



МИР ТАК БЫСТРО МЕНЯЕТСЯ

Рассказывает президент Bruker Nano Surfaces Division доктор Марк Мунк



Корпорация Bruker – один из мировых лидеров в создании научного оборудования. В последние годы деятельность этой компании связана с приобретением ряда ведущих в своих областях производителей аналитического оборудования. В частности, в 2010 году фирма Veeco продала свой метрологический бизнес корпорации Bruker. На основе отделения метрологии Veeco была создана компания Bruker Nano Surfaces Division – дочерняя структура корпорации Bruker. Ее президентом стал Марк Мунк, до этого – исполнительный вице-президент и генеральный менеджер отделения метрологии и инструментов фирмы Veeco. О задачах и перспективах нового подразделения Bruker, о технологиях и оборудовании Bruker Nano – наш разговор с доктором Марком Мунком.

Господин Мунк, с чем связано создание в компании Bruker отдельного подразделения Bruker Nano?

Посмотрите – мир вокруг стремительно меняется, возникают новые технологии, развиваются науки о жизни, на смену привычным в быту и на производстве устройствам приходят новые. Нужны новые аналитические приборы, способные работать с более широким спектром материалов, с большей производительностью и разрешением. Создание Bruker Nano Surfaces Division – это ответ корпорации Bruker на подобные вызовы современного рынка научного оборудования.

Если обобщать, глобальная задача нашего подразделения – создание оборудования для исследований структуры и свойств поверхности, от нано до микроуровня. С организацией Bruker Nano в корпорации Bruker появилось подразделение, в котором сосредоточено производство различных аналитических приборов для комплексного решения этих задач. Наше оборудование используется при создании новых материалов,

структур и технологий в самых разных областях науки и техники.

Компания Bruker Nano формировалась на основе подразделения метрологического оборудования компании Veeco, купленного корпорацией Bruker два года назад. В свою очередь, Veeco стала одним из мировых лидеров в области атомно-силовой микроскопии и профилометрии, последовательно приобретая три ведущие в своих направлениях фирмы: в 1986 году – компанию Sloan Technology, в 1997 году – компанию Wyko, в 1998 – Digital Instruments.

Какова сегодня структура подразделения Bruker Nano?

Bruker Nano объединяет три крупных направления: атомно-силовую микроскопию (АСМ), профилометрию и трибологию*. В основе направления

* Трибология – наука, занимающаяся исследованием и описанием контактного взаимодействия твердых деформируемых тел при их относительном перемещении. Область трибологических исследований – процессы трения, изнашивания и смазки.



АСМ – технологии компании Digital Instruments, созданной в 1987 году при Калифорнийском университете Санта-Барбары. Именно компания Digital Instruments в 1987 году выпустила первый в мире сканирующий туннельный микроскоп, а в 1989 году – атомно-силовой микроскоп самого высокого разрешения MultiMode с контроллером Nanoscope. Это был первый прецедент коммерциализации атомно-силовой микроскопии.

Технология АСМ, при всех своих достоинствах, имеет ряд ограничений. Так, при очень высоком разрешении, диапазон измерений по вертикальной оси не превышает десятков микрон, рабочее поле – на уровне 100-150 мкм. Эту проблему решают профилометры – оптические и механические (стилусные). Их диапазон измерений исчисляется десятками миллиметров, точность измерений по вертикали – единицами ангстрем, рабочее поле может составлять десятки сантиметров. В области оптических профилометров фундамент был заложен компанией Wyko, организованной в 1982 году. Специалисты этой фирмы создали очень удачные инструменты для бесконтактного оптического профилирования на основе интерферометрии белого света.

Направление механической профилометрии связано с работами компании Sloan Technology, сформированной в 1962 году. Во всем мире специалисты знают знаменитую продукцию этой фирмы – механические профилометры Dektak. Они стали базовой платформой для всех классических стилусных профилометров компании Bruker Nano.

Технологии всех этих трех фирм – Digital Instruments, Wyko и Sloan Technologies – стали достоянием корпорации Bruker после покупки подразделения Veeco Metrology в 2010 году.

