

ствия высших учебных заведений. Электромеханика. – № 9. – 1986. – С. 87-93.

Научный руководитель: А.С. Ивашутенко, к.т.н., доцент каф. ЭПП ЭНИН ТПУ.

ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

М.С. Тощевикова, А.Г. Баннов
Новосибирский государственный технический университет

Одним из важных и актуальных направлений в современной энергетике является возобновляемая энергия. Применение суперконденсаторов в возобновляемой энергетике актуально в силу её изначальной нестабильности, особенно, когда речь идёт о ветрогенераторах или солнечных батареях. Для обеспечения требуемого потребителями качества и стабильности объёмов генерируемой электроэнергии требуется проводить дорогостоящие мероприятия. Применение в данном случае суперконденсаторов становится эффективной альтернативой традиционным решениям.

Электрохимические конденсаторы, или суперконденсаторы (СК) – это электрохимические приборы, в которых происходят квазиоборотные электрохимические зарядно-разрядные процессы [1]. СК представляют собой эффективные и экологически чистые источники энергии. Они состоят из электродов, которые разделены сепаратором и помещены в герметичный корпус. Внутренняя среда суперконденсатора заполняется электролитом. В большинстве случаев электролит представлен водным раствором KOH или H₂SO₄. Электроды изготавливаются из пористых материалов с развитой внутренней поверхностью.

В качестве электродного материала применяют высокодисперсный углерод. Данный материал имеет развитую удельную поверхность, которая достигает сотни и даже тысячи м²/г, и отличаются хорошей электропроводимостью. Высокодисперсный углерод зачастую представлен в виде сажи, активированных углей и нанопористых углеродных материалов.

В данной работе для создания углеродного электрода для суперконденсатора применяют нанокпозиционные материалы, в состав которых входит терморасширенный графит, нановолокнистый и активированный углерод [2].

Терморасширенный графит (ТРГ) представляет собой углеродный материал, который характеризуется низкой плотностью, наличием в основном макро- и мезопор. ТРГ отличается высокими значениями ёмкости в связи с высокой удельной поверхностью (300-350 м²/г), что предопределяет использование данных материалов в качестве электродных [3].

Нановолокнистый углерод (НВУ) представляет собой гранулы, которые образованы переплетенными между собой углеродными нановолокнами со структурой вложенных конусов. Удельная поверхность используемого НВУ составляет 100 м²/г. Широкий комплекс интересных свойств, таких как высокая

прочность, высокая электро- и теплопроводность, позволяет применять данную разновидность углеродного материала в качестве наполнителей для полимерных композиционных материалов электрохимических датчиков, электродных материалов для суперконденсаторов и др. [4].

Активированный углерод (АУ) – углерод полученный из рисовой лузги, путём её контролируемого сжигания. Зола представляет собой очень мягкий материал и легко размельчается до размера менее 45 мкм. После сжигания полученную золу подвергают последующей обработке кислородсодержащими соединениями [5]. Удельная поверхность используемой золы составила 132 м²/г.

В данной научно-исследовательской работе рассматривались композиционные материалы состава: Ni/НВУ, Ni/ТРГ, Ni/АУ, АУ/ТРГ. Экспериментально установлено, что удельная ёмкость для исходных углеродных материалов составила: ТРГ – 57 Ф/г, НВУ – 9 Ф/г и АУ – 36-53 Ф/г. Стоит отметить, что ёмкость данных материалов может быть значительно повышена за счет нанесения наночастиц металлов.

В рамках эксперимента на НВУ, ТРГ и АУ были нанесены частицы никеля, с целью повышения удельной ёмкости. Нанесение частиц металлического никеля проводилось путём пропитки углеродного материала водным раствором соли никеля в заданном соотношении. Далее образец высушивался и восстанавливался в среде водорода.

Композиты исследовались на удельную поверхность методом низкотемпературной адсорбции азота на установке Quantachrome NOVA 1000e. Проводились исследования на удельную ёмкость при помощи установки Elins P-30SM в трёхэлектродной ячейке. В роли электролита выступал водный раствор серной кислоты.

Установлено, что удельная ёмкость композита Ni/ТРГ при скорости развёртки 2 мВ/с достигает 116 Ф/г, для композита Ni/НВУ – 16 Ф/г, а для Ni/АУ – 10 Ф/г при той же скорости развёртки. Удельная поверхность композитов составляет 42, 17 и 49 м²/г соответственно.

С помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ) (рисунок 1) установили, что нанесение никеля равномерное. Размер частиц никеля варьировался от 20 до 40 нм. На рисунке белыми включениями представлены частицы никеля, а тёмным – слой углеродного материала.

