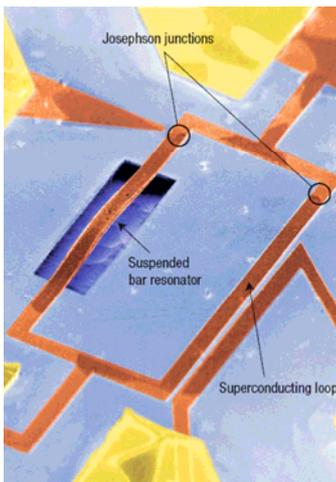


В этом выпуске:

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Новая жизнь СКВИДов

Сверхпроводящее квантовое интерференционное устройство (СКВИД) представляет собой замкнутый сверхпроводящий контур с двумя диэлектрическими барьерами – джозефсоновскими контактами, через которые могут туннелировать как отдельные электроны, так и куперовские пары. При силе тока меньше критической величины I_c ток через джозефсоновский контакт переносят только куперовские пары, а при $I > I_c$ в переносе тока участвуют также и нормальные электроны, что приводит к возникновению электрического напряжения, которое зависит от потока магнитного поля через площадь контура. Этот эффект используется для изготовления датчиков магнитного поля, чувствительность которых настолько высока, что они способны регистрировать магнитные потоки во много раз меньше одного кванта потока $\Phi_0 = h/2e = 2.07$ фТл·м².



Механический резонатор, интегрированный в петлю СКВИДа.

В работе [1] предложена новая область применения СКВИДов – для измерения (тоже сверхчувствительного) смещений физических объектов. Основная идея основана опять же на регистрации изменения магнитного потока через петлю СКВИДа, которое на сей раз происходит при изменении положения интегрированного в эту петлю объекта. В работе [1] роль такого объекта выполнял гибкий язычок механического резонатора (см. рис.). Авторам [1] удалось зафиксировать его смещения на 10^{-13} м, что близко к величине амплитуды нулевых (квантовых) колебаний. И это еще не предел: чувствительность устройства можно повысить, если использовать специальное приспособление для подавления шума.

И это еще не предел: чувствительность устройства можно повысить, если использовать специальное приспособление для подавления шума.

Л. Опенов

1. S.Etaki et al., Nature Phys. 4, 785 (2008).

Однополярная пара

Основой современных логических схем на кремниевых полевых транзисторах являются инверторы на основе т.н. КМОП (комплементарный металл-оксид-полупроводник) пары. Один из транзисторов в паре имеет n-проводящий канал, а другой p-проводящий. При подаче положительного напряжения на вход (V_{in}) на выходе (V_{out}) возникает отрицательное напряжение, и наоборот. В двух логических состояниях пары один из транзисторов закрыт, а другой открыт. Протекает только ток утечки, который очень мал. Энергия тратится в основном на переключение. Естественно, свойства пары определяются самым плохим транзистором, а таковым является r-канальный транзистор. Из-за большой эффективной массы дырок в нем маленькая подвижность, а значит, и ток открытого состояния,

И далее ...

СВЕРХПРОВОДНИКИ

- 2 Взаимосвязь сверхпроводящего и магнитного переходов в CeCoIn5

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ, НАНОЭЛЕКТРОНИКА

- 3 Колонный зал для водорода

СПИНТРОНИКА

- 4 Сила алмаза – в дефектах
5 Магнитная запись с помощью электрического поля

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 6 Эксперимент наконец-то подтвердил экстраординарную прочность нанотрубок
Бумага из нанотрубок методом прокатки

- 8 Изображение углеродных нанотрубок с атомным разрешением

Упрочнение сталей с помощью фуллеренов

ФИНАНСИРОВАНИЕ И РЫНОК

- 8 Абу-Даби построит свое будущее на песке

9 КОНФЕРЕНЦИИ

10 НОВЫЕ ИЗДАНИЯ

что определяет быстродействие. Подвижность дырок примерно в 2-3 раза меньше подвижности электронов.

Профессор Т.Р.Ма из Yale University (США) предложил аналог КМОП пары на основе двух n-канальных транзисторов, сформированных на подложке «кремний на изоляторе» [1]. На рис. 1 представлена схема инвертора. Знакомые с такой схемой на КМОП паре могут попытаться самостоятельно найти несколько отличий. Мы же дальше подсказем. Во-первых, оба транзистора n-канальные. Во-вторых, имеется нижний общий затвор. Автор предлагает его делать из слоя сильнолегированного кремния (n^+). В третьих, в правом транзисторе правый спейсер (изолирующий зазор между верхним затвором и контактом стока n^+) заглублен. Четвертая особенность не очень просматривается на рисунке. В левом транзисторе слева изолирующий слой SiO_2 (Box) должен быть приподнят. При подаче положительного напряжения на верхние затворы (V_{in}) инверсионный проводящий канал в обоих транзисторах образуется сверху (Front channel), однако ток в правом транзисторе блокируется слегка сдвинутым вниз спейсером. При подаче отрицательного напряжения V_{in} проводящий канал образуется снизу (back channel), но в этом случае ток левого транзистора блокируется приподнятым изолирующим слоем. Таким образом, описаны два логических состояния пары.

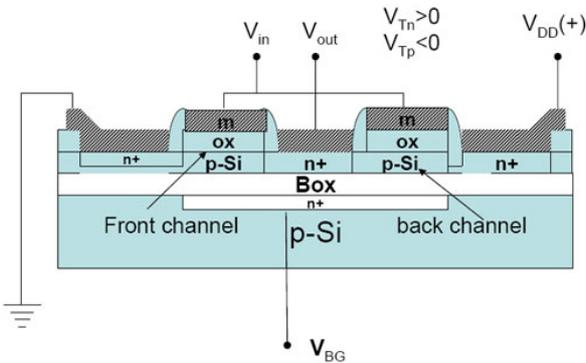


Рис. 1. Схема инвертора на основе двух n-канальных транзисторов

Предложение, безусловно, неожиданное и интересное, но сразу на него набрасываться не стоит. Надо подумать, ведь если даже толком нарисовать схему оказалось трудновато, то какие могут возникнуть технологические проблемы при изготовлении такой структуры.

