

НТ-МДТ: 20 ЛЕТ В СФЕРЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ ДЛЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Д.Андреюк
spm@ntmdt.ru

С момента основания в 1998 году и по сей день главное направление деятельности группы компаний НТ-МДТ – создание научного оборудования для применения во всех областях нанотехнологий: в сфере образования, науки и производства.

Группа компаний НТ-МДТ

Группа компаний НТ-МДТ – нынешний лидер отечественного приборостроения для нанотехнологий – родилась в конце 1980-х годов из небольшого коллектива энтузиастов, включающего Виктора Быкова (в то время начальника отдела молекулярной физики и электроники НИИФП им. Ф.П.Лукина) и выходцев из Научного центра РАН в Пущино – Павла и Михаила Лазаревых. Этим коллективом была учреждена компания МДТ. Однако официальным годом становления НТ-МДТ считается 1990, когда был создан первый образец продукции – сканирующий туннельный микроскоп для Института кристаллографии РАН. Подобные приборы практически сразу стали востребованными среди иностранных ученых. Так начался бизнес НТ-МДТ, который и по сей день является примером успешной коммерциализации научных разработок.

В настоящее время группа компаний осуществляет полный цикл работ – от разработки и производства приборов до маркетинга и продажи их конечным потребителям. Для ведения такой многоплановой деятельности создан концерн предприятий различного профиля.

В России это «Нанотехнология МДТ» (головное предпри-



Рис.1. География присутствия НТ-МДТ и количество проданных приборов

ятие), «Инструменты нанотехнологий», «Нанотехнология С.-Петербурга».

Зарубежные филиалы: NT-MDT Service&Logistic (Ирландия), NT-MDT Europe BV (Голландия), NT-MDT America (США), NT-MDT Shanghai (Китай). Дистрибьюторы НТ-МДТ работают в 39 странах, в том числе в США, Германии, Англии, Франции, Италии, Испании, Швейцарии, Австралии, Израиле, Китае, Республике Корея.

НТ-МДТ занимает 95 % российского рынка СЗМ и уверенно удерживает по этому показателю вторую позицию в мире (Future Market Inc.,

2009). Ею изготовлено и реализовано более 3000 приборов, многие из которых работают в крупнейших научных и промышленных центрах Европы, Азии и Северной Америки (рис.1).

Каждый год продукция НТ-МДТ представляется более чем на 120 тематических выставках.

Ассортимент продукции

Разрабатываемая и выпускаемая НТ-МДТ продукция включает в себя четыре линейки, а также большой выбор аксессуаров и расходных материалов (рис.2).



Рис.2. Ценовой диапазон ассортимента продукции НТ-МДТ (шкала – в условных единицах)

Платформа НАНОЭДЬЮКАТОР для обучения

Специально разработанный упрощенный СЗМ НАНОЭДЬЮКАТОР (рис.3) предназначен для обучения школьников и студентов основам нанотехнологий, умению оперировать оборудованием для нанотехнологических исследований.

НАНОЭДЬЮКАТОР представляет собой учебный комплекс. В комплект поставки помимо учебного СЗМ и пособия по основам зондовой мик-

роскопии входят лабораторные практикумы по физике, химии, биологии, спектроскопии и нанолитографии, набор учебных образцов и расходных материалов, устройство для самостоятельного изготовления зондов. Как правило, класс комплектуется пятью такими полноценными комплексами, причем преподаватель может начинать занятия сразу после инсталляции оборудования.

По заказу Минобрнауки РФ научно-образовательные клас-

сы НАНОЭДЬЮКАТОР установлены более чем в 120 учебных заведениях страны, что свидетельствует о начале создания образовательной нанотехнологической сети. Это отвечает миссии НТ-МДТ в части подготовки нанотехнологических кадров, спрос на которые, по прогнозам экспертов, в ближайшее время будет значительным.

Платформа СОЛВЕР для широкого круга научных исследований

Приборы платформы СОЛВЕР предназначены для проведения экспериментов, требующих в основном использования СЗМ. В арсенале каждого такого прибора более 40 измерительных методик, которые можно применять для исследований на воздухе, в контролируемой атмосфере и в жидкости. Модели платформы СОЛВЕР позволяют визуализировать и количественно измерять механические (твёрдость, упругость, вязкость), электрические (проводимость, емкость, распределение поверхностно-



Рис. 3. НАНОЭДЬЮКАТОР – учебно-научный комплекс для преподавания практических навыков в сфере нанотехнологий

го заряда) и магнитные свойства объектов с размерами от нескольких микрометров до нескольких Е.