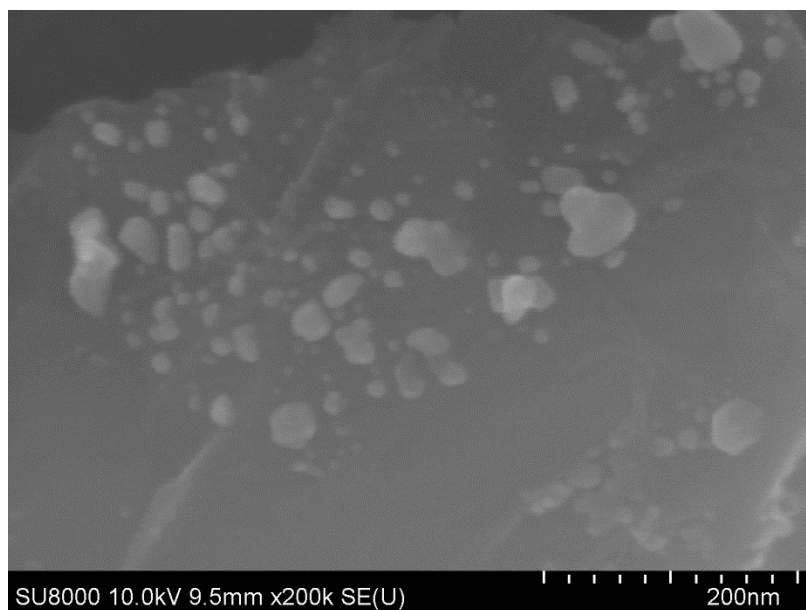


Рис. 1. Снимок РЭМ образца Ni/ТРГ

Известно, что удельную ёмкость материалов можно увеличить путём модификации углеродного порошка азотной кислотой и механоактивацией. В рамках данного эксперимента был приготовлен опытный образец состава ТРГ/АУ. Композит обработали азотной кислотой. Половину от полученного порошка подвергли механоактивации.

В результате модификации в полученном углеродном материале отмечен рост удельной поверхности и увеличение доли микропор, что является весомым вкладом в повышение удельной ёмкости. Композиционный материал характеризуется следующими данными: после обработки азотной кислотой удельная поверхность составила $45 \text{ м}^2/\text{г}$, удельная ёмкость 128 Ф/г ; после механоактивации удельная поверхность – $155 \text{ м}^2/\text{г}$, удельная ёмкость – 90 Ф/г .

Все проведённые модификации углеродных материалов положительно повлияли на их свойства, и полученные данные предопределяют использование представленных композитов в качестве электродного материала для суперконденсаторов.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ, проект № СП-69.2016.1, а также является частью работы, выполненной в рамках программы стратегического развития НГТУ на 2017 год, шифр проекта С-13.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Conway B.E. Electrochemical Supercapacitors. Scientific Fundamentals and Technological Applications. New York: Kluwer Academic/ Plenum Publishers, 1999. – 685p.
2. Рево С.Л., Будзуляк И.М., Рачий Б.И., Кузишин М.М. // Электронная обработка материалов. – 2013. – Т.49, N 1. – С. 71–75.
3. Shibaev A.A., Yusin S.I., Maksimovskii E.A., Ukhina A.V., Bannov A.G. // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2016. – Vol. 89, iss. 5. – P. 739–745.

4. Баннов А.Г., Уваров Н.Ф., Кувшинов Г.Г., Прокопчук Н.Р., Крутько Э.Т., Шашок Ж.С., Вишневский К.В. // Химия, технология органических веществ и биотехнология. – 2014. – N 4. – С. 31–34.
5. Нгуен Мань Хиеу, Коробочкин В.В. // «SCI-ARTICLE.RU»: электрон.научн.журн. – 2014. – N 12.

Научный руководитель: М.В. Попов, старший преподаватель, инженер НГТУ.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРЯМОГО ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА НАНОДИСПЕРСНОГО ОКСИДА ЦИНКА ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

А.И. Циммерман, Ю.Л. Шаненкова, М.И. Гуков
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПП, группа 5А4Д

В последние годы перспективы использования различных функциональных материалов связаны с их уникальными особенностями в нанодисперсном состоянии. Оксид цинка, обладающий набором уникальных характеристик, можно отнести к таким материалам. Помимо уже известных областей его применения (медицина, фармацевтика, электроэнергетика, нефтеперерабатывающая промышленность), он имеет потенциал использования как фотокатализатора для получения водорода. Данное направление в настоящее время весьма перспективно ввиду перехода на чистую энергетику, поэтому получение и исследование является актуальной научной задачей [1, 2]. Кроме того, оксид цинка применяют при производстве стекла и керамики, а также ZnO является полупроводником n-типа благодаря монокристаллической структуре частиц, что позволяет на его основе изготавливать варисторы, которые используются в современных ограничителях перенапряжения (ОПН) [3, 4].

Существует множество способов получения оксида цинка: химический, гидротермальный, термический и др. [3-5]. Данные методы обладают рядом недостатков: высокая стоимость, продолжительный процесс получения. Также эти методы не позволяют получить достаточно качественный продукт, который имел бы необходимую структуру. Высокодисперсное монокристаллическое состояние может быть получено при кристаллизации из жидкой фазы с высокой скоростью закалки материала в условиях сверхзвукового распыления в газообразной атмосфере [6, 7]. Такие условия можно получить при реализации плазмодинамического метода на основе импульсного коаксиального магнетоплазменного ускорителя эрозионного типа (КМПУ) [8].

В отличие от сложных химических методов, плазмодинамический метод обеспечивает в одном кратковременном цикле работы КМПУ (до 10^{-3} с)работку основного прекурсора – цинка, прямой синтез оксида цинка при взаимодействии с ионизированным кислородом, сверхзвуковое распыление жидкой фазы ZnO и его сверхбыструю кристаллизацию в газообразной кислородной