В.Вьюрков

1. <http://www.semiconductor.net/article/CA6602780.html?q=ma>

СВЕРХПРОВОДНИКИ

Взаимосвязь сверхпроводящего и магнитного переходов в CeCoIn_5

Критическая температура сверхпроводника CeCoIn_5 , в котором носителями заряда являются так

называемые тяжелые фермионы, составляет около 3 К при нормальном давлении. В нем имеются сильные антиферромагнитные корреляции, а параметр сверхпроводящего порядка предположительно d-волновой. Преобладает точка зрения, что куперовское спаривание обусловлено взаимодействием электронов с магнитными флуктуациями. Имеются свидетельства наличия в CeCoIn_5 второй сверхпроводящей фазы (так называемой Q-фазы) в сильном (близком к H_{c2}) магнитном поле при $T < 0.3$ К (см. рис.). Высказывалось предположение, что Q-фаза представляет собой не что иное, как предсказанное Фулде, Ферреллом, Ларкиным и Овчинниковым (FFLO) состояние с ненулевым импульсом пар.

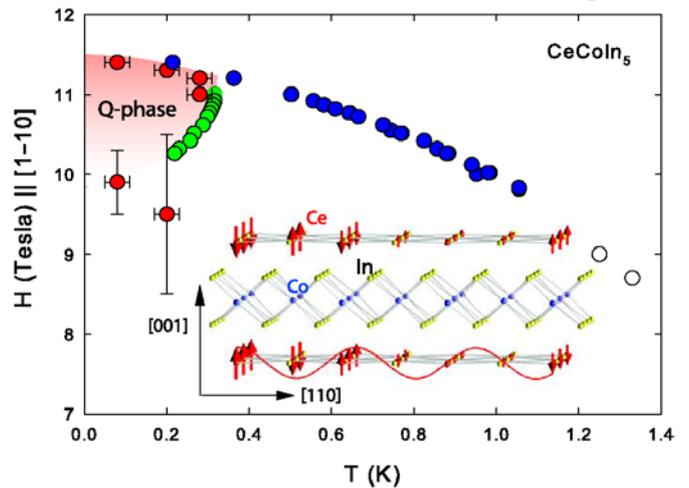


Рис. H-T фазовая диаграмма CeCoIn_5 . Синие и незакрашенные кружки отвечают переходу первого и второго рода, соответственно, из сверхпроводящего состояния в нормальное. Зеленые кружки отвечают переходу второго рода из одной сверхпроводящей фазы в другую. Красные кружки – начало магнитного перехода по данным [1]. На вставке – магнитная структура CeCoIn_5 при $T = 60$ мК и $H = 11$ Тл. Красные стрелки – направления локальных магнитных моментов ионов Ce^{3+} . Желтые кружки – атомы In, синие кружки – атомы Co.

Близость сверхпроводимости к магнетизму вообще характерна для тяжелофермионных сверхпроводников. Но, как показано в работе [1], соединение CeCoIn_5 выделяется из общего ряда тем, что в нем сверхпроводящий и магнитный порядок не просто сосуществуют: в Q-фазе сверхпроводимость является необходимым условием магнетизма, при повышении H до H_{c2} вместе со сверхпроводимостью исчезает и дальний магнитный порядок. Это говорит о том, что параметр порядка в Q-фазе представляет собой, по-видимому, сложную суперпозицию параметров сверхпроводящего и магнитного порядка. Анализ экспериментальных данных показал, что импульс куперовских пар в Q-фазе действительно отличен от нуля, но не зависит от H (в отличие от предсказаний теории FFLO).

Л.Опенев

1. M.Kenzelmann et al., Science 321, 1652 (2008).

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ, НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Колонный зал для водорода

Хранение водорода все ещё остается узким местом при переходе к водородной энергетике и, в особенности, к транспорту на водороде. В основном водород хранят в жидком виде или газообразном под давлением. Однако не прекращаются поиски новых эффективных материалов – аккумуляторов водорода. В августе этого года Министерство энергетики США объявило о вложении в соответствующие исследования 15,3 миллионов долларов на 5 лет. Было отобрано 10 проектов, среди которых изучение и создание нанопористых сорбентов, углеродных материалов с высокой удельной поверхностью [1]. Действительно, ученые в разных странах по-прежнему считают, что идеальными кандидатами для хранения водорода могут быть новые углеродные материалы, и продолжают раскрывать их возможности. Особенно активны теоретики. Результаты работ [2-4] показали, что открытые недавно углеродные «наносвитки» (рис.1) способны абсорбировать водород в заметных количествах, особенно после введения добавок щелочных металлов, которые «раздвигают» поверхности в наносвитке.



Рис.1. Углеродные наносвитки – аккумуляторы водорода [3]

При увеличении межслоевого расстояния от примерно 3,4 до 6,4 ангстрем сорбционная емкость растет от 2,5 масс.% (что само по себе уже немало) до 5,5 масс.% водорода при 150 К и давлении 1 МПа (при более высоком давлении результат может быть лучше) [2,3]. По образному определению авторов работы [2] мы имеем "раздувающиеся чемоданы" для водорода. Теоретические исследования [4], проведенные группой G.E. Froudakis'a в University of Crete (Греция), с использованием различных моделей и методов моделирования показали, что добавки лития в наносвитки увеличивают сорбционную емкость водорода от 0,19 до 3,31 масс.% при комнатной температуре и нормальном давлении! Причем роль лития, по мнению ученых, не ограничивается увеличением доступного пространства. Моделирование для наносвитка с межслоевым расстоянием около 8 ангстрем показало, что без лития сорбция водорода остается на уровне 0,19 масс.%.

Греческие теоретики не остановились на достигнутом и спроектировали современную камеру хранения для водорода (рис.2) [5]. Предлагаемый ими новый материал состоит из графеновых слоёв, ко-

торые поддерживаются углеродными нанотрубками (УНТ) как колоннами.

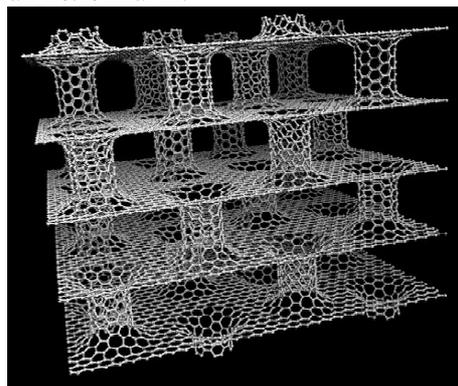


Рис.2. Новый трехмерный углеродный материал – «графен с колоннами» («pillared graphene»), предложенный в [5] для хранения водорода

Результаты теоретического исследования оказались просто замечательными. Продемонстрировано, что при добавлении Li гравиметрическая емкость этого нового материала при нормальных условиях достигает 6,1 масс.% (рис.3), а объемная – 41 г H₂/л (рис.4), что практически соответствует целям министерства энергетики США для транспорта (6 масс.% и 45 г/л) на 2010 г. (эти цифры служат ориентиром для исследователей разных стран). Без добавок лития результаты, как и полученные ранее для наносвитка [4], гораздо хуже.

