

Винчестер будущего: на модели показано, как головка с иглами скользит над поверхностью полимерной пластины, оставляя на ней мельчайшие углубления.

Нанотехнология

Великая революция в мире малого

От нанотехнологии исследователи ожидают настоящих чудес, так как проникновение в мир атомов сулит небывалые возможности во всех областях человеческой деятельности.

Мы наблюдаем на экране монитора что-то фантастическое: предмет, подплывающий к нам, выглядит как космический корабль из далеких галактик. Он бесшумно скользит над необычным, причудливым ландшафтом, который весь усеян многочисленными углублениями. «Это и есть так называемая «многоножка» — millipede — технология производства винчестеров будущего», — с восторгом говорит Герд Бинниг. И далее он объясняет, что эта самая «многоножка» позволит создавать компьютерные жесткие диски без привычных сегодня записывающих и считывающих головок. По сути дела, IBM заново изобрела перфокарту, правда, теперь уже — на атомарном уровне.

В лаборатории города Цюриха новая технология уже работает. Созданный здесь носитель состоит из специального полимерного материала, запись информации на него производится с помощью головки размером 3x3 мм, на которой размещаются 1024 «иглы», при этом каждая управляется по отдельности. Принцип действия «многоножки» во многом сходен с работой растрового атомно-силового микроскопа, только в нем работает всего одна «игла» — зонд, который последовательно, атом за атомом, обследует поверхность либо обрабатывает ее.

Серия:

Новости из исследовательских лабораторий

Наука и производство работают над созданием новых, ключевых технологий, способных значительно изменить нашу жизнь. В данной серии статей CHIP расскажет, как будет выглядеть мир завтрашнего дня.

» С техническими основами новой технологии Герд Бинниг знаком очень хорошо, ведь он сам является одним из создателей растрового атомно-силового микроскопа, а также и его предшественника — растрового туннельного микроскопа¹. Вместе со своим коллегой — Генрихом Рорером — Герд Бинниг в 1986 году был удостоен Нобелевской премии в области физики за открытие принципа туннельной, атомно-силовой и световой сканирующей микроскопии.

Новый микроскоп произвел буквально революцию в науке: теперь впервые появилась возможность видеть отдельные атомы. Для подобных особо точных измерений исследователи применяют эффекты квантовой физики. Так, когда зонд микроскопа приближается к поверхности на расстояние, равное размеру нескольких атомов (примерно 0,5–1,0 нм), между ними (после подачи на них рабочего напряжения) возникает электрический ток. Это удивительно, так как контакта между зондом и поверхностью в привычном понимании нет. Электрический ток протекает благодаря так называемому «туннельному эффекту», из-за которого получил свое название и микроскоп. Феномен заключается в том, что электрон может преодолеть барьер (то есть потенциальный барьер, образованный разрывом электрической цепи — небольшим промежутком между зондирующим микроострием и поверхностью образца), даже не обладая достаточной энергией, то есть он «туннелирует» сквозь эту преграду. Величина протекающего тока позволяет измерить расстояние между зондом и поверхностью, сканирование которой производится последовательно атом за атомом, давая точнейшую картину поверхности исследуемого материала.

Можно сказать, что с появления этого микроскопа берет свое начало и нанотехнология², работающая с частицами, размер которых — от 1 до 100 нм. (Напомним, нанометр — это одна миллионная часть миллиметра.) Чтобы был понятен масштаб данной работы, приведем следующий пример: соотношение между размерами футбольного мяча и наночастицы такое же, как и размеров земного шара и этого же футбольного мяча. Всего через несколько лет после того, как ученые впервые смогли увидеть такие малые частицы, они научились ими манипулировать и создавать материалы с совершенно новыми свойствами. Так, например, была создана автомобильная краска, устойчивая к царапинам.

Двигать атомы одним «кликом» мышки

Дона Эйглера можно назвать «властилином атомов». Этот ученый, посвятивший себя исследованиям физики поверхностей и наноструктур, также работает в исследовательском центре IBM, но расположенном в Альмадене, в знаменитой Силиконовой долине (США, штат Калифорния). Ему первому удалось с помощью сканирующего микроскопа сдвинуть со своего места отдельные

атомы и «переставить» их в другое место. «Это очень просто», — смеется Эйглер и охотно демонстрирует свой компьютер, соединенный с находящимся поблизости, в лаборатории, микроскопом. Атомы, которые видны на мониторе, захватываются мышкой и перестраиваются в другом порядке по всем известному принципу «Drag&Drop». Действительно, с этим справится и ребенок.

