

## НАНОРАЗМЕРНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДВОЙНОСЛОЙНЫХ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

В.В. Жилинский<sup>1</sup>, И.М. Жарский<sup>1</sup>, В.Б. Дроздович<sup>1</sup>, С.А. Жданок<sup>2</sup>

1 - Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

2 - Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
zhillnski@yandex.ru

Двойнослойные суперконденсаторы (ДСК) представляют интерес как перспективные высокоомощные источники электропитания, способные заменить материалоемкие химические источники тока (ХИТ). Накопление энергии в ДСК осуществляется путем зарядки двойного электрического слоя на границе раздела электрод / электролит без протекания химических или электрохимических процессов. Последнее обуславливает их основные преимущества: высокую удельную мощность (1-10 кВт/кг), длительный ресурс работы (до 1000000 зарядно-разрядных циклов), герметичность и малый саморазряд (менее 0,5% в год). Использование в качестве электродов ДСК высокопористых наноразмерных углеродных материалов (УНМ) с развитой удельной поверхностью способствует увеличению удельной сохраняемой электроэнергии ДСК до значений, сопоставимых с ХИТ, с сохранением характерной для конденсаторов высокой удельной мощностью.

В качестве электродов ДСК исследовались УНМ, синтезированные в Институте тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси из метано-воздушной смеси электродуговым методом при атмосферном давлении в присутствии катализаторов. УНМ – черный порошок насыпной плотностью до 0,8 г/см<sup>3</sup>, состоящий из аморфного углерода (не менее 40%), одно- и многостенных углеродных нанотрубок диаметром 20-80 нм и длиной 1-10 мкм, полученный ультразвуковым разделением из общей массы. С целью увеличения емкостных и зарядно-разрядных характеристик УНМ была проведена импульсная электрохимическая обработка в концентрированном сернокислом электролите в течение 1,5 ч, согласно методике [1]. По данным энергодисперсионного химического анализа электрохимически обработанные УНМ содержат до 30 мас.% O и до 2 мас.% S, что, наиболее вероятно, вызвано протеканием окислительных и интеркаляционных процессов в концентрированном сернокислом электролите. Как следует из анализа изотерм сорбции-десорбции азота, такие УНМ имеют более развитую чем исходный материал мезопористую структуру (диаметр пор 2-50 нм). Методом ИК-спектроскопии качественно подтверждено присутствие в электрохимически обработанных УНМ карбоксильной, фенольной, кетонной, альдегидной групп, обуславливающих гидрофильные свойства.

Зарядно-разрядные характеристики исходных и электрохимически обработанных УНМ исследовались в 1 М сернокислом и щелочном электролитах. Зарядка проводилась дискретно в потенциостатическом режиме, исключающем выделение газообразного водорода на поверхности загрузок УНМ. Разрядка проводилась в режиме работы на постоянную нагрузку гибридных элементов С, УНМ | 1 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> | O<sub>2</sub>, PbO<sub>2</sub>, (Pb) и С, УНМ | 1 М КОН | O<sub>2</sub>, Ni(OH)<sub>2</sub>, (Ni) с неполяризуемыми положительными электродами. При разрядке исследуемых элементов удельная энергия электрохимически обработанные УНМ составляла 20-30 Вт·ч/кг загрузки материала, что более чем в 5 раз превосходит этот показатель для исходных УНМ. Необходимо отметить, что при таком разряде средняя удельная мощность обработанных УНМ достигала 1-1,5 кВт/кг загрузки. Влияние электрохимической обработки на УНМ, наиболее вероятно, обусловлено гидрофилизацией поверхности путем прививки кислородсодержащих групп, созданием или расширением

мезопористой структуры по средствам интеркалирования межслоевых пространств, внесение дефектности и внедрения гетероатомов. ДСК с электрохимически обработанными УНМ могут быть перспективны для систем питания электротранспортных средств, запуска двигателей внутреннего сгорания, выравнивания и сглаживания кратковременных скачков мощности в электросетях, накопления электроэнергии в «провальные» периоды энергопотребления.

### Литература

1. Дроздович В. Б., Жилинский В. В., Жданок С. А., Крауклис А. В. // Тезисы докладов Пятой российской конференции «Физические проблемы водородной энергетики», СПб., 16-18 ноября 2009 г., С. 217-218.