СЗМ СОЛВЕР HV-MFM – один из представителей этой платформы, позволяющий проводить качественные и количественные измерения в высоком вакууме (до 10–8 Тор) и в неагрессивной разреженной газовой среде.

Уникальной особенностью другого представителя платформы – зондового микроскопа СОЛВЕР НЕКСТ (рис.4) – его максимальная автоматизация. Благодаря этому даже малоквалифицированный оператор может использовать в своих исследованиях потенциал двух главных методов сканирующей зондовой микроскопии: атомно-силовой и туннельной.

Полноценная автоматизация стала возможна благодаря разработке и внедрению целого ряда интеллектуальных систем для следующих целей: управления измерительными голо-



Рис.4. Полностью автоматизированный СЗМ СОЛВЕР НЕКСТ

сками, создания однородной среды вокруг образца, навигации образца, переключения сканера между двумя областями сканирования (от 100 мкм до атомарного разрешения), юстировки оптической системы. В 2009 году американским журналом Research and Development СЗМ СОЛВЕР НЕКСТ был включен в 100 лучших инновационных разработок года.

Следует добавить, что модельный ряд СОЛВЕР постоянно расширяется и дополняется новыми актуальными приборами.

Зондовые нанолaborатории ИНТЕГРА – объединение СЗМ с другими методами исследования

Платформа ИНТЕГРА разработана как основа для развития возможностей СЗМ. Идея платформы исследовательских зондовых нанолaborаторий состоит в том, чтобы соединить СЗМ как многофункциональный инструмент с другими методическими подходами, уточняющими и дополняющими информацию об образце (рис.5).

Платформа объединяет восемь специализированных исследовательских комплексов, предназначенных для проведения исследований в обычных и специальных условиях – в вакууме, при высокой и низкой температурах, в жидкостях и т. д.

Благодаря модульной (блочной) организации новая платформа позволяет легко изменять специализацию оборудования посредством простой замены необходимых блоков, без приобретения дополнительных дорогостоящих приборов.

Основой интеграции с другими методическими подходами является модель ИНТЕГРА Прима – универсальный СЗМ для решения наиболее типовых, «стандартных» задач: база для формирования специализированных комплексов добавлением к ней необходимых модулей.



Рис.5. Концепция платформы зондовых нанолaborаторий ИНТЕГРА

Помимо вышеназванной, нанолaborатория ИНТЕГРА включает в себя еще ряд моделей:

ИНТЕГРА Аура – СЗМ для исследований в условиях низкого вакуума (10–2 Тор) и атмосферы контролируемого состава, что позволяет существенно повысить чувствительность двух- и многопроходных СЗМ-методик.

ИНТЕГРА Терма – СЗМ с уникально низким термодрейфом (<10 нм на 1К), обеспечиваемым за счет симметрии конструкции измерительного модуля, подбора материалов с учетом коэффициентов их термического расширения, а также благодаря двойному контуру внутренней термостабилизации. Стабильность системы при долгосрочных экспериментах в условиях постоянной (комнатной) температуры также существенно повысилась – дрейф составляет всего 3–5 нм/ч.



Рис.6. Зондовая нанолaborатория ИНТЕГРА Спектра



ИНТЕГРА Максимум – СЗМ для серийных исследований массивов данных. Система тестирует в автоматическом режиме большие массивы микрообразцов методами зондовой микроскопии. В результате процесс отбора желаемой комбинации свойств сокращается в сотни и тысячи раз.

ИНТЕГРА Солярис – сканирующий ближнепольный оптический микроскоп (СБОМ) для изучения оптических свойств за пределом дифракции видимого света. Система обеспечивает разрешение 50–70 нм в плоскости, что позволяет визуализировать неоднородность оптических свойств образца и проводить его спектроскопические исследования.

