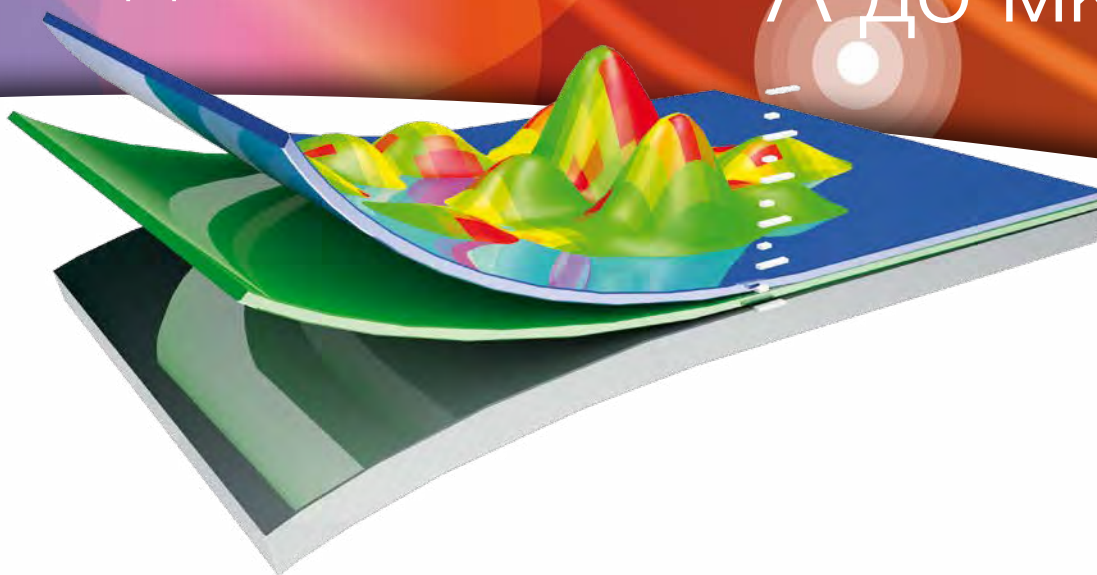
**Коэффициент  
преломления**

Коэффициент  
экстинкции

**Шероховатость**

Граница  
раздела

Толщина от  
Å до мкм



# Революция в измерении тонких пленок

## UVISEL 2: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



Компания HORIBA Scientific разработала научный спектральный эллипсометр нового поколения, который обеспечивает высочайший уровень производительности при исследовании нано- и микрослоев.

UVISEL 2 имеет широчайший спектр автоматизированных функций для наиболее полного описания тонких пленок, как для уже известных, так и для новых приложений.

Прибор оборудован запатентованной видеосистемой наблюдения образца. В сочетании с функцией автоматического выбора размера пятна она позволяет точно позиционировать точку измерения в заданной области образца.

UVISEL 2 обладает запатентованной оптической системой, имеющей наименьший в мире размер ахроматического пятна (35 мкм при нормальном падении света). Система способна работать в широком UV-VIS спектральном диапазоне, что дает возможность проведения измерений очень маленьких участков образца.

Управляемый программным обеспечением DeltaPsi2, эллипсометр прост в эксплуатации и обеспечивает оптимальные условия для точного анализа тонких пленок.

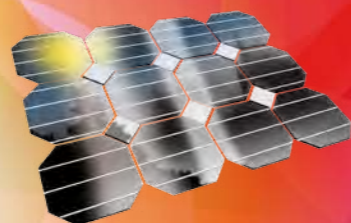
UVISEL 2, созданный на базе популярной модели предыдущего поколения UVISEL – наиболее точный и чувствительный эллипсометр, обладающий параметрами, превосходящими любой другой аналогичный прибор.

Проведение наиболее сложных исследований тонких пленок с эллипсометром нового поколения **UVISEL 2**

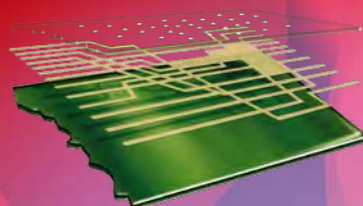
### Быстрый и умный

UVISEL 2 представляет собой комплексную систему, которая обеспечивает проведение **быстрого анализа** и предоставляет **результаты мирового класса** для практически любых приложений эллипсометрии.

