



# СИСТЕМЫ 3D-ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В ТОЧНОЙ ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ

## 3D POSITIONING SYSTEMS IN PRECISE PROCESSING OF MATERIALS

УДК 621.9, ВАК 05.02.07, DOI:10.22184/1993-8578.2017.71.1.102.104

А.Ахметова<sup>1,2</sup>, Ю.Белов<sup>1,2</sup>, Г.Мешков<sup>1,2</sup>, И.Яминский<sup>1,2</sup> / yaminsky@nanoscopy.ru  
A.Akhmetova<sup>1,2</sup>, Yu.Belov<sup>1,2</sup>, G.Meshkov<sup>1,2</sup>, I.Yaminsky<sup>1,2</sup>

Развитие техники сканирующей зондовой микроскопии позволило решить ряд сложных задач по перемещению и обработке объектов с нанометровой точностью. Такая возможность востребована в современных областях прецизионной обработки материалов. Разработанный многоосевой обрабатывающий центр позволяет добиться сверхточного позиционирования при небольшой цене и высоком качестве исполнения оборудования.

The development of scanning probe microscopy has allowed to solve a number of complex tasks of moving and handling of objects with nanometer precision. This possibility is in demand in the modern areas of precision materials processing. Developed multi-axis machining center allows us to achieve high-precision positioning and is characterized by low price and high quality.

Технологии обработки материалов можно разделить на две большие области. К первой из них отнесем операции с минимальным силовым воздействием на заготовку, например лазерную гравировку и резку, электроискровую прошивку и резку. Перспективным направлением является также микромашиining с помощью фемтосекундных лазеров. Во вторую группу входит механообработка со значительным силовым воздействием на заготовку: фрезерная и токарная обработка, механическое шлифование, абразивная резка и др.

Сканирующая зондовая микроскопия также позволяет обрабатывать материалы различными методами нанолитографии. Достигается это как механическим, так и электрическим воздействием на будущее изделие со стороны зонда – кантилвера. Точность обработки может составлять доли нанометра. Точность позиционирования рисунка также находится в нанометровом диапазоне. Температурный дрейф, достигаемый без использования дополнительных систем термостабилизации, может составлять единицы нанометра в минуту. Пример нанолитографии, выполненной с помощью метода локального анодного окисления, представлен на рис.1.

Разработанный НПП "Центр перспективных технологий" сканирующий зондовый микроскоп (СЗМ) "ФемтоСкан" оборудован системой точного перемещения образца в диапазоне 15–25 мкм. При этом минимальный шаг пьезокерамического манипулятора составляет около 0,001 нм. Дополнительное 3D-позиционирование осуществляется с помощью механической системы скольжения с использованием шаговых двигателей и редукторов. Диапазон позиционирования по осям OX и OY составляет около 10 мм, минимальный шаг перемещения – 50 нм. Диапазон перемещения по оси OZ – около 8 мм, минимальный шаг – 25 нм.

Если в СЗМ традиционно используется трехкоординатное сканирование с перемещением образца или иглы по осям XYZ, то в современных обрабатывающих центрах реализуется перемещение по 3–9 осям. Точность обработки может достигать единицы нанометра. Например, такую точность обеспечивает электроискровой станок японского концерна Sodick, являющегося безусловным лидером в данном направлении. Достижения в области механической обработки в наномасштабе приведены в обзорной публикации Марка Дж.Джексона [1].

<sup>1</sup> МГУ им. М.В.Ломоносова / Lomonosov Moscow State University.

<sup>2</sup> НПП "Центр перспективных технологий" / Advanced Technologies Center.

