

В этом выпуске:

НАНОСТРУКТУРЫ

Электроны выстраиваются в очередь

Давно известно, что электрический ток переносится отдельными электрическими зарядами. Однако дискретный характер токопереноса непосредственно никогда не наблюдали. Впервые это удалось сделать шведским ученым [1], работа которых основана на специфических особенностях коллектива электронов в низкоразмерных системах, а именно – на кулоновском отталкивании электронов друг от друга. В то время как кулоновское взаимодействие практически не влияет на величину тока в обычном металлическом проводнике с макроскопическими размерами, оно играет определяющую роль в проводимости одномерных наноструктур. Теоретически показано, что при достаточно малой концентрации электронов кулоновское взаимодействие подавляет квантово-механические флуктуации, в результате чего электроны формируют вигнеровский кристалл, располагаясь строго периодически. При инъекции электрического тока I весь этот кристалл должен смещаться “пошагово”, как единое целое, с частотой $f = I / |e|$, где e – заряд электрона. Простейшей структурой, которую можно предложить для демонстрации одноэлектронных осцилляций, является узкий полупроводниковый “канал” конечной длины (рис. 1а). Однако на практике такой эксперимент реализовать очень сложно, поскольку при малой концентрации электронов межэлектронные корреляции разрушаются примесями, а при большой – квантовыми флуктуациями. Найти оптимальное до сих пор никому не удавалось.

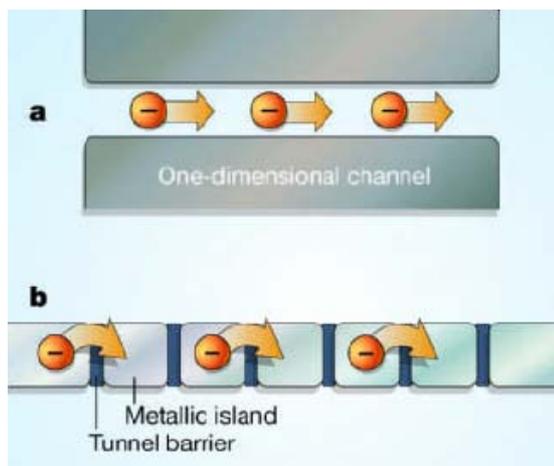


Рис. 1

(а) “Очередь” из электронов в узком канале

(б) Одномерная цепочка туннельных контактов.

По другому пути пошли авторы работы [1], исследовавшие прохождение тока через одномерную цепочку туннельных

контактов – металлических островков, разделенных тонкими диэлектрическими прослойками (рис. 1б). Электрическая емкость островков очень мала из-за их наноскопических размеров. Поэтому, когда на островок попадает хотя бы один электрон, потенциал островка скачком увеличивается, препятствуя перескокам (туннелированию) других электронов на этот островок. Если через цепочку контактов протекает небольшой средний ток I , то процессы туннелирования электронов оказываются разделенными во времени и возникают одноэлектронные осцилляции. В работе [1] использована цепочка из $N = 50$ сверхпроводниковых туннельных контактов с емкостью $C = 0.42$ фФ каждый (см. рис. 2). Эксперимент

И далее ...

- 2 Дайте мне СТМ, и я разорву молекулу...

СВЕРХПРОВОДНИКИ

- 3 Сверхтвердые сверхпроводящие материалы на основе алмаза и нитрида бора

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 3 Декогерентность: ванны личные и ванны коммунальные

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 4 Пряжа из многослойных нанотрубок

ФИНАНСИРОВАНИЕ И РЫНОК

- 5 Портативный синхротронный источник. Что есть что?

- 7 ЦКП «Нанотехнологии в электронике» при МИЭТ'е (Зеленоград)

- 8 Приклейте алмазную пыль

Поставляем наночастицы

проводили при $T = 30\text{мК}$ и $B = 0.475\text{Тл}$. При такой величине поля сверхпроводимость еще не подавлена, но пороговое напряжение для инжекции отдельных электронов меньше, чем для куперовских пар, поэтому процессы одноэлектронного туннелирования являются определяющими. На рис. 3а приведены результаты измерения заряда на одном из островков, полученные в режиме реального времени. Каждый пик соответствует туннелированию на этот островок одного электрона. Соответствующая спектральная плотность имеет максимум при $f = I / |e|$. С ростом температуры этот максимум расплывается, но все же выживает вплоть до $T = 300\text{мК}$.

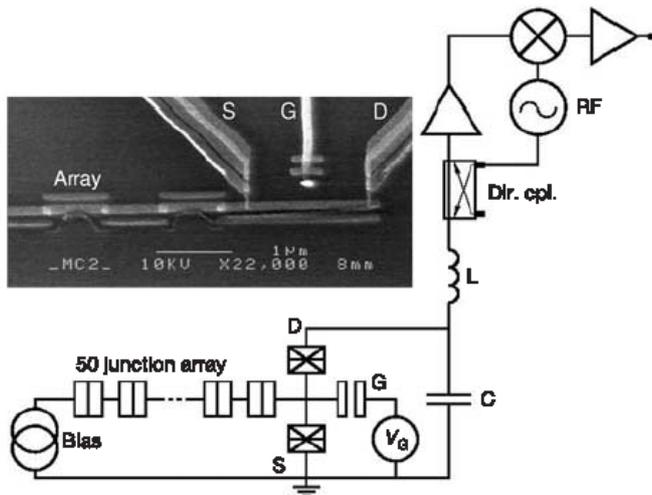


Рис. 2. Фотография образца, полученная методом сканирующей электронной микроскопии, и схема измерений.

