

В этом выпуске:

## СВЕРХПРОВОДНИКИ

### Универсальность $T_c$ как функции концентрации носителей заряда и числа слоев $CuO_2$ в купратах

Универсальной чертой всех семейств ВТСП является колоколообразная зависимость критической температуры  $T_c$  от концентрации носителей заряда  $x$  с максимумом при  $x \approx 0.2$  в каждом семействе. Первоначально она была объяснена [1] в рамках теории джозефсоновского туннелирования куперовских пар между слоями  $CuO_2$ , которые имеются во всех ВТСП. Эта теория, однако, оказалась несостоятельной, поскольку предсказывала насыщение  $T_c$  при увеличении числа  $n$  слоев  $CuO_2$  в элементарной ячейке и здесь вступала в противоречие с другой не менее универсальной особенностью ВТСП: колоколообразной зависимостью  $T_c$  от  $n$  с максимумом при  $n = 3$  во всех гомологических семействах. Кроме того, эксперимент [2] показал, что межслоевое туннелирование не является основным механизмом высокотемпературной сверхпроводимости; да это и так было ясно, потому что  $T_c$  некоторых однослойных ( $n = 1$ ) ВТСП достигает 90К. А между тем, был получен еще один важный экспериментальный результат. Данные ЯМР в ртутных ВТСП [3] показали, что при  $n > 3$  носители заряда распределены между слоями  $CuO_2$  (в пределах одной элементарной ячейки) неоднородно - их концентрация во "внутренних" слоях меньше, чем во "внешних".

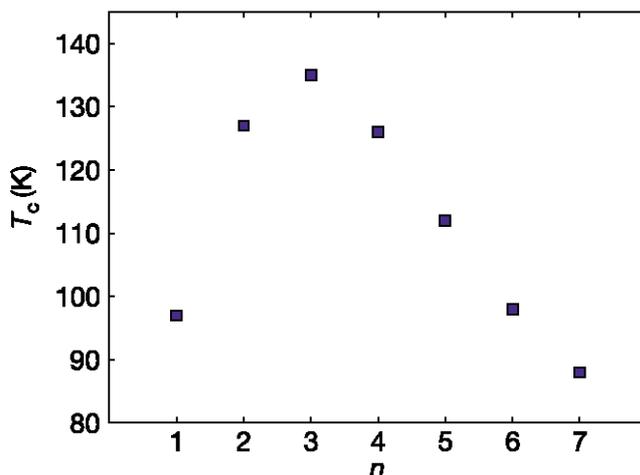


Рис.1 Зависимость  $T_c$  от числа  $n$  слоев  $CuO_2$  в элементарной ячейке.

Авторы работы [4] из University of California (США) и University of Toronto (Канада) собрали все эти опытные факты и теоретические наработки воедино, дополнив их широко обсуждаемой в литературе гипотезой о том, что псевдощель в ВТСП обусловлена неким упорядочением (скорее всего – волной плотности), конкурирующим со сверхпроводимостью. При этом, ввиду исключительной сложности проблемы они использовали не микроскопический, а феноменологический подход, из общих соображений

И далее ...

- 3 Сверхпроводящий алмаз
- 3 Электронная реконструкция на границе раздела между моттовским и зонным диэлектриками

## НАНОСТРУКТУРЫ

- 4 Блоховский или неблоховский ТГц генератор работает!
- 5 Терагерцы из полевого транзистора

## ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 5 Добавление фуллеренола улучшает свойства актюаторов на основе полимерных пленок

## МИКРОТЕХНОЛОГИИ

- 7 Органические дисплеи – это перспективно, однако...

## КВАНТОВЫЙ КОМПЬЮТЕР

- 7 Ограничения Keyes'а для популярной конструкции квантового компьютера

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

- 8 Четыре критерия для нанотехнологии

## КОНФЕРЕНЦИИ

22 – 26 ноября 2004 г. Ершово, Москва.

Научно-практическая конференция материаловедческих обществ в России «Создание материалов с заданными свойствами: методология и моделирование».

- 8 Криостаты от Гелиймаш

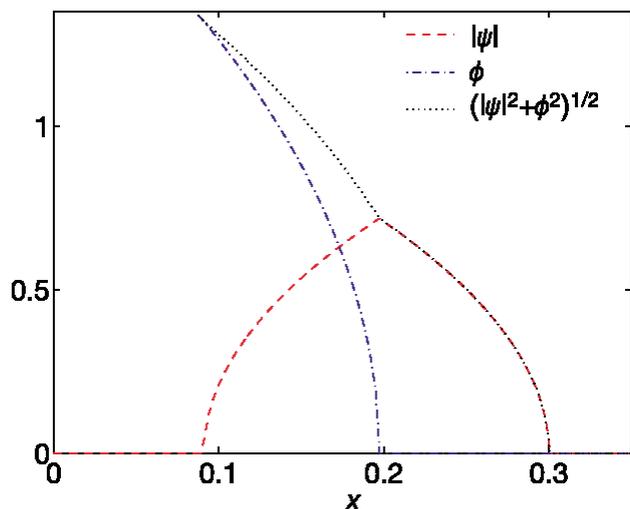


Рис.2 Фазовая диаграмма однослойного ( $n=1$ ) ВТСП при  $T=0$  по данным работы [4];  $\Psi$  – параметр сверхпроводящего порядка;  $\phi$  – параметр конкурирующего со сверхпроводимостью порядка.