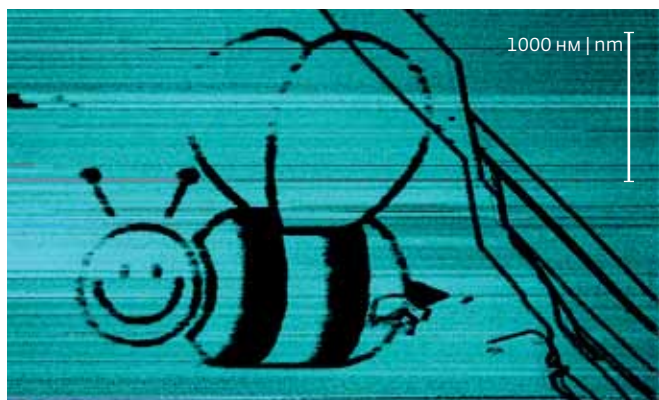


Рис.1. Нанолитография пчелы в программном обеспечении "ФемтоСкан Онлайн"

Fig.1. Nanolithography of bee using FemtoScan Online software

Проверку качества обработки можно проводить как оптическими методами сверхвысокого разрешения, так и с помощью сканирующей зондовой микроскопии, которая фактически позволяет выполнять измерения с точностью до расположения отдельных атомов. Метрология нанометрового масштаба развивается быстрыми темпами [2, 3].

Все большую популярность набирают малогабаритные обрабатывающие комплексы с числовым программным управлением (ЧПУ). Такое оборудование незаменимо, когда требуется высокая точность, повторяемость, мобильность и многофункциональность. Благодаря переходу от ручного управления к компьютерному моделированию и использованию новых технологий в области изготовления прецизионного мелкодисперсионного инструмента из карбида кобальта, стала возможной скоростная силовая обработка на скоростях до 100 тыс. об/мин даже таких материалов, как закаленные стали и чугун. Малогабаритный обрабатывающий комплекс АТСNano сконструирован как доступное решение в области обработки материалов силовым методом или с использованием лазерных и электроискровых модулей для учебных заведений, НИИ и коммерческого использования. Для многомерной обработки разработан и испытан глобусный стол с дополнительными двумя осями вращения детали, а программная точность в 4 мкм позволяет изготавливать высокоточные изделия для прототипирования, модели для ювелирной продукции и высокоточного машиностроения (лопатки турбин, блоки высокого давления и т.д.).

Возможности многоосевого комплекса дополнительно расширяются благодаря универсальности платформы – возможно использование как шпин-

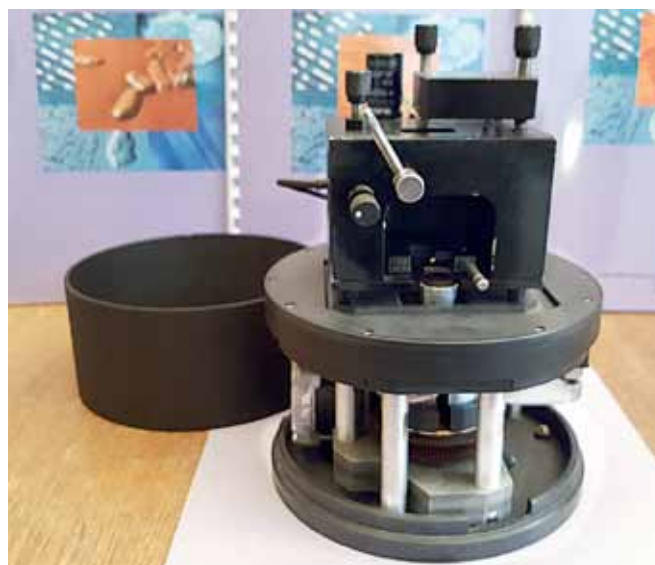


Рис.2. СЗМ "ФемтоСкан". Область позиционирования пьезокерамического сканера (первой ступени) –  $20 \times 20 \times 4$  мкм, область позиционирования микромеханической системы перемещения на основе шаговых двигателей и червячных редукторов (второй ступени) –  $10 \times 10 \times 8$  мм

Fig.2. FemtoScan scanning probe microscope. Area of positioning of piezoelectric scanner (of first stage) is  $20 \times 20 \times 4 \mu\text{m}$ , area of positioning of micromechanical system based on stepper motors and worm gears (of second stage) is  $10 \times 10 \times 8 \text{ mm}$

деля для силовой многокоординатной обработки, так и модулей для лазерной гравировки, резки, электроэрозионной установки с дополнительной оснасткой (ванной с раствором, генератором, прошивочной головкой).