Последние изменения произошли в октябре 2011 года, когда корпорация Bruker приобрела компанию Center for Tribology (CETR), занимающуюся анализом свойств на нано-, микро- и макроуровнях. Эту частную компанию в 1993 году

создал российский ученый, доктор Нормом (Наум Викторович) Гитис, ставший ее президентом и исполнительным директором. Вскоре компания стала мировым лидером в области нано-механического и трибологического испытательного оборудования. CETR развила мощную клиентскую базу по всему миру, причем половина ее клиентов одновременно являлась клиентами компании Bruker. После слияния с корпорацией Bruker Н.В.Гитис стал вице-президентом и генеральным менеджером нового направления Bruker Nano – трибологии и механических испытаний. Вместе с ним в нашей компании работают 30 бывших сотрудников CETR.

Какие наиболее примечательные особенности отличают оборудование Bruker Nano?

Дело в том, что мы не просто выпускаем продукцию. Главное в наших приборах – это технологии измерений, лежащие в их основе. Новые технологии не появляются каждый день. Их нужно изобрести, а затем реализовать в приборах. Здесь очень трудно предложить что-то революционно новое. Тем не менее, нам это удастся.

Например, мы изобрели все типы технологий атомно-силовой микроскопии. Созданные на их основе продукты продолжают развиваться и сегодня. Так, первые атомно-силовые микроскопы семейства MultiMode были выпущены более 15 лет назад. Это были лучшие приборы в своей категории, многие заложенные в них элементы и технологии используются и сегодня. Сегодня мы поставляем АСМ MultiMode 8. Это самый распространенный атомно-силовой микроскоп в мире, выпущено около 4000 таких



АСМ MultiMode 8



ACM Dimension
FastScan

приборов – тогда как всех моделей АСМ поставлено почти 9000. MultiMode 8 предназначен для исследований с самым высоким уровнем разрешения.

Можно выделить несколько тенденций развития наших АСМ. Прежде всего, мы стремимся обеспечить простоту и удобство работы с приборами. Кроме того, мы расширяем их функциональность и диапазон применений. Важным шагом в этом направлении стало изобретение нового режима работы – Peak Force Tapping (полуконтактная мода с регистрацией пика силы). Это стало переворотом в области атомно-силовой микроскопии.

В чем принципиальное отличие режима Peak Force Tapping от такой традиционной технологии АСМ, как измерения в полуконтактном режиме?

Технология АСМ на основе полуконтактного режима (Tapping Mode) была представлена в 1993 году компанией Digital Instruments. Ее суть – зонд (кантилевер) АСМ подводится к поверхности образца, возбуждаются колебания кантилевера на его резонансной частоте, как правило, порядка 50 кГц и выше. Причем амплитуда их такова, что в нижней точке острие кантилевера касается поверхности ("прокалывает", отсюда и название режима – Tapping Mode). Совершающий гармонические колебания

зонд перемещают вдоль поверхности. При встрече с неровностью рельефа амплитуда и частота колебаний изменяются (в случае выступа – уменьшаются). Система обратной связи отслеживает это изменение и с помощью прецизионных пьезопроводов приподнимает или опускает кантилевер, удерживая стабильной частоту его колебаний и тем самым – его постоянное расстояние от поверхности. Так можно получить профиль поверхности вдоль траектории сканирования. Этот режим был революционным прорывом в области АСМ, он широко используется практически во всех современных атомно-силовых микроскопах.

Однако мы пошли дальше и разработали принципиально новую технологию – Peak Force Tapping. Она похожа на полуконтактный режим тем, что кантилевер подводится к поверхности, возбуждаются его гармонические колебания, в нижней точке амплитуды он соприкасается с поверхностью. Но в отличие от полуконтактной моды, частота колебаний существенно ниже резонансной, порядка 2 кГц. Это дает свои преимущества – в частности, исчезают эффекты фильтрации тонких воздействий на кантилевер, присущие измерениям на резонансной частоте, улучшается его динамический контроль. Но самое главное – фиксируется не частота колебаний, а экстремум на кривой приложенных к нему сил.