сконструировав свободную энергию как функцию двух "взаимодействующих" между собой параметров порядка – сверхпроводящего  $\Psi$  и несверхпроводящего  $\phi$ . Дабы не загромождать свою модель чрезмерным количеством подгоночных констант, авторы [4] ограничили рассмотрение случаем  $T = 0$ .

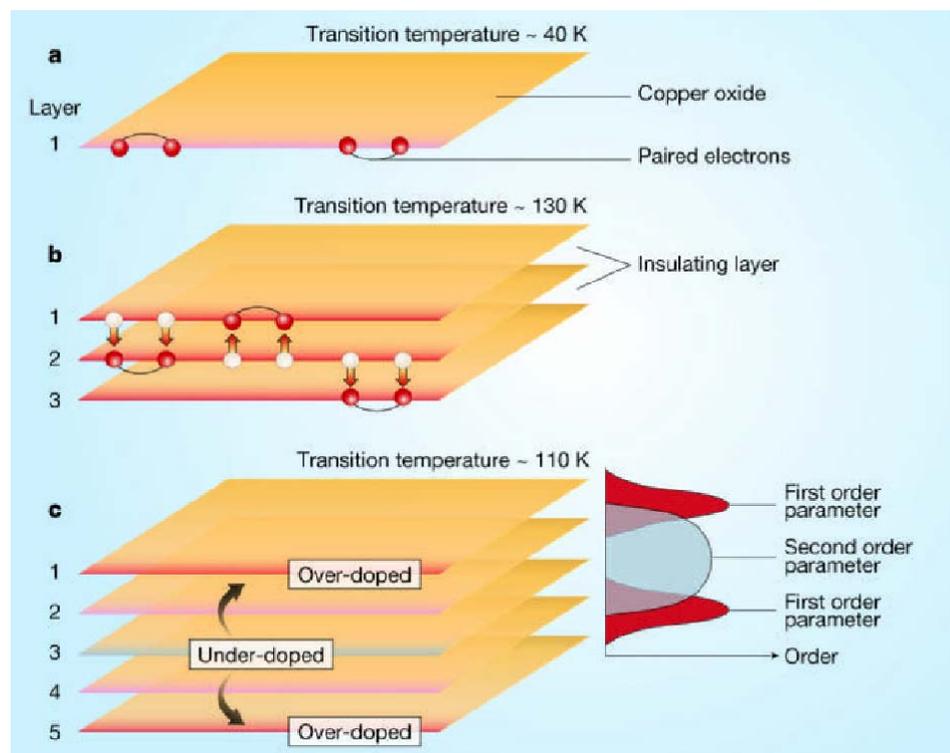


Рис.3 Иллюстрация конкуренции двух параметров порядка в многослойных ВТСП

Первое, что им удалось сделать, – описать фазовую диаграмму однослойных ВТСП, включая максимум  $T_c(x)$  при  $x \approx 0.2$  и монотонное убывание псевдощели с ростом  $x$ , включая ее обращение в нуль при  $x \approx 0.2$ . Затем они, следуя теории межслоевого туннелирования, добавили в свободную энергию сла-

гаемые, описывающие взаимодействие между  $\psi_k$  и  $\psi_{k+1}$  в соседних слоях  $\text{CuO}_2$  ( $k = 1; \dots; n$ ), а также учли различие концентрации носителей в разных слоях. И нашли, что максимальное значение  $\psi$  как функция  $n$  имеет максимум при  $n = 3$  – в соответствии с максимумом  $T_c(n)$ .

Почему же дальнейшее увеличение  $n$  не приводит к росту  $T_c$ ? Как показано в [4], это связано с тем, что из-за пониженной концентрации носителей во "внутренних" слоях многослойной элементарной ячейки величина псевдощели в этих слоях оказывается большой, а собственно сверхпроводящий порядок подавляется. Было бы очень интересно проверить этот вывод экспериментально, померив псевдощель отдельно во "внутренних" и "внешних" слоях. Современная методика ЯМР в принципе позволяет это сделать. Фотоэмиссионные спектры также должны выглядеть по-разному в случаях однородного и неоднородного распределения псевдощели по слоям  $\text{CuO}_2$ .

На основании данных работы [4] можно сделать вывод, что межслоевое джозефсоновское туннелирование все же дает вклад в сверхпроводящие корреляции, хотя основной механизм, благодаря которому сверхпроводит один-единственный слой  $\text{CuO}_2$ , по-прежнему остается неизвестным.

Но, пожалуй, главным результатом этой работы является выяснение причины (по крайней мере, одной из причин), по которой застопорился прогресс в повышении  $T_c$  ВТСП. Ведь если бы не перераспределение носителей между слоями  $\text{CuO}_2$ , то рост  $T_c$  на  $n = 3$  не остановился бы, и  $T_c$  могла бы подрасти еще на несколько десятков градусов. А там, глядишь, и до "комнаты" было бы рукой подать... Теперь же на повестке дня стоит вопрос о том, как добиться более-менее равномерного распределения носителей по слоям, чтобы из-за их разбаланса не возникала губительная для сверхпроводимости псевдощель. А правильно поставленный вопрос – это уже полпути к его решению.