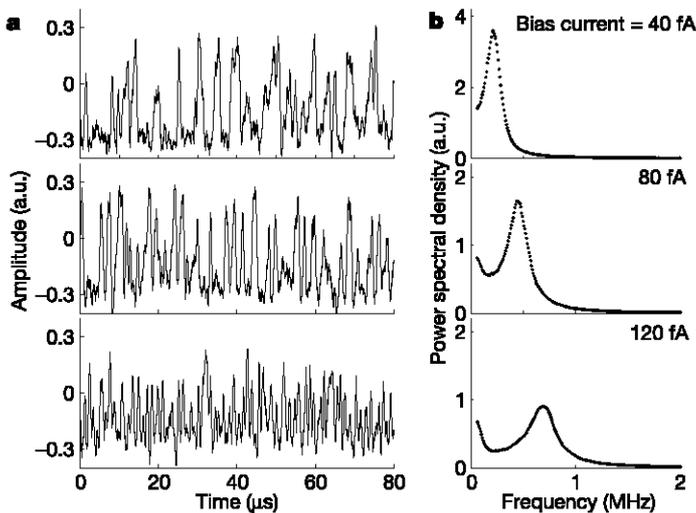


Рис. 3. (а) Подсчет электронов в режиме реального времени при различной величине силы среднего тока I через цепочку туннельных контактов. (б) Соответствующая спектральная плотность.

Эффект одноэлектронных осцилляций при переносе заряда может быть использован как “квантовый стандарт” для определения I с высокой точностью из соотношения $I = f|e|$. Было бы также очень интересно изучить динамику отдельных куперовских

пар в цепочке туннельных контактов, что может пригодиться при конструировании сверхпроводниковых устройств для обработки квантовой информации.

1. J.Bylander et al., *Nature* **434**, 361 (2005).
2. D.V.Averin, *Nature* **434**, 285 (2005).

Дайте мне СТМ, и я разорву молекулу...

Уже давно никого не удивляют сообщения об использовании иглы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) для манипуляций с отдельными атомами на поверхности твердого тела [1]. Более того, путем селективного возбуждения колебательных мод удастся также перемещать отдельные адсорбированные молекулы или инициировать их диссоциацию [2]. Но такие трюки можно проделывать только с очень слабосвязанными атомными и молекулярными системами, и поэтому эксперименты проводятся при низких температурах. Дело в том, что из-за маленькой энергии связи атомов с поверхностью или друг с другом повышение температуры приводит к их неконтролируемому движению из-за обычных тепловых флуктуаций. Системы с сильной связью, напротив, устойчивы к температурным эффектам, но при этом они и воздействию СТМ сопротивляются гораздо сильнее. Английским физикам впервые удалось с помощью СТМ избирательно оторвать атомы хлора от отдельных молекул хлорбензола C_6H_5Cl , адсорбированных на поверхности $Si(111)-7\times 7$ [3] (см. рисунок).

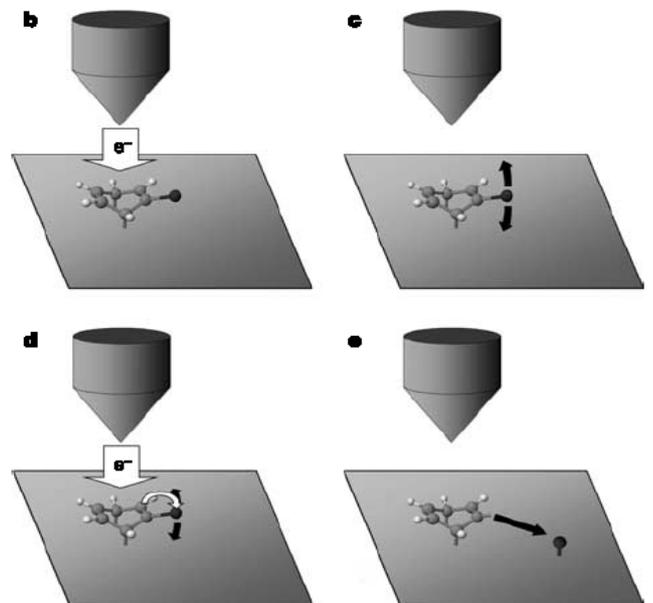


Рис. Динамика диссоциации.

Интересно, что хотя даже один туннелирующий электрон обладает энергией, достаточной для диссоциации молекулы, процесс протекает лишь при туннелировании двух электронов. Авторы [3] объясняют это спецификой взаимодействия электрона с молекулярными колебательными модами.

