

носят деревья, и даже тесто на дрожжах подходит быстрее. Также общим стало утверждение о том, что современная музыка, изобилующая диссонансами и навязчивыми ритмами, годится разве что только в качестве “звукового яда”. Британские ученые (Imperial College London, Queen Mary Univ.) вопреки обыкновению, пришли к неожиданному выводу: эффективность элементов солнечных батарей возрастает при проигрывании поп-музыки [1].

Здесь стоит сразу оговориться, что речь идет о специальном типе гибридных фотогальванических элементов: столбчатых наноструктурах из оксида цинка в полимерной матрице, причем первоначальной задачей исследователей было изучение зависимости КПД фотогальванического элемента от аспектного отношения наностолбиков. Эффектив-

ность преобразования световой энергии в электрическую возрастала с увеличением относительной высоты столбиков, что обычно приписывали увеличению площади соприкосновения двух компонентов гибридных элементов. Однако исследователи обратили внимание, что при этом, вопреки предсказаниям, возрастает и время жизни свободных носителей зарядов. Поскольку способ обработки поверхностей наноструктур с различными аспектными отношениями был одинаков, то единственное отличие между ними заключалось в механических свойствах наностолбиков. Так исследователи пришли к мысли, что на эффективность фотовольтаического преобразования влияют колебания наностолбиков на звуковых частотах.

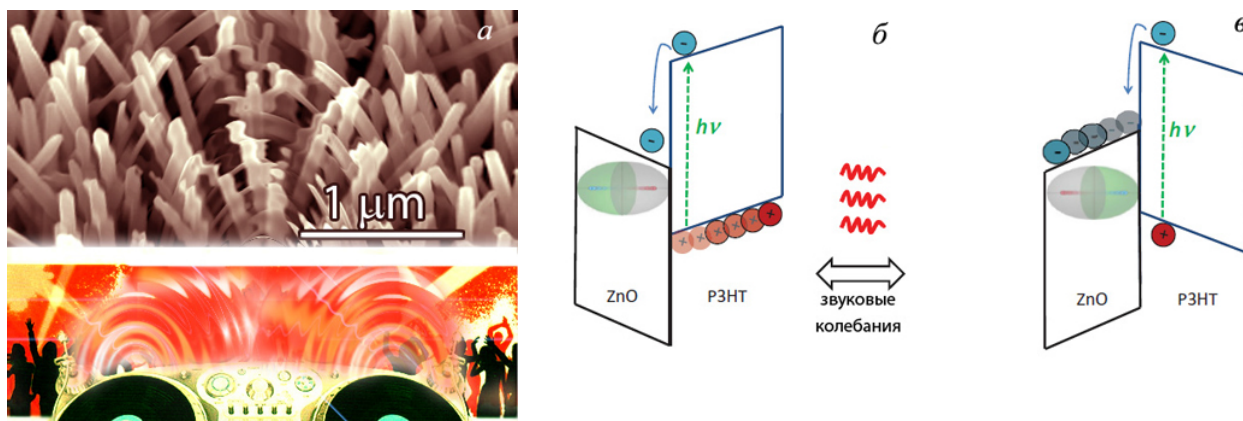


Рис. 1. а – Солнечные элементы с наностолбиками ZnO предпочитают поп-музыку. б, в – Зонные диаграммы вблизи контакта оксида цинка ZnO и полимера P3HT. Механизм разделения электронно-дырочных пар под действием звуковых колебаний. Он действует как при сжатии (б), так и при растяжении (в) [1]

Механизм усиления фотогальванического эффекта становится понятным, если вспомнить, о том, что оксид цинка является пьезоэлектриком. Чем тоньше столбики, тем ниже частота их собственных колебаний, а значит, они могут значительно изгибаться под действием акустических волн слышимого диапазона. Механическая деформация приводит к возникновению в ZnO электрического поля, которое разделяет фотоиндуцированные электронно-дырочные пары, препятствует рекомбинации свободных носителей и, тем самым, повышает эффективность фотовольтаического преобразования. Благодаря активному использованию в поп- и рок-музыке синтезаторов ее спектр лежит ближе к диапазону собственных колебаний наностолбиков, этим и обусловлены “музыкальные предпочтения” солнечных элементов. Более практичным представляется использовать данные элементы там, где есть постоянная вибрация: в системах кондиционирования и на транспорте.