Л.Опенев

1. S.Chakravarty et al., Science 1993, 261, 337
2. K.A.Moler et al., Science 1998, 279, 1193
3. H.Kotegawa et al., Phys. Rev. B 2001, 64, 064515
4. S.Chakravarty et al., Nature 2004, 428, 53
5. P.Coleman, Nature 2004, 428, 26

## Сверхпроводящий алмаз

Сверхпроводимость легированных полупроводников давно привлекает внимание теоретиков. Однако экспериментально обнаружено очень мало таких соединений, да и то с очень низкими критическими температурами  $T_c = (0.05 \div 0.25)\text{K}$  у  $\text{SrTiO}_3$  и  $T_c = (0.1 \div 0.5)\text{K}$  у  $\text{GeTe}$  и  $\text{SnTe}$ . Теперь их стало больше: сотрудники Института физики высоких давлений РАН при поддержке своих коллег из ФИАН'а и Лос-Аламоса изготовили сверхпроводник из алмаза [1]. Для этого они легировали алмаз бором. Валентность бора на единицу меньше, чем у углерода, поэтому частичное замещение углерода бором приводит к появлению в образце дырочных носителей. С другой стороны, радиус атомов бора тоже меньше, чем у атомов углерода, поэтому они сравнительно легко замещают последние в кристаллической решетке. Хотя простота эта весьма относительна: при синтезе были использованы давления около 100 тысяч атмосфер и температуры до 2800К.

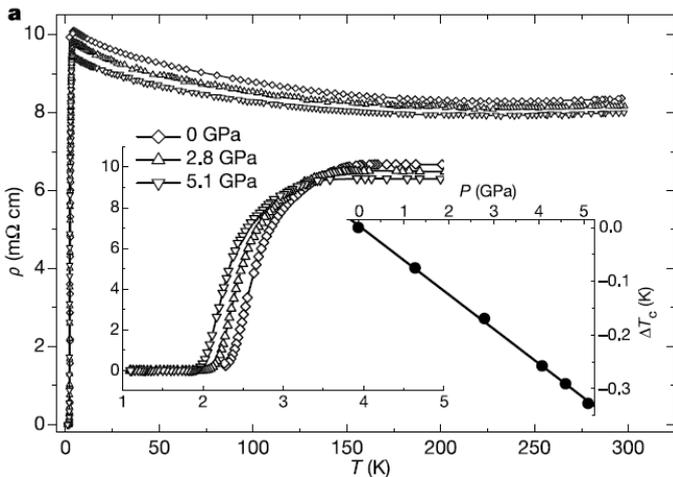
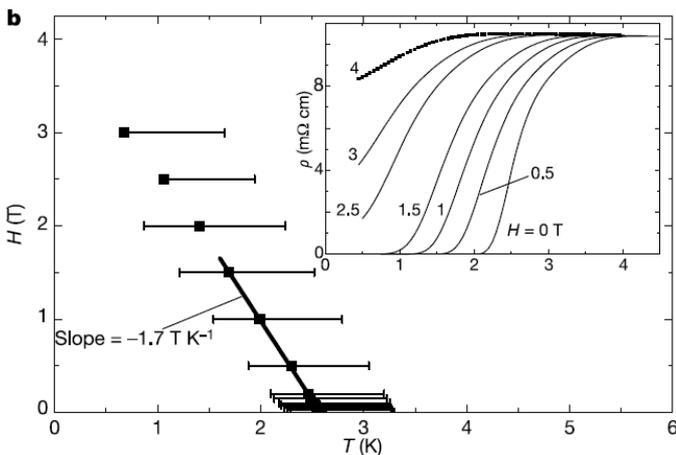


Рис.1. а) Резистивные переходы легированного алмаза при разных давлениях.



б) Температурная зависимость  $H_{c2}$ .

Оценка концентрации дырок в образце дала несколько единиц на  $10^{21}\text{cm}^{-3}$ .

Начало диамагнитного перехода и нуль электросопротивления имеют место при  $T_c = 2.3\text{K}$ , хотя резистивный переход начинается при более высокой

температуре  $T \approx 4\text{K}$ . Это связано, по-видимому, с неоднородным распределением бора по образцу и свидетельствует о возможности повышения  $T_c$  за счет оптимизации концентрации бора (то есть концентрации дырок). Теплоемкость при  $T_c = 2.3\text{K}$  имеет четко выраженную аномалию. При увеличении давления величина  $T_c$  уменьшается со скоростью  $dT_c/dP = -0.06\text{K/ГПа}$ , тогда как в чистом боре  $T_c$  при сжатии возрастает. Таким образом, исключается возможность того, что наблюдавшийся сверхпроводящий переход был паразитным эффектом, связанным с перколяционной сверхпроводимостью по включениям бора. Измерения  $H_{c2}(T)$  позволили сделать оценку  $H_{c2}(0) \approx 3.4\text{Tл}$  по наклону  $dH_{c2}(T)/dT$  вблизи  $T_c$ . Эта оценка, однако, является лишь оценкой снизу, поскольку непосредственные измерения дают  $T_c = 1.7\text{K}$  при  $H = 4\text{Tл}$ . Длина когерентности Гинзбурга-Ландау  $\xi \approx 10\text{nm}$ . Если использовать стандартную формулу для  $T_c$  сверхпроводника с фононным механизмом, то для константы электрон-