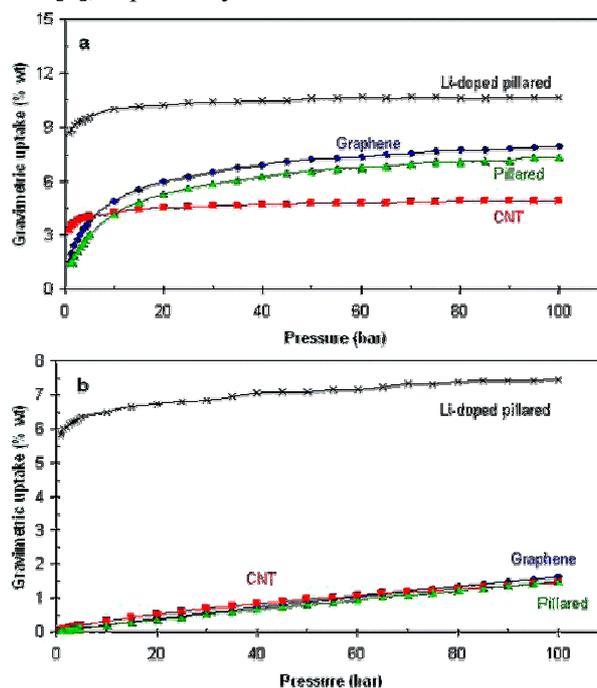


Рис.3. Гравиметрическая емкость водорода (масс.%) для графена, УНТ, чистого «графена с колоннами» и «графена с колоннами» с добавками лития: а – 77К, б – 300 К

Насыщение при росте давления наступает достаточно быстро, что тоже важно для безопасного применения на транспорте. Кадры компьютерного моделирования заполнения водородом прекрасного «колонного зала» приведены на рис.5. Видно, как увеличивается количество водорода при добавлении Li.

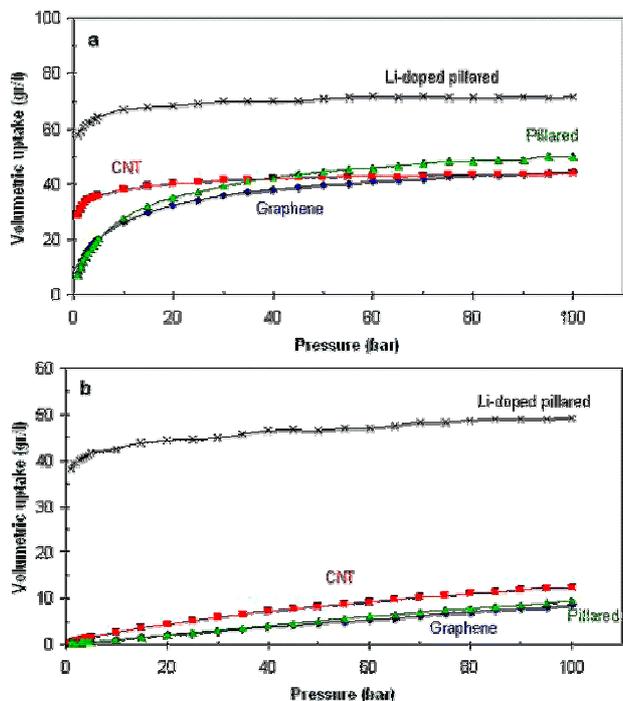


Рис.4. Объемная емкость водорода (г/л) для графена, УНТ, чистого «графена с колоннами» и «графена с колоннами» с добавками лития: а – 77К, б – 300 К

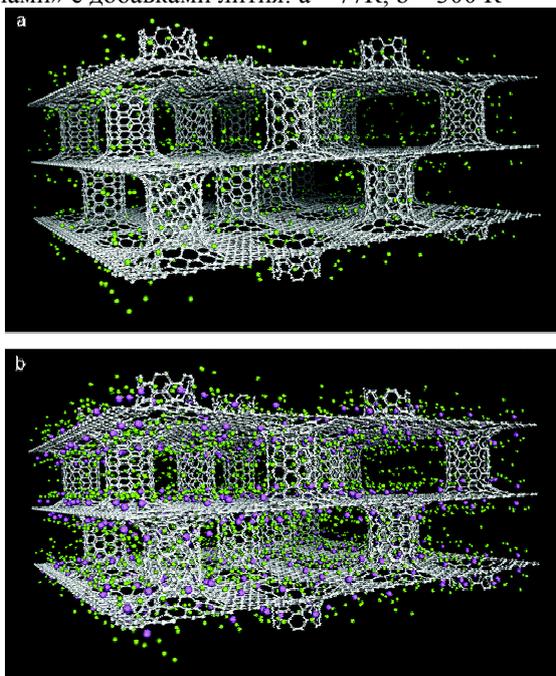


Рис.5. Кадры компьютерного моделирования сорбции водорода в новом материале (77 К, 3 атм): а – без лития, б – с добавками лития. Водород показан зеленым цветом, литий – фиолетовым.

Так авторы реализовали свою идею – разработать прочный материал с большой поверхностью и регулируемым размером пор. Этот материал, конечно, может применяться не только для хранения водорода. Пока это только красивый проект, но ученые рассчитывают на скорую поддержку экспериментаторов. Ведь за последнее время многие удивительные углеродные наноструктуры, например «нанопочки» (нанотрубки с фуллеренами) [6], стали реальностью.

