

Преподавание курсов по зондовой микроскопии: новые возможности

Б.А. Логинов

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ», 124498, Москва, Зеленоград, Россия
b_loginov@mail.ru*

Преподавание курсов по зондовой микроскопии для студентов и школьников с использованием новых разработанных нами микроскопов-конструкторов СММ-2000 пополнилось новыми приёмами. Учащиеся сами собирают микроскопы, стараются увидеть существуют ли на самом деле атомы, приобщаются к мировой науке, и выполняют учебные работы в виде исследований. Это делает освоение зондовой микроскопии эмоциональным, и подготавливает учащихся к занятиям наукой.

Learning courses on scanning probe microscopy: new opportunities

B.A. Loginov

National Research University of Electronic Technology "MIET", 124498, Moscow, Zelenograd, Russia

Traditional courses on scanning probe microscopy for students using our new designed microscopes «SMM-2000» has replenished with four new techniques. Now students can assemble microscopes themselves, try to see and ascertain whether the materials actually made of atoms, making scans of actual samples of scientists, and perform a serious research. This makes full and emotional learning, orienting and preparing students to serious science.

История преподавания в России учебных курсов по зондовой микроскопии берет начало в середине 1990-х годов. Тогда на основе сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ), разработанных в нашем институте (МИЭТ, г. Зеленоград), впервые в России были начаты курсы у нас в МИЭТ и в МГТУ им. Н.Э. Баумана [1]. После 2000 года такие курсы начали возникать повсеместно как на основе наших микроскопов СММ-2000 и «Наноздьюкатор» фирмы НТ-МДТ. Проведение учебных курсов на этих приборах было связано с определенными трудностями.

В 2005 году автора, являющегося разработчиком СЗМ СММ-2000, пригласили в МИФИ провести учебный курс на основе класса микроскопов СММ-2000. К удивлению автора, он неожиданно оказался в неприятной ситуации. Автор не мог продемонстрировать, как микроскоп показывает атомы. Дело в том, что выпускаемые не только в России, но и в мире серийные микроскопы этого типа не делались настолько основательно, чтобы показывать атомы. Используя ресурсы своей организации, автор ушел в разработку новой итерации микроскопа СММ-2000, которая должна была показывать атомы непосредственно на парте в руках студента.

Переработка микроскопа СММ-2000 с целью получения надежного атомного разрешения неожиданно привела к упрощению конструкции. Микроскоп стал состоять лишь из 16 совершенно надежных деталей, скручиваемых винтами. Наподобие конструктора Лего, мы стали давать студентам чемоданчик с деталями и отвертками (рис.1), и они стали собирать микроскопы на занятиях. Это привело к возникновению новых возможностей в преподавании зондовой микроскопии.

Во-первых, стало возможным показать, что мир состоит из атомов. Учащиеся сами видят на собранном своими руками микроскопе, что при увеличении порядка миллиона с удивлением видят, что рельеф поверхности состоит из множества атомов. Степень удивления при этом можно сравнить с удивлением людей в прежние времена, когда они узнавали что Земля вертится. Наличие эмоционального восприятия делает курс по зондовой микроскопии незабываемым, стимулирует к новым знаниям и высоким профессиям.