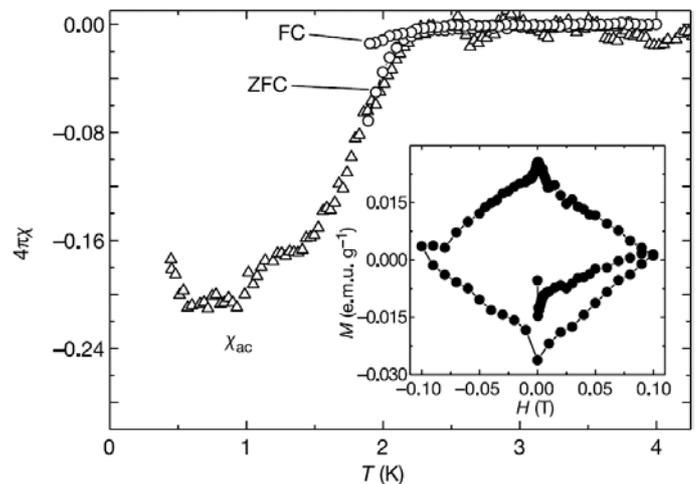


Рис.2. Диамагнитные переходы легированного алмаза в магнитном поле (FC) и без магнитного поля (ZFC). На вставке – петля гистерезиса при  $T = 1.8\text{K}$ .

фононной связи получается  $\lambda \approx 0.2$ , то есть эта связь достаточно слабая.

Как известно, германий, кремний и их сплавы тоже кристаллизуются в структуру алмаза. Не исключено, что при умелом легировании таких материалов будут получены новые сверхпроводники.

Хотя статья о сверхпроводимости алмаза была опубликована в первоапрельском номере "Nature", не хочется верить, что авторы и редакция просто пошутили...

Л.Опенев

1. E. A. Ekimov, V. A. Sidorov, E. D. Bauer, N. N. Mel'nik, N. J. Curro, J. D. Thompson, S. M. Stishov. *Nature*, 2004, **428**, 542

## Электронная реконструкция на границе раздела между моттовским и зонным диэлектриками

Важным разделом материаловедения является физика поверхности – наука об изменении свойств материалов вблизи поверхности или границы раз-

дела. Фундаментальным вопросом здесь считается реконструкция поверхности, которая приводит к изменению не только межатомных расстояний, но и симметрии кристаллической решетки. Американские теоретики из Колумбийского университета в работе [1] положили начало новой области исследований в физике конденсированного состояния вещества, а именно – "электронной реконструкции" вблизи границы раздела систем с сильными электрон-электронными и электрон-решеточными взаимодействиями. Как первый шаг в этом направлении, они изучили электронные характеристики границы раздела мотовского диэлектрика и зонного диэлектрика. Оказалось, что приграничный слой (металлический и ферромагнитный) действительно кардинально отличается от объемных фаз по обе его стороны (диэлектрических и антиферромагнитных). Поскольку сильнокоррелированные электронные системы характеризуются огромным разнообразием фаз (различные типы спинового и зарядового упорядочения, орбитальный порядок, высокотемпературная сверхпроводимость и др.), то открывается замечательный вид на непаханое поле для фундаментальных (а затем, возможно, и прикладных) исследований.

1. S.Okamoto, A.J.Millis, *Nature* 2004, 428, 630

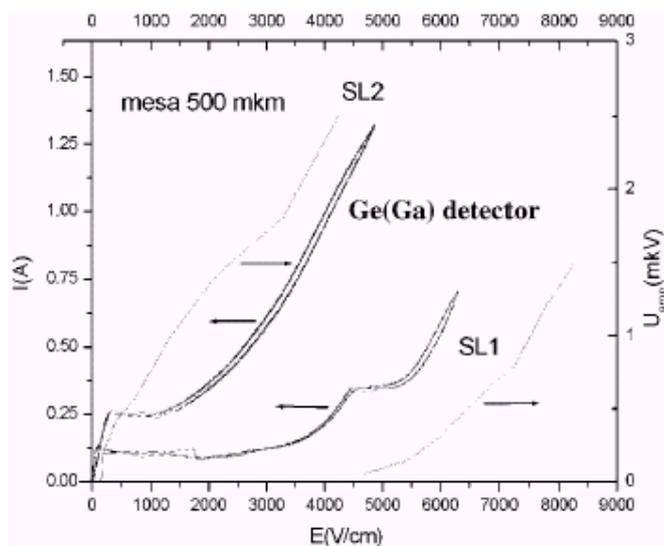
## НАНОСТРУКТУРЫ

### **Блоховский или неблоховский ТГц генератор работает!**

Заставить работать блоховский генератор на сверхрешетках в терагерцовом диапазоне частот оказалась непростой задачей. Над ней упорно работают ученые из Института физики микроструктур (Нижний Новгород). То, что они предлагают можно назвать «инженерией минизоны».

А.А.Андронов с коллегами выдвинули идею использования сверхрешеток с малым энергетическим зазором (иными словами «узкой запрещенной зоной») между минизонами [1]. Для этого были изготовлены две сверхрешетки на *GaAs-AlGaAs*: одна (SL1) имела 100 периодов по 195Å, а вторая (SL2) – 150 периодов по 173Å. Барьеры были очень узкими, предположительно 20Å, и очень низкими из-за малого процентного содержания Al ( $x=0.1$ ). В результате сильной туннельной связи между квантовыми ямами минизоны уширились и почти перекрывали друг друга. Обе сверхрешетки были сконструированы таким образом, чтобы энергия оптического фонона превосходила ширину первой (нижней) минизоны. Отличие состояло в том, что для SL1 энергия оптического фонона достигала до верха второй минизоны, а в SL2 – только до ее нижней границы. При гелиевой температуре измеряли как статические вольт-амперные характеристики, так и излучение в терагерцовом диапазоне с помощью детектора на *Ge(Ga)* (рис.1). Для SL2 терагерцовое излучение наблюдали в слабых электрических полях в районе области отрицательной дифференци-

альной проводимости. Авторы связывают его с блоховскими осцилляциями.