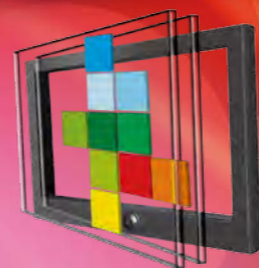
Сочетание полной автоматизации и мощного программного обеспечения дает более глубокое представление о тонкопленочных структурах и **более достоверные результаты анализа**.



Фотовольтаика



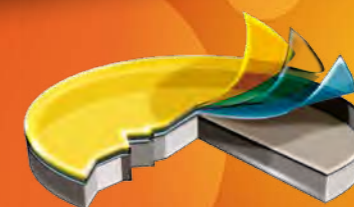
Полупроводники



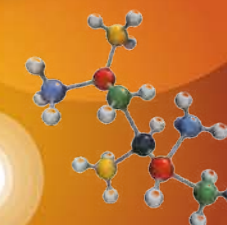
Плоские экраны



Оптоэлектроника



Оптические и функциональные покрытия



Химия поверхности и биотехнология

## Наивысшее качество измерения ТОНКИХ ПЛЕНОК

**Технология фазовой модуляции в сочетании с передовой оптикой обеспечивают беспрецедентную точность и высокое разрешение эллипсометрических измерений при исследовании как ультратонких, так и толстых пленок.**

### Идеален для типичных и новых приложений

Широкий спектральный диапазон – от FUV до NIR – дает пользователям возможность исследовать **широкий спектр материалов**, включая диэлектрики, полупроводники, полимеры, металлы, метаматериалы и наноструктуры.

Оптическая система обеспечивает **выбор размера пятна измерения** из 8 вариантов в соответствии с размером измеряемой области и максимально точное размещение измерительного луча на образце. Доступно **большое количество дополнительных принадлежностей** для повышения производительности и расширения универсальности UVISEL 2.



Аксессуары:  
Электрохимическая ячейка и ячейка с контролируемой температурой

### Абсолютная надежность эллипсометрии

UVISEL 2 требует минимального обслуживания и позволяет проводить **долгосрочные, стабильные** измерения без необходимости регулярных калибровок.

Комплексная система обеспечивает надежную, безотказную работу.



# Спектральный эллипсометр научного класса

## Автоматизация процесса измерений

UVISEL 2 представляет собой полностью автоматизированный эллипсометр, предназначенный для промышленных и научных измерений. Выбор места измерения, размера пятна, автофокусировка, изменяемый угол наклона и функции картирования – далеко не полный перечень функций, обеспечиваемых компьютерным управлением.

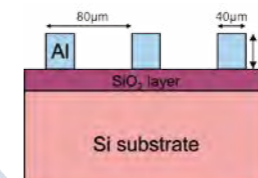
Прибор имеет 8 заданных размеров ахроматического пятна, устанавливаемых из ПО. При смене размера пятна нет необходимости перестраивать и заново калибровать прибор, что обеспечивает высокое качество работы при измерении на небольших площадях.

- Автоматический сканирующий XYZ столик
- Автоматическая регулировка наклона и автофокус
- Столик со встроенным эталонным образцом для автокалибровки
- 8 заданных размеров ахроматического микропятна (минимальный - 35 мкм)
- Автоматически изменяемый угол падения
- Автоматическое отслеживание производительности системы

## Лучшая система визуализации

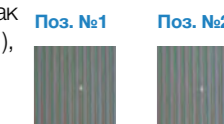
UVISEL 2 имеет встроенную инновационную цветную видеосистему с информацией о поляризации. Она позволяет четко визуализировать пятно от луча в месте измерения на всех типах пленок, включая шероховатые, гладкие, прозрачные и отражающие поверхности.

- Точное позиционирование пятна на небольших особенностях образца, поиск однородной области
- Упрощение позиционирования пятна в случае, если образец расположен внутри дополнительных приспособлений

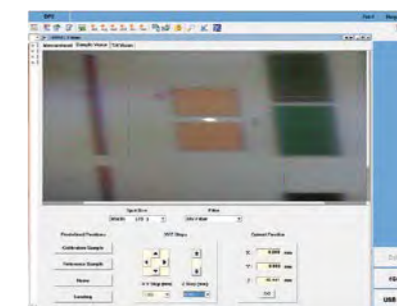


## Измерения образца с чередующимися шероховатыми и гладкими микрополосками

Пятно измерительного луча остается видимым как на шероховатой алюминиевой полоске (Поз. № 1), так и на гладком слое SiO<sub>2</sub> (Поз. № 2).  
Размер пятна: 35 x 85 мкм при 70°



