



СПРАВОЧНИК ПО МИКРОСКОПИИ ДЛЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ

И.Яминский*, О.Синицына*
sinitsyna@gmail.com

В октябре 2011 года в издательстве "Научный мир" вышел на русском языке английский энциклопедический справочник по микроскопии для нанотехнологии. Это коллективный труд более 50 авторов – признанных лидеров современной микроскопии. Предлагаемая краткая статья, несомненно, поможет исследователям ознакомиться с книгой и ее уникальным содержанием – рецептами, как использовать микроскопию для практических нанотехнологий. Ведь представленный материал – это 721 страница увлекательного рассказа [1].

Крылатые слова великого Юлия Цезаря: "Veni, vidi, vici – пришел, увидел, победил", произнесенные им в 47 году до нашей эры после победы над Фарнаком, главой Понтийского царства и Боспора, в полной мере можно отнести к этому изданию. Представляется, что публикация справочника является ярким подтверждением 30-летнего успеха в микроскопии, позволяющей увидеть структуру вещества на принципиально другом уровне. По сути дела микроскопия превратилась в наноскопию.

Выдающееся событие конца прошлого века – изобретение сканирующего туннельного микроскопа, ставшего родоначальником большого семейства таких приборов. Начиная с первой публикации в 1982 году, туннельный микроскоп позволил увидеть атомы на поверхности материалов. Как следствие, в 1986 году за данную разработку Г.Биннигу и Х.Рореру была вручена Нобелевская премия.

От первой публикации результатов, полученных с помощью туннельного микроскопа, до вручения премии за его изобретение прошло всего четыре года. Такого триумфа еще не знала история присуждения Нобелевских премий. Отличительная черта разработанного метода – красота и очарование получаемых данных. В руках экспериментатора оказался достаточно простой способ увидеть атомы в ряде сред: в вакууме, на воздухе или в жидкости.

Для русскоязычной аудитории, по всей видимости, приятно будет узнать, что одна из глав – "Наблюдение наноструктур в атомно-силовой микроскопии" написана российскими авторами С.Магоновым и Н.Ериной. Важно также заметить, что первые российские туннельные микроскопы (В.Панов, М.Хайкин) появились уже в 1985 году, а в 1987 году в России создаются коммерческие зондовые микроскопы (В.Панов, И.Яминский, А.Голубок). Именно в эти годы закладывались основы российской индустрии зондовых ми-

кроскопов, возникли фирмы по производству сканирующих зондовых микроскопов, причем НТ-МДТ и Центр перспективных технологий успешно работают на этом высокотехнологическом рынке и сегодня.

Оптическая микроскопия претерпела революционный скачок в своем развитии. Этим достижениям посвящены 1 и 2 главы справочника. Создание на сформированной приборной базе сканирующего ближнепольного микроскопа позволило ей выйти за дифракционный предел и получать изображения с разрешением в десятки нанометров. Важно отметить, что использование цифровых приемных камер обеспечило возможность определения положения точечных источников света в оптической микроскопии с нанометровой точностью: появились методы, обеспечивающие разрешение, существенно меньшее 100 нм.

В 1986 году Нобелевская премия по физике была также вручена создателю электронного микроскопа Э.Руска. Большая часть настоящего справочника (главы 11–22) по-

* Центр перспективных технологий.



священа именно этому методу, претерпевшему за прошедшее время качественный скачок.

Авторы справочника задают себе важный вопрос: чем микроскопия может быть полезна для практической нанотехнологии, под которой можно понимать совокупность методов, направленных на создание реальной продукции – изделий, устройств и материалов с характерным нанометровым масштабом? Очень часто дается весьма четкий ответ, причем такой лейтмотив проходит через всю книгу. Как следствие, настоящее издание можно рассматривать как практическое руководство и призыв к действию для реальных нанотехнологов.

Содержание многих глав справочника выходит за рамки традиционного понимания методов микроскопии, подразумевающих простое наблюдение материи на микро- или нано-уровнях. Современная микроскопия включает также различное воздействие на материю вплоть до манипуляции отдельными атомами и молекулами. Пример такого использования микроскопии приведен в главе 5 "Сканирующая зондовая микроскопия для манипулирования и создания структур на наномасштабе", в которой показано, что нанолитография и наноиндентирование – варианты использования зондового микроскопа для локального воздействия на поверхность и записи информации в нанометровом масштабе.