Л.Опенев

1. D.M.Eigler, E.K.Schweizer, *Nature*, 1990, 344, 524
2. J.I.Pascual, *Nature*, 2003, 423, 525
3. P.A.Sloan, R.E.Palmer, *Nature*, 2005, 434, 367

СВЕРХПРОВОДНИКИ

Сверхтвердые сверхпроводящие материалы на основе алмаза и нитрида бора

Материалы, сочетающие такие свойства, как сверхпроводимость, сверхтвердость и высокую прочность интересны и с научной, и с прикладной точек зрения. Одно из приложений для них – наковальни аппаратов высокого давления для исследования электрических и сверхпроводящих свойств материалов под давлением.

Сотрудники Технологического института сверхтвердых и новых углеродных материалов (Троицк) и МГУ им. М.В.Ломоносова в совместной работе [1] синтезировали такие материалы при высоких статических давлениях (до 7.7ГПа) и температурах (до 2173К) в следующих системах:

- алмаз-Nb ($T_c = 12.6\text{K}$ ($\Delta T = 1.5\text{K}$), H_{c2} (4.2К) = 1.25Тл) - алмазная матрица и сверхпроводящие каналы из карбида ниобия;
- алмаз-Mo ($T_c = 9.3\text{K}$, $\Delta T = 5\text{K}$) – алмазная матрица и сверхпроводящие каналы карбида молибдена;
- алмаз-MgB₂ ($T_c = 37\text{K}$) и кубический нитрид бора (КНБ)-MgB₂ ($T_c = 36.1\text{K}$) – композитные материалы с матрицами из сверхтвердых составляющих (80 мас. %) и каналов и MgB₂.

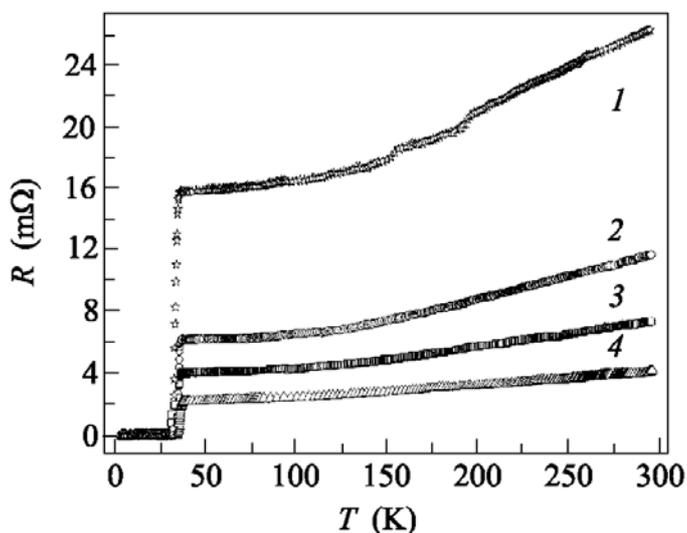


Рис. Температурная зависимость сопротивления образцов композитов КНБ-MgB₂ (1), алмаз-MgB₂ (2), MgB₂ (3), алмаз-Nb-MgB₂ (4).

Каркас изученных композитов, состоящий из КНБ и алмаза, составляющий большую часть объема образца, имеет микротвердость в диапазоне 57-95ГПа, что позволяет использовать их для изготовления конструктивных элементов различных устройств.

1. Письма в ЖЭТФ, 2005, 81, вып. 6, с.323

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Декогерентность: ванны личные и ванны коммунальные

Борьба с декогерентизацией – главная задача в области квантовых компьютеров. В публикациях на эту тему время от времени появляются результаты, которые, казалось бы, напрочь закрывают возможность создания квантового компьютера. Такое потрясение случилось в 1996 году, когда Palma, Suominen и Ekert показали, что разрушение запутанного состояния (entangled state) в системе из N кубитов происходит в N^2 раз быстрее, чем декогерентизация отдельного кубита. Если в квантовом компьютере, который решает практически важные задачи, требуется около 1000 кубитов, то это означает ускорение декогерентизации в миллион раз. Непроста такой тип декогерентизации был назван «супердекогерентизацией». К счастью, потом было показано, что супердекогерентизация не всегда происходит в реалистических системах. В связи с этим можно упомянуть французских и канадских теоретиков, которые недавно установили, что в реалистических системах скорость разрушения запутанного состояния все-таки пропорциональна N , а не N^2 [1]. Это большое утешение, ведь фактически показано, что вероятность возникновения ошибки в квантовом компьютере ведет себя так же, как и в классическом. Правда, наряду с утешением эти же авторы выдвинули утверждение о том, что свободных от декогерентности подпространств (Decoherence Free Subspaces) в реалистических квантовых системах не существует, а ведь возможность создавать и использовать такие подпространства для квантовых вычислений считается до сих пор одним из самых перспективных приемов борьбы с декогерентизацией. Но это отдельный разговор.