Для поддержания конкурентоспособности продукции важно применять новые технические решения и стремиться к повышению как эксплуатационных, так и точностных характеристик. С целью увеличения надежности и скорости обработки начат цикл испытаний новой модели обрабатывающего центра. Применение прецизионных механических компонент и усиленной конструкции позволит на порядок повысить точность позиционирования (до 0,2 мкм) и обеспечит жесткость, необходимую для обработки черных металлов. Компактное исполнение, защита оператора и узлов станка от отходов производства, использование смазочно-охлаждающей жидкости – все это делает обрабатывающий центр эффективным производственным оборудованием для nanoиндустрии. Станок АТСNano успешно используется в Центре молодежного инновационного творчества "Нанотехнологии" на мастер-классах для школьников и студентов по фрезерно-гравировальной

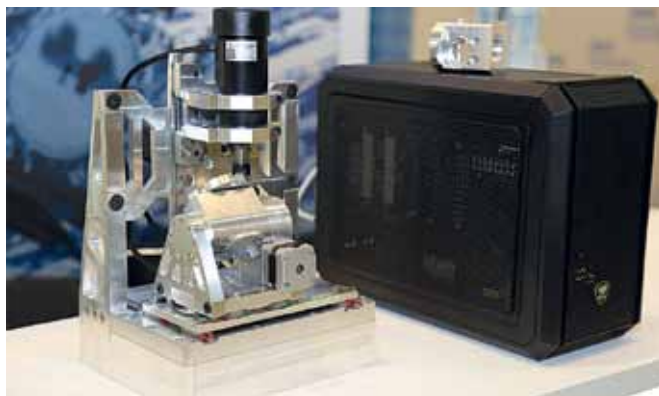


Рис. 3. Обрабатывающий комплекс ATCNano с модулем для многоосевой обработки. Рабочее поле – 100 × 80 × 50 мм (X-Y-Z). Слева – механическая система, справа – блок электронного управления

Fig.3. ATCNano processing system with module for multi-axis machining. Working field is 100 × 80 × 50 mm (X-Y-Z). At left is mechanical system, at right – electronic control unit

обработке материалов. Таким образом, высокоточная обработка в нанометровом диапазоне становится реальностью уже сейчас.

В компании "Центр перспективных технологий" станок ATCNano изготавливает детали и комплекту-

ющие для усовершенствованного СЗМ "ФемтоСкан" и биосенсора на вирус гриппа А и E.coli в рамках проекта "Разработка сенсорных технологий молекулярной диагностики для персонализированной медицины" при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект № 02.G25.31.0135).

Технические характеристики станка ATCNano указаны на сайтах <http://atcindustry.ru> и <http://www.2ETechnologies.com>.

Авторы благодарны Фонду содействия инновациям (проект № ГЦМИТ/16315) за поддержку.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Джексон М.Дж.** Нанонаука и нанотехнологии: Механическая обработка в наномасштабе // Энциклопедия систем жизнеобеспечения. – Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры. Издательство ЮНЕСКО, издательство EOLSS, М.: ИД "Магистр-ПРЕСС", 2011. С. 310–387.
2. **Яминский Д., Яминский И.** Эталон нанометра // Наноиндустрия. 2009. № 4. С. 44–45.
3. **Мешков Г., Сеницына О., Яминский Д., Яминский И.** Динамическая измерительная мера "Нанометр" // Наноиндустрия. 2012. № 6(36). С. 40–43.