Если это так, то это первое наблюдение терагерцовой блоховской генерации! В сильных полях излучение, по-видимому, возникает благодаря туннелированию между подзонами, приводящему к образованию электронных сгустков (bunching). Это уже плазменные колебания. Для SL1 терагерцовое излучение в слабых электрических полях не наблюдали, что свидетельствует о диффузном характере движения электронов в нижней минизоне.

Другая группа исследователей из ИФМ РАН (Ю.Романов с коллегами) теоретически показала возможность создания терагерцового генератора с непрерывно перестраиваемой электрическим полем частотой на ангармонических блоховских осцилляциях электронов в полупроводниковых сверхрешетках [2]. Предлагается для этого использовать сверхрешетки со специальным характером минизоны, в значительной части которой эффективная масса электрона положительна и уменьшается с ростом его энергии. Это позволяет исключить развитие нежелательной доменной неустойчивости (эффекта Ганна) в условиях генерации терагерцового излучения. Экспериментального воплощения эта идея пока не получила.

В.Вьюрков

1. *Semicond. Sci. Technol.* 2004, 19, p. S96.
2. *ФТТ* 2004, 46, с.162

### **Терагерцы из полевого транзистора**

Интернациональный коллектив исследователей из Франции (W.Кнар et al., CNRS), России (В.В.Попов, ИРЭ РАН, Саратов) и США (M.S.Shur, Rensselaer Polytechnic Institute) сообщают о наблюдении терагерцового излучения (0.4-1.0ТГц) из двумерного электронного газа с высокой подвижностью в полевом гетеротранзисторе *InGaAs/AlInAs HEMT* с длиной затвора 60нм [1]. Излучение связано с возникновением плазменной неустойчивости Дьяконова-Шура при протекании тока в канале транзистора. Группа В.И.Рыжия из Японии (University of Aizu),

которая часто выступает в соавторстве с Шуром, теоретически рассматривает другую возможность возбуждения плазменных колебаний в канале транзистора - путем облучения импульсом света [2]. Фотоэлектроны «ударяют» по плазме поперек канала.

Если канал транзистора представить в виде струны, то идеи представленных команд отличаются приемами игры. Команда Шура возбуждает колебания продольным пучком электронов, а команда Рыжия – поперечным. Хотя, конечно, вызывают колебания и в том и другом случае продольные компоненты электрического поля.

При теоретическом рассмотрении обе команды особое внимание уделяют граничным условиям на краях канала, которые в значительной степени определяют добротность плазменного резонатора, а, следовательно, эффективность раскачки колебаний.

В.Вьюрков

1. *Appl.Phys.Lett.* 2004, **84**, 2331
2. *Semicond.Sci.Technol.* 2004, **19**, S74

## ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

### Добавление фуллеренола улучшает свойства актюаторов на основе полимерных пленок

Как обнаружили японские ученые (совместная работа сотрудников Nara National College of Technology; Nitta Corp.; Matsue National College of Technology), пленки полиуретанового эластомера (*PUE*) проявляют эффект электрострикции аналогично полимерным гелевым материалам, на основе которых уже предложено много различных движущих устройств [1,2]. В полимерных гелевых материалах используется изменение объема геля, и эффект значителен, однако отклик - замедленный из-за участия ионного растворителя.

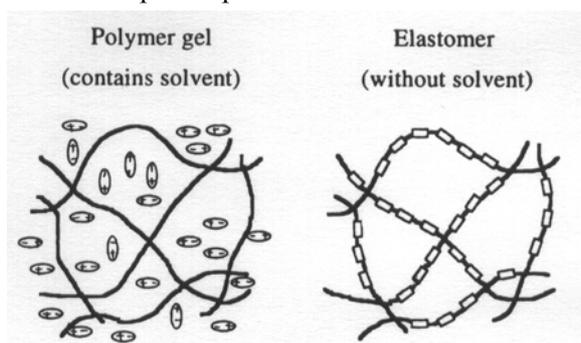


Рис.1. Схематическое представление полимерного геля и полиуретанового эластомера

Авторы [1] синтезировали пленки эластомера, аналогичные гелевому материалу без растворителя. Как видно из рис. 1, молекулярная структура эластомера состоит из гибких и жестких сегментов, и полимерная цепь сама может заменить ионные растворители. Авторы предлагают актюаторы, состоящие из пленок *PUE* и *Al* или *Au* электродов, нанесенных на обе стороны пленки (например, методом термического испарения или ионной имплантации). Для того, чтобы понизить рабочее напряжение (обычно более 1кВ), в пленку был добавлен фулле-

ренол, являющийся производным фуллерена с гидроксильными группами (предположительно  $C_{60}$  содержит 10 -12 групп) [3].