Конечно же, в большом потоке публикаций о квантовом компьютере особый интерес вызывают экспериментальные и теоретические работы, которые имеют дело с реальными физическими объектами. Здесь мы упомянем недавнюю экспериментальную работу немецких ученых [2], которая имеет прямое отношение к твердотельному квантовому компьютеру на ядерных спинах. Оказывается, методы ядерного магнитного резонанса (ЯМР) позволяют формировать коррелированное по спину состояние большого числа (порядка нескольких сотен) соседних ядер, а затем следить за разрушением этого состояния с течением времени. Измерения были проведены на порошке адамантана C₁₀H₁₆, названном так за его сходство с алмазом. В роли спиновых кубитов выступали протоны ядер водорода.

В теоретической работе А.Федорова и Л.Федичкина, которые работают в Clarkson University (США), удалось построить модель декогерентизации в этой системе, вызванной взаимодействием магнитных диполей.

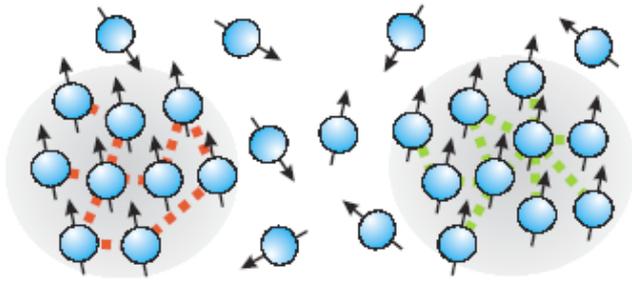


Рис. 1. Два кластера в окружении частично коррелированных спинов.

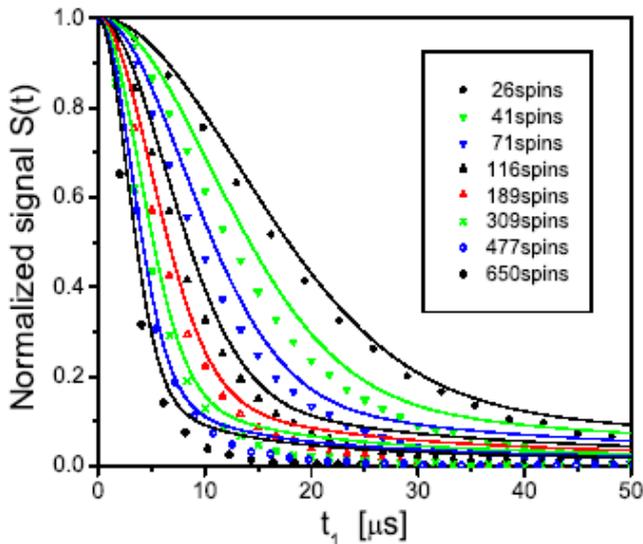


Рис. 2. Разрушение спиновой корреляции в кластере с течением времени.

На рис. 2 показана зависимость сигнала ЯМР от времени, которая демонстрирует распад начального когерентного состояния кластера. Кривые отличаются различным числом ядер в кластере. Сплошные линии, вычисленные по теории, прекрасно согласуются с экспериментальными точками. Главной особенностью этих кривых является наличие двух различных типов декогерентизации. Первый тип декогерентизации, преобладающий на малых временах, очень быстрый. Далее вступает в игру второй тип декогерентизации, который медленно, но верно, полностью устраняет когерентность спинов в кластере. Первый тип декогерентизации обусловлен некоррелированным воздействием на отдельные спины в кластере. Можно сказать, что при этом каждый кубит помещен в свою собственную ванну. Второй тип декогерентизации обусловлен коррелированным воздействием на все спины в кластере в целом. В этом случае можно сказать, что все кубиты помещены в общую ванну. Существование такого рода ослабленной декогерентизации известно. Именно стремление к ней заставляет конструировать т.н. свободные от декогерентизации подпространства в структурах квантового компьютера. Теоретические кривые хорошо описывают экспериментальные точки, если степень корреляции при-

нять равной 0.33, независимо от числа спинов в кластере.

Важным результатом является также и то, что на малых временах, когда декогерентизация еще невелика, а только это и интересно для квантовых компьютеров, вероятность ошибки пропорциональна числу кубитов N , как в классических компьютерах.

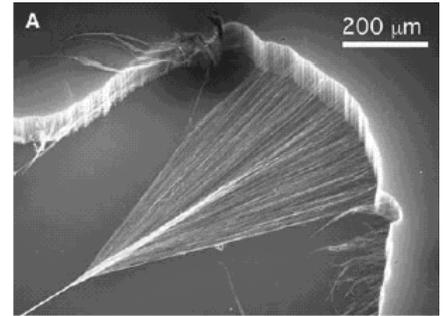
В.Вьюрков

1. *Quant-ph/0411086*, 11 Nov., 2004
2. *Phys.Rev.Lett.* 2004, **93**, 09050
3. *Quant-ph/0502178*, 27 Feb., 2005

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

Пряжа из многослойных нанотрубок

Нити макроскопического размера из углеродных нанотрубок (УНТ) представляют практический интерес из-за хороших электрических и прочностных