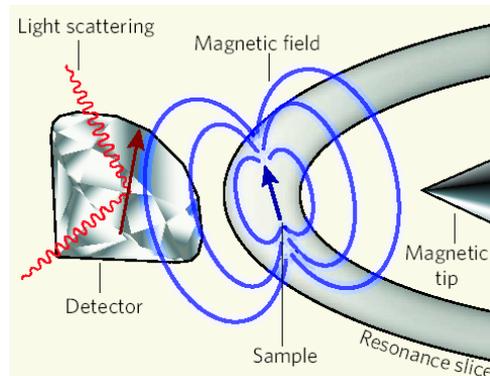
О.Алексеева

1. <http://www.nanowerk.com/news/newsid=6840.php>
2. V.P.Coluci et al., *Phys. Rev. B* **75**, 125404 (2007).
3. S.F.Braga et al., *Chem. Phys. Lett.* **441**, 78 (2007).
4. G.Mpourmpakis et al., *Nano Lett.* **7**, 1893 (2007).
5. G.K.Dimitrokakis et al., *Nano Lett.* **8**, 3166 (2008).
6. *Перст* **14**, вып.5,с.1 (2007) (http://perst.issp.ras.ru/Control/Inform/perst/2007/7_05/index.htm)

СПИНТРОНИКА

Сила алмаза – в дефектах

Явление ядерного магнитного резонанса (ЯМР), возникающего при взаимодействии спина атомного ядра с внешним магнитным полем, успешно используется для анализа структуры самых различных объектов – от молекул (ЯМР-спектроскопия) до человеческого тела (ЯМР-томография). Но все известные ЯМР-методики являются «объемными» – для них требуется наличие в системе огромного количества (многих миллиардов) спинов. А в идеале хотелось бы научиться регистрировать ЯМР-сигналы от одного отдельно взятого атома.



Оптическая регистрация отдельного спина с использованием дефекта в нанокристалле алмаза. Красная стрелка – спин дефектного центра «азот-вакансия». Он взаимодействует с магнитным полем спина, подлежащего регистрации, в результате чего изменяется интенсивность рассеянного на нем света. Сильный градиент магнитного поля, создаваемого магнитной иглой, «выбирает» в образце только те спины, которые находятся в магнитном резонансе со спином центра.

В работах [1,2] две группы независимо друг от друга предложили использовать в качестве «магнитного нанодатчика» дефектный центр «азот-вакансия» в алмазе. Время сохранения таким центром спиновой когерентности для твердотельных систем очень велико – порядка миллисекунды, что достигается путем периодического переворота спина с частотой около килгерца (спин-эхо), в результате чего внешние флуктуации усредняются. О наличии в исследуемом образце магнитного атома или молекулы можно судить по изменению интенсивности рассеяния света на дефектном центре (см. рис.). Чувствительность этого метода составляет 3 нТл, что соответствует магнитному полю единичного электрона на расстоянии около 100 нм от него или полю единичного протона на расстоянии около 10 нм от него. Дальнейшее совершенствование этого метода

позволит регистрировать и отдельные ядерные спины, что сделает возможным детальное определение структуры белков и других биологических объектов. И все это – при комнатной температуре!

1. J.R.Maze et al., *Nature* **455**, 644 (2008).

2. G.Balasubramanian et al., *Nature* **455**, 648 (2008).

Магнитная запись с помощью электрического поля

Магнитная запись информации сейчас применяется в каждом персональном компьютере, а в будущем ожидается, что магнитная память произвольного доступа (MRAM) заменит полупроводниковую память в компьютерах и мобильных телефонах.

Несмотря на то, что проблема считывания в магнитной памяти успешно решена с помощью датчиков на гигантском магнитосопротивлении (эффекта, за открытие которого была присуждена Нобелевская премия прошлого года), запись магнитной информации все еще осуществляется «дедовскими» способами, восходящими к опытам Ганса Христиана Эрстеда: магнитное поле создается электрическим током. Такой способ все меньше устраивает технологов, поскольку при дальнейшем уменьшении размеров проводников для создания полей той же напряженности потребуется увеличение плотности тока, что приведет к их перегреву и разрушению. Вот почему все чаще говорят об электрической записи магнитной информации, и тут сама природа подсказывает решение в виде магнитоэлектриков – материалов в которых магнитная и электрическая подсистемы существуют и взаимосвязаны.

В октябре этого года появилось сообщение [1] о наблюдении магнитной доменной структуры, наведенной электрическим полем, в материале на основе феррита висмута. Феррит висмута BiFeO_3 хорошо знаком ученым, занимающихся магнитоэлектрическими явлениями, как один из немногих мате-

риалов, сохраняющих свои магнитоэлектрические свойства при комнатной температуре. Однако магнитные моменты подрешеток в этом антиферромагнетике практически полностью уравниваются друг друга, и нужны специальные ухищрения для визуализации магнитоэлектрических эффектов [2]. Вот почему непосредственно наблюдать изменение магнитной доменной структуры под действием электрического поля при комнатных температурах до настоящего времени удавалось лишь в одном материале – пленках феррит-гранатов [3].

Теперь это стало возможным в пленках феррита висмута (толщина 200 нм) с добавлением диспрозия $\text{Bi}_{0.7}\text{Dy}_{0.3}\text{FeO}_3$. В отличие от чистого феррита висмута, в $\text{Bi}_{0.7}\text{Dy}_{0.3}\text{FeO}_3$ наблюдается отчетливая магнитная структура (рис. 1) и, что самое интересное, эта структура слушается электрического поля. При подаче напряжении 10В между поверхностью пленки и ее подложкой магнитные домены вытягиваются в полосы (рис. 1б). Как полагают исследователи, это происходит вследствие механических деформаций, вызываемых электрическим полем в пленке (за счет пьезоэффекта), которые, в свою очередь, посредством магнитострикции изменяют магнитную анизотропию, приводя к перестройке магнитной структуры. Знак электрического напряжения не влияет на результат, что отличает данный эффект от аналогичного, наблюдаемого в пленках ферритов-гранатов, в которых смещение доменных границ меняется на противоположное при переключении полярности [3]. Полосовые домены в феррите висмута сохраняются и после снятия напряжения (рис. 1в), и поскольку они видны в магнитный силовой микроскоп, то могут быть считаны также магнитной головкой жесткого диска, что свидетельствует о возможности реализации схемы электрическая запись/магнитное считывание.

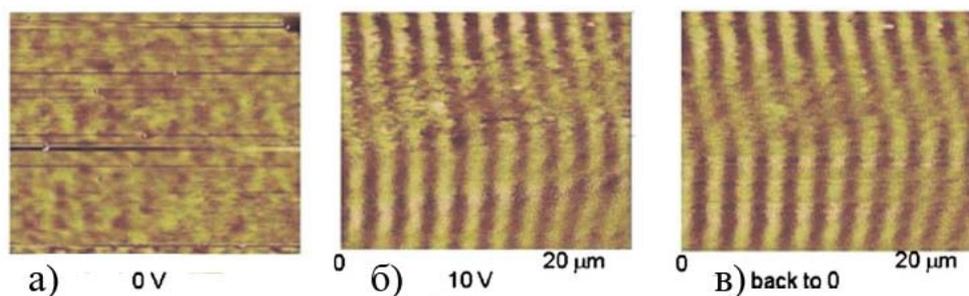


Рис. 1. Магнитная доменная структура в $\text{Bi}_{0.7}\text{Dy}_{0.3}\text{FeO}_3$: а - до приложения напряжения; б - при напряжении 10 В; в - после приложения напряжения.