## Интерфейс системы визуализации



Визуализация положения пятна

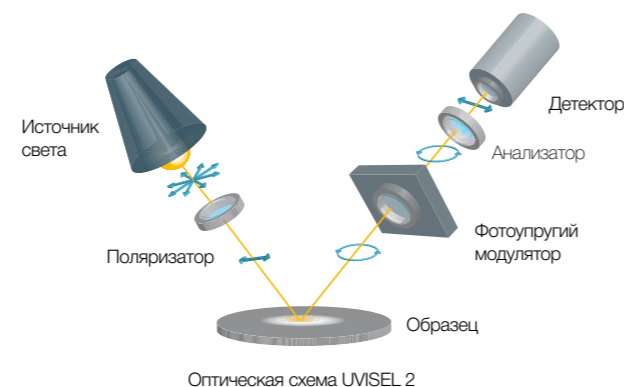
## Высокочувствительная технология фазовой модуляции

Технология фазовой модуляции обеспечивает:

- Отличное соотношение сигнал-шум в диапазоне от FUV до NIR
- Сверхбыстрое измерение для динамических приложений
- Точное измерение  $\Psi$  и  $\Delta$  во всем диапазоне
- Измерение 12 элементов матрицы Мюллера и коэффициента деполаризации

Модуляция поляризации осуществляется без всякого механического движения и на высокой частоте (50 кГц), без каких-либо вибраций или отклонений луча.

Модулятор имеет встроенную систему контроля температуры. Это гарантирует воспроизводимость измерений в широком диапазоне температур от 5°C до 40°C.



Оптическая схема UVISEL 2

## Уникальные спектроскопические характеристики

Конструкция UVISEL 2 объединяет ахроматический дизайн оптической системы, быстрое сканирование и монохроматоры высокого разрешения, работающие в широком спектральном диапазоне от 190 до 2100 нм. Оптическая схема монохроматоров обеспечивает высокую чувствительность и очень низкий уровень рассеянного света.

Монохроматор позволяет выбрать спектральный диапазон и разрешение, наилучшим образом соответствующие условиям измерений. Изменение разрешения в различных спектральных диапазонах позволяет оптимизировать скорость измерений без ущерба для качества результатов.

- Спектральный диапазон: 190 - 1000 нм | 190 - 2100 нм
- Ахроматическая оптика для измерения одной области во всем диапазоне длин волн
- Самая быстрая сканирующая система детектирования
- Регулируемое разрешение на всем спектральном диапазоне
- Высокая чувствительность в диапазоне от FUV до NIR



# Новые ВОЗМОЖНОСТИ

Мощное программное обеспечение DeltaPsi2 – от исследований до рутинных операций



Контроль состояния прибора, получение данных, анализ, моделирование, отчетность и автоматизация собраны в единое целое в уникальной программной платформе DeltaPsi2.

Интуитивно понятный интерфейс подходит как для опытных ученых, так и для начинающих специалистов.

Эллипсометр UVISEL 2 предоставляет результаты, необходимые для точного анализа тонких пленок, и эффективно оптимизирует рутинные операции, как в условиях научной лаборатории, так и в промышленности.

Программное обеспечение DeltaPsi2 содержит широкий набор функций для сбора данных и моделирования с целью обеспечения эффективного и быстрого анализа тонких пленок.

## Измерения

- Эллипсометрия ( $\Psi, \Delta$ )= $f(\lambda)$  в отражении или пропускании
- Кинетика ( $\Psi, \Delta$ )= $f$  (время)
- Интенсивность (R, T)= $f(\lambda)$
- Матрица Мюллера
- Переменный угол
- Картирование образца
- Деполяризация
- Рефлектометрия

## Моделирование

- Толщина и оптические свойства =  $f(\lambda)$
- Отражение и пропускание =  $f(\lambda)$
- Простые слои
- Градиентные слои
- Одноосная и двухосная анизотропия с градиентом и без него
- Метаматериалы
- Композитные материалы
- Сплавы
- Ультратонкие и толстые пленки
- Пористые слои
- Периодические структуры
- Прозрачные подложки
- Шероховатость
- Границы разделов
- Разработка и оптимизация материалов

DeltaPsi2 предоставляет набор практических и надежных автоматических процедур для проведения рутинных измерений. Параметры измерения, моделирования и отчетности могут быть предварительно заданы для автоматизации процедуры анализа. Автоматизированный пакет импорта / экспорта упрощает обмен данными.