характеристик. Однако результаты недавних экспериментов указывают на значительное снижение удельной прочности нити по сравнению с соответствующим показателем для индивидуальной нанотрубки. Это противоречит оценкам, учитывающим упрочняющее действие трения между нанотрубками, составляющими нить. Возможная причина нестыковки - в несовершенстве технологического процесса производства нитей, в котором используют нанотрубки с длиной, соизмеримой с толщиной нити. Существенный прогресс достигнут авторами из NanoTech Inst. (Даллас, США), которые использовали многослойные нанотрубки диаметром ~ 10 нм и длиной ~ 100 мкм, выращенные перпендикулярно поверхности кремниевой подложки методом химического осаждения в виде широкого массива, напоминающего лес (катализатором служила Fe пленка толщиной 5 нм, источником углерода - ацетилен C_2H_2 (5% мол.) в смеси с He , 10-ти минутный синтез проводили при $680^\circ C$).

Процесс получения пряжи из УНТ состоял из нескольких этапов, подобно тому как это делается в классическом текстильном производстве:

- из массива УНТ (диаметром ~ 200 мкм) вытягивали и скручивали нить диаметром ~ 1 мкм (при этом с 1cm^2 подложки, заполненной нанотрубками, удается получить до 50 м такой нити);
- из этой нити скручивали более толстую пряжу с диаметром нити ~ 20 и 50 мкм.

Оценки показывают, что нить диаметром 5 мкм содержит до 100000 индивидуальных нанотрубок, что на 3 – 4 порядка превышает количество отдельных нитей в шерстяной или хлопковой пряже. Линей-

ную плотность исходной нити диаметром $\sim 1\text{мкм}$ оценивают величиной $\sim 10\text{мкг/м}$, что в тысячи раз меньше соответствующего показателя для типичных шерстяных и хлопковых нитей. Объемная плотность скрученной пряжи составляет величину $\sim 0.8\text{г/см}^3$. Прочность на разрыв элементарных нитей находится в пределах 150 - 300МПа. Прочность пряжи, содержащей две скрученные элементарные нити, составляет 250 – 460МПа. Смачивание поливиниловым спиртом повышает прочность на разрыв в 3 – 4 раза.

Отличительная особенность скрученных УНТ нитей - способность сохранять угол скручивания после снятия нагрузки и даже после разрезания нити, обусловленную действием сил трения между нанотрубками в нити, которые препятствуют раскручиванию индивидуальных трубок. Удивительно, но узлы из УНТ нитей не нарушают прочностных характеристик нитей. Смачивание УНТ нитей поливиниловым спиртом придает им высокие электрические характеристики. Так, нити диаметром от 2 до 10мкм имеют удельное сопротивление $\sim 0.003\text{ Омсм}$ при комнатной температуре и имеют отрицательный температурный коэффициент $\sim -0.1\%/К$.

УНТ пряжа и текстильные изделия из нее могут использоваться в медицине, например, для питания искусственных мышц, а также и в других изделиях, где необходим материал, обладающий высокой удельной прочностью в сочетании с пластичностью и электропроводностью.

А.Елецкий

1. *Science* 2004, **306**, 1358

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Портативный синхротронный источник.

Что есть что?

В журнале *Nature* (2005, 434, 8), а вслед за ним на новостных разделах физических сайтов (см. также http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/5_05/index.htm) прошло сообщение о коммерческой разработке японскими исследователями (Yamada и др.) из Ritsumeikan University портативного (диаметр кольца 60см) источника синхротронного излучения *MIRRORCLE-6X* с энергией рентгеновского пучка до 6МэВ. Прокомментировать это сообщение мы попросили одного из ведущих российских разработчиков источников синхротронного излучения Владимира Николаевича Корчуганова (korchuganov@ksrc.kiae.ru).

В чем состоит новый механизм инжекции, заявляемый авторами разработки?

Я бы не сказал, что схема инжекции здесь совсем новая. В качестве источника для инжекции электронов в кольцо синхротрона японцы используют микротрон с энергией электронов 6МэВ. Эмиттер электронов для микротрона (таблетка LaB_6) размещается внутри одиночной ячейки ускоряющего резонатора, а электроны вытягиваются непосредственно ВЧ полем. Микротрон применяется в схемах инжекции уже давно.

Перст, 2005, том 12, выпуск 8

Новым является применение многооборотной инжекции в синхротрон на полуцелом резонансе, возбуждаемом с использованием специального импульсного безжелезного магнита, создающего на некоторой части кольца дополнительное магнитное поле, знак которого меняется при переходе через равновесный радиус орбиты. Эта схема инжекции, по словам авторов, не возмущает циркулирующий пучок.

В традиционном синхротроне электроны инжектируются с малой энергией и ускоряются до некоторой номинальной энергии, затем «выпускаются» в накопительное кольцо. После чего в синхротроне идет обратный процесс – понижение магнитного поля до момента инжекции новой порции электронов, снова следует процесс ускорения, и т.д. - все повторяется циклически.

В японском варианте циклов ускорения нет, просто идет постоянная подкачка инжектируемых электронов (400 раз в секунду), так как время жизни электронов очень мало – десятки миллисекунд. Между циклами инжекции ток в кольце падает примерно на 10% за счет рассеяния на молекулах остаточных газов и на мишени. Для реализации режима работы на «квазипостоянном» токе и требуется постоянная подкачка электронов на номинальной энергии 6 МэВ.

