

Рис. 1. Спектроскопическое изображение монослоя графена вблизи его границы: *a* – без обработки, *b* – положения атомов помечены кружками (стрелки указывают на однократно, двукратно и трехкратно координированные атомы, длина масштабной линейки 0.5 нм), *c* – атомные конфигурации, *d* – спектры атомов с различными координационными числами.

Интересно, что при отходе от границы спектры меняются не резко: существует переходная область шириной около 1.5 нм, в которой наличие границы еще сказывается на электронных состояниях (а значит – и на межатомных связях). Это важно для понимания свойств очень узких графеновых нанолент. Используемая в [1] методика пригодна для изучения локальных электронных характеристик не только твердотельных наноструктур, но и отдельных молекул.

1. K.Suenaga, M.Koshino, *Nature* **468**, 1088 (2010).

СПИНТРОНИКА

Транзистор на спиновом эффекте Холла

Исследования по таким направлениям полупроводниковой спинтроники, как спиновый транзистор и спиновый эффект Холла до сих пор проводились независимо друг от друга [1]. В работе [2] (Великобритания, Чехия, США) они объединены воедино: из гетероструктуры AlGaAs/GaAs изготовлен спиновый транзистор, в котором для регистрации спинового тока использован эффект Холла, опять же спиновый. Инжекция спинов осуществлялась путем воздействия сфокусированного поляризованного лазерного излучения (то есть без ферромагнитных контактов), а их прецессия, индуцированная спин-орбитальным взаимодействием, контролировалась электрически посредством управляющих электродов. Открытие и закрытие канала для спинового тока имело место при напряжении менее 1 В. Для канала с двумя электродами была, в частности, реализована логическая операция AND. Хотя в [2] представлены результаты, полученные при $T = 4$ К, авторы утверждают, что их устройство работает и при более высоких температурах.

1. I. Žutić et al., *Rev. Mod. Phys.* **76**, 323 (2004).

2. J.Wunderlich et al., *Science* **330**, 180 (2010).

СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Новые мечты о настольном синхротроне

Рентгеновское синхротронное излучение (СИ) однозначно доказало свое преимущество перед излучением из рентгеновских трубок по своим возможностям в многочисленных областях науки и производства. Однако необходимость строить специальные ускорители для получения СИ резко ограничивает число потенциальных пользователей по сравнению с достаточно дешевыми рентгеновскими трубками. Попытки заполнить диапазоны между трубками и ускорителями в виде создания компактного и относительно недорогого “настольного” синхротрона предпринимались не один раз (см. ПерсТ [1]). Благодаря прогрессу ускорительной и лазерной техники возникла реальная возможность создания лазерно-электронного генератора СИ, в котором используется компактный сильноточный электронный ускоритель и лазер, испускающий интенсивные световые импульсы (см. обзор [2]). Само излучение возникает вследствие рассеяния фотонов на электронном пучке (комptonовское или томсоновское рассеяние). В недавней работе [3] международная группа из Англии, Франции, Португалии и США продемонстрировала работу подобного источника с перестройкой СИ в диапазоне 1-100 кЭВ с яркостью в 1000 раз большей, чем у предшественников. Правда, чтобы назвать такую машину настольной, требуется ну очень большой стол (~100 м²). Сравнительные характеристики различных источников СИ приведены в таблице.

Согласно [2], характеристики излучения лазерно-ускорительного генератора создают хорошую перспективу для его оснащения многофункциональным оборудованием, позволяющим реализовать в одном центре многие методы по исследованию рентгеновских спектров и рентгеновского рассеяния.

Характеристики различных источников рентгеновского излучения
(все числа приближительные)

Источник	Яркости источников рентгеновского излучения, фот/(с·мм ² ·мрад ²)	Возможность перестройки по энергии	Колимированность и поляризация излучения	Площадь, занимаемая установкой, м ²	Количество станций на установке, шт.	Стоимость (порядок величины), Млн. \$
Рентгеновская трубка	10 ⁸	нет	нет	1	1	0.01-0.1
Лазерно-электронный генератор	10 ¹²	есть	есть	100	1-3	1-10
Источник СИ третьего поколения	10 ¹⁸ – 10 ²⁰	есть	есть	10000	20-50	100

С.Овчинников

1. *Перст* **11**, вып. **9**, с. **5** (2004).
2. И.А.Артюков и др., *Препринт НИИЯФ МГУ № 7/806* (2006); <http://dbserv.sinp.msu.ru:8080/sinp/files/pp-806.pdf>
3. S.Kneip et al., *Nature Phys.* **6**, 980 (2010).

