

# Нанометровые страсти

Сеньков Олег ([os4506@spb.edu](mailto:os4506@spb.edu))

## Опять IBM отличилась!

Группа ученых из лабораторий IBM в Нью-Йорке и Калифорнии (**IBM Research's laboratories in New York and California**), объединив нанотехнологию с органической химией, в середине марта анонсировала свое новое изобретение – метод получения тонкой пленки с магнитным слоем (см. рис., в нижнем левом углу – масштабная черта, равная 10 нм) из очень крошечных частичек, порядка 4 нм в диаметре, каждая из которых содержит всего несколько тысяч атомов нового соединения – сплава железа и платины, и которые, к тому же, способны к самоорганизации в строгие ряды в определенном порядке.

Это открытие даст возможность, уже в ближайшее время, производить компьютерные жесткие диски и другие системы хранения данных с емкостью более чем в 100 раз большей, чем у сегодняшних, самых «мощных» винчестеров.

Как заявили исследователи, данный метод позволит точно контролировать, как размер частичек, так и их пространственное размещение на поверхности – факторы, которые очень важны для увеличения плотности данных на носителе. Структуры, полученные при помощи этой технологии, способны хранить один бит информации в единственном крошечном магнитном зернышке, в противовес, существующим на сегодняшний день, технологиям, где на один бит информации тратится от нескольких сотен до тысячи зерен.

Чтобы создать эти частички, нанотехнологи из IBM объединили две разных молекулы – карбонил железа и ацетилацетонат платинума (**iron carbonyl and platinum acetylacetonate**) в высокотемпературном растворе. Во время реакции друг с другом эти молекулы обмениваются своими компонентами, - железо и платина, отделяясь от своих органических сегментов молекул, объединяются вместе, сплавляясь в сферические наночастички, приблизительно равных размеров (несколько тысяч атомов). Вокруг растущих зерен образуется пластичный слой их сурфактантных молекул (олеиновая кислота и олеиламин), который физически и магнитно изолирует друг от друга наночастички, помогая им самоорганизоваться в правильные ряды. Дальнейшее нагревание раствора в отсутствие кислорода «запекает» сурфактант, покрывающий каждую частичку, в твердую углеродную корочку. Она удерживает наночастички на одном месте и предохраняет их от коррозии на воздухе. Это нагревание, названное авторами – «отжигом», также является причиной сильных изменений в атомарной структуре зерен, - атомы железа и платины сплавляются так, что их кристаллическая решетка, меняя форму с кубической на тетрагональную, становится способной удерживать свою магнитную ориентацию в пространстве, что является необходимым свойством магнитного материала для записи и перезаписи информации на него.

Эта **FePt**-технология, в сравнении с **CoPtCrB**-технологией, где была достигнута рекордная плотность данных – 35.3 Гбит/дюйм<sup>2</sup>, разработанной в октябре 1999 г. той же IBM, позволит создавать структурные элементы для хранения информации не только с меньшим размером (4 нм против 8.5 нм), но и в 10 раз с более стабильной формой (4нм-технология имеет разброс в размере частичек всего 2.5%, т.е. размеры гранул варьируют от 3.9 до 4.1 нм, 8.5нм-технология же допускает 30% отклонение от 8.5 нанометрового размера, т.е. от 11.05 до 5.95 нм). Так что, все ближе и ближе таррабитный век...

## «Квантовые миражи» и наноэлектроника

Физики из Алмаденского исследовательского центра IBM (Almaden Research Center) открыли новый способ передавать информацию на атомарном уровне, используя естественную волновую природу электронов. Этот новый феномен, названный «квантовый мираж» («**quantum mirage**» effect), даст возможность транспортировать «нули» и «единицы» по нанометровым проводящим цепям.

Как объяснил ведущий исследователь в этом айбизмовском проекте Дональд Айглер (Donald Eigler), название эффекта «квантовый мираж» было выбрано не случайно, дело в том, что ученые смогли добиться проекции информации о состоянии одного атома в соседнюю точку пространства, где вообще атомов нет.

В таких глубоких нанометровых дебрях электроны перестают вести себя как корпускулы, частички, подчиняющиеся классическим законам физики, в них все больше проявляется волновая природа и поведение их меняется на квантово-волновое. По этой причине, нанопроводники уже не могут проводить электроны по законам классической теории, т.е. обычным способом, в виде потока заряженных отрицательно частиц в твердом теле.

Квантовые миражи были открыты тремя физиками – Хари Манохараном (Hari Manoharan), Кристофером Луцом (Christopher Lutz) и Айглером. Они использовали все тот же низкотемпературный сканирующий туннельный микроскоп (scanning tunneling microscope – **STM**), с помощью которого десять лет назад Айглер и Эрхард Швайцер (Erhard Schweizer) первыми написали слово «IBM» тридцатью пятью атомами ксенона.