Когда кантилевер приближается к поверхности, при перекрытии электронных оболочек его крайнего атома и ближайшего атома поверхности начинает действовать сила притяжения Ван-дер-Ваальса, кантилевер притягивается к поверхности. Далее, по мере сближения ядер этих атомов, возникает кулоновское отталкивание, превышающее силу притяжения. Суммарная сила, приложенная к кантилеверу, меняет знак – образуется пик силы. Непосредственное детектирование этой точки используется в системе обратной связи с пьезопроводом, управляющей высотой кантилевера над поверхностью.

Новая технология обладает существенными преимуществами по сравнению с полуконтактным режимом. Прежде



всего, поскольку измерение происходит не на резонансной частоте и непосредственно контролируется пик сил, кантилевер может быть гораздо менее жестким. Это означает, что прикладываемая к образцу сила становится существенно меньшей, что позволяет проводить измерения более деликатно. Метод позволяет работать и с твердыми, и с мягкими образцами, с существенно неоднородными структурами поверхностей. Более того, поскольку в отличие от полуконтактной моды фактически фиксируется воздействие сил отталкивания, действующих на очень близком расстоянии, существенно повышается разрешение измерений. Непосредственное измерение сил позволяет определить и свойства поверхности образца.

Не менее важно, что технология Peak Force Tapping позволила существенно упростить саму процедуру измерений. Если в традиционном полуконтактном режиме необходимо контролировать около 80 параметров, то в режиме Peak Force Tapping – только пять. Многие ручные настройки удалось автоматизировать, причем возможна их динамическая подстройка в процессе измерений. Это кардинально упрощает работу с атомно-силовыми микроскопами и повышает их производительность. Технологию Peak Force можно комбинировать с различными режимами АСМ, например, с режимами емкостного или туннельного АСМ. Это дает дополнительную информацию об электрических свойствах поверхности, причем позволяет проводить исследования, невыполнимые в обычном контактном режиме из-за слишком больших латеральных сил взаимодействия иглы кантилевера с образцом. Характерный пример – измерение электрических свойств углеродных нанотрубок, которые легко повредить при измерениях в контактном режиме АСМ. Технология Peak Force Tapping в сочетании с режимом туннельного АСМ решает эту проблему.

Конечно, простота технологии Peak Force Tapping для пользователей не означает, что ее очень легко реализовать. Напротив, ее воплощение

в приборах – результат сложной работы. Изменен механизм управления и перемещения зонда, равно как и сама конструкция кантилевера. Применены совершенно новые методы сбора и обработки информации как на аппаратном, так и на программном уровне. Используются новые математические модели для обработки первичных данных и получения информации о поверхности. Тем не менее, технология Peak Force уже воплощена в АСМ MultiMode 8. На ее основе создано и другая известная серия наших АСМ – Dimension.

В чем достоинства АСМ линейки Dimension?

Прежде всего, в рамках этой линейки АСМ реализовано еще одно наше революционное достижение в области атомно-силовой микроскопии – сверхбыстрое сканирование. Созданный на основе новой технологии атомно-силовой микроскоп Dimension FastScan – самый быстрый в мире. Так, если формирование изображения участка поверхности с разрешением на атомарном уровне при помощи традиционных методов может занять до 8 ч, то Dimension FastScan позволяет получить такое изображение за 20 мин. Это почти как переход от черно-белого телевидения к цветному. Посмотрев цветной телевизор, вы уже не можете вернуться к черно-белому. Так и с технологией Dimension FastScan – это настоящий



Система Innova-IRIS: АСМ Innova компании Bruker и рамановский спектроскоп inVia компании Renishaw



Оптический
профилометр
в настольном
исполнении серии
ContourGT-K

прорыв, открывающий перед исследователями новые горизонты.

Действительно, Dimension FastScan не просто сокращает время измерений. Появляется принципиальная возможность наблюдать быстротекущие процессы, динамику событий на атомарном уровне. Например, удалось наблюдать такие невидимые ранее для АСМ процессы, как деление и умирание клетки, сворачивание белков в глобулу. Прибор позволяет увидеть процессы плавления и кристаллизации полимеров и даже таяние шоколада. С помощью Dimension FastScan можно зафиксировать очень кратковременные неперiodические события. Благодаря режиму Peak Force Tapping все быстрые измерения можно проводить с очень высоким разрешением. Конечно, сокращение времени измерений означает и высокую производительность прибора. Dimension FastScan позволяет выполнять большой объем работы за короткое время, что тоже немаловажно.