Интересно, что в этом же материале продемонстрирован обратный эффект. Магнитное поле существенно влияет на сегнетоэлектрический гистерезис: если в отсутствие магнитного поля насыщение электрической поляризации достигается в поле 60 кВ/см, то при помещении образцов в магнитное поле 0.02 Тесла для достижения насыщения уже достаточно поля 30 кВ/см.

А. Пятаков

1. V.R.Palkar, K.Prashanthi, *Appl. Phys. Lett.* **93**, 132906 (2008).

2. Ying-Hao Chu et al, *Nature Materials* **7**, 478 (2008).

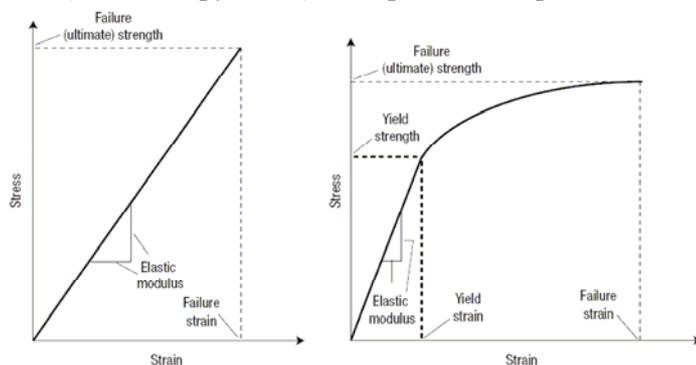
3. А.С. Логгинов и др., *Письма в ЖЭТФ* **86**, 124 (2007).

ФУЛЛЕРЕНА И НАНОТРУБКИ

Эксперимент наконец-то подтвердил экстраординарную прочность нанотрубок

На протяжении всей истории существования человечества не прекращался поиск новых материалов с более совершенными механическими характеристиками. В память о достигнутых на этом пути успехах нам остались названия соответствующих эпох: каменный, бронзовый, железный века.... После открытия углеродных нанотрубок в литературе стала обсуждаться возможность их использования для изготовления сверхпрочных материалов нового поколения. Теория предсказывала, что твердость и прочность нанотрубок значительно выше, чем у всех известных конструкционных материалов [1], но экспериментально это очень долго подтвердить не удавалось.

В работе [2] сотрудников Northwestern University и Los Alamos National Laboratory впервые показано, что нанотрубки действительно являются такими же прочными, как и предсказывают квантово-механические расчеты. Более того, авторы [2] обнаружили, что предел прочности многостенных нанотрубок можно еще повысить за счет контролируемого формирования связей между соседними стенками. Это достигается путем облучения нанотрубок электронами. В отличие от предыдущих работ, в [2] поведение нанотрубок при механической нагрузке было изучено посредством просвечивающей (а не сканирующей) электронной микроскопии.



Схематические зависимости механических напряжений от деформации для двух классов материалов: хрупких (вверху) и пластичных (внизу). Эксперимент показывает, что углеродные нанотрубки относятся к первому из них, тогда как расчеты говорят об обратном.

Первым практическим применением углеродных нанотрубок в материаловедении станет, по-видимому, их использование для укрепления полимерных композитов. Пока этому препятствует сравнительная дороговизна нанотрубок, а также еще нерешенная проблема, связанная с тенденцией нанотрубок образовывать связки, вместо того чтобы быть равномерно диспергированными по полимерной матрице. Кроме того, слабым звеном здесь могут оказаться границы раздела между нанотрубками и матрицей: именно на таких границах зарождаются трещины, распространяющиеся затем по

всему образцу и приводящие к его разрушению. Если все эти барьеры удастся преодолеть, то ... наступит Нанотрубочный Век!

Л. Оленов

1. S.Ogata, Y.Shiputani, *Phys. Rev. B* **68**, 165 (2003).
2. B.Peng et al., *Nature Nanotechn.* **3**, 626 (2008).

Бумага из нанотрубок методом прокатки

Благодаря своим уникальным свойствам углеродные нанотрубки (УНТ) уже давно привлекли внимание исследователей, работающих над созданием новых материалов для катализаторов, фильтров, электродов, конденсаторов и др. Особенно удобно для этих целей использовать макроскопические пластины из нанотрубок – так называемую бумагу, или *buckypaper*, которая в идеале должна иметь такие же хорошие механические, электрические и термические свойства, как и отдельные нанотрубки. Обычно такой материал получают путем фильтрации суспензии из нанотрубок с последующим промыванием и сушкой. Так, например, были получены макроскопические пластинки из одностенных УНТ, которые при работе в физиологических условиях (в соленой воде) и низком напряжении проявили характеристики, сопоставимые или даже превосходящие соответствующие характеристики натуральных мышц [1]. Но, к сожалению, и в этом, и в других случаях эффективность использования получаемой бумаги ограничена. Ее свойства (модуль упругости, тепло- и электропроводность) заметно уступают свойствам отдельных нанотрубок. В основном это связано с тем, что нанотрубки в бумаге искривлены, спутаны, ориентированы случайным образом. Поэтому очень важно разработать эффективные методы их ориентирования. Предлагаются различные пути, например, с использованием магнитного поля, но они довольно сложны, а помогают улучшить характеристики лишь частично.

Новую методику получения бумаги из УНТ недавно разработали китайские исследователи [2]. Они предложили использовать принцип домино! «Сухой» *in-situ* метод действительно прост и эффективен. Он позволяет получать из ориентированных нанотрубок толстые плотные листы большой площади.

Рассмотрим предложенный способ подробнее. Сначала методом химического газозафазного осаждения (CVD) на кремниевой подложке (обычно круг диаметром 10 см) «выращивают» густой «лес» многостенных нанотрубок высотой более 100 мкм. Затем применяется принцип домино (рис.1). Массив нанотрубок покрывают микропористой мембраной и «прокатывают» с помощью небольшого стального валика, сплющивая «лес» (а). Силы Ван-дер-Ваальса притягивают нанотрубки друг к другу. Образуется плотная бумага. С помощью микропористой мембраны она легко отделяется от подложки (б). Мембрану, в свою очередь, можно отделить, пропитав ее этанолом (с).