Чтобы создать эффект квантового миража, исследователи, сначала, разместили несколько десятков атомов кобальта (cobalt) на медной подложке (copper surface) в виде эллиптической цепочки длиной в 20 нм (см. рис.), образовав, так называемые «квантовые рифы», переняв схожесть с коралловыми рифами. Потом инъецировали один намагниченный атом кобальта в один из фокусов эллипса, при этом в точке инъекции атома возникает волновое электронное возмущение, которое, отражаясь от краевых, эллипсных атомов кобальта, порождает мираж, в виде электронного всплеска во втором фокусе эллипса, с интенсивностью возмущения в одну треть от такового, вокруг самого атома кобальта. Электронная плотность и интенсивность в точке миража зависит от квантового состояния атомов, и не зависит от расстояния между фокусами. Принцип действия квантового миража очень схож с законами, по которым световые или звуковые волны фокусируются оптическими линзами, зеркалами, параболическими рефлекторами в одной точке. К примеру, в некоторых зданиях, чаще овальной формы, имеются две, так называемые «точки шепота», в любой из которых, можно слышать звуковой миражи – точные копии слов, произносимых очень тихо в другой такой «точке шепота».

Как заявили авторы, технология квантовых миражей позволит ученым во всем мире проводить очень интересные научные эксперименты, такие как – зондирование свойств атомов и молекул на расстоянии от них, изучение первопричин магнетизма на атомарном уровне, и что очень важно, манипулирование индивидуальными электронами или ядерными спинами.

Но, со слов все тех же авторов, данная методика требует некоторых улучшений и модификаций, чтобы она смогла стать полезным инструментом для зарождающейся наноэлектроники. Так, создание квантовых рифов с помощью STM очень долгий и весьма трудоемкий процесс, остается пока неясным и способ связывания отдельных компонентов квантовых цепей, да и эффективного управления квантовым состоянием атомов тоже пока не придумано. Так что работы еще хватит на всех.

## Кремний + Золото = 0.004-микронная технология

Два инженера из техасского университета в Аустине (**The University of Texas at Austin**, [www.utexas.edu](http://www.utexas.edu)) - Брайн Коргел (Brian Korgel) и Кэйт Джонстон (Keith Johnston), в то время, как наша страна отмечала женский день, объявили всему миру о том, что они совершили революционный прорыв в микроэлектронике, а именно, создали сверх миниатюрный кремниевый проводник (**silicon wire**), используя оригинальный метод, позволяющий создавать новые вещества с новыми свойствами.

На сегодняшний день производители микропроцессорных компонентов работают с топоразами порядка 100-200 нм (0.1-0.2 микрона), новый метод же позволяет создавать проводящие структуры на кремниевой основе размером всего в 4 нм, т.е. в 25-50 раз мельче.

Исследователи смогли создать эти проводящие микродорожки посредством сильного нагревания (до 500° С) и давления (порядка 351 кг на 1 см<sup>2</sup>) атомов кремния связанных с органическими молекулами до тех пор, пока атомы кремния не вырвались из связанного состояния и не сформировали свободные атомы. Это было сделано в присутствии мелких кластеров атомов золота в виде кристаллической решетки или аморфных квантовых капель (100-200 атомов золота).

“Небольшие кванты атомов золота являются теми точками, откуда начинают расти кремниевые нанопроводники,” – говорит Джонстон. Атомы кремния не могут долго оставаться свободными, они либо конgregate друг с другом, либо растворяются, перемешиваются с квантами золотых капель. “Но, к счастью для нас, - объясняет Коргел, - кремний предпочитает растворяться в золотых нанокристаллах, а не в аморфных каплях”. Когда кремний растворяется внутри золотых частичек, и его концентрация внутри них становится достаточно большой, критичной, золото «извергает» из себя атомы кремния наружу в форме очень тонкого валика-проводника. Тонкое место здесь, как говорят исследователи, это возможность формировать из кремния одинаковые по размерам и форме проводники при массовом производстве компонентов чипов.

В нанометровом диапазоне материя приобретает несколько иные свойства, чем в обычном состоянии. Так, например, частички кремния с размером в сотни и больше нанометров не способны эмитировать, испускать свет, а кремневые структуры, на несколько порядков меньше (3-10 нм), уже могут излучать фотоны. Это свойство кремния, может найти применение при создании устройств с сверх высоким разрешением испускания света, таких как, компьютерных мониторах и телевизионных экранах.

Варьируя давлением и температурой можно изменять те или иные свойства кремния. В будущем ученые надеются получить такие нанопроводники, которые смогли бы туннелировать электроны в одном направлении (например, транзисторы), и сейчас, исследователи, экспериментируя со своими первыми образцами, уже пытаются вызвать токи в нанопроводниках, присоединив к ним электроды.