



КОНСТРУИРУЕМ В 3D: ОТ АТОМОВ И МОЛЕКУЛ ДО ФАБРИК И ЗАВОДОВ

3D DESIGN, FROM ATOMS AND MOLECULES TO PLANTS AND FACTORIES

А.Ахметова*, Д.Яминский*, И.Яминский* / yaminsky@nanoscopy.ru

A.Ahmetova*, D.Yaminsky*, I.Yaminsky*

Развитие современных технологий позволяет создавать полностью автоматизированные производства, фабрики и заводы с наивысшей производительностью. Разрабатывая сканирующий зондовый микроскоп, лауреаты Нобелевской премии по физике за 1986 год Герд Бинниг и Хайнрих Рорер соединили вместе знания ученых и искусство инженеров. Именно эти качества необходимы новым специалистам и разработчикам. Микроскопия и технологии успешно работают в 3D-формате: микроскопы наблюдают объекты микро- и наномира в трех измерениях, а современные обрабатывающие центры и 3D-принтеры создают по трехмерным электронным моделям сложные объемные изделия. Наш рассказ о трехмерных технологиях, применяемых на практике, в том числе на фабриках и заводах.

The development of modern technologies allows to create a fully automated production, factories with higher productivity. Developing a scanning probe microscope, Gerd Binnig and Heinrich Rohrer, laureates of the Nobel Prize in physics 1986, have combined the knowledge of scientists and competencies of engineers. These qualities are needed for new engineers and developers. Microscopy and technologies are successfully operated in 3D-format: microscopes "see" micro- and nano-objects in three dimensions and modern machining centers and 3D printers create complex three-dimensional products using digital 3D models. Our story is about three-dimensional technologies used in practice, including factories and plants.

Изобретатели сканирующего туннельного микроскопа Г.Бинниг и Х.Рорер выполнили уникальную инженерную разработку, создав прибор по визуализации материи на уровне атомов и молекул. Сейчас можно констатировать, что влияние этого изобретения на современную науку, технологию и индустрию оказалось революционным во многих смыслах. В руках у ученых появился прибор для изучения атомов и молекул, практически всего спектра локальных свойств поверхности веществ и материалов с нанометровым пространственным разрешением. Возникла технология атомного масштаба (рис.1), которая составила основу нового направления, получившего общепринятое название "нанотехнологии". Обороты индустрии зондовой микроскопии превысили миллиардный рубеж.

Зондовые микроскопы (рис.2) стали полезным и высокоинформативным инструментарием в научных организациях и университетах, коммерческих компаниях и производственных фирмах,

школах и колледжах. Журнал "Наноиндустрия" неоднократно обращался к теме применения зондовой микроскопии, обучения ее методам [1-6]. Индустрия зондовой микроскопии и обучение шагают вместе в ногу. Может показаться удивительным, но на протяжении всех тридцати пяти лет своего существования зондовая микроскопия развивается энергично и устойчиво. На современный момент можно насчитать более сотни различных видов и способов реализации этой технологии, когда уникальные физические измерения проводятся в объеме нескольких нанометров. Успеху зондовой микроскопии способствует не только высокая информативность, но и наглядность предоставляемых ею данных. Именно это позволяет широко использовать зондовую микроскопию в обучении школьников, студентов, аспирантов и специалистов. Например, изучение атомной решетки на поверхности графита является привычной лабораторной задачей не только студен-

* МГУ им. М.В.Ломоносова, НПП "Центр перспективных технологий" / Lomonosov Moscow State University, Advanced Technologies Center.

