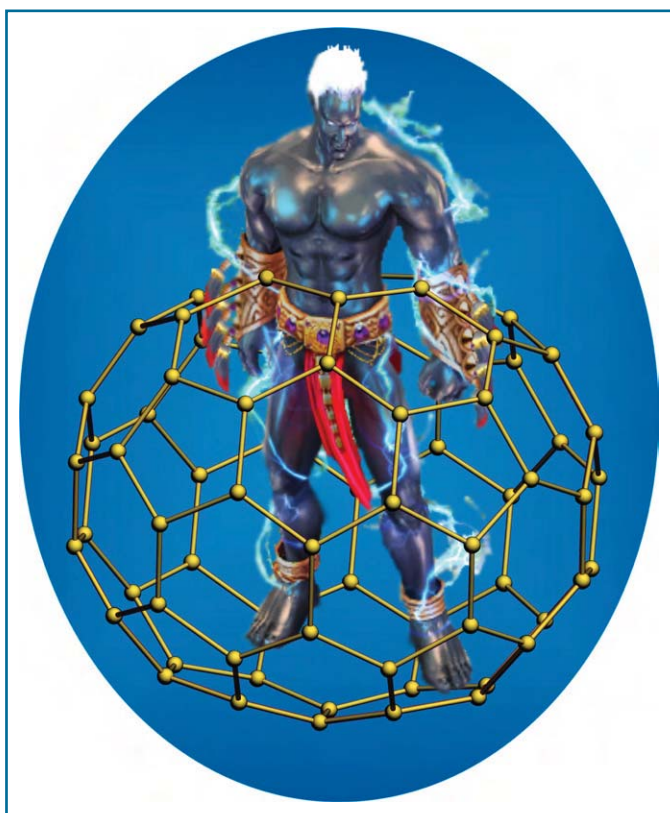


## НАНОЭНЕРГЕТИКА (Nanoenergetics)

*«Коммунизм – это есть Советская власть плюс электрификация всей страны».*

*В.И. Ленин*



Сегодня мы все чаще сталкиваемся с ситуациями, когда привычные для нас электронные устройства постепенно становятся все более компактными – и речь теперь идет о **нанороботах, наномашинах** и пр. В связи с этим появляется новая обобщающая область знаний под названием **наноэнергетика**, которая рассматривает источники энергии соответствующих размеров, подходящие для подобных устройств.

Уже сейчас созданы различные **нанобатарейки**. Развитие этой новой области знаний о поведении наноразмерных систем с ионной и смешанной проводимостью – так называемой **наноионики** –

относится к важнейшим направлениям современных исследований. С фундаментальной точки зрения представляет значительный интерес создание новых и оптимизация существующих методов получения таких наноматериалов, а также исследование особенностей ионного и электронного транспорта в зависимости от типа наноматериала. Практическая разработка нового поколения нанобатареек с повышенной эффективностью, надежностью, безопасностью, в несколько раз меньших по размерам, с практически отсутствующим загрязнением окружающей среды позволит создать принципиально недостижимые в традиционном исполнении виды устройств, широко востребованные во всех областях современных науки и техники.

Что же изменится, если для создания электродов в обычной батарейке использовать наноструктурированный материал? В этом случае в значительной степени увеличится площадь удельной поверхности материала электродов. В свою очередь это приведет к увеличению площади контакта между электродами и электролитом, в результате чего возрастут скорости разряда и заряда. Увеличение удельной площади поверхности частиц электродов приводит также к тому, что возрастает удельный вклад механизма сохранения заряда на поверхности, а это в свою очередь значительно увеличивает емкость электрода. Кроме того, за счет малого размера частиц материала электродов сокращаются расстояния, преодолеваемые ионами в процессе диффузии в глубь материала. В результате увеличивается количество энергии, которое можно сохранить в данной массе материала (рис. 1).