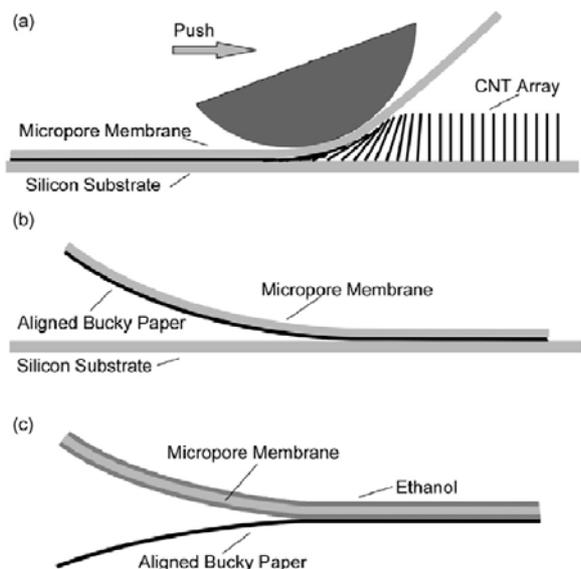


Рис.1. Схема принципа домино: а - формирование бумаги из ориентированных нанотрубок; б - отделение бумаги от подложки; с - отделение бумаги от микропористой мембраны.

Результаты исследования нового материала с помощью электронной микроскопии подтвердили, что использование принципа домино позволило получить более плотный материал, состоящий из хорошо ориентированных нанотрубок. Типичный вид сбоку выращенного массива УНТ высотой 500 мкм, а также отдельная нанотрубка диаметром 15 нм представлены на рис.2а. Поверхность бумаги, полученной из этого массива методом прокатки, показана на рис.2б.

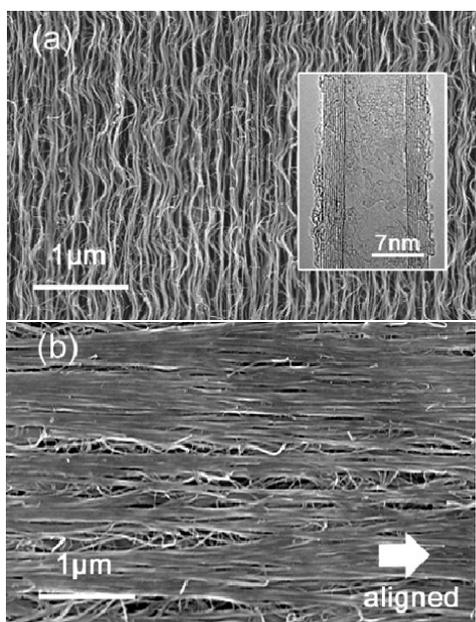


Рис.2. а - вид сбоку массива УНТ; б - поверхность бумаги, полученной из этого массива.

На рис. 3 (а,б) представлены фотографии бумаги, полученной по описанной выше методике. Поверхность бумаги очень гладкая, а сама бумага настолько прочная и гибкая, что ученые смогли сложить из нее лебедя-оригами (рис.3с). Но, конечно, материалу можно найти более важное применение.

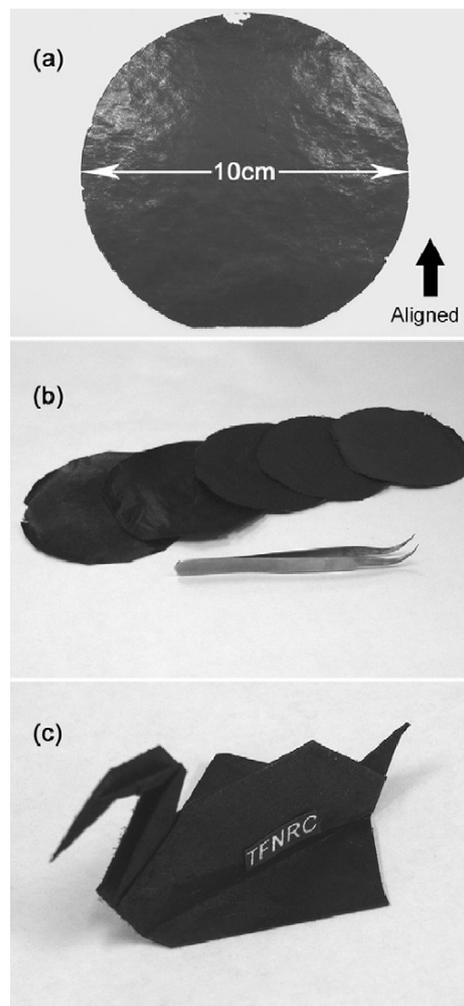


Рис.3. а,б - Круглые образцы полученной бумаги. с - лебедь из "buckypaper".

Эффективная теплопроводность материала в направлении ориентирования нанотрубок равна 331 Вт/(м К), что хотя и намного ниже теплопроводности индивидуальной нанотрубки, но выше, чем у Al и близко к величине для Si, и лучше полученных ранее результатов. В поперечном направлении теплопроводность равна 72 Вт/(м К), а для образца случайным образом ориентированных нанотрубок - 81 Вт/(м К). Эти свойства могут оказаться полезными для решения проблем отвода тепла в микроэлектронике. Электропроводность нового материала в направлении ориентирования нанотрубок также оказалась выше, чем у прежних образцов.

Такие материалы с контролируемой структурой, по мнению авторов [2], наиболее перспективны для электродов суперконденсаторов.

О.Алексеева

1. Перст **9**, вып. 24, с.2 (2002). http://perst.issp.ras.ru/Control/Inform/perst/2002/2_24/index.htm
2. D.Wang et al. *Nanotechnology* **19**, 075609 (2008).