Отличается ли механизм генерации излучения в новом синхротроне от традиционного?

В японском портативном варианте реализуется торсионное излучение электронов при столкновении с тяжелыми ядрами небольшой (микронных или субмикронных размеров) вольфрамовой мишени. Мишень подвешена на тонкой бериллиевой нити и совмещена с центральной орбитой электронного пучка. Ядра бериллия имеют малый атомный номер, а ядра вольфрамовой мишени, вмонтированной в эту нить, – большой, поэтому, так как сечение взаимодействия электрона с ядром пропорционально квадрату атомного номера, основное рассеяние идет на мишени.

Строго говоря, новый японский синхротрон является импульсным источником. Если в традиционном источнике интенсивность излучения можно поддерживать постоянной, то здесь нестабильность интенсивности составляет примерно 10%. Авторы уверяют, что электронный ток можно увеличить (по просьбе пользователей), в чем я очень сомневаюсь, из-за многих эффектов, о которых в статье авторов просто не упоминается. Это, например, увеличение с ростом тока поперечных размеров пучка по отношению к размеру собственно мишени. Из-за увеличения амплитуды бетатронных колебаний частота взаимодействия падает. В статье авторов некоторые данные по интенсивности - противоречивы. Так, авторы утверждают, что генерируется 10^9 фотонов в секунду в полосе 0.1% со средней энергией 50 кэВ. Но это на несколько порядков меньше, чем на накопителе Сибирь-2 в Курчатовском центре СИ. К тому же, в накопителе время жизни не 10-20мс, как у японцев, а 20 часов при постоянном токе 100мА

при энергии электронного пучка 2.5ГэВ. Такое длительное постоянство тока после акта инжекции позволяет проводить эксперимент в непрерывном режиме.

Заявляемые японскими авторами основные преимущества заключаются в рекордно малом размере источника (вольфрамовая проволока длиной 0.1мм и диаметром 10мкм вмонтирована в бериллиевую нить диаметром 50мкм) и большом угловом «раскрытии» пучка излучения ($\pm 5^\circ$). Это позволяет помещать крупные по размерам объекты исследования недалеко от источника, и получать их прецизионную фотографию (проекцию) в рентгеновском диапазоне с высоким пространственным разрешением. С другой стороны, излучение такого источника, в принципе, можно сфокусировать в пятно с микронными размерами. Именно в этом заключаются дополнительные возможности нового источника СИ в сравнении с традиционными.

Что касается портативности, то она условна – имеется два устройства (микротрон и собственно синхротрон) весом по полтонны, между которыми – вакуумный канал перепуска электронов из одного устройства в другое. Кроме того, имеется и клистронная станция, и некоторое другое оборудование для поддержания работы. Я бы сказал, что эта машина – не портативная, а скорее компактная.

Какую длину волны обеспечивает новый «японец» и как она регулируется?

Тормозное излучение имеет широкий спектр излучения, простирающийся от нулевых величин энергии фотона до максимальных, соответствующих энергии электрона (здесь до 6МэВ), при этом спектральная плотность интенсивности зависит обратно от энергии излучаемых фотонов. Чтобы вырезать некоторый диапазон, важный для конкретной задачи, требуется специальная, но уже существующая техника (оптика) – брэгговские монохроматоры (для вырезания спектра в полосе 10^{-3} - 10^{-4} длин волн) или многослойные зеркала, работающие в более длинноволновой части спектра. А в части спектра, где речь идет об энергии фотонов в области МэВ, практически нет возможности сепарировать спектр по энергии, нет соответствующей оптики.

Насколько большой диапазон применений у такого синхротрона? Возможно ли решение каких-либо технологических задач?

Согласно авторам, все три имеющихся порта для вывода излучения на установке *MIRRORCLE-6X* предназначаются для рентгеновской кристаллографии, рентгеновской микроскопии, рентгеновского флуоресцентного анализа и получения рентгеновских изображений. Причем каналы для рентгеновской микроскопии и рентгеновской кристаллографии оборудуются фокусирующим элементом, выполненным из многослойной сборки, состоящей из восьми концентрических цилиндрических зеркал.

Получены рентгеновские изображения больших объектов с пространственным разрешением порядка микрона. Кроме того, показано, что это пространственное разрешение сохраняется при фиксации рентгеновского изображения объекта на большом удалении от источника, получая при этом большое (в разы) пространственное увеличение.

Пока речь идет о просвечивании достаточно габаритных объектов, например, возможно использование на таможенных порталах, или для обнаружения в образцах стали на большой глубине под поверхностью каких-либо каверн. О наноструктурных объектах речь пока даже не идет. Однако, нельзя и преуменьшать важность подобной разработки. С быстро растущим числом приборов high technology уже не спрос рождает предложение, а предложение рождает спрос. Уровень новых разработок настолько высок, что сразу определить широту их применений, как правило, не удастся, всегда со временем найдется что-то, о чем в данную минуту мы не подозреваем.