Любви Эйглера к играм обязан и следующий его эксперимент (см. рис. внизу). На медной пластинке он разместил атомы кобальта таким образом, что они образовали замкнутый эллипс. И когда ученый помещал в один из двух фокусов эллипса еще один атом, то в другом (пустом) фокусе он регистрировал сигнал, такой же, как будто и там имеется атом кобальта. Как и в случае с туннельным эффектом, здесь мы имеем дело с феноменом квантовой физики, который трудно соотнести с нашей повседневной жизнью: действительно, как может при сканировании подавать сигнал то, чего нет на самом деле? Наглядно можно представить это явление с помощью акустического эф-

»

Эксперимент Эйглера

Манипуляции с атомами

Парадоксальный мир наночастиц:

Сканирующий сигнал (верхний рисунок) показывает два всплеска, хотя на обследуемой поверхности (нижний рисунок) внутри эллипса, образованного атомами кобальта, находится всего один атом кобальта.

СКАНИРУЮЩИЙ СИГНАЛ

Сигнал от атома, расположенного в фокусе эллипса (см. нижнюю часть графика).

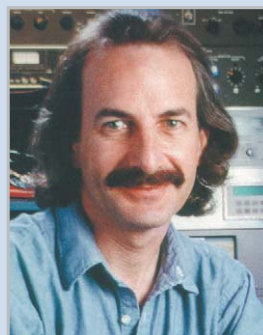
Еще один сигнал, регистрируемый, несмотря на отсутствие атома в данной точке.

ПОВЕРХНОСТЬ

Пленка из атомов меди

В левом фокусе эллипса располагается атом кобальта, а в правом — атома нет.

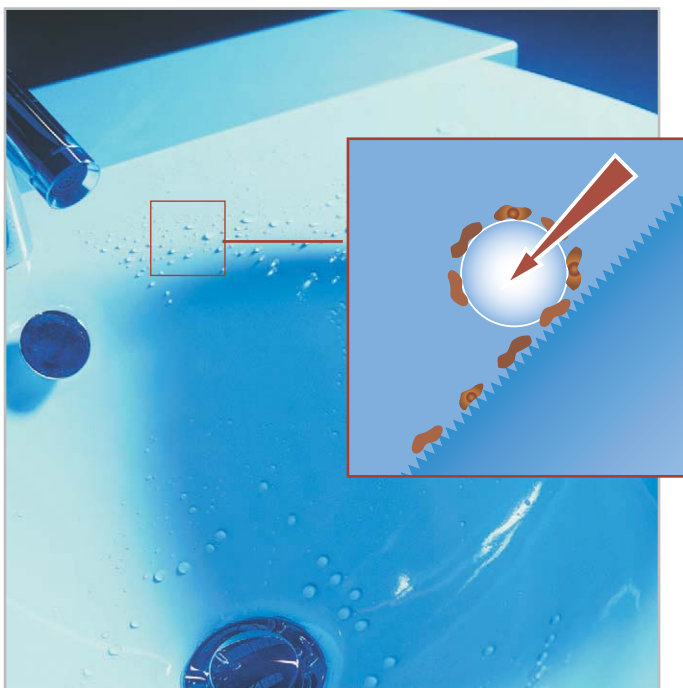
Эллипс, образованный атомами кобальта.



Повелитель атомов: Дону Эйглеру первому из ученых исследовательского центра IBM в Альмадене удалось передвинуть атомы туда, куда он пожелал.

¹Туннельный растровый микроскоп — прибор, основанный на возникновении туннельного тока между поверхностью проводника и металлическим острием, удаленным от нее на расстояние Z (около 0,1 нм). При сканировании за счет изменения расстояния Z можно получить рельеф образца с точностью до размеров атомов и молекул.

²Нанотехнология — совокупность способов и приемов создания функциональных элементов нанометровых размеров на поверхности подложек, в том числе из отдельных молекул и атомов, с возможностью одновременной их визуализации и контроля. (В. К. Неволин. Физические основы туннельно-зондовой нанотехнологии. Учебное пособие).