ФУЛЛЕРЕНА И НАНОТРУБКИ

Ионная диффузия в плотноупакованном комплексе из углеродных нанотрубок

В этом году исполняется двадцать лет с момента открытия новой аллотропной формы углерода – столь популярных теперь углеродных нанотрубок. В ноябре далекого 1991 в *Nature* появилась статья S. Iijima о первом синтезе этих уникальных объектов наномира [1]. И с тех пор интерес к углеродным нанотрубкам не угасает, а Iijima, теперь уже возглавляя целый исследовательский центр в Цукубе (Nanotube Research Center), продолжает публиковать интересные работы. В центре внимания одной из последних статей [2], где он выступает соавтором, оказался пористый наноматериал, полученный из распрямленных одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ). Из него были изготовлены электроды электрохимических конденсаторов, т.е. устройств, где накопление заряда происходит в двойном электрическом слое на границе электронного проводника и электролита. За счет улучшенного ионного транспорта такие электроды оказываются гораздо более эффективными, чем, ставшие уже традиционными, электроды из активированного углеродного волокна (АУ-электроды).

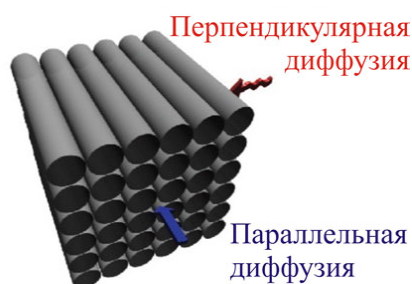


Рис. 1. Схематическое изображение плотноупакованного комплекса из одностенных углеродных нанотрубок.

Сами образцы представляли собой плотноупакованный комплекс (плотность = 0.5 г/см³), состоящий из одностенных нанотрубок со средним диаметром 2.6 нм (рис. 1), выстроенных вдоль выделенного направления. Расстояние между нанотрубками по результатам рентгеновской дифракции варьировалось от 4 до 16 нм, а эффективный диаметр пор между упакованными ОУНТ составил около 3 нм. Данные комплексы использовались авторами в качестве мембран между отсеками электролита и растворителя (см. вставку на рис. 2), а ионная проводимость измеряли на отсеке растворителя и переводили в концентрацию с помощью калибровочной кривой. Для расчета коэффициента диффузии использовали первый закон Фика. Для сравнения, авторы провели соответствующие измерения для коммерческих АУ-электродов, отметив, что их плотность соответствует плотности ОУНТ комплексов.

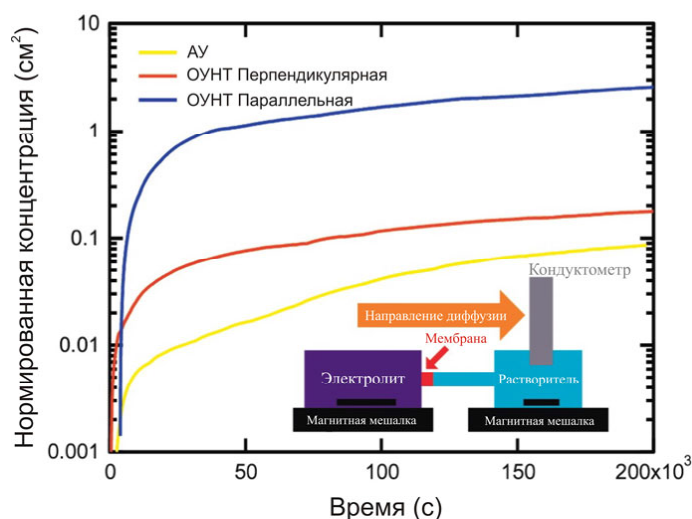


Рис. 2. Зависимости “концентрация-время” для ОУНТ комплексов в параллельной (отмечены синим цветом) и перпендикулярной (отмечены красным) конфигурации и для АУ-электродов (отмечены желтым).

На рис. 2 показаны полученные зависимости нормированной концентрации от времени для ОУНТ образцов с параллельной и перпендикулярной ориентацией, а также для АУ-электродов. В результате