В 1990 году Д.Эйглер продемонстрировал возможность записи информации с помощью отдельных атомов. Перемещая атомы ксенона по поверхности никеля зондом туннельного микроскопа, он составил слово IBM. Для написания буквы I было использовано всего восемь атомов ксенона, а букв В и М — по 13 атомов. Это, несомненно, были первые успешные шаги нанотехнологии. По сути дела, данная и многие другие работы по зондовой микроско-

пии реально приблизили общество к эре нанотехнологий, которая должна стать существенной производительной силой в развитии науки и техники. Г.Бинниг и Х.Рорер писали уже в 1986 году: "... мы искренне верим, что красота атомных структур послужит стимулом к применению метода (сканирующей туннельной микроскопии) к решению тех задач, где он сможет принести наибольшую пользу человечеству" [1].

Прошедшая четверть века убедительно продемонстрировала, что зондовые микроскопы нашли широкое применение в различных областях физики, химии, биологии, медицины и материаловедения (рис.1–3). В частности, они применяются в качестве контрольно-измерительной аппаратуры при производстве сложных интегральных схем и перспективных носителей информации (магнитные, магнитооптические и лазерные диски), во многих других технологических процессах.

Возможность наблюдения за динамическими процессами на микро- и наноуровнях – уникальная черта современной микроскопии. Этому посвящены многие главы издания. Увлекательный рассказ о том, как можно наблюдать в просвечивающем электронном микроскопе за колебаниями углеродной нанотрубки, представлен в главе 16 "Использование электронной

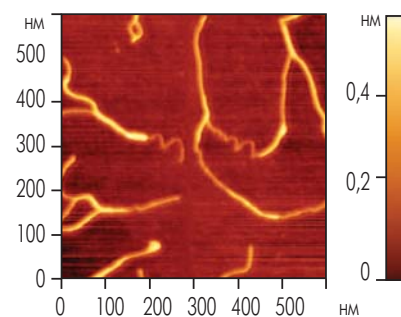


Рис.1. Изображение трехцепочечной ДНК на поверхности слюды (атомно-силовая микроскопия. Автор Г.Мешков)

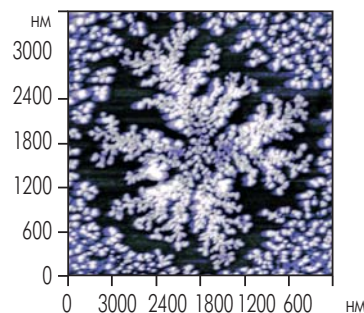


Рис.2. Изображение фуллерола с комплексным соединением меди на поверхности слюды (атомно-силовая микроскопия. Автор О.Синицына)

микроскопии in situ для проведения наноизмерений". С помощью просвечивающего электронного микроскопа можно также измерить модуль Юнга отдельной нанотрубки или определить электростатический потенциал у ее концов. Кроме того, с его использованием можно сконструировать и изучить работу нанотермометра или наноподшипника. В целом современная микроскопия открывает широкие возможности для практической работы в области нанотехнологий, и представленное издание повествует о том, как успешно двигаться в этом направлении.

Для работы в этой области требуются, несомненно, современная материально-техническая база и дорогостоящее измерительное, аналитическое и технологическое оборудование. Практическую помощь в освоении микроскопии и использовании ее для решения задач нанотехнологий можно получить через центры коллективного пользования. Так, в МГУ им. М.В.Ломоносова функционируют уникальные центры "Просвечивающая электронная микроскопия" (www.tem.genebee.msu.ru) и "Бионаноскопия" (www.nanoscopy.org), причем второй оборудован многофункциональными сканирующими зондовыми микроскопами ФемтоСкан



производства Центра перспективных технологий. Эти приборы позволяют проводить измерения непосредственно в лаборатории и дистанционно через Интернет. Используемое в них программное обеспечение FemtoСкан Онлайн обеспечивает работу с данными оптической, электронной и сканирующей зондовой микроскопии. Оборудованные на высоком уровне центры коллективного пользования имеются также в С.-Петербурге, Новосибирске, Томске, Белгороде, Таганроге и других городах России.