Разработка новых «умных» поколений химических источников тока основана и на том, что свойства ультрадисперсных частиц в существеннейшей степени изменяются по сравнению с объемным телом (рис. 1). И причина этого не только в доступности поверхности и облегчении диффузионных потоков, но и в изменении концентрации дефектов, а главное – в разнообразных *размерных эффектах*, которые связаны с тем, что размер частицы становится меньше некоторой критической величины, сопоставимой с так называемой корреляционной длиной или радиусом взаимодействия, характерным для того или иного физического явления. В результате возникают новые закономерности, что проявляется в уникальном физико-химическом и электрохимическом поведении таких наноматериалов. Еще одна важная черта *наночастиц* – они не «растрескиваются» и не изменяются в циклах зарядка-разрядка. Раньше считалось, что это явление серьезно ограничивает ресурс обычных химических источников тока, поскольку разрушается или даже химически изменяется электрод, при этом теряется «связность» между отдельными частями электрохимической цепи батарейки. При использовании пасты с тесно контактирующими наночастицами эти проблемы во многом снимаются.

Одними из наиболее известных соединений металлов, имеющих переменные степени окисления, обладающих к тому же широкой распространенностью, низкой стоимостью и малой токсичностью, являются системы марганец – кислород, титан – кислород, ванадий – кислород и др. Интересным является также тот факт, что даже ряд не являющихся электроактивными в объемном состоянии материалов начинает проявлять улучшенное электрохимическое поведение при переходе в наноразмерное состояние. Оксид титана со структурой рутила в обычном состоянии может интеркалировать только незначительное количество ионов лития при комнатной температуре. Однако при переходе в наносостояние ситуация изменяется кардинальным образом. При размере частиц  $\text{TiO}_2$  15 нм в его структуру можно внедрить больше 1 моля лития на 1 моль  $\text{TiO}_2$ , что является вполне приличным количеством и позволяет использовать наноструктурированный оксид титана в качестве отрицательного электрода в литий-ионных аккумуляторах!

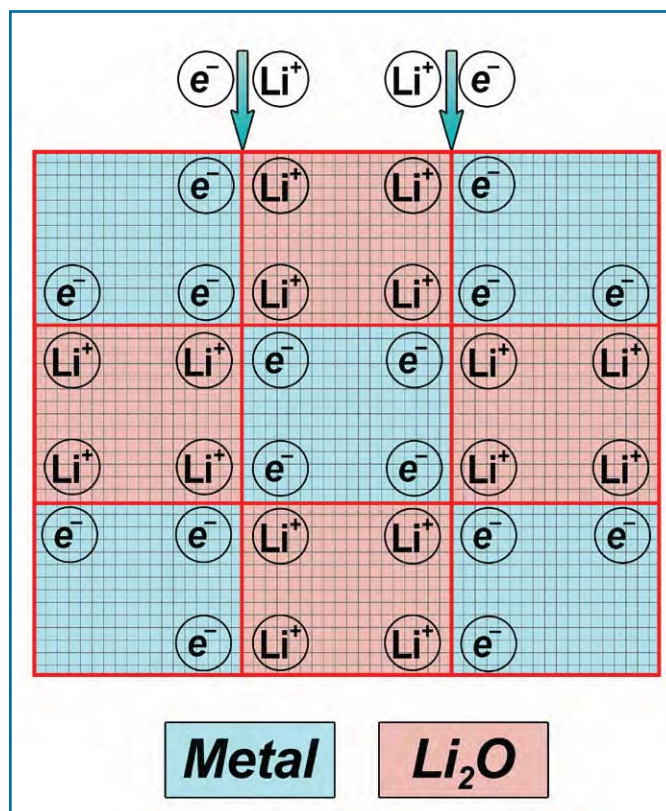


Рис. 1. Новые эффекты, возникающие в наноконкомпозитах: электростатические эффекты разделения зарядов в наноконкомпозитах «металл (рутений) – оксид ( $\text{Li}_2\text{O}$ )»