Еще один тренд в развитии АСМ, реализованный в линейке Dimension, связан с тем, что наши клиенты хотят знать не только как выглядит объект, но и что он из себя представляет. Помимо работы в режиме топографирования поверхности, им важно измерять ее механические и электрические свойства, получать информацию о химическом составе. Для решения этих задач предназначены разнообразные опции и дополнительные модули. В частности, среди новых продуктов отмечу опции Peak Force QNM для определения механических

свойств поверхности и модуль Peak Force TUNA (Tunneling AFM) для измерений электрических параметров хрупких образцов. Технология TUNA позволяет регистрировать токи на уровне от нано до менее чем пикоампер. Эти опции, как и многие другие, реализованы в нашем очень перспективном приборе Dimension Icon.

Для анализа химического состава поверхности служит система IRIS (Integrated AFM-Raman Imaging System). Она позволяет объединить АСМ и рамановскую спектроскопию (спектроскопию комбинационного рассеяния). Мы работаем с такими производителями рамановских спектроскопов, как компании Renishaw и Nariba, поставляем системы для исследования как непрозрачных объектов (Innova-IRIS), так и прозрачных образцов (BioScope Catalyst-IRIS). Характерные пики в спектрограмме комбинационного рассеяния, помимо химического состава, могут дать представление о симметрии и ориентации молекул или кристаллов, или информацию о внутренних напряжениях в кристалле. Спектральные характеристики позволяют выявить полиморфизм материала. От полиморфизма во многом зависят механические свойства образца, например, рост трещин на его поверхности. Совместные измерения с помощью АСМ и рамановской спектроскопии позволяют взглянуть на образец "изнутри" и связать полученную информацию с топологией и различными свойствами его поверхности.

Разумеется, я упомянул только некоторые возможности и опции наших систем. В целом же, мы следуем глобальному тренду интеграции различных технологий и механизмов измерений в одной системе: исследователь захотел – измерил профиль шероховатости, захотел – посмотрел распределение дефектов на поверхности, определил механические свойства и химический состав и т.д. При этом не нужно использовать много различных приборов, переносить образец. Это существенное преимущество решений Bruker Nano в области атомно-силовой микроскопии.



Каковы особенности решений Bruker Nano в области профилометрии?

В области профилометрии заметны те же тенденции, что и в АСМ: простота использования приборов, их высокое разрешение и быстрота сканирования. Мы производим как оптические, так и механические профилометры, поскольку эти технологии взаимодополняют друг друга.

Так, оптические профилометры – это эффективный инструмент для бесконтактного исследования топологии поверхности в широком диапазоне. Вертикальное разрешение оптических профилометров достигает единиц ангстрем, в плоскости же оно принципиально ограничено пределом оптической дифракции – примерно 0,4 мкм. Однако разработанные нами методы получения интерференционного изображения и обработки результатов измерений позволили преодолеть этот интерференционный барьер.