В университетах страны широко проводится обучение по различным специальностям в области нанотехнологий. Например, в МГУ им. М.В.Ломоносова Научно-образовательный центр по нанотехнологиям осуществляет с 2008 года подготовку студентов по трем новым образовательным программам "Наносистемы и наноустройства", "Функциональные наноматериалы", "Нанобиоматериалы и нанобиотехнологии".

Хочется надеяться, что настоящее энциклопедическое издание восполнит существенную нехватку учебной литературы в этих современных направлениях, поскольку нанотехнологии – новая область знаний и приложения сил, требующая активного участия и вовлечения в работу студентов, аспирантов и молодых ученых. От их активной позиции во многом будет зависеть успешное продвижение нанотехнологий в реальную экономику. По этой причине миссия данного справочника – стать путеводителем для молодых нанотехнологов.

Одновременно настоящее издание может служить учебным пособием и справочным материалом по современной микроскопии. В каждой из 22 глав описаны различные методы современной микроскопии и наноскопии, подробно представлены их научный и методический аспекты. Важно, что существенный акцент сделан на практическом приме-



Рис.3. Бактерия *Escherichia coli* на поверхности графита (атомно-силовая микроскопия. Автор – Е.Дубровин)

нении микроскопии для нанотехнологии, что полностью оправдывает название книги, в котором нанотехнология написана в единственном числе, больше соответствующем английскому варианту. В целом авторы статьи считают, что при переводе материалов важно соблюдать точность, придерживаясь стиля оригинала.

Хочется также несколько слов сказать о людях, участвующих в переводе данного издания. Они не просто переводчики, а высококлассные специалисты в различных областях современной микроскопии. В русском издании имеется краткая справка о каждом из ученых, принимавших участие в переводе. Следует отметить, что этот перевод с учетом новейших научно-технических достижений – дело далеко не простое. Переводчики столкнулись с проблемой неустоявшейся научной терминологии, причем некоторые термины не имели русских аналогов. В результате для передачи идеи выбирались наиболее удачные варианты терминов. В качестве пояснения можно привести следующий пример. Предлагаемый в главе 2 термин "сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля" достаточно полно описывает метод, хотя его сокращенное название СОМБП громоздко и используется не часто. В

этой главе применялось также название "сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия" или "ближнепольная сканирующая оптическая микроскопия" (СБОМ или БСОМ). Исторически метод появился в семействе методов сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) и по аналогии вполне оправдан короткий его вариант – сканирующая ближнепольная микроскопия (СБП). При упоминании метода в других главах используется именно такой термин. Вместе с тем терминология главы 2 максимально приближена к авторскому изложению, что, по-видимому, оправданно.

Русские переводчики взяли на себя труд исправления редких, но все же имеющих неточностей и повторов в оригинале издания, которые возникали вследствие желания ее авторов донести до читателя в короткие сроки последние новости науки и техники, что, видимо, происходило без определенной спешки, типичной для таких случаев. Если русский перевод окажется чуть лучше оригинала – это заслуга в первую очередь специалистов, участвовавших в его подготовке.

Всем будущим читателям книги можно рекомендовать: используйте всю мощь современной аналитики и в первую очередь микроскопии для достижения успеха в нанотехнологиях. Заказать энциклопедию можно по телефону +7 495 9263759, почта spm@nanoscopy.net.

Литература

1. Справочник по микроскопии для нанотехнологии / Под ред. Нан Яо, Чжун Лин Ван. Пер с англ., кол. переводчиков. Предисловие к русскому изд-ю и научн. ред. И.В. Яминского. – М.: Научный мир, 2011. (Фундаментальные основы нанотехнологий: справочники).

2. Сканирующая туннельная микроскопия – от рождения к юности. Нобелевские лекции по физике – 1986 год. – Успехи физических наук, 1988, т.154 (2), с.261–278.