Очень перспективными источниками энергии для устройств с размерами порядка  $10^{-9}$ – $10^{-8}$  м являются также водородные элементы. Так, предложен очень удобный метод хранения водорода, суть которого заключается в его связывании сложными комплексами углерода и титана на основе углеродных нанотрубок (рис. 2). Водород

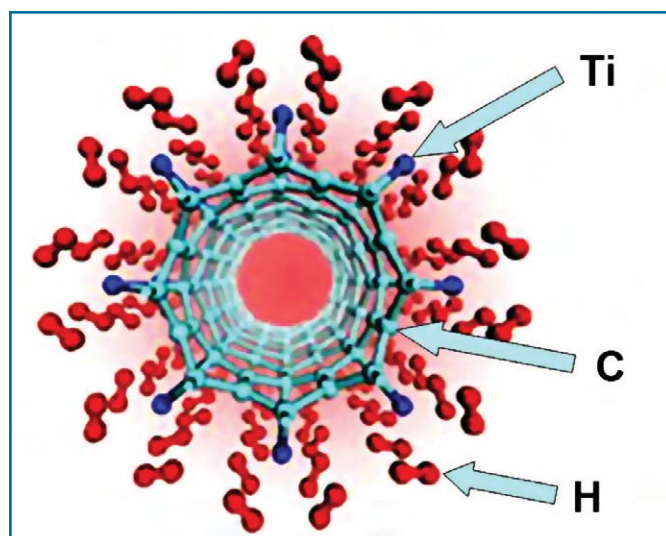
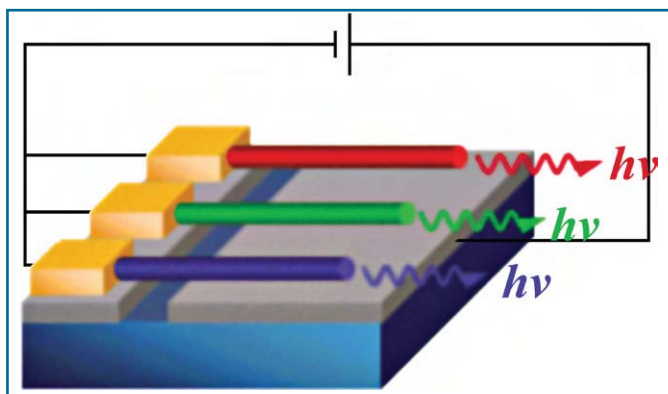


Рис. 2. Наноаккумулятор водорода на основе титан-углеродного ансамбля



**Рис. 3.** «Многоцветный» лазер, состоящий из ансамбля нанонитей различного состава

может обратимо присоединяться к таким интересным ансамблям в количестве до 8% от общей массы комплекса. При нагревании аккумулятора из нанотрубок до 500 °С происходит отщепление водорода.

Еще одной очень перспективной является идея создания источников квантов электромагнитного излучения с фиксированной длиной волны. В их

основе лежат композиционно-модулированные структуры на GaAs, GaP и CdS, а также проводящие нанонити на основе кремния и фосфида индия. Конструкция нанолазера чрезвычайно проста. Отдельные нанонити из сульфида кадмия расположены между кремниевой пластинкой (полупроводник *p*-типа) и металлическим электродом (рис. 3). Если вместо одинаковых нитей использовать ансамбль нитей разного состава, то можно получить излучение в широком диапазоне длин волн. Такие устройства можно использовать в различного рода сенсорах для диагностики состояния живых тканей (проникновение столь тонкой нити в отдельную живую клетку не приносит ей значительного ущерба). Возможно, направленные импульсные энергетические воздействия на клеточном уровне позволят решать множество актуальных проблем современной медицины. Кроме того, с помощью нанолазеров можно проводить литографию сверхвысокого разрешения на различных поверхностях.

#### Литература:

1. Kwan S. Kwok. Nanotoday. Desember 2003. P. 20.
2. Miziolek A.W. The AMPTIAC Newsletter. 2002. Vol. 6. № 1. P. 43
3. Maier J. Nature materials. 2005. Vol. 4.