◀ Подсмотрено у природы: как с листьев лотоса, вода каплями стекает с кухонной раковины. Водоотталкивающая пленка из наночастиц заставляет капельки воды скатываться в сливное отверстие, увлекая за собой частицы грязи

» фекта, возникающего в помещениях с особой архитектурой: сказанное шепотом слово ясно слышимо на другом конце комнаты, в то время как тихий разговор стоящих рядом людей неразличим. Стены и потолок сконструированы таким образом, что фокусируют звуковые колебания в строго определенную точку. В связи с тем, что на квантовом уровне атомы ведут себя подобно звуковым колебаниям, факт фиксации в пустом фокусе эллипса сигнала можно расценить как «шепот» атома кобальта, «слышимый» из другого фокуса.

Практическое применение, по словам Эйглера, данный эффект найдет при передаче информации на наноуровне.

Швейцарская точность и американские материалы

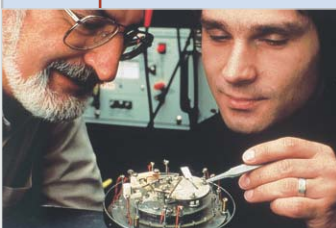
Ученые из исследовательских центров IBM, расположенных в Цюрихе и Альмадене, постоянно помогают друг другу. Так, калифорнийский центр получил из Швейцарии очень нужный

данная технология будет поначалу использовать считывающую и записывающую головки с несколькими иглами. Она найдет применение сначала в миниатюрных мобильных устройствах — таких как наладонники, мобильные телефоны, которые будут оснащаться жесткими дисками емкостью около 10 Гбайт. По всей вероятности, примерно в 2005 году первые устройства подобного типа могут появиться на рынке. В полном объеме потенциал новой технологии смогут использовать серверные машины, на винчестерах которых плотность записи информации будет в 20 раз выше, чем на обычных жестких дисках.

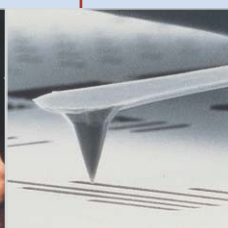
А вообще-то, по словам нобелевского лауреата Герда Биннига, одним из самых привлекательных для него продуктов нанотехнологии мог бы стать нанопроцессор, позволяющий создать простейший компьютер на 20–30 микросхемах атомарной величины, который мог бы использоваться для решения «механически простых» задач. В принципе, через два-три года и эта цель вполне достижима. »

История развития нанотехнологии

1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002



Генрих Рорер и Герд Бинниг создают растровый туннельный микроскоп и впервые с его помощью рассматривают отдельный атом.



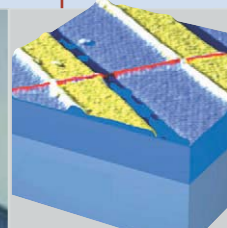
Бинниг разрабатывает растровый атомно-силовой микроскоп, который позволяет рассматривать атомы не только металлов.



Американский исследователь Дон Эйглера размещает атомы на металлической поверхности и делает из них надпись «IBM».



Суомио Иияма из компании NEC открывает углеродные нанотрубки.



Ученые из университета города Делфт (Голландия) создают нанотранзистор.

» **Нос по ветру: как понюхать с помощью консоли**

Проект «Миллипеде» — это не единственное «наследие» растрового микроскопа. Для применения в других областях используют микроминиатюрную упругую пластинку (кантилевер), которая оснащается не иглами, а различными датчиками. Когда под ними располагаются определенные вещества, кантилевер изменяет свою геометрию и генерирует электрический сигнал. Область применения данной технологии — диагностирование и анализ (например, в медицине). Подобное устройство с несколькими кантилеверами можно использовать даже в качестве искусственного «носа» для распознавания запахов.

И если искусственный нос — это дело будущего, то в некоторых областях медицины нанотехнология проникла уже сегодня. Например, созданы и проходят клинические испытания в Европе так называемые гипертермические медикаменты, которые предназначены для борьбы с раковыми заболеваниями.