## Автоматизация

- Макросы для автоматизации: измерение, анализ и картирование
- Расширенные параметры макросов: критерии соответствия, многократные измерения и моделирование в одном макросе, объединение наборов точек измерения в единую сетку
- Легкий доступ к функциям макросов и к исходным файлам для перепрограммирования
- Просмотр результатов с отчетами, статистика, 2D и 3D графика
- Автофокус и функция распознавания объектов

## Анализ и отчетность

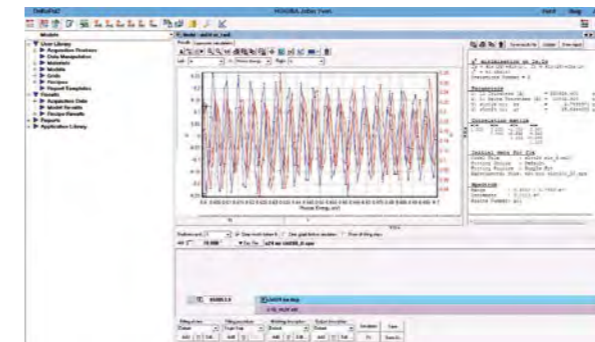
- Расширенные алгоритмы подгонки
- Автоматическая отчетность
- Обработка и анализ данных
- Удобный экспорт данных в Windows
- Функции импорта / экспорта

## Интерфейс

- DeltaPsi2 для научных сотрудников
- Auto Soft для лабораторного персонала

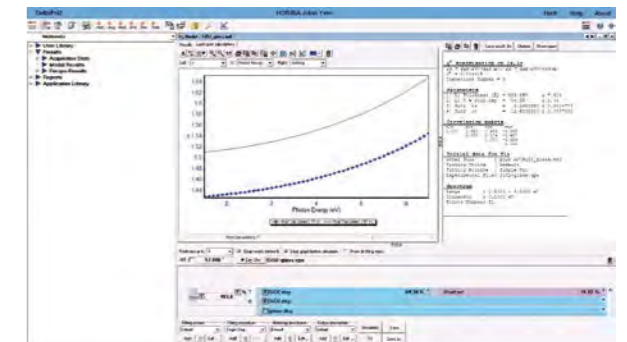
# Типичные приложения

## Ультратолстые пленки



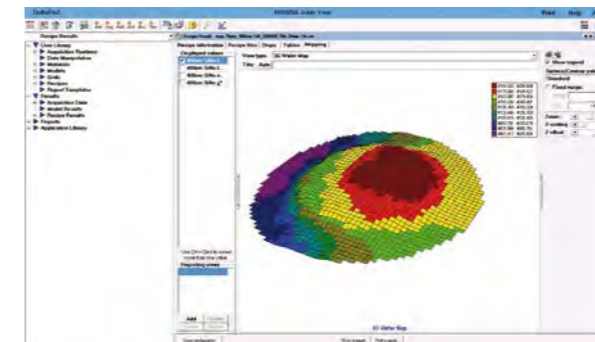
UVISEL 2 способен измерять ультратолстые пленки, например, слой фоторезиста толщиной 85 мкм, при комбинировании регулировки щелей монохроматора с программными настройками оптической системы.

## Пленки с малой разницей показателей преломления



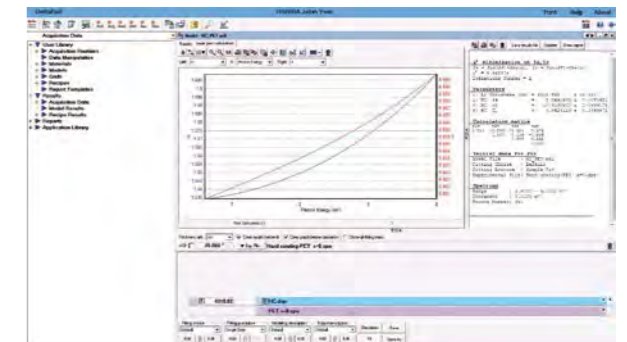
Точность UVISEL 2 позволяет характеризовать образцы, состоящие из пленок с малой разницей показателей преломления, например, слой SiO<sub>2</sub>, нанесенный на стеклянную подложку с разницей показателей преломления 0.005. Кроме того, для этого же слоя возможно определение плавно изменяющегося показателя преломления.