А. Пятаков

*I. S. Shoaee et al., Adv. Mater., published online 6 Nov. 2013*

## СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

### Магнитные икосаэдрические квазикристаллы с локализованными моментами

Квазикристаллы, как известно уже около 30 лет, образуются в металлических сплавах и обладают неперiodическим дальним позиционным порядком и вращательной симметрией с осями, запрещенными симметрией в обычных кристаллах (например, оси пятого или десятого порядка). До сих пор были известны только металлические магнитные квазикристаллы с коллективизированными электронами-носителями магнетизма. В работе [1] группа исследователей из Iowa State Univ. (США) сообщила об открытии, по крайней мере, семи новых редкоземельных икосаэдрических бинарных квазикристаллов  $i$ -R-Cd, ( $R$ =Gd-Tm и Y), шесть из которых содержат локализованные магнитные моменты (ЛММ). Образцы получали с помощью методики роста монокристаллов из раствора. Была тщательно исследована область фазовой диаграммы бинарных растворов R-Cd, обогащенная Cd. В области перитектики были найдены  $i$ -R-Cd фазы. Элементный состав образцов определяли двумя независимыми

методами: рентгеновским энергодисперсионным анализом и по температурной зависимости намагниченности при высоких температурах по закону Кюри-Вейсса. Первый метод дал средний состав  $i\text{-RCd}_{7.55\pm 0.3}$ , а второй показал более обогащенные кадмием составы:  $i\text{-RCd}_{7.75\pm 0.25}$ . Оба состава значительно отличаются от прототипа  $i\text{-YbCd}_{5.7}$  и близко по структуре кубического кристалла (аппроксиманта)  $\text{RCd}_6$ . Стехиометрия обнаруженных квазикристаллов ближе к недавно открытым немагнитным икосаэдрическим сплавам  $\text{Sc}_{12}\text{Zn}_{88}$  ( $\text{ScZn}_{7.33}$  в обозначениях авторов [1]).

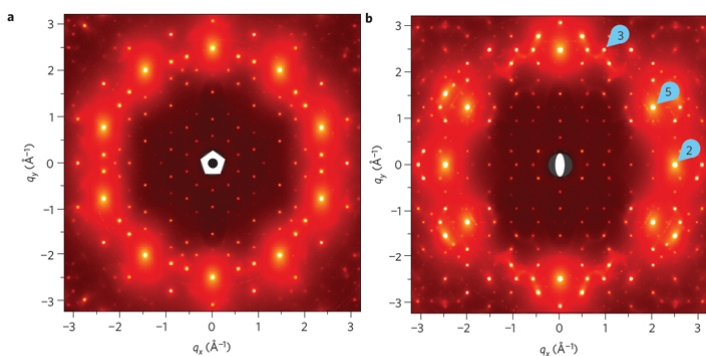


Рис.1. Результаты дифракции синхротронного излучения от одного зерна  $i\text{-Gd-Cd}$  при падающем луче вдоль оси пятого (а) и второго (б) порядка. Маркеры 2, 5 и 3 на рис.1б показывают на рефлексы вдоль осей соответствующего порядка.

Кристаллическую структуру исследовали как стандартной рентгеновской порошковой дифракцией, так и высокоэнергетической рентгеновской однозерновой дифракцией на станции 6-ID-D на синхротроне APS в Argonne Natl. Lab. (США) (рис. 1). Эти квазикристаллы содержат те же базовые структурные элементы, а именно ромбические триакоэдральные кластеры типа Цая, которые известны для немагнитных икосаэдрических фаз  $i\text{-YbCd}_{5.7}$  и периодического аппроксиманта  $\text{RCd}_6$ , несмотря на различия в составе.