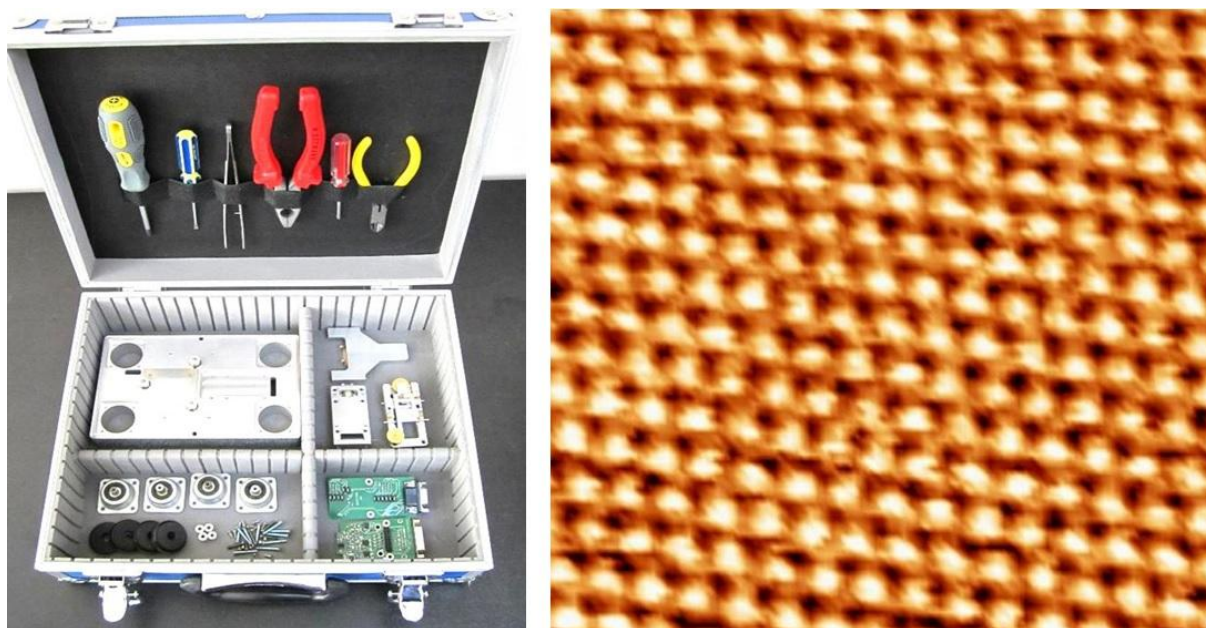


Рисунок 1. Чемоданчик с деталями микроскопа-конструктора СММ-2000 для сборки учащимися и пример получаемых кадров атомов пиролитического графита.

Во-вторых, ввиду того, что учащиеся сами рассматривают детали и собирают из них микроскоп своими руками, глубина освоения микроскопа абсолютным большинством группы учащихся увеличивается настолько, что микроскоп для них становится просто «обычным инструментом». Он не остается волшебной коробочкой, как это зачастую на других учебных курсах по зондовой микроскопии. Это очень важно, так как чтобы в современной науке сделать открытия, чаще всего требуется не просто пользоваться стандартным микроскопом, а делать разные дополнительные приспособления, например, подогреть образец, подать напряжение или поместить в вакуум. Вероятность сделать открытие стандартной техникой очень мала ввиду того что стандартной техникой уже пользовалось очень большое количество пытливых людей. Конечно же, как-то переделать микроскоп под условия своего эксперимента может только тот, кто досконально знает микроскоп и из-за этого не боится рискнуть, знает что не сломает его. Кроме того, собравший микроскоп учащийся начинает понимать, что «не боги горшки обжигают», и что вполне можно самому сделать любой такой же сложный научный прибор – это особенно важно в современных условиях засилия в российских ВУЗ-ах кажущейся недостижимой зарубежной научной аппаратурой.

В-третьих, микроскоп СММ-2000, заимев надежное атомное разрешение из-за требований учебного процесса, работая на любых стандартных профессиональных зондах (кантилеверах) и будучи внесенным в государственный реестр средств измерений РФ (№46918) - заодно стал и передовым научным прибором, к работе на котором есть интерес профессионалов - исследователей и научных людей всего мира. Имея такие микроскопы, преподаватель зондовой микроскопии может обратиться к любым ему знакомым исследователям в своем ВУЗ-е, в знакомых научных институтах, да и к любым незнакомым ему исследователям мира с предложением послать ему образцы на реальные исследования. И далее дать эти образцы учащимся, чтобы они исследовали их под его руководством и под руководством исследователя, приславшего образец, и передающего учащемуся свою искру научного поиска. Это совсем не похоже на выдачу стандартных лабораторных образцов с целью повторения известных результатов. Это – вовлечение учащихся в реальную мировую науку. При этом, если исследование образца было правильным и полезным, чаще всего исследователи, получив бесплатную возможность изучения образца, вписывают учащегося в соавторы научных публикаций. Это стимулирует учащихся к продолжению занятий наукой, дает им бесценный начальный