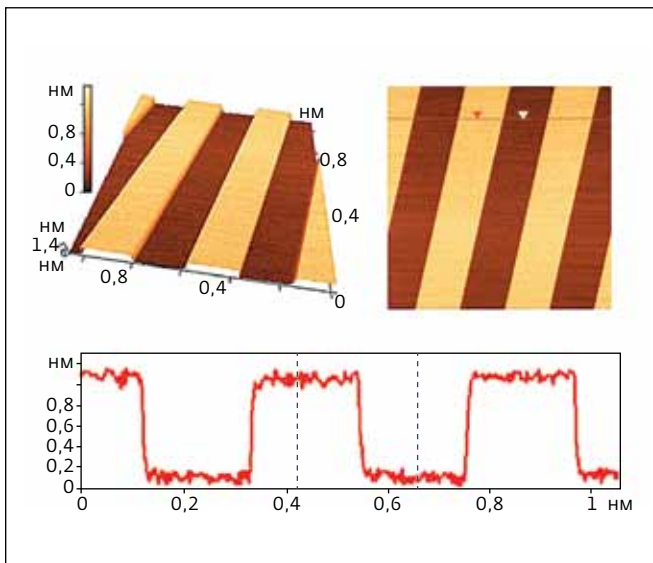


Рис.1. Изображение перепада высот в 1,0 нм, полученное с помощью эталона нанометра: 3D-изображение (вверху слева); топография (вверху справа); поперечное сечение (внизу). Измерения проведены на сканирующем зондовом микроскопе "ФемтоСкан", внесенном в реестр средств измерений

Fig.1. Image of height difference of 1.0 nm, obtained using standard nanometer: 3D image (top left); topography (top right); cross section (lower). Measured by FemtoScan scanning probe microscope

тов младших курсов университетов, но и учеников старших классов общеобразовательных школ. Такие занятия проводит, в частности, московский Центр молодежного инновационного творчества "Нанотехнологии" [7, 8]. В этом центре можно не только поработать на зондовом микроскопе, но и



Рис.2. Сканирующие зондовые микроскопы "ФемтоСкан" (ЦМИТ "Нанотехнологии", Москва)

Fig.2. FemtoScan scanning probe microscopes (Nanotechnology YICC, Moscow)

при желании создать зондовый микроскоп собственной конструкции.

Зондовая микроскопия сразу заработала в формате 3D: все изображения поверхности образцов получаются в объеме, где есть высота, ширина и длина. Возможно использование различных режимов сканирования: от простого построения кадра до сложных модуляционных резонансных с измерением сразу нескольких параметров. Настройка режимов обратной связи позволяет минимизировать воздействие на образец со стороны зонда.

Управление многими современными системами – 3D-принтерами, 3D-обрабатывающими

The inventors of the scanning tunneling microscope G.Binnig and H.Rohrer have completed a unique engineering project by creating a device for the visualization of matter at the level of atoms and molecules. It can be concluded that the influence of this invention on the modern science, technology and industry was revolutionary in many ways. Scientists obtained the instrument for the study of atoms and molecules, virtually of the entire range of local surface properties

of substances and materials with nanometer spatial resolution. An atomic-scale technology has been established (Fig.1), which formed the basis for a new area with common name "nanotechnology". The turnover of the industry of probe microscopy exceeded billion.

Probe microscopes (Fig.2) become a useful and highly informative tools in research institutions and universities, commercial companies and industrial firms, schools and colleges. The "Nanoindustry" journal has

repeatedly turned to the topics of application of probe microscopy and teaching its methods [1-6]. Industry of probe microscopy and teaching are developing together. It may seem surprising, but all thirty five years of its existence probe microscopy develops vigorously and sustainably. At the present moment we can count more than a hundred different types and methods of this technology, when unique physical measurements are carried out in a volume a few nanometers. Not only high



Рис.3. Фрезерный станок с ЧПУ ATC-3000 для 2D-, 2,5D- и 3D-фрезерной обработки древесины, композитов, пластика, камня, дюрала, латуни

Fig.3. ATC-3000 milling CNC machine for 2D, 2.5 D and 3D milling of wood, composites, plastic, stone, duralumin, brass

центрами, зондовыми микроскопами происходит с помощью одинаковых алгоритмов и с использованием родственной электроники и исполняющей механики – шаговых двигателей, сервоприводов, манипуляторов, прецизионных направляющих. На основе технологии зондовой микроскопии нами была создана серия обрабатывающих фрезерных станков с ЧПУ (рис.3) с высоким

быстродействием и точностью обработки деталей (www.ATCindustry.com).