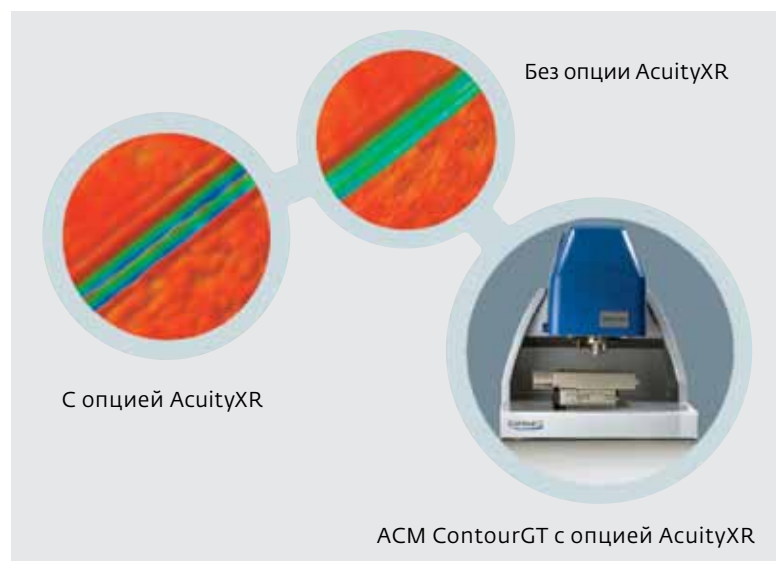
В частности, недавно мы представили новую линейку оптических профилометров ContourGT. Это уже десятое поколение оптических профилометров на основе интерферометрии белого света, созданных за 30 лет. Приборы новой линейки ContourGT различаются конструктивным исполнением (настольный прибор или отдельная стойка), уровнем автоматизации и набором дополнительных опций. Но все они оснащены 150-мм предметным столиком (в некоторых моделях – 200 и 300 мм) с возможностью наклона на $\pm 6^\circ$, диапазон измерений по вертикали – от 0,1 нм до 10 мм, максимальная скорость сканирования – 28,1 мкм/с. Сменные объективы обеспечивают ряд градаций увеличений, вплоть до 115 крат. Во всех приборах семейства используется вычислительная система на основе 64-разрядного многоядерного процессора, существенно улучшен пользовательский интерфейс.

В моделях ContourGT-K1, -X3 и -X8 можно использовать опцию AcuityXR. За счет специальных аппаратных и программных решений, особых вычислительных методов она позволяет преодолеть интерференционный барьер и достичь разрешения в плоскости измерений

до 130 нм. Это в три раза выше, чем в традиционных системах. Кроме того, в пять раз улучшается повторяемость измерений наноструктур, увеличивается поле зрения прибора, снижается влияние различных aberrаций – картина исследуемой поверхности становится более понятной. Не случайно решение AcuityXR в 2011 году было удостоено престижной награды R&D 100 Award американского журнала R&D Magazine, которую еще называют "Инновационный Оскар".

Примечательно другое новое семейство оптических профилометров – NPFlex. Оно создано для исследований поверхности крупноразмерных образцов со сложной трехмерной формой. Допустимые габариты образцов – 304×304 мм в плане при высоте до 350 мм, масса – до 50 кг.

Оптические профилометры широко используются в различных исследовательских и промышленных задачах. В частности, наши системы применяются для контроля формы контактных линз в офтальмологии, качества поверхности в микроэлектронике (МЭМС-структуры, солнечные батареи, светодиоды и т.п.) – везде, где объекты исследования требуют бесконтактных методов измерений либо где необходим большой диапазон измерений профиля по вертикали. Например, в рамках



Измерения профилометром ContourGT с опцией AcuityXR и без нее



Оптический профилометр NP Flex

семейства ContourGT специальное решение разработано для контроля светодиодных структур на сапфировых подложках. Однако в ряде задач эффективными оказываются механические (стилосные) профилометры.

В чем достоинства механических профилометров?

В механических профилометрах профиль поверхности получают с помощью зонда, который перемещают по поверхности. Но если в АСМ размер острия кантилевера достигает 2-20 нм, то в профилометре его размер составляет 50 нм и более, как правило – 10 мкм. Поэтому его и называют не кантилевером, а стилусом. При этом механические профилометры отличает высокое разрешение измерений (поскольку не нужно преодолевать дифракционный предел), их высокая повторяемость, большая скорость сканирования и простота применения. Не менее важно, что эти приборы дешевле оптических профилометров. Мы производим стилусные профилометры DektakXT – это уже 10-е поколение профилометров знаменитого семейства Dektak. Первый профилометр Dektak I

был выпущен еще в 1968 году для измерения тонких пленок. Система DektakXT обеспечивает точность измерения по вертикали до 0,1 нм (в диапазоне 6,5 мкм), в целом диапазон измерений по вертикали – 1 мм.