В России кто-либо работает над новыми принципами получения СИ, над портативными вариантами синхротронных источников?

Я знаю, что портативными устройствами такого масштаба («синхротронами в чемодане») занимались в Томском политехническом институте. Были неплохие результаты, на них была даже поставлена метрология. В НИЯФ МГУ под руководством И.С. Панасюка лет 25 назад делали отпаянные стеклянные «бублики» (торы), в которых применялась специальная схема инжекции – пучок инжектировался в тор и там достаточно долго жил во внешнем магнитном поле. Такой синхротрон предназначался для использования в качестве эталона излучения, близкого к излучению абсолютно черного тела.

До коммерческих вариантов дело не дошло?

Все определяется состоянием внутреннего рынка. Поскольку Россия еще не вышла из ледникового периода и в промышленности, и в науке, то нет и мотивированной ориентации на коммерческие разработки.

Прокомментируйте, пожалуйста, разработки компактного синхротрона с лазерным ускорением электронов?

Американский ученый Рональд Рут (Ronald Ruth) разрабатывает синхротрон (Compact Light Source) с диаметром накопительного кольца несколько метров и энергией электронного пучка 25МэВ для получения рентгеновского излучения в диапазоне энергий фотонов от 5 до 35кэВ. Мне эта разработка кажется перспективной и интересной (во всяком случае, классической и хорошо понятной). В ней принципиально формируется стабильный пучок со стабильным расположением в пространстве и приличным временем жизни электронов, а значит и излучения, что характерно и для современных больших синхротронных источников. Но есть и свои ускорительные сложности.

Принцип, заложенный в основу, достаточно прост – это получение излучения за счет обратного комптоновского рассеяния. Для этого используются лазерное излучение и два оптических зеркала в качестве резонатора для накачки фотонного пучка. Часть орбиты электронного пучка проходит по оси резонатора. Фотоны, летящие навстречу пучку электронов, рассеиваются в направлении движения электронного пучка, при этом их энергия увеличивается максимально в $4\gamma^2$ раз, где $\gamma \sim 50$ – релятивистский фактор. Конечно, такой ускоритель будет иметь все ускорительные проблемы, вытекающие из слабого радиационного затухания и, следовательно, из высокой чувствительности к резонансным и коллективным возбуждениям, приводящим к увеличению размеров электронного пучка и малому времени жизни.

Получить поток жесткого рентгеновского излучения в описанной схеме можно и на Курчатовском накопителе «Сибирь 2» – осветить на электронный пучок лазером и иметь постоянный достаточно интенсивный пучок комптоновских гамма квантов. Для того, чтобы электронный пучок оставался жить при возникающем рассеянии, требуется специальный подбор длины волны налетающего фотонного луча таким образом, чтобы импульс отдачи не выбивал электроны с орбиты. В этом случае без существенной порчи времени жизни пучка можно достигать энергии излучения в диапазоне 20-50 МэВ. В принципе, для такой задачи в экспериментальном зале Курчатовского центра СИ предусмотрены площади и проведена проработка установки «Обратный Комптон».

Можно ли сейчас или в близком будущем считать портативные варианты конкурентами больших синхротронов?

Ни при каких условиях. Конечно, и японский, и американский варианты представляют несомненный интерес для частных применений, но ни тот, ни другой не являются сколько-нибудь серьезным конкурентом современным большим источникам СИ, объединяющим большие научные сообщества. В то же время, в силу своей компактности, без сомнения, они с успехом будут играть дополнительную роль, особенно в жестком спектральном диапазоне.

ЦКП «Нанотехнологии в электронике» при МИЭТ'е (Зеленоград)

30 марта с.г. в МИЭТ'е состоялось открытие актуального в наши дни Центра коллективного пользования «Нанотехнологии в электронике» (ЦКП НЭ), на котором выступили ректор МИЭТ'а Ю.А. Чаплыгин, ген. директор компании МД НДТ В.А. Быков, руководитель ЦКП НЭ В.К. Неволин.

В оснащении Центра - 7 учебных зондовых микроскопа (2 из них - образцы 1993 года, изготовленные собственными силами МИЭТ'а и до сих пор успешно противостоящие студентам) и 4 профессиональных атомно-силовых микроскопа линии Solver P47, поставленных зеленоградской компанией «НТ

МДТ». По числу зондовых микроскопов в одном подразделении (всего 11) Центр занимает, по видимому, ведущее место в России, и это ко многому обязывает.

А все начиналось 20 лет назад, в 1985 году, когда сначала были сделаны расчеты, а потом построен первый в стране сканирующий туннельный микроскоп, предназначенный для технологических исследований. Далее пришло признание - образовалась научная группа, а затем и лаборатория туннельной микроскопии и нанотехнологии. За прошедшее время получено более 10 авторских свидетельств и патентов на различные зондовые нанотехнологии и устройства для их осуществления.