## Картирование образцов



Предустановленные алгоритмы позволяют пользователям, обладающим минимальной подготовкой, проводить рутинные измерения, в частности, в автоматическом режиме картирования получать трехмерные изображения кремниевых пластин. Следует отметить, что совместное использование автофокуса, видеосистемы и координатного XY столика позволяет корректировать сигнал для каждой точки карты, что существенно при измерении неоднородных образцов.

## Гибкие пленки



UVISEL 2 обеспечивает удобное позиционирование образца, что облегчает проведение измерений анизотропных гибких пленок. DeltaPsi2 содержит полный набор функций, позволяющих моделировать широкий спектр материалов с использованием дисперсионных формул.



## Стандартная конфигурация

Источник света	Ксеноновая лампа 150 Вт
Размер пятна	Автоматизированный выбор размера пятна для ахроматических микропятен, 8 размеров, минимальный размер 35 мкм (при нормальном падении света)
Спектральный диапазон	190 - 1000 нм, расширение в NIR диапазон до 2100 нм
Монохроматор	Двойной монохроматор Для диапазона FUV-VIS: двойной ФЭУ Для расширения в NIR диапазон: InGaAs детектор
Предметный столик	200 мм x 200 мм, автоматическая подстройка XYZ, вакуумные держатели, Z диапазон 35 мм, автоматические фокус и настройка наклона
Наблюдение за образцом	Видеосистема с ПЗС-камерой Поле зрения: 6,5 x 3,5 мм при 70°
Гониометр	Автоматический с переменным углом наклона от 35° до 90°

# UVISEL 2

## Опции

Аксессуары	Ячейка с контролем температуры, жидкостная ячейка, электрохимическая ячейка, герметичная ячейка, поворотный столик, держатель для измерений на пропускание, держатель для пленок
Стол для эллипсометра	Размеры (Ш x Г x В): 1084 x 984 x 802 мм

## Характеристики

Испытания на образце NIST 1000Å SiO <sub>2</sub> / Si	
Точность	$d \pm 4 \text{ \AA}$ , $n(632.8) \pm 0,002$
Воспроизводимость	$d < 0.25\text{ \AA}$ (1 $\sigma$ ), $n(633 \text{ нм}) < 0.0002$ (1 $\sigma$ )

## Установочные требования

Операционная система	Windows XP/7
Питание	110/220 В переменного тока, 400 Вт, 50/60 Гц
Размеры (Ш x Г x В)	1084 x 984 x 802 мм
Сертификат	CE

Эллипсометр UVISEL 2 содержит лазер класса 1.

## Ultima Expert

Бескомпромиссный ИСП – спектрометр  
Лучший по характеристикам  
и самый простой в использовании





## Разработан для решения наиболее сложных задач

HORIBA Scientific более 35 лет разрабатывает и производит ИСП-спектрометры высокого разрешения.

Спектрометр Ultima Expert - это уникальная комбинация выдающихся характеристик и мощного программного обеспечения с комплексом приложений, упрощающих процесс разработки метода анализа.

Оптическая система спектрометра Ultima Expert, разработанная компанией Jobin Yvon, предлагает оптимальные параметры измерения сигнала различных аналитических матриц и объектов анализа.

Управляющий программный комплекс Analyst содержит исчерпывающий набор органов управления рабочими регулировками спектрометра и приложений, управляющих процессами проведения анализа и обработки данных.

Надежность спектрометра Ultima Expert позволяет использовать его для решения задач горнодобывающей и химической промышленности, в анализе моторных масел, в нефтехимии и металлургии, при обогащении благородных металлов.

# Ultima Expert

## Уникальная конструкция горелки

Уникальная конструкция горелки Ultima Expert предназначена для радиального наблюдения всей нормальной аналитической зоны плазмы.

Вертикальное расположение горелки, запатентованный модуль покровного газа, а также инжектор большого диаметра – все это позволяет проводить анализ комплексных матриц в условиях стабильной плазмы, при минимальном вмешательстве оператора.

Ultima Expert гарантирует самые низкие пределы обнаружения в анализе наиболее «трудных» объектов: высокосолевых растворов, рассолов, комплексных органических растворителей.