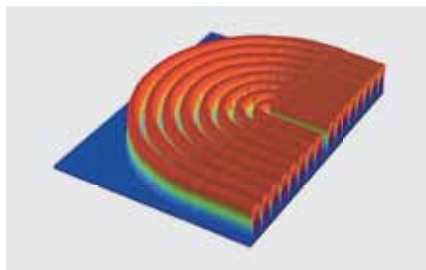
Профилометры DektakXT могут работать с различными мягкими и деликатными материалами, поскольку усилие, прикладываемое стилусом к образцу, составляет от 1 до 15 мг. Однако для особо чувствительных материалов возможно снизить усилие до 0,03 мг. Механические профилометры идеальны в случае сканирования вдоль одной линии (2D-режим), когда не нужно сканировать всю поверхность. С их помощью можно исследовать протяженные поверхности до нескольких десятков сантиметров. Однако наши приборы поддерживают и опцию трехмерного сканирования всей поверхности.

Классический объект исследований для стилусных профилометров – тонкие пленки на кремниевых полупроводниковых структурах, включая пленки SiO₂. Принципиально, что в отличие от оптических профилометров, механические профилометры позволяют работать с образцами независимо от их оптических свойств. В том числе – с тонкими структурами на прозрачных подложках, например, на стекле. Это актуально в таких задачах, как производственный контроль солнечных элементов или современных телевизионных экранов, представляющих собой полупроводниковые структуры (транзисторы или светодиоды) на стеклянной подложке.

В целом, в полупроводниковой индустрии при производстве предпочтение отдается стилусной технологии как более точной, обладающей высокой воспроизводимостью результатов измерений. Механические профилометры серии Dektak предназначены для измерения шероховатости поверхности, высоты ступенек, планарности и прогиба пластин, деформаций и т.п. Сегодня это незаменимый инструмент для производителей полупроводниковых структур на пластинах, а также микросхем, включая



Механический
профилометр
DektakXT



Изображение микро-
каналов МЭМС для
задач микрофлюидики (DektakXT)

МЭМС. Подчеркну, что для МЭМС весьма важны такие опции, как стилусы с большим отношением длины острия к диаметру (10×2 мкм и 200×20 мкм), а также минимальное прикладываемое усилие при измерениях.

В чем причина появления в Bruker Nano направления трибологии и механических испытаний?

Направление появилось в Bruker Nano недавно, после приобретения компании CETR. Продукты и технологии этой компании существенно расширяют и дополняют возможности других направлений Bruker Nano. Ведь наряду с топологией поверхности заказчик интересуется ее хрупкостью, сопротивлением к износу, отслаиванием от подложки. Теперь в нашем арсенале широкий набор инструментов для изучения различных механических свойств на нано-, микро- и макроуровнях.

В частности, универсальный механический тестер CETR-Арех предназначен для измерения механической твердости методом индентирования (вдавливания в материал стального шарика), а также для проведения скарификационных тестов (проба царапанья, скретч-тест). Скретч-тест – это широко используемый, быстрый и эффективный метод определения критических нагрузок для

различных покрытий. Стилус перемещается по поверхности образца с линейно возрастающим усилием, вплоть до ее разрушения при критических нагрузках. В ходе испытаний измеряется и акустическая эмиссия.

CETR-Арех – это модульный прибор, включающий шесть взаимозаменяемых механических головок для проведения нано- и микроиндентирования, скретч-тестов на нано- и микроуровнях, а также для трибологических испытаний на макро- и микро/наноуровне. Принципиальное различие между этими уровнями – величины прикладываемой нагрузки и силы трения, глубина воздействия при индентировании и скретч-тестах. Прибор позволяет определять адгезионные свойства, силу сцепления слоя с подложкой, износостойкость и т.д. Типичные объекты исследований – тонкие пленки и изоляционные покрытия, элементы полупроводниковых структур, медицинские протезы и биологические ткани, поверхности оптических компонентов, декоративные и защитные покрытия, различные материалы и элементы в автомобильной и аэрокосмической отраслях.