Изображение углеродных нанотрубок с атомным разрешением

Успехи современной электронной микроскопии открывают возможность наблюдения нанометровых структур с атомным разрешением. Это позволяет, в частности, определять индексы хиральности углеродных нанотрубок (УНТ), связанных с ориентацией графитовой плоскости, из которой свернута УНТ, относительно оси трубки. Поскольку хиральность нанотрубки определяет ее электронные характеристики (тип проводимости, ширина запрещенной зоны и т.п.), указанная возможность создает основу для использования УНТ в качестве элементов нанoeлектронных систем. Примером наблюдения структуры УНТ с помощью просвечивающего электронного микроскопа может служить опубликованная недавно работа [1], которая выполнена объединенной группой китайских и японских исследователей. В этой работе с помощью одного из лучших современных электронных микроскопов высокого разрешения (JEOL JEM-2010F HRTEM) получены практически совершенные изображения однослойных и двухслойных УНТ. Однослойные и двухслойные нанотрубки выращены методом химического газофазного осаждения паров (CVD) с использованием кобальтового катализатора непосредственно на медной сетке просвечивающего электронного микроскопа (TEM). Изображения нанотрубок, полученные с помощью TEM, позволяют с хорошей точностью определить диаметр нанотрубки и угол ориентации графитовой плоскости относительно оси трубки. Этого достаточно для установления индексов хиральности нанотрубки, которые, в свою очередь, определяют все ее электронные характеристики. В частности, индексы хиральности одной из однослойных УНТ, подвергнутых исследованию, оказались равными (20, 23). Эти данные подтверждаются результатами компьютерного моделирования изображения УНТ, полученные с помощью электронного микроскопа. Такой подход применялся также для определения индексов хиральности двух нанотрубок, составляющих двухслойную УНТ. Для конкретной УНТ, подвергнутой измерениям, индексы хиральности оказались равными (32, 23)@ (36, 32). Важной особенностью полученных изображений является наличие структурных дефектов, о непосредственном наблюдении которых сообщается впервые.

А.Елецкий

I. H. Zhu et al., J. Phys. Chem. C 112, 11098 (2008).

Упрочнение сталей с помощью фуллеренов

Возможность повышения механических характеристик железа путем добавления углерода известна с древних времен. На этом принципе построена вся черная металлургия, благодаря достижениям которой механические свойства сталей значительно превышают соответствующие характеристики чистого железа. Новые модификации углерода (фулле-

рены, углеродные нанотрубки и т.п.) вновь пробудили интерес к проблеме получения твердых материалов на основе железа с добавлением углерода. Благоприятное воздействие подобных структур на механические свойства сталей было продемонстрировано недавно открытием немецких археологов, которые обнаружили, что в состав музейного экземпляра сабли из дамасской стали, изготовленной в средневековье, входят многослойные углеродные нанотрубки. Все это стимулирует проведение направленных исследований влияния добавления наночастиц углерода на механические свойства сталей. Недавно опубликован подробный обзор результатов таких исследований, выполненных в Институте металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН совместно с Институтом физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН. Цилиндрические образцы материалов диаметром 10 мм и высотой 5-6 мм на основе карбонильного железа, содержащие 10 вес.% фуллеренов C_{60} , C_{70} или сажевого экстракта $C_{60} + C_{70}$, были изготовлены на гидравлическом прессе в стандартных камерах высокого давления, используемых для синтеза сверхтвердых материалов, под давлением порядка 5 ГПа при температурах 1200-1400°C и изотермической выдержке до 10 мин. Полученные композиционные структуры исследовали с помощью микроскопа, спектрометра комбинационного рассеяния и рентгеновского дифрактометра. Твердость образцов измеряли с помощью нанотвердомера. Результаты измерений указывают на высокую износостойкость образцов композиционных материалов, содержащих примеси фуллеренов. Так, в отношении абразивной износостойкости эти материалы на порядок превосходят известные износостойкие стали ШХ15, а по коэффициенту трения (0,12) они приближаются к алмазоподобным покрытиям. Физический механизм, определяющий модификацию сталей, связан с преобразованием при высоких давлении и температуре микрокристалликов фуллерена в новую фазу углерода, характеризующую повышенной твердостью. Детальные исследования показали, что результатом таких преобразований является многократное увеличение модуля упругости (до 10-15 ГПа) и износостойкости. При этом наибольший эффект наблюдается на образцах, полученных с использованием сажевого экстракта, который содержит смесь молекул фуллеренов различного сорта.

А.Елецкий

1. О.П. Черногорова и др., Российские нанотехнологии 3, №5-6, 150 (2008).

ФИНАНСИРОВАНИЕ И РЫНОК

Абу-Даби построит свое будущее на песке

Почти сказочные Объединенные Арабские Эмираты создали самый крупный в мире "стабилизационный" фонд в 1,2 трлн. долл. (по оценкам) за счет экспорта нефти [1]. Теперь, когда цена на нефть па-

дает и мир охвачен финансовым кризисом, Абу-Даби намерен использовать фонд не для спасения тонущих банков, а для инвестиций в создание высокотехнологичных производств.

В октябре с.г. правительство Эмиратов купило контрольный пакет акций завода по производству кремниевых подложек и другие производственные мощности компании Advanced Micro Devices (AMD, Sunnyvale, Calif.), главного конкурента Intel Corp. на рынке микропроцессоров. После переговоров, которые длились более года, Advanced Micro Devices Inc. (AMD) получает от правительства Абу-Даби инвестирование в размере до 8,4 млрд. долл. [2,5]. Абу-Даби таким образом вторгается в новую для себя область деятельности и, судя по бурному началу, арабская страна может стать мировым чип-мейкером, составив опасную конкуренцию известным азиатским производителям. Неисчерпаемые запасы кварцевого песка на долгие годы обеспечат эмиратам исходное сырье для производства кремния (к слову, превращать кварц в кремний куда дешевле, чем бурить нефтяные скважины на дне Ледовитого океана).

Компания AMD планирует разделиться на две части: 1) собственно AMD сохраняет за собой только функции исследования и разработок (т.е. становится в современной терминологии “fabless company”); 2) новая компания с временным названием “The Foundry Company” получает эксклюзивное право производить AMD's процессоры на вновь создаваемой 300-мм фабрике (в северной части Нью-Йорка) и на двух полупроводниковых фабриках AMD в Дрездене.

Со стороны правительства Эмиратов выступает Advanced Technology Investment Co. (ATIC), доля которой в новой компании (“The Foundry Company”) составит почти 55,6%, за AMD останется 44,4%. В рамках нового соглашения другая эмиратская компания с 20% государственной собственностью Mubadala Development Co., дополнительно инвестировав 314 млн. долл., удваивает свою долю собственности непосредственно в компании AMD с 8,1% до 19%.