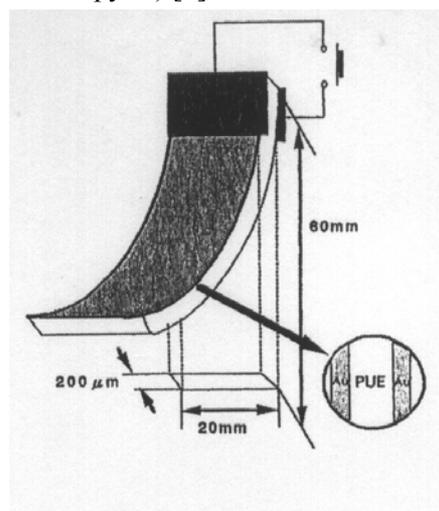


Рис.2. *PUE* актюатор монофорфного типа

Было обнаружено, что *PUE*-пленки проявляют эффект электрострикции и растягиваются под действием, приложенного электрического поля. Механизм растягивания можно связать с конформационными изменениями, обусловленными ориентацией множества полярных групп гибких сегментов молекулярных цепей вдоль электрического поля. Из-за наличия с двух сторон тонких пленочных электродов пленка *PUE* изгибается (рис.2, 3).

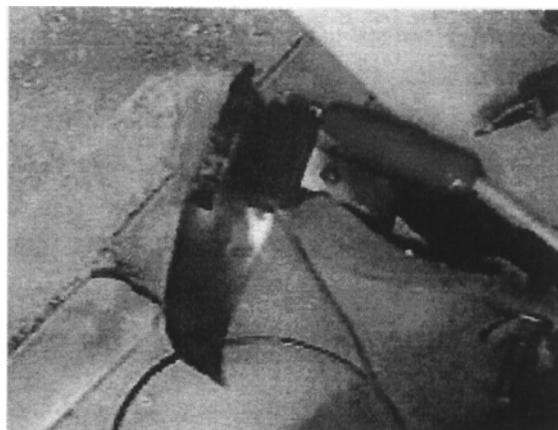


Рис.3. Фотография "работающего" *PUE* актюатора

Смещение при приложенном высоком напряжении очень велико. Меняя толщину одного из электродов, можно управлять направлением изгиба (актюаторы всегда изгибаются в направлении более толстого электрода). Однако если электроды имеют одинаковую толщину около 200нм, все актюаторы изгибаются в сторону катода.

Поскольку *PUE*-актюаторы толщиной 100-400мкм работают при приложенном напряжении более 1кВ, их очень сложно использовать в качестве искусственной мышцы. Тут и помогли производные фуллеренов. Оказалось, что при добавлении 0.25вес.% фуллеренола смещение при электрическом поле 15кВ/см увеличивалось в три раза (как и в случае обычной пленки наблюдалась квадратичная зави-

симось деформации от приложенного электрического поля, т.е. эффект электрострикции). Интересно, что при добавлении фуллеренов смещение, наоборот, стало очень небольшим по сравнению с обычной *PUE*-пленкой. Очевидно, гидроксильные группы добавленных в жесткие сегменты звездчатых фуллеренолов способствует образованию поперечных связей в трех измерениях, и кажущаяся длина молекулярной цепи в *PUE*-пленке возрастает. Это приводит к эффективному растягиванию при более низком напряжении. Ученые [3] синтезировали три типа фуллеренолов с разным количеством гидроксильных групп и убедились, что актюатор с добавкой большего числа этих групп при той же концентрации фуллеренола изгибается более сильно. Чтобы прояснить связь между растягиванием пленок и механизмом изгиба актюатора, исследователи импульсным электроакустическим методом измерили пространственное распределение заряда в *PUE*-пленках с добавками фуллеренола и пленок полиэтилентерефталата (*PET*). Оказалось, что пространственные заряды двух пленок резко отличаются. Если в пленках *PET* разноименные пространственные заряды имеются соответственно около катода и анода, то в *PUE*-пленках с добавками фуллеренола при приложении напряжения и отрицательный, и положительный пространственные заряды имеются около катода. Происхождение зарядов обусловлено ориентированными полярными группами гибких сегментов. Это подтверждает предположение о том, что растягивание *PUE*-пленок основано на конформации молекулярных цепей. Последние около катода испытывают взаимное притяжение, обусловленное отрицательным и положительным зарядами, и *PUE*-пленкам с добавками фуллеренола всегда изгибаются в сторону катода.

Для определения индуцированной силы к *PUE*-пленкам толщиной 100, 200 и 400 мкм были приложены нагрузки от 100 мг до 1 г. На рис. 4 показана

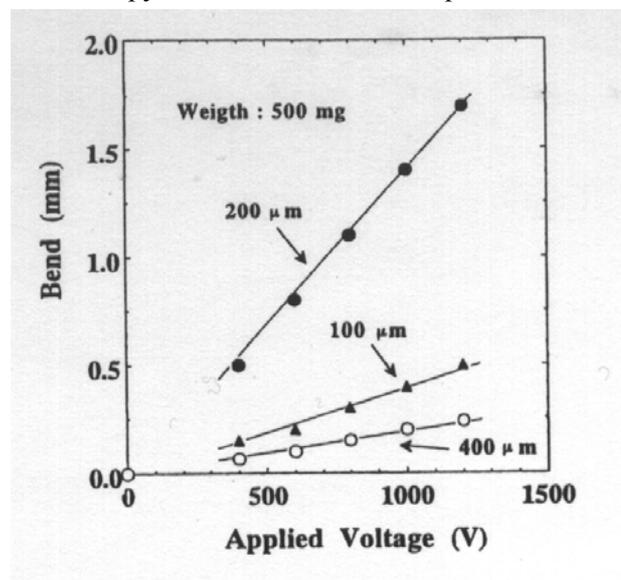


Рис.4. Зависимость величины изгиба *PUE* актюатора от приложенного напряжения при нагрузке 500 мг

зависимость между изгибающим смещением для *PUE*-фуллереноловых актюаторов и индуцированной силой для трех разных толщин пленок при нагрузке 500 мг. Актюатор толщиной 200 мкм является самым сильным (опыты показали, что он может поднять груз до 700 мг).