Области применения нанотехнологий в повседневной жизни могут быть самыми разнообразными. В Германии (г. Саарбрюкен) имеется фирма Nanogate, занимающаяся прикладными аспектами нанотехнологии. Так, в лабораториях этой фирмы идет работа над созданием лобовых стекол, которым не нужны «дворники», очков, стекла которых нельзя поцарапать или разбить, кухонных раковин, к которым не прилипает грязь, и т. д., и т. п. Во всех этих случаях «работают» специальные поверхностные пленки, состоящие из особым образом расположенных наночастиц.

Следующим этапом в исследованиях должно стать создание прозрачных проводников и электродов для жидкокристаллических дисплеев.

Nanogate — это всего лишь одна из тысяч фирм, занимающихся нанотехнологиями. По мнению ученых, в ближайшие пять лет следует ожидать расцвета нанотехнологий в таких областях, как электроника, телекоммуникации, биотехнология. Ученые различных университетов ведут активную работу по поиску альтернативных электронных компонентов на базе нанотехнологий. Эксперты предсказывают, что миниатюризация микросхем, протекающая нынешними темпами, исчерпает себя лет через десять. И тогда на смену классическим чипам, созданным на основе кремния, придут другие — созданные с применением нанотехнологий.



Достижения наших ученых

Нанотехнологии в России

В развитии нанотехнологий мы отстаем от ведущих стран мира, хотя в последнее время интерес к исследованиям в этой области набирает силу. В России регулярно проводятся международные семинары и конференции по проблемам развития нанотехнологий, есть российское Общество сканирующей зондовой микроскопии и нанотехнологии.

Фундаментальные исследования в этой сфере сосредоточены в таких известных научных центрах, как Физико-технический институт им. Иоффе, Институт проблем технологии и микроэлектроники и Физический институт им. Лебедева. К примеру, под руководством лауреата Нобелевской премии Ж. Алферова проводятся работы по наногетероструктурам, получившие широкую известность и международное признание.

В области прикладных исследований выделяются достижения корпорации МДТ, созданной в 1991 году в городе Зеленограде. Дочерняя компания корпорации — НТ-МДТ специализируется на оборудовании для молекулярной технологии — сканирующих зондовых микроскопах (СЗМ), изделиях кремниевой микромеханики для нанотехнологий. На 3-й международной выставке — конгрессе «Высокие технологии, инновации, инвестиции — 98» в Санкт-Петербурге предприятие было признано победителем конкурса научно-технических разработок за проект сканирующего зондового микроскопа для исследования больших пластин. Продукция фирмы находит сбыт в Японии, Италии, Англии, Америке, Китае, Израиле и других странах.

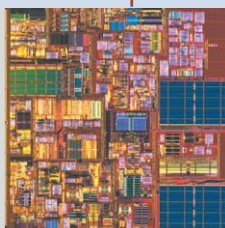
Перспективы, открываемые нанотехнологией, самые широкие, хотя и выглядят сегодня настоящей фантастикой. Например, путешествующий по кровеносным сосудам человека микроскопический аппарат, который способен отыскивать «неисправности» в человеческом организме и самостоятельно их устранять. Или наномеханизмы, построенные из отдельных молекул. Некоторые исследователи всерьез мечтают о самовоспроизводящихся роботах, хотя большинство экспертов сомневаются, что такое когда-либо может быть. Но, как говаривал, бывало, Джеймс Бонд, никогда не говори «никогда». **СНИР**

Будущее нанотехнологии

2003 2004 **2005** 2006 2007 2008 2009 2010 2011 **2012** 2013 2014 **2015** 2016 2017 2018 2019 **2020** 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 **2030** 2031



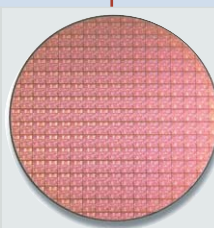
Мобильные телефоны и наладонники будут оснащаться винчестерами емкостью несколько Гбайт.



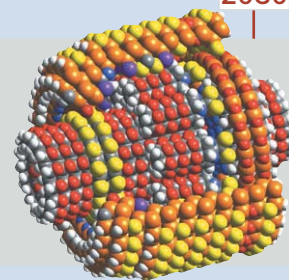
Согласно закону Мура, структуры кремниевых чипов достигнут наноровня.



Трехмерная память будет использовать голографический способ записи информации.



Кремний из компьютеров будет все больше и больше вытесняться полимерами и биополимерами.



Заработает первая наномашина, собранная из отдельных атомов.