Особенностью современного технологического уклада становится полный отказ от человеческого труда при выполнении однообразных операций, которые успешно отдаются автоматам и роботам. Для более сложных операций служат автоматизированные системы с элементами искусственного интеллекта, построенного с применением математических алгоритмов обратной связи.

"Центр перспективных технологий" и Центр молодежного инновационного творчества "Нанотехнологии" ежегодно проводят конкурс для школьников, студентов и молодых специалистов "Мой первый завод" [9]. В одной из номинаций конкурса участники должны представить рассказ "О заводе, директором которого я хочу стать и который будет выпускать много полезного". Уже есть и победители (рис.4).

Трудно ли построить мастерскую, цех, завод? Наш опыт и наблюдения показывают, что нет, не сложно, особенно если есть к тому понимание и желание. Сколько времени надо потратить на запуск производства? Один год! Если производство сложное, то два года, если очень сложное – три года. Вот такая простая арифметика, к которой должны быть добавлены сила духа, настойчивость и умения, основанные на знаниях. Где доказательства и примеры? Посмотрите на индустриальный прогресс в Южной Корее за последние 15-20 лет, или промышленный бум в Китае! Да и в нашей российской истории такое происходило. Недаром

informativity, but also the obviousness of the data contribute to the success of probe microscopy. It allows to use widely probe microscopy in teaching students, graduate students and staff of companies. For example, the study of the atomic lattice on the graphite surface is a routine laboratory task not only in universities but also in schools. These classes are conducted, in particular, in the Moscow Youth innovation creativity centre "Nanotechnology" [7, 8]. In this center you can not only work on the microscope, but also create probe microscope of his own design.

Probe microscopy is perfectly compatible with 3D and all the surface images of the samples are obtained with height, width and length. You can use various scanning modes, from a simple line-by-line to complex modulated resonant with the measurement of several parameters. Setting up the feedback minimizes the impact on the sample from the probe.

Many modern systems, such as 3D printers, 3D processing centers and scanning probe microscopes use the same control algorithms, similar electronics and mechanics, including stepper motors, servos, manipulators, precision

guides. Based on the technology of probe microscopy, we have created a series of high speed CNC milling machines (Fig.3), which provides high-precision machining of parts (www.ATCindustry.com).

The exclusion of human participation in repetitive operations, which can perform machines and robots, is becoming a feature of modern technological way. The automated systems with elements of artificial intelligence based on feedback algorithms can be used for more complex operations.

Advanced Technologies Center and Nanotechnology Youth

Электронно-лучевой литографический комплекс **Raith VOYAGER**

VOYAGER – это новый прибор класса высокопроизводительных электронно-лучевых литографов; построен на инновационной технологии **Raith eWrite**. Рекомендован в областях, связанных как с серийным производством, так и с научно-исследовательскими работами, где требуется высокая производительность и максимум пространственного разрешения. Инновационная архитектура и высокие показатели спецификации разработаны для получения точных результатов при высокой скорости экспонирования и при весьма низкой стоимости владения прибором. **VOYAGER**, таким образом, снижает барьер для доступа в сферу профессиональной, ориентированной на высокую производительность электронно-лучевой литографии.



Концепцию VOYAGER подчеркивает:

- » инновационная архитектура системы
- » сниженные требования к условиям эксплуатации в помещении и малое занимаемое пространство
- » производительность экспонирования более 1 см²/час
- » невысокая стоимость владения



VOYAGER – первая система, в которой реализована новая технология **Raith eWrite**. Она объединяет в себе специализированную «выделенную» архитектуру электронно-лучевой колонны и паттерн-генератора, позволяющую осуществлять автоматизацию калибровок системы и высокую скорость при серийном производстве.