Не менее интересны и приборы семейства UMT, представляющего собой универсальную платформу для различных трибологических и механических испытаний на нано-, микро- и макроуровнях, с диапазоном нагрузок от 1 мкН до 1 кН. Адгезия, отслаивание, твердость, износостойкость при самых разных воздействиях, трение – вот далеко не полный перечень параметров различных материалов (включая смазочные), которые позволяют измерить приборы семейства UMT.

Что дает вашим заказчикам объединение трех различных направлений в рамках Bruker Nano?

Хотя три направления Bruker Nano достаточно различны, их объединяет единство решаемой задачи – все они дают представление о свойствах поверхности. Каждая технология в отдельности не всегда позволяет получить полный



объем информации об объекте исследований. Зачастую результаты, полученные одним методом, необходимо проверить с помощью другой измерительной технологии. Поэтому в исследованиях обычно используют несколько измерительных методов.

Применяя различные приборы Bruker Nano, можно получить больше информации об исследуемом материале. Интеграция атомно-силовой микроскопии, оптической и механической профилометрии с технологиями исследования механических свойств поверхности под эгидой Bruker Nano позволяет комплексно обеспечивать заказчиков оборудованием, способным удовлетворить запросы разнообразных, в том числе самых требовательных клиентов.

Насколько для компании Bruker Nano важен российский рынок?

Наша компания проявляет большой интерес к России. Здесь проводятся исследования на современном уровне, соответственно есть и потребность в современном оборудовании. В том числе - в оборудовании для исследований поверхности, во всех областях науки и промышленности. Корпорация Bruker работает в России с середины 1960 года, а Bruker Nano - с 1997 года, если принять во внимание продукцию фирмы Veeco. Пока доля продаж на российском рынке занимает только 2% в общем бизнесе Bruker Nano, но мы надеемся на увеличение этого показателя.

В России наши основные клиенты - это академические институты и университетские исследовательские лаборатории. В основном, наше оборудование в России служит для бionанотехнологических исследований, а также, в меньшей мере, для работы в области полупроводников и материаловедческих исследований.

В России мы работаем с нашим партнером - компанией "ОПТЭК", которая занимается не только продажей оборудования, но и его сервисным обслуживанием на всей территории страны, а также в странах СНГ и в Грузии.

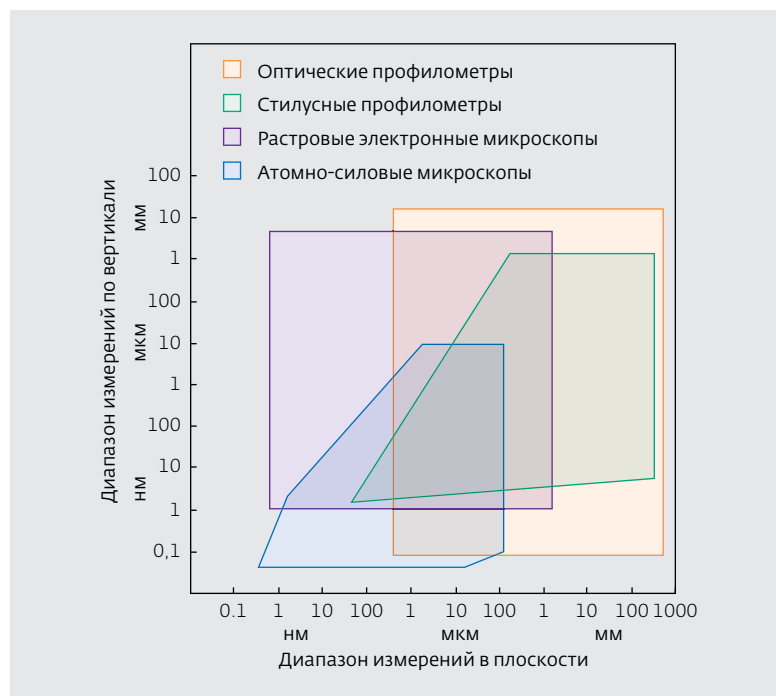
Учитывая географические особенности региона и большие расстояния, эффективно выстроенный сервис - это большое преимущество.

Структура рынка потребления оборудования в России отличается от общемирового?