Высокоэффективный твердотельный генератор с частотой 40.68 МГц позволяет работать с широким кругом материалов, способствует увеличению стабильности и точности анализа. Инициализация до рабочего состояния занимает менее 15 минут.

Все эти качества характеризуют Ultima Expert как наиболее универсальный и надежный ИСП-спектрометр, доступный на рынке.



## Дополнительное оборудование

ИСП-спектрометр Ultima Expert может быть укомплектован вспомогательным оборудованием для автоматизации анализа и расширения функционала системы в решении специфических задач.



СМА-анализатор для одновременного анализа гидридообразующих элементов



Автосамплер

## Бескомпромиссный ИСП – спектрометр

### Высокое разрешение во всем спектральном диапазоне

Ultima Expert предлагает самое высокое спектральное разрешение – менее 5 пм в УФ диапазоне и менее 10 пм в видимом диапазоне спектра. Это достигается благодаря сочетанию в оптической системе Ultima Expert голографических решеток с высокой плотностью нарезки и монохроматора с фокусным расстоянием 1 м.

Процедура истинно одновременного измерения сигнала внутреннего стандарта с помощью встроенного высокостабильного модуля обеспечивает непревзойденную воспроизводимость результатов анализа.

Спектральный диапазон спектрометра – от 120 до 800 нм – позволяет проводить многоэлементный анализ, включая анализ галогенов в дальней УФ области спектра.

Высокое разрешение в сочетании с превосходной чувствительностью позволяет определять содержание элементов с высокой точностью и достоверностью результатов.

### Простота в работе и в обслуживании

Просторные отделения плазменного источника и подачи образца упрощают манипуляции с рабочими растворами проб.

Быстросъемная, полностью разборная горелка, не требующая юстировки позиции, обеспечивает высокие характеристики результатов анализа и значительно упрощает обслуживание и коллективное использование блока.

Продуваемый оптический путь для улучшения чувствительности в УФ-диапазоне

Вертикальная, полностью разборная быстросъемная горелка

Спектрометр высокого разрешения с фокусным расстоянием 1 м

Просторное отделение плазменного источника

Вместительное отделение подачи образца

Кислотостойкий съемный поднос

Встроенный 3-х канальный перистальтический насос и внешняя система подачи





# Лучшие характеристики

для самых востребованных приложений

➤ Разрешение  
➤ Стабильность  
➤ Точность

● Сходимость  
● Надежность

## Материаловедение, химия и нефтехимия

Спектрометр Ultima Expert разработан для анализа наиболее сложных матриц. Стабильность аналитических характеристик спектрометра Ultima Expert отвечает самым жестким требованиям производства.

### ➤ Свойства

- Высокая чувствительность, точность и стабильность анализа сложных матриц, таких, как рассолы, высокосолевы растворы, органические растворители.
- Лучшие пределы обнаружения и высокая стабильность анализа, минимальный эффект памяти.
- Минимальные спектральные интерференции в комплексных матрицах, благодаря высокому разрешению спектрометра.
- Стандартная горелка, подходящая для большинства приложений.
- Опциональная система ввода для органических растворителей и растворов с HF.

## Металлургия, геология и горное дело

Ultima Expert демонстрирует прекрасные аналитические характеристики для матриц с большим содержанием элементов, с богатым спектром эмиссии, таких, как Fe, W или редкоземельные элементы.

### ➤ Свойства

- Расширенный динамический диапазон. Одновременный анализ макро- и микросодержаний с высокой точностью, в том числе и в высокосолевых растворах.
- Отсутствие спектральных интерференций, даже при анализе следовых содержаний в объектах с богатым эмиссионным спектром.
- Доступность всего спектрального диапазона обеспечивает гибкость при выборе аналитических линий.
- Исключительная долгосрочная стабильность сигнала от высокосолевых растворов за счет использования широкого 3 мм-инжектора и патентованного смесителя покровного газа.
- Улучшение спектрального разрешения системы в диапазоне до 430 нм для анализа редкоземельных приложений при использовании двойной дифракционной решетки.

## Благородные металлы

Ultima Expert – единственный спектрометр на рынке, обеспечивающий высочайшую точность анализа высоких содержаний.

### ➤ Свойства

- Возможность прецизионного анализа следовых содержаний благородных металлов.
- Истинно одновременное измерение сигнала внутреннего стандарта с помощью встроенного высокостабильного модуля.
- Повышенная точность результатов анализа за счет специального режима брэкетирования.