ИНТЕГРА Томо – СЗМ с ультрамикротомом для реконструкции трехмерной модели наноразмерных включений. Незаменим при исследовании сложных материалов, ценные характеристики которых обусловлены особенностями их объемной организации. Примером таких структур могут служить материалы, в которых наночас-

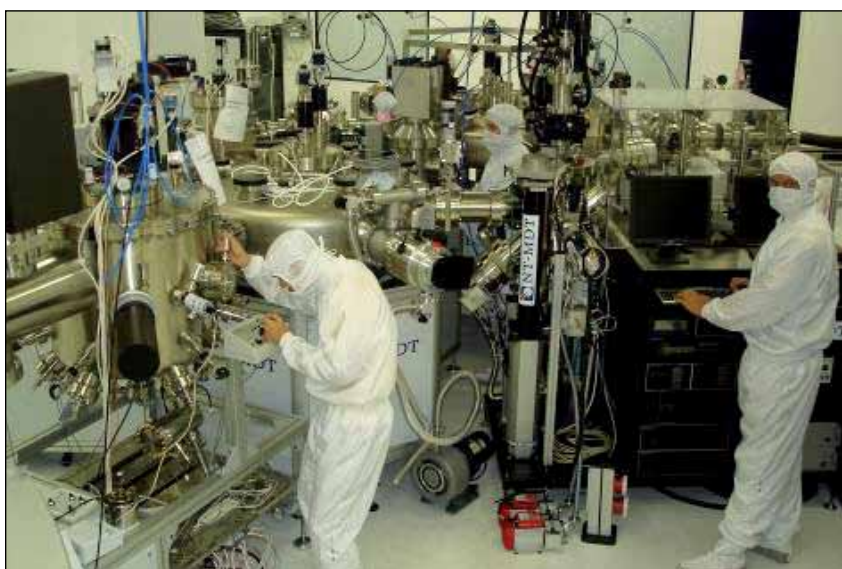


Рис.7. Модульная технологическая платформа НАНОФАБ 100 в ТТИ ЮФУ

тицы (сажи, глины) встроены в трехмерную сеть из волокон полимера, причем важно знать не только размер частиц, но и то, насколько равномерно они распределены в объеме матрицы.

ИНТЕГРА Спектра (рис.6) – лауреат конкурса R&D100 Award 2006 – измерительный комплекс, предназначенный для исследования одного и того

же наномасштабного образца методами СЗМ, конфокальной микроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния (КР) с пространственным разрешением до 50 нм, что почти в четыре раза лучше, чем при использовании обычной оптической спектроскопии. Это открывает реальные возможности практически во всех обла-



Рис.8. Сверхвысоковакуумная модульная платформа НАНОФАБ 25 в С.-Петербургском государственном политехническом университете (факультет технологии и исследования материалов – ФТИМ)

тях науки, где спектроскопия КР используется как источник информации о веществе, например, для исследования нанотрубок и графена.

Зондовая нанолaborатория ИНТЕГРА Спектра – первый коммерческий прибор, позволяющий обойти принципиальное ограничение дифракции благодаря использованию гигантского усиления сигнала КР (в английской литературе TERS – Tip Enhanced Raman Scattering).

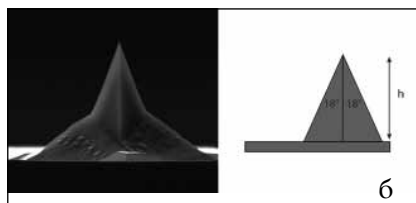
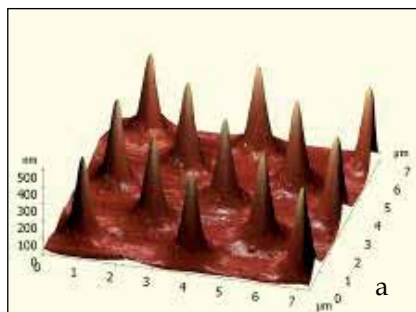


Рис.9. Острота зонда влияет на качество СЗМ-изображения – для количественной оценки остроты иглы используется решетка TGT1 (В).

Платформы НАНОФАБ

Если рассматривать ассортимент продукции НТ-МДТ по возрастанию сложности оборудования, то следующим шагом после исследовательских нанолaborаторий можно назвать НАНОФАБ – платформы технологических комплексов.