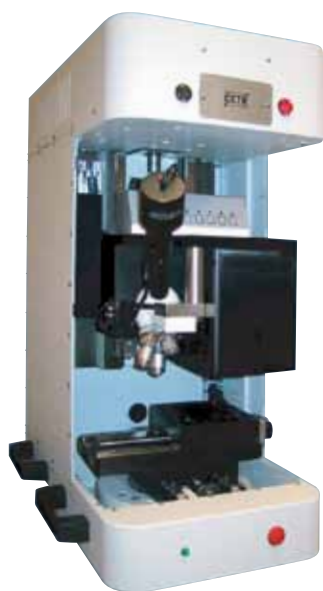
В целом тенденции схожи во всех странах. Как правило, различия проявляются во временных сдвигах. Смотрите: в России сегодня наблюдается огромный интерес к био- и фармакологическим технологиям. В мире подобный всплеск интереса мы видели пять лет назад, а сейчас глобальная потребность в аналитическом оборудовании исходит от производителей микроэлектроники. Полупроводниковые приборы, органические светодиоды, дисплейные технологии, солнечные элементы - во всех этих направлениях микроэлектроники востребовано оборудование Bruker Nano.

Какие глобальные тенденции вы наблюдаете в потребностях ваших клиентов?

Все становится быстрее и меньше. Явно прослеживается тенденция роста



Области измерений АСМ и профилометров



Универсальный механический тестер CETR-Arex

исследований биологических систем на наноразмерном уровне. Например, важны исследования транспорта лекарств в клетку, динамика структур лекарственных препаратов в организме. Эту тенденцию мы наблюдаем в очень многих странах. В микроэлектронике необходимы измерения топологии полупроводниковых структур, тестирование микросхем в процессе производства, анализ распределения дефектов по пластине.

Поэтому требуются все более высокие скорости измерений. В микроэлектронике переход на полупроводниковые пластины диаметром 450 мм вместо 300 мм – это еще один вызов производителям оборудования контроля поверхности.

Появляются и совершенно новые задачи, связанные с созданием новых топливных элементов. Так, возникла необходимость отслеживать с высоким разрешением наноразмерные изменения электрода во время цикла зарядки. Эту задачу позволяет решить технология PeakForce QNM.

Каким вы видите оборудование Bruker Nano через 10 лет?

Мир так быстро меняется, что сложно что-либо предсказать. Можно сказать одно – приборы будут все более информативными, более быстрыми и простыми в использовании. В частности, вероятно, усилия разработчиков аппаратуры сосредоточатся на создании оборудования для получения данных о химических свойствах на наноразмерном уровне. Такие измерения станут проще проводить, а производительность и чувствительность оборудования возрастет.

Спасибо за интересный рассказ.

С М.Мунком беседовали
Н.Истомина и И.Шахнович

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ (В 2-х ТОМАХ)

Суминов И.В., Белкин П.Н., Эпельфельд А.В., Людин В.Б., Крит Б.Л., Борисов А.М.

Рассмотрены катодный и анодный нагревы токопроводящих материалов в водных растворах электролитов, локальное вскипание электролитов в окрестности электрода с малой поверхностью, формирование сплошной и устойчивой парогазовых оболочек, электрическая проводимость в парогазовой среде, теплофизические и электрохимические аспекты анодного варианта нагрева. Дан критический обзор результатов применения анодного нагрева с целью закалки, нитрозакалки среднеуглеродистых или инструментальных сталей, цементации и нитроцементации конструкционных сталей или железнографитов, оксидированию стальных или титановых сплавов. Описаны фазовый состав, структура и эксплуатационные свойства упрочненных материалов. Изложены способы нагрева металлов и сплавов в электролите, режимы обработки, составы электролитов и результаты их практического использования. Издание предназначено для научных работников, инженеров, а также преподавателей, аспирантов и студентов физических, химических и технических специальностей.

МОСКВА: ТЕХНОСФЕРА,
2011. – ТОМ 1, 2
464 С. + 512 С.
ISBN: 978-5-94836-266-3

1 том:

Цена: 517 р.

2 том:

Цена: 583 р.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ (495) 956-3346, 234-0110; ✉ knigi@technosfera.ru, sales@technosfera.ru