В марте 1999 года был создан Учебно-научный центр зондовой микроскопии и нанотехнологии, для которого компания «НТ МДТ» сделала щедрый подарок - атомно-силовой микроскоп P47. На этом и других микроскопах получены, на наш взгляд, уникальные результаты:

- созданы зондовыми методами молекулярные микропроводники в полимерной матрице, проявляющие спонтанное квантование проводимости при комнатных температурах (1989 г.);
- на их основе изготовлены и исследованы экспериментальные образцы нанодипольных и ограничителей тока;
- как шаг к созданию молекулярных нанотранзисторов ведутся исследования молекулярных переключателей с коммутируемыми токами до 100 мА;
- на пути к созданию дискретных элементов СВЧ-нанoeлектроники методами зондовой литографии по анодоокисляемым металлическим пленкам нанометровой толщины изготавливаются и исследуются квазиодномерные танталовые микропроводники, проводимость которых управляется поперечным электрическим полем;
- на пучках одностенных углеродных нанотрубок созданы экспериментальные образцы элементов с наноразмерными активными областями, в том числе, нанотранзисторы *p*-типа, нановаристоры, логические ключи;
- приступили к созданию «электронного носа» на углеродных нанотрубках для измерения и исследования химических веществ различной природы, находящихся в воздухе.

В ЦКП НЭ будет поддерживаться обучение студентов и аспирантов по недавно открытой специальности «нанотехнологии в электронике». Начата стажировка аспирантов из других вузов. Для группы студентов всех факультетов МИЭТ прочитан ознакомительный курс основ зондовой нанотехнологии с демонстрационными лабораторными работами. В апреле-мае с.г. планируем провести ознакомительные занятия со школьниками из зеленоградского

лица. Подготовлена и в ближайшее время будет издана в издательстве «Техносфера» монография «Зондовые нанотехнологии в электронике».

Присоединяйтесь к нам, приходите и убедитесь, что Вы находитесь в одном из ведущих центров России по зондовой нанотехнологии, что зондовые нанотехнологии это поле приложения сил для молодых, желающих добиться личного успеха и принести пользу Отечеству.

Контакт: Руководитель ЦКП НЭ,
проф. Владимир Кириллович Неволин
E-mail: vkn@miee.ru
Тел. (095) 532-72-41

Приклейте алмазную пыль

Алмазные покрытия могут сделать материалы более прочными и износостойкими, например, сверхпрочные волокна из тонких металлических проводочек с алмазным покрытием являются компонентом современных композиционных материалов. Авторы работы [1] продвинулись в разработке «мокрого химического» метода для формирования алмазных пленок при более мягких условиях, чем

те, которые используют традиционно (как правило, химическое осаждение из паров углеродсодержащих соединений при высоких (выше 1000 К) температурах и в высоком вакууме).

Новый подход состоит в химическом «приклеивании» наночастиц алмаза к подложке (в эксперименте использовали стеклянные подложки, но возможен очень широкий спектр материалов подложки). В основе метода лежат исследования авторов последних лет, показавшие, что в результате нагрева алмазных нанопорошков в смеси фтора и водорода поверхность нанопорошков фторируется. В свою очередь поверхность подложки обработана алкоксисиланами, содержащими аминогруппы. Силановая группа «приклеивается» к стеклу, а аминогруппы ковалентно связываются с атомами фтора на поверхности алмазных нанопорошков, создавая прочное покрытие из наночастиц.

Новая технология может сделать алмазные покрытия тривиальным и высокоэкономичным делом.

1. J. Am. Chem. Soc. 2005, 127, 3712

Поставляем наночастицы

Лаборатория производит и поставляет образцы **наночастиц (размеры от 2-х до 10нм)** следующего состава:

- магнитные (*Fe, Co, FeCo, FePt, γ -Fe₂O₃* и другие);
- магнитные наномаркеры для биомедицинских исследований с *-COOH* и другими функциональными группами на поверхности;
- полупроводниковые (*CdS, CdSe, PbS, ZnS* и другие квантовые точки);
- благородные металлы (*Au, Pd* и другие)

По желанию заказчика **наночастицы** могут быть приготовлены в виде растворов (в воде или органических растворителях) или в полимерных матрицах различного состава.

Поставляемые образцы **наночастиц** охарактеризованы ТЭМ, РФА, ИК.

Контакт

Надежда Анатольевна Катаева

e-mail: nanoparticles@mail.ru

Тел. (095) 954-71-36

Экспресс-бюллетень ПерсТ выходит при поддержке Федерального агентства по науке и инновациям РФ, Научных Советов Российских научно-технических программ:

“Актуальные направления в физике конденсированных сред”,
“Перспективные технологии и устройства микро- и нанoeлектроники”, “Физика твердотельных наноструктур”

Редактор: С.Корецкая тел: (095) 930 3389, e-mail: stk@issp.ras.ru

Научный консультант: К.Кугель e-mail: kugel@orc.ru

В подготовке выпуска принимали участие:

В.Вьюрков, А.Елецкий, Ю.Метлин, Л.Опенов

Компьютерный ввод, макет: И.Фурлетова

Ответственный за тираж: Ю.Мухин

Адрес редакции: 119296 Москва, Ленинский проспект, 64^а