В настоящее время авторы изучают добавление в *PUE*-актюаторы углеродных нанотрубок с гидроксильными группами. Как и в случае с фуллеренолом, изгибание растет при увеличении количества гидроксильных групп. Для актюатора с углеродными нанотрубками эффект при низком электрическом поле даже больше, чем для актюатора с добавками фуллеренола такой же концентрации. По-видимому, линейные нанотрубки являются более эффективными для поперечных сшивок полимерных цепей, чем сферические фуллеренолы.

О.Алексеева

1. *Synth. Met.*, 1997, **85**, 1415
2. *Synth. Met.*, 1999, **103**, 2366
3. *IEICE Trans. Electron.*, 2004, **E87-C**, 136

## МИКРОТЕХНОЛОГИИ

### Органические дисплеи – это перспективно, однако...

В настоящее время используются два основных типа органических светоизлучающих материалов, отличающихся друг от друга размером молекул. Светоизлучающие диоды (*LED*) на «малых молекулах» получили название органические СИД (*OLED*). На их основе изготавливают красные, голубые и зеленые излучатели. Последние характеризуются самой высокой среди *OLED* эффективностью: 10-15 кандел/Ампер (такую эффективность имеют современные коммерческие полупроводниковые светодиоды) и 7-10 люмен/Вт (эта эффективность сравнима с эффективностью ламп накаливания).

Второй тип светоэмиссионного материала представляет собой полимер из больших молекул. *LED* на «больших молекулах» получили название полимерные светодиоды (*PLED*). *PLED* не имеет такую гамму цветов, как *OLED*, но защитники *PLED* убеждены, что у них еще все впереди. Оба типа цветных светодиодов можно также делать на основе эмиттеров белого цвета и крошечных цветных фильтров.

Объем продаж мирового рынка органических дисплеев составил в 2003 г. 219 млн. долл., а в 2009 г. составит, по оценкам, 3.1 млрд. долл. Около 100 фирм разрабатывают изделия, использующие органические эмиттеры. В табл.1 представлены некоторые изделия, в которых используются органические дисплеи, с указанием фирм-изготовителей, а также устройства, в которых используются эти изделия и степень готовности выхода изделий на рынок.

Применение <i>LED</i>	Изделия (изготовитель)	Устройства	Состояние
Малые дисплеи	Цифровые камеры (Kodak/Sanyo); сотовые телефоны (Pioneer, RITdisplay); компоненты автомобильных приемников (Pioneer, TDK); электробритвы (Philips)	Персональная электрон- ная аппаратура	В продаже
Больше дисплеи	15.5-ти дюймовые <i>OLED</i> экраны (Samsung SDI); 17-ти дюймовые <i>PLED</i> экраны (Toshiba); 20-ти дюймовые <i>OLED</i> экраны (ChiMei/IBM); 24-х дюймовые мультипанельные экраны (Sony)	ТВ; компьютеры; ин- формационные щиты.	Опытные изделия. На рынке появятся через 2-4 года.
Гибкие дисплеи	Карманные компьютеры (Pioneer); сворачиваемые в рулон дисплеи (Universal Display Corp)	Одежда; портативные приборы	Опытные изделия, На рынке появятся через несколько лет.
Осветительные устройства	Пока информации нет	Настенные или пото- лочные обои; «огни безопасности» для транспортных средств или для одежды	На стадии разработки. На рынке появятся не раньше 5-10 лет.

Военные организации проявляют особый интерес к гибким дисплеям. Недавно U.S. Army Research Lab. выделила 2 млн. долл. ф. Universal Display Corp. на разработку гибких *OLED* дисплеев. Оборонное Агентство перспективных разработок (*DARPA*) также финансирует разработку гибких *OLED* дисплеев, используемых в военно-полевых условиях, например, чтобы солдат смог развернуть светящуюся карту, изображающую местность в реальном времени.

Л. Журавлева

1. *Sci. Amer.*, 2004, p. 64-69, Febr

## КВАНТОВЫЙ КОМПЬЮТЕР

### Ограничения Keyes'a для популярной конструкции квантового компьютера

Robert W. Keyes (*IBM Research Division, Yorktown*) много лет занимается полупроводниками и, в частности, предельными возможностями полупроводниковых технологий. Очередную свою работу [1] он посвятил квантовым компьютерам, а именно конструкциям из кремния, легированного фосфором (здесь кубитами являются спины ядра  $^{31}\text{P}$ , а их взаимодействие организуется через  $1s$  электроны на этом водородоподобном доноре). Радиус первой борновской орбиты для мелких доноров в *Si* составляет  $\sim 3\text{нм}$ , т.е. электрон встречает на своём пути  $\sim 2 \times 10^4$  атомов. Чтобы квантовый компьютер работал без сбоев, требуется, чтобы среди этих 20000 атомов не было ни одного изотопа  $^{29}\text{Si}$  (у этого изотопа ядро тоже со спином  $\frac{1}{2}$  и его в кремнии 4.67%). Непреложный факт состоит в том, что кремния такой изотопической чистоты пока никто не сумел получить. И вряд ли сможет. Потому что изотопы делить – это дорого, точнее, очень дорого. Это раз. Но есть ещё и два. И оно в том, что необходимые технологические процессы (нанесе-

ние электродов, выращивание оксида и т.д.) неизбежно приводят к деформации кремния. А как только *Si* сдеформировали, так сразу его шестидольная зона проводимости перестаёт быть красивосимметричной, т.е. искажается, и это «хаотизирует» взаимодействие  $1s$  электронов на донорном фосфоре. Следует отметить, что на эти обстоятельства раньше, еще с момента ее появления в 1998 году, обращали внимание и другие критики конструкции Кейна.