Самая большая инвестиция в 15 млрд. долл., заявленная правительством ОАЭ, будет проведена через правительственную компанию Masdar (что в переводе с арабского означает источник), основанную с целью поддержки исследований, разработок и коммерциализации будущих возобновляемых энергетических источников. Наряду с микропроцессорным бизнесом, правительство ОАЭ в рамках Masdar Initiative инвестирует 2 млрд. долл. в фотовольтаическую солнечную технологию [4]. Первая фаза проекта включает инвестицию 600 млн. долл. в строительство двух производственных площадок – завод в Эрфурте (Германия), производство на котором начнется в 3-ем квартале 2009 г., и завод в Абу-

Даби с планируемым началом производства во втором квартале 2010 г.

Заклучив соглашение с AMD и присоединившись к IBM альянсу для разработок 22-нм технологии на основе кремния и кремния-на-изоляторе [4], Абу-Даби оказывается на самом переднем фронте новейшей полупроводниковой технологии.

Комментаторы считают, что в лице правительства Эмиратов определенно сам Христос пришел к компании AMD, испытывающей огромные трудности и потери в конкурентной борьбе с Intel [5]. Произошедшее объединение – вне сомнения, поворотный момент в истории AMD и, возможно, один из самых важных моментов в истории мировой полупроводниковой промышленности.

1. <http://www.semiconductor.net/articleXml/LN869148169.html>
2. <http://www.semiconductor.net/article/CA6602414.html?desc=topstory>
3. <http://www.semiconductor.net/article/CA6602560.html>
4. <http://www.nanonewsnet.ru/news/2008/15-mlrd-doll-obeshchaet-pravitelstvo-oae-dlya-vozobnovlyaemykh-istochnikov-energii>
5. <http://www.eetimes.com/news/latest/showArticle.jhtml;jsessionid=0005II0NIVRN0QSN/DLSCKHA?articleID=210800158>

КОНФЕРЕНЦИИ

**International Seminar “Many-body systems far from equilibrium: Fluctuations, slow dynamics and long-range interactions”,
16-27 February 2009, Dresden, Germany**

Topics:

Large fluctuations far from equilibrium, slow relaxation in non-equilibrium processes and the effect of long-range interactions on thermal and dynamical properties of macroscopic systems.

Important Date

Deadline for registration - **15 November 2008**

E-mail: mbsffe09@mpipks-dresden.mpg.de

Web: <http://www.mpipks-dresden.mpg.de/~mbsffe09/>

**Korrelationstage 2009,
2–6 March 2009, Dresden, Germany**

Topics

Heterostructures and interfaces and Nonequilibrium dynamics of strongly correlated systems

Further topics include

Quantum critical phenomena

Quantum impurities

Superconductivity and magnetism

Charge, spin and orbital dynamics and ordering

Ultracold atom gases

Important Date

Deadline for preregistration - **15 December 2008**

Deadline for registration (including title and abstract) -
15 January 2009

Contact:

Visitors Program - Claudia Pönisch
Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme,
Nöthnitzer Str. 38, D-01187 Dresden
Tel.: +49-351-871-2198 / Fax: +49-351-871-2199
E-mail: korrel09@mpipks-dresden.mpg.de
Web: <http://www.mpipks-dresden.mpg.de/~korrel09>



The IMF-ISAF-2009, a joint meeting of 12th International Meeting on Ferroelectricity and 18th IEEE International Symposium on Applications of

Ferroelectrics, 23-27 August 2009, Xi'an, China

Topics

- A. Theories, Modeling, Domains, Phase Transitions and Critical Phenomena;
- B. Nanostructure, Size Effects and Characterizations;
- C. Ferroelectric Bulk Materials: Single Crystal Growth and Ceramic Processing;
- D. Lead-free Ferroelectrics/Piezoelectrics and Applications;
- E. Relaxor Ferroelectrics;
- F. Ferroelectric Polymers, Liquid Crystals and Composites;
- G. Ferroelectric Thin/Thick Films;
- H. Dielectrics and Ferroelectrics for RF Applications;
- I. Giant k Dielectrics, Capacitors, and Energy Storage;
- J. Piezoelectrics and Applications;
- K. Multiferroics and Applications;
- L. Memory, MEMS and other Integrated Devices (bio-sensing devices);
- M. Thermal Optical Phenomena and Applications;
- N. Novel Advances in Ferroelectrics;

Important Date

Abstract Deadline - **28 February 2009**
Acceptance Letter - **31 March 2009**
Early Registration Deadline - **3 June 2009**

Contact

Electronic Materials Research Laboratory
Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China
TEL: 86-29 82662679
FAX: 86-29 82668794
Email: EMRL@mail.xjtu.edu.cn
Web: <http://www.imf-isaf.com/index.php>

International Conference "FeAs High T_c Superconducting Multilayers and Related Phenomena" 9-13 December 2008, Roma, Italy

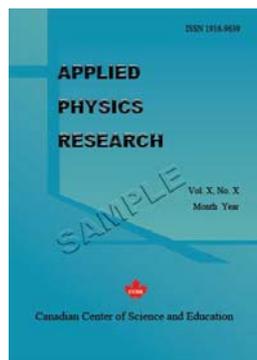
Important Date

Abstract submission - **15 November 2008**
Deadline for registration - **30 November 2008**

Contact:

E-mail: Conf.Stripes@Roma1.infn.it
Web: <http://www.roma1.infn.it/stripes/Menu/006Conferences/SuperStripes08/SuperStr08home.html>

НОВЫЕ ИЗДАНИЯ



Title: Applied Physics Research
ISSN 1916-9639 (Print)
ISSN 1916-9647 (Online)
Created: 2009
Language: English
Frequency: Semi-annual
E-mail: apr@ccsenet.org
Web: <http://www.ccsenet.org/apr/>

"Applied Physics Research" – новый журнал, публикующий результаты исследований в области прикладной физики, а также по вопросам физической теории. Журналу требуются рецензенты. Если Вы заинтересованы в этом, то форму заявки и подробную информацию смотрите по адресу: <http://www.ccsenet.org/reviewer.html>

Экспресс-бюллетень ПерсТ издается совместной информационной группой
ИФТТ РАН и РИЦ «Курчатовский институт»

Ответственный редактор: И.Чугуева, e-mail: irina@issp.ras.ru

Научные редакторы К.Кугель, Ю.Метлин

В подготовке выпуска принимали участие: О.Алексеева, В.Вьюрков, А.Елецкий, Л.Опенев, А.Пятаков

Компьютерный ввод, макет: И.Фурлетова

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