## Пищевая промышленность, сельское хозяйство и экология

Одновременный анализ основных компонентов и следовых элементов в различных матрицах. Ultima Expert содержит все необходимые инструменты для высокопроизводительного анализа при самых жестких требованиях к анализу.

### ➤ Свойства

- Высокая точность результатов анализа для совершенно разных типов образцов.
- Высокая чувствительность и широкий динамический диапазон при одновременном анализе основных и следовых элементов.
- Специальные инструменты для полуколичественного анализа, разработки метода, автоматические процедуры контроля качества (QC) и алгоритмы вычисления неопределенности.



## Мощное программное обеспечение с вспомогательными модулями

Программное обеспечение Analyst для спектрометра Ultima Expert расширяет аналитические возможности спектрометра и сопровождает пользователя в процессе анализа от подготовки растворов до получения результатов.

Для облегчения работы при разработке и валидации методов анализа программное обеспечение Analyst дополнено вспомогательными программами, такими, как:

- Модуль Image Navigator, предназначенный для проведения качественного и полуколичественного анализа неизвестных образцов.
- S<sup>3</sup>-база данных аналитических линий.
- Модуль MASTER, позволяющий упростить процесс разработки метода.
- Модуль расчета неопределенности для улучшения качества калибровки.

# Опыт и знания

## Производительность за счет упрощенной разработки метода

- Понятная пошаговая процедура разработки метода.
- Дополнительные параметры измерения сигнала для каждой аналитической линии.
- Вспомогательные процедуры градуировки метода, включающие процедуру междуэлементной коррекции спектральных влияний в наиболее сложных матрицах.

## Многопрофильная панель задач

- Запись и сохранение полного спектра для ретроспективного анализа.
- Функции контроля качества.
- Назначение рабочих позиций автосамплера простым переносом мышью.

## Безопасность и качество результатов на основе технологии SQL Database

- Диаграммы QC с отображением среднего значения, стандартного отклонения и предельных содержаний.
- Обработка результатов: определение точек коррекции, обработка повторных измерений и корректировка калибровочной зависимости.
- Мультиформатный экспорт данных, множество различных шаблонов отчетов.
- Архивирование данных: сохранение результатов, последовательностей и методов анализа.

## Для каждой лаборатории, для всех приложений

## Проводите ИСП-анализ проще и быстрее!

### S<sup>3</sup> – уникальная, собственная база данных

Одноэлементная база данных спектров S<sup>3</sup> составлена специально для метода ИСП-ОЭС на основе реально записанных спектров. Содержит более 50 000 спектральных линий с подробным описанием спектральных характеристик.

Вспомогательная база данных эксклюзивно доступна на ИСП-спектрометрах HORIBA Scientific, обеспечивает достоверной информацией о длинах волн, относительных интенсивностях и пределах обнаружения.

### MASTER – программа для быстрой разработки метода

Применение базы данных спектров S<sup>3</sup> и программы MASTER содействует быстрой разработке метода путем правильного выбора аналитической линии.

При вводе списка элементов и информации о диапазоне концентраций отображаются модельные спектры и предлагаются наиболее адекватные линии для вашего анализа.

Выводимая информация относится не только к эмиссионным спектрам, но также предлагает данные о молекулярной эмиссии, структуре фона. Собственный интерфейс упрощает выбор аналитических линий.

### Image Navigator – качественный и полуколичественный анализ

Image Navigator отображает полностью записанный спектр и предлагает уникальные возможности для качественного и полуколичественного анализа.

Для изучения и интерпретации снятые спектры могут накладываться на другие спектры, позволяя провести анализ по методу «отпечатков пальцев». Также есть возможность ретроспективного анализа.

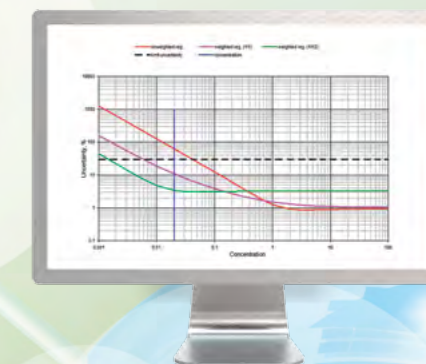
Окно просмотра спектров элемента



### Модуль расчета неопределенности

Неопределенность может быть обусловлена пробоподготовкой, процедурой калибровки и непосредственно анализом. Инструменты расчета неопределенности помогают пользователю выбрать наиболее правильную калибровочную стратегию, чтобы минимизировать влияние неопределенности на финальные значения.