научный опыт, и создает им их «научную историю», которую уже можно показывать при подаче грантов, продвижении в учебе, карьере или поступлении на работу. Представляется также весьма полезным, используя полученные учащимися данные исследований, учить их и стимулировать к оформлению этих результатов в формате настоящей научной статьи, со всеми её элементами в виде названия, аннотации, введения, результатов, обсуждения, заключения, списка литературы и т.д. По результатам двух лет проведения курсов в МИФИ автор этой статьи издал пособие с рекомендациями по оформлению студентами статей и статьями учащихся [2], и наблюдал повышение после этого самооценки учащимися в своих глазах как настоящих научных деятелей.

В четвертых, преподавание курса по зондовой микроскопии, проводимое на микроскопе СММ-2000, дает практически неограниченное число очень нужных ВУЗ-ам современных тематик для курсовых, дипломных и аспирантских работ. Этот микроскоп представляет собой «маленькую вселенную» по методам исследования. Он имеет три базовых режима получения кадров рельефа поверхности – сканирующей туннельной и атомно-силовой контактной и вибрационной микроскопии, но также имеет более 25 дополнительных режимов, которые дают с нанометровой точностью карты распределения различных физических свойств на полученном рельефе в широком диапазоне температур: электропроводности, электрических потенциалов, ёмкости, намагниченности, электролюминесценции, фоточувствительности, электронной плотности, полупроводниковых свойств, теплопроводности, трения, адгезии, упругости, вязкости, акустических свойств, пьезо- и ферро- свойств, и даже элементного и молекулярного состава. Умножением количества исследуемых в разных режимах свойств на количество возможных типов объектов исследования как раз и получается практически неограниченное число тематик, например, далеко не исчерпанное автором за 7 лет его преподавания на кафедре КФН МИЭТ.

Таким образом, с появлением нового типа учебного пособия по зондовой микроскопии – «Микроскопа сканирующего зондового СММ-2000» - в России появились новые возможности преподавания, не имеющиеся пока в настоящее время больше нигде в мире, что может привести к созданию задела для опережающего развития России как в данном направлении, так и во многих областях науки и техники, использующих сканирующую зондовую микроскопию. Разработанный автором учебный курс [3] «Сканирующая зондовая микроскопия» уже внедрен в ряде ВУЗ-ов [4,5] и получил высокую оценку учебно-методического объединения по нанотехнологиям в лице председателя УМО, нобелевского лауреата ак. Алферова Ж.И., его заместителя чл.-корр. Чаплыгина Ю.А., а также председателя рабочей группы, чл.-корр. Горбачевича А.А.

1. С.Д. Карпухин, Ю.А. Быков, М.А. Щекотов, Сканирующая туннельная микроскопия. Аппаратура, принцип работы, применение: учебное пособие. - М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1999г., 48с.
2. Б.А. Логинов, Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия: учебно-методическое пособие. – М.: МИФИ, 2008г., 224с.
3. Б.А. Логинов, Учебная программа курса «Сканирующая зондовая микроскопия», URL: <http://www.z-proton.ru/> (дата обращения 15.02 2017г.)
4. Б.В. Шульгин, И.Г. Григоров, Б.А. Логинов. Методы и средства микроскопии: методические указания. Екатеринбург: ГОУ ВПО Уральский гос. технический университет - УПИ», 2005, 188с.
5. С.Б. Нестеров, Б.А. Логинов, О.С. Зилова, Н.Р. Сабирзянов, Сканирующие зондовые микроскопы. Учебное пособие. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007г., 200с.