Рис. 4. Победители конкурса 2015 года "Мой первый завод" Денис Зотов и Анастасия Лусина

Fig.4. Denis Zotov and Anastasia Lisina, the winners of the 2015 contest "My first plant"

великий режиссер Роман Кармен массовое строительство и запуски заводов в годы Великой Отечественной войны назвал мгновенной индустриальной революцией. Посмотрите пятую серию "На восток" документального сериала "Неизвестная война", снятого в содружестве Великобритании, США и СССР, там только факты. И заводы возникли в срок быстрее одного года!

Настоящая работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (договор № 02.G25.31.0135) и Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Договор № 9ГЦМИТ1/16315, код 0016315).

innovation creativity centre organize an annual competition for pupils, students and young professionals "My first factory" [9]. In one of the categories of the contest, participants must submit a story "About the plant, whose Director I want to be, and which will produce a lot of useful". We already have the winners (Fig.4).

Is it difficult to build a workshop or a factory? Our experience and observations show that it's not that difficult, especially if you have understanding and desire. How long does it take to

start production? One year! If the production is complex, then two years, if it is very complex, then three years. Fortitude, perseverance and skills based on knowledge should be added to such simple arithmetic. Where are the evidence and examples? Look at industrial progress in South Korea in the last 15-20 years, or at the industrial boom in China! In Russian history this has happened too. It is no coincidence that the great director Roman Carmen called mass construction and commissioning of factories during the Great Patriotic

War "The instant industrial revolution". Watch the fifth episode of "The Unknown War" documentary, jointly filmed by Great Britain, the USA and the USSR, only the facts are presented there. And factories were built in less than one year! ■

This project is supported by the Ministry of education and science of the Russian Federation (contract No. 02.G25.31.0135) and by the Fund for the Promotion of the Development of Small Forms of Enterprises in the Scientific and Technical Sphere (Contract No. 9ГЦМИТ1/16315, code 0016315).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметова А., Яминский И. Зондовые микроскопы, обрабатывающие центры и биосенсоры // Наноиндустрия. 2015. № 7 (61). С. 92-95.
2. Дудник А., Федосеев А., Яминский И. Школьникам – об атомно-силовой микроскопии и 3D-технологиях // Наноиндустрия. 2015. № 3 (57). С. 86-90.
3. Макарова Е., Багров Д., Горелкин П., Ерофеев А., Яминский И. Наблюдение эритроцитов с помощью атомно-силовой и сканирующей ион-проводящей микроскопии // Наноиндустрия. 2015. № 2 (56). С. 42-47.
4. Яминский И. Центр перспективных технологий: первые 25 лет // Наноиндустрия. 2015. № 5 (59). С. 40-43.
5. Дубровин Е., Мешков Г., Яминский И. Наблюдение вируса табачной мозаики в практикуме сканирующей зондовой микроскопии // Наноиндустрия. 2014. № 2 (48). С. 46-52.
6. Яминский И., Мешков Г. Центр молодежного инновационного творчества "Нанотехнологии" // Наноиндустрия. 2014. № 4 (50). С. 60-66.
7. Федосеев А., Яминский И. Неделя инноваций в Москве: II Всероссийская конференция ЦМИТ "Коммерциализация креативности" и открытие ЦМИТ "Нанотехнологии" // Наноиндустрия. 2014. № 8 (54). С. 32-41.
8. Центр молодежного инновационного творчества "Нанотехнологии", www.startinnovation.com
9. Большакова А., Яминский И. Конкурсы ЦМИТ "Нанотехнологии": Награждение победителей // Наноиндустрия. 2015. № 5 (59). С. 94-96.



НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



Цена 1300 руб.

**ДИСПЕРСИОННОЕ
ЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО****Алексеев С.В., Зайцев В.А., Толстоухов С.С.**

В книге приведены сведения о роли дисперсионного топлива в ядерной энергетике. Кратко рассмотрены данные о применении дисперсионного ядерного топлива в реакторах различного назначения. Обобщены данные по свойствам и технологии получения дисперсионного ядерного топлива, в том числе для «сжигания» избыточного плутония.

Книга предназначена для научных работников и инженеров, работающих в области исследования и применения ядерного топлива.

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2015. – 248 с.
+ 8 с. цв. вкл
ISBN 978-5-94836-428-5

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

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