Сверхвысоковакуумный нанотехнологический комплекс на платформе НАНОФАБ – это совокупность кластеров, каждый из которых включает в себя несколько технологических модулей, объединенных общей транспортно-распределительной системой. Кластерная организация позволяет легко изменять их архитектуру для решения конкретных прикладных задач без существенного изменения конструкции системы в целом. Кластеры могут быть ориентированы на технологии групповой обработки (молекулярно-пучковая эпитаксия, газофазное осаждение, лазерная абляция), а также на нанолокальную обработку и исследования. Это могут быть модули СЗМ с дополнительными функциями фокусированных ионных пучков, растровой электронной микроскопии (РЭМ), масс-спектрального анализа и некоторыми другими. Методы СЗМ используются для оценки качества исходных пластин (входной контроль), их исследования после той или иной обработки (межоперационный

контроль), тестирования свойств готовых нанoeлектронных элементов и схем (функциональный контроль).

Комплексы на платформе НАНОФАБ 100 (рис.7) позволяют работать с пластинами в 100 мм, т.е. могут использоваться для изготовления небольших партий нанoeлектронных компонентов.

НАНОФАБ 25 (рис.8) – аналитико-технологическая платформа, предоставляющая возможность работать с пластинами меньшего диаметра (25 мм). Система более компактна чем описанная выше, скорость технологических операций при ее использовании возрастает.

Прямые аналоги комплексов НАНОФАБ 100 и НАНОФАБ 25 на рынке не существуют.

Аксессуары

Для обеспечения предельной функциональности методик СЗМ НТ-МДТ поставляет полный спектр аксессуаров и расходных материалов: тестовые образцы, решетки для калибровки микроскопов, широкий ассортимент зондов – от стандартных до специализированных: СБОМ, с алмазными, сверхострыми наращенными иглами, др. изделия) (рис.9).

Разработки НТ-МДТ в 2010 году

Как системный бизнес-интегратор НТ-МДТ объединяет вокруг себя исследовательские работы многих малых предприятий, сотрудничает с ведущими институтами РАН, РНЦ «Курча-



Рис.10. Зондовая нанолaborатория ИНТЕГРА Лайф для исследования биологических объектов



Рис.11. СОЛВЕР Пайп

товский институт», с крупными мировыми производителями компонентов и комплектующих.

НТ-МДТ активно ведет собственную НИОКР деятельность, поддерживая экстремально высокие темпы разработок. В 2010 году группа компаний анонсировала и представила на рынок следующее оборудование:

• ИНТЕГРА Лайф (рис.10) – Зондовая нанолaborатория для исследования живых объектов в физиологических условиях (комплексная интеграция оптического микроскопа и СЗМ);

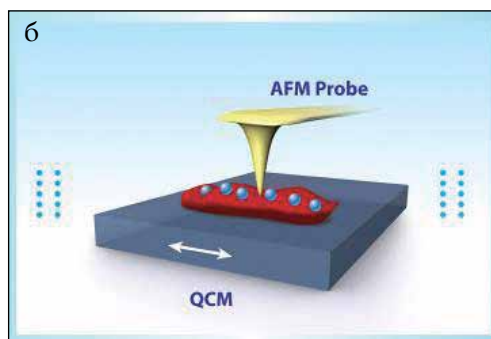
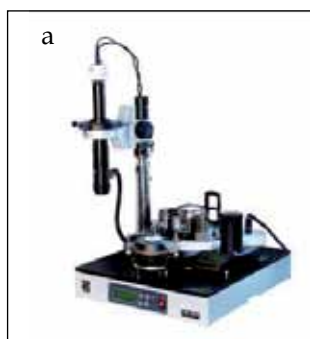


Рис.12. Комплекс, объединяющий АСМ и пьезокварцевые микровесы с контролем диссипации энергии (а); принцип действия (б)

• СОЛВЕР Пайп (рис. 11) – СЗМ для обнаружения наноразмерных дефектов в крупных и нестандартных промышленных металлоконструкциях и объектах в процессе их эксплуатации;

• комплекс, объединяющий АСМ и пьезокварцевые микровесы с контролем диссипации энергии (рис.12) для одновременного исследования локальных свойств поверхности (с нанометровым разрешением) и вязкоупругих свойств и массы

образца (разрешение до субнанogramмов);

• оборудование для реализации следующих режимов СЗМ:

а) сканирующая тепловая микроскопия (СТем),

б) силовая микроскопия пьезоотклика,

в) СЗМ-мониторинг процессов электрохимического осаждения in situ,

г) наноидентификация и наносклерометрия – комплексное исследование твердости материалов.