Неопределенность в заданном диапазоне содержаний



Управляющая программа Analyst: редактор последовательности анализа, управление плазмой и окно управления анализом



MASTER основное окно



# Ultima Expert

## Спецификация



### Стандартная комплектация

Генератор	Радиочастотный, твердотельный 40.68 МГц, с водяным охлаждением
Спектральный диапазон	120–800 нм
Спектрометр	Термостабилизированный, фокусное расстояние – 1 метр, дифракционная решетка 2400 штр./мм, используется в 1-ом и 2-ом порядках < 5 пм для 120-320 нм и < 10 пм для 320-800 нм
Разрешение	< 5 пм для 120-320 нм и < 10 пм для 320-800 нм
Горелка	Полностью разборная горелка с 3 мм корундовым инжектором и кварцевыми трубками
Система ввода	Концентрический стеклянный распылитель с циклонной распылительной камерой, 3-х канальный перистальтический насос

### Основные опции

Спектрометр	Сдвоенная решетка (4343 штр/мм и 2400 штр/мм), используется в 1-ом порядке с разрешением < 6 пм для 120-450 нм и < 10 пм для 450-800 нм. Комплект для анализа в области дальнего УФ – для чувствительного анализа галогенов
Аксессуары	Автосамплер AS-500 с промывочным портом (опция) Увлажнитель аргона Специальные системы ввода (для малого объема, органических растворителей, растворов плавиковой кислоты, высокосолевых растворов) СМА-анализатор – для одновременного определения гидридообразующих элементов Кислородный комплект для определения щелочных металлов в органических растворах

### Требования

Размеры	1696 x 698 x 604 мм
Вес	205 кг
Питание	Однофазное, 220-240 В, 50-60 Гц, 4 кВт
Условия эксплуатации	отн. влажность от 20 до 80%, 18-24°C (±2°C)
Аргон	99.995% чистоты
Азот	от 160 до 190 нм, 99.999 % чистоты, от 120 до 160 нм, 99.9995 % чистоты
Вытяжка	250 м <sup>3</sup> /ч

Спектрометр Ultima Expert доступен в версии LT. Конфигурация системы и комплект опций немного отличаются.



По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:

Архангельск (8182)63-90-72	Калининград (4012)72-03-81	Нижний Новгород (831)429-08-12	Смоленск (4812)29-41-54
Астана +7(7172)727-132	Калуга (4842)92-23-67	Новокузнецк (3843)20-46-81	Сочи (862)225-72-31
Белгород (4722)40-23-64	Кемерово (3842)65-04-62	Новосибирск (383)227-86-73	Ставрополь (8652)20-65-13
Брянск (4832)59-03-52	Киров (8332)68-02-04	Орел (4862)44-53-42	Тверь (4822)63-31-35
Владивосток (423)249-28-31	Краснодар (861)203-40-90	Оренбург (3532)37-68-04	Томск (3822)98-41-53
Волгоград (844)278-03-48	Красноярск (391)204-63-61	Пенза (8412)22-31-16	Тула (4872)74-02-29
Вологда (8172)26-41-59	Курск (4712)77-13-04	Пермь (342)205-81-47	Тюмень (3452)66-21-18
Воронеж (473)204-51-73	Липецк (4742)52-20-81	Ростов-на-Дону (863)308-18-15	Ульяновск (8422)24-23-59
Екатеринбург (343)384-55-89	Магнитогорск (3519)55-03-13	Рязань (4912)46-61-64	Уфа (347)229-48-12
Иваново (4932)77-34-06	Москва (495)268-04-70	Самара (846)206-03-16	Челябинск (351)202-03-61
Ижевск (3412)26-03-58	Мурманск (8152)59-64-93	Санкт-Петербург (812)309-46-40	Череповец (8202)49-02-64
Казань (843)206-01-48	Набережные Челны (8552)20-53-41	Саратов (845)249-38-78	Ярославль (4852)69-52-93

сайт: [horiba.nt-rt.ru](http://horiba.nt-rt.ru) || эл. почта: [hbr@nt-rt.ru](mailto:hbr@nt-rt.ru)