Температурные зависимости намагниченности в поле и без поля были измерены с помощью СКВИД-магнитометра. Из высокотемпературных измерений для всех составов найдены отрицательные величины парамагнитной константы Кюри, показывающие доминирующий антиферромагнитный обмен. Низкотемпературные магнитные свойства показаны на рис. 2.

В случае с Gd видно обычное поведение спинового стекла с заметным различием FC, ZFC ниже пика при температуре замерзания  $T_f=4.6\text{K}$ , которая на порядок ниже парамагнитной точки Кюри, что типично для сильно фрустрированных систем. Поведение систем с Tb и Dy более сложное. Расщепление кривых FC, ZFC начинается раньше пика. Подобное поведение ранее было отмечено для Tb-Mg-Cd сплава и связывалось с проявлением эффектов кристаллического поля. Для Gd в S-состоянии эти эффекты не важны. Открытие магнитных квазикри-

сталлов с ЛММ предлагает композиционно простейшие системы для исследования магнитных взаимодействий и эффектов фрустраций в аперриодических структурах.

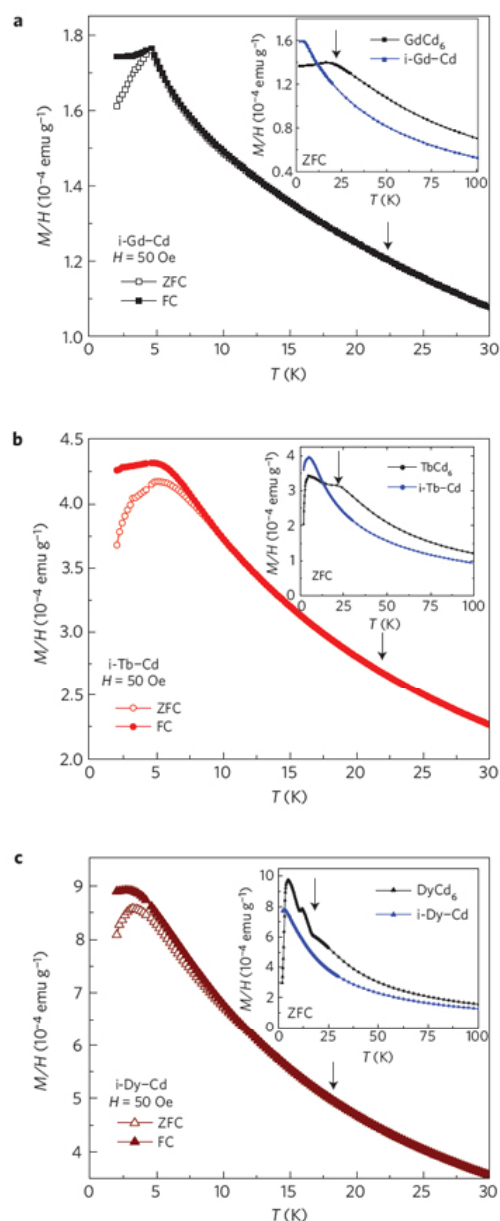


Рис. 2. Низкотемпературная часть магнитной восприимчивости квазикристаллов  $i\text{-R-Cd}$  с охлаждением в магнитном поле (FC) и без поля (ZFC) для  $R=\text{Gd}$  (а), Tb (б), Dy (с).

С. Овчинников

1. A.I.Goldman et. al., *Nature Mater.* **12**, 714 (2013).

## ДЛЯ ПРАЗДНОГО УМА

### Кончики пальцев чувствуют неровности

Пять всем известных чувств – зрение, слух, вкус, обоняние и осязание – были впервые перечислены еще Аристотелем. Осязание, самая древняя форма ощущений, возникает при раздражении рецепторов кожи, наружных поверхностей слизистых оболочек и мышечно-суставного аппарата и складывается из тактильных, температурных, болевых и двигательных ощущений. Основная роль в осязании принад-

*ПерТ*, 2013, том 20, выпуск 24