С. Чукичев

1. Robert W. Keyes. *Limitations of silicon devices for quantum computing*. *J.Phys.: Condens. Matter*, 2004, 16, p. V11-V12

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

### Четыре критерия для нанотехнологии

Clayton Teague, руководитель правительственного ведомства «National Nanotechnology Coordination Office», разработал четыре критерия по отбору нанотехнологических проектов, достойных государственного финансирования.

*Во-первых*, нанотехнологические системы должны включать компоненты, размером 1-100нм. «Нижний предел 1нм выбран потому, чтобы исключить системы, состоящие из одного или всего из нескольких атомов. «Напоминаю, что  $1\text{нм}^3$  может содержать 500-1000 атомов», - сказал С. Teague.

*Во-вторых*, материалы и системы должны иметь функциональные особенности, обусловленные их наноразмерами. Например, уникальные квантово-механические эффекты.

*Третий* критерий касается способности контролировать эффекты. «Вы должны уметь видеть, измерять и манипулировать на нанометровом масштабе», - говорит руководитель ведомства.

Четвертый критерий часто упускается в нанотехнологических дискуссиях. Это - способность интегрировать наноэффекты и наноприборы в полноценную функционирующую систему нано-, микро-, милли- или метрового масштаба.

*Л. Журавлева*

1. [http://www.eet.com/article/printableArticle.jhtml?article.../news&sub\\_taxonomyID=638](http://www.eet.com/article/printableArticle.jhtml?article.../news&sub_taxonomyID=638)  
29.03.2004

## КОНФЕРЕНЦИИ

### 22 – 26 ноября 2004 г. Ершово, Москва.

Научно-практическая конференция материаловедческих обществ в России «Создание материалов с заданными свойствами: методология и моделирование».

Заявка на участие должна быть прислана до 30 мая 2004 г.

#### Контакт:

Г.И.Соловьев

Тел. (095) 323 9274 324 3165

Факс. (095) 323 9274

E-mail: [mom2004@phm.mephi.ru](mailto:mom2004@phm.mephi.ru)

Web: <http://bak.mephi.ru/mom>

#### 2005 г.

**Января 2005 г. Москва.** Всероссийская конференция «Необратимые процессы в Природе и технике».

Конференция проводится Московским государственным техническим университетом им. Н.Э. Баумана, Физическим институтом им. П.Н. Лебедева и Центром прикладной физики МГТУ

Секции:

1. Перспективные направления исследования необратимых физических процессов.
2. Математическое моделирование физических процессов и технических систем.

3. Фундаментальные проблемы создания новой техники.
4. Необратимые оптические процессы.
5. Научно-методические проблемы преподавания естественнонаучных дисциплин.

Срок регистрации тезисов – до 30 сентября 2004 г.

#### Контакт:

Тел. (095) 263-63-52; 263-63-68; 261-45-70.

E-mail: [nppt@mx.bmstu.ru](mailto:nppt@mx.bmstu.ru)

### Криостаты от Гелиймаш

ОАО "НПО ГЕЛИЙМАШ" является одним из основных в России разработчиков и производителей сосудов Дьюара.

Созданная ОАО "НПО ГЕЛИЙМАШ" серия сосудов на основе базовых моделей объемом 6, 20 и 35 литров, соответствует лучшим мировым аналогам.

Надежные технические показатели и доступные цены, позволили занять продукции Гелиймаша достойное место в:

- научно-исследовательских и экспериментальных лабораториях;
- медицинских учреждениях;
- физиотерапевтических центрах общей и локальной криотерапии;
- оздоровительных центрах косметологических клиниках.

Применение современных технологий производства дало возможность обеспечить высокое качество и стабильность технических характеристик сосудов Дьюара в течение всего периода их эксплуатации.

119992, г. Москва, Лужнецкая наб., 10а, ОАО "НПО Гелиймаш"

тел./факс: (095) 257-24-94

Экспресс-бюллетень "ПерсТ" выходит при поддержке  
Министерства промышленности, науки и технологий РФ,  
Научных Советов Российских научно-технических программ:

"Актуальные направления в физике конденсированных сред",  
"Перспективные технологии и устройства микро- и наноэлектроники", "Физика твердотельных наноструктур"

Редактор: С.Корецкая тел: (095) 930 33 89, e-mail: [stk@issp.ras.ru](mailto:stk@issp.ras.ru)

В подготовке выпуска принимали участие:

О.Алексеева, В.Вьюрков, Л.Журавлева, Ю.Метлин, Л.Опенев, С.Чикичев

Компьютерный ввод, макет: И.Фурлетова

Ответственный за тираж: Ю.Мухин

Адрес редакции: 119296 Москва, Ленинский проспект, 64А