ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии»,

посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина

в рамках
Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»

5–9 октября 2020 года
Томск, Россия

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/163

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОДОВ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Болотов В.В., Несов С.Н., Корусенко П.М., Стенькин Ю.А., Пономарева И.В., Ивлев К.Е., Князев Е.В., Росликов В.Е.

Омский научный центр СО РАН, Омск

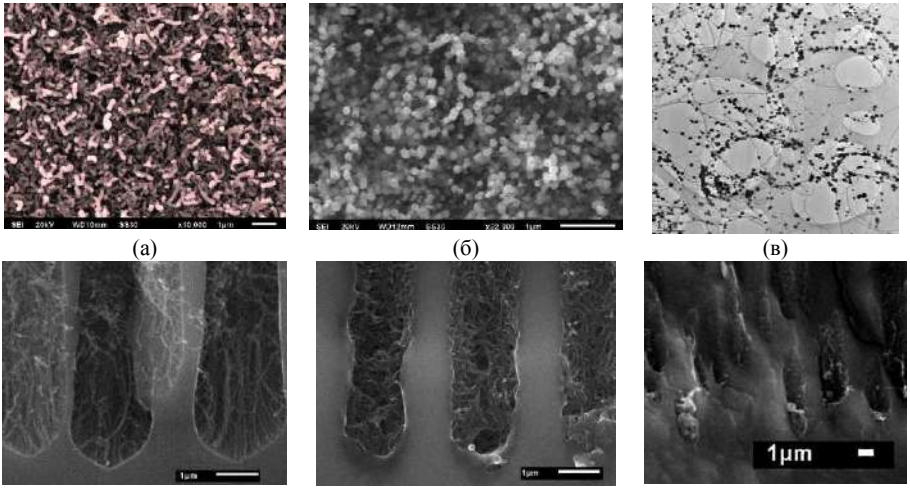
Целью настоящей работы является разработка новых функциональных нанокомпозитных материалов для электродов суперконденсаторов на основе многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) и исследование их электрохимических характеристик. МУНТ обладают высокой удельной площадью поверхности, электрической проводимостью, термической стабильностью и механической прочностью. Однако, из-за их гидрофобной природы и, следовательно, низкого использования удельной площади поверхности в водных электролитах максимальная удельная емкость электродов на основе МУНТ, составляет 16-20 Ф/г [1]. Значительно повысить характеристики позволяет создание композитных материалов на основе МУНТ и оксидов различных металлов, которые обеспечивают увеличение удельной емкости за счет протекания обратимых окислительно-восстановительных реакций (псевдоемкость).

В настоящей работе исследовалась структура и электрохимические свойства композитов на основе МУНТ и оксидов SnOx, MnOx. Исследовались композиты, полученные на массивах МУНТ (MeOx/МУНТ), а также гибриды на основе пористого кремния (ПК) с выращенными в его порах углеродными нанотрубками (MeOx/МУНТ/ПК). Синтез МУНТ осуществлялся методом каталитического газо-фазного осаждения с использованием ацетонитрила в качестве углеродного прекурсора. При получении композитов MeOx/МУНТ синтез нанотрубок осуществлялся на кварцевых подложках с предварительно осажденными наночастицами катализатора (Ni). При получении гибридов MeOx/МУНТ/ПК в качестве подложек для формирования МУНТ использовались подложки кремния с пористым поверхностным слоем, сформированным методом электрохимического травления. Для осаждения оксидов металлов при формировании композитов применялись различные методы: магнетронное распыление, химическое паро- и жидкофазное осаждение [2]. Анализ структуры и морфологии, сформированных композитов проводили с применением методов просвечивающей и растровой электронной микроскопии (ПЭМ и РЭМ). Для изучения локальной атомной структуры элементного и химического состава использовались методы рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) и спектроскопии рентгеновского поглощения (NEXAFS).

Анализ электрохимических характеристик композитов проводился методом циклической вольтамперометрии (ЦВА) на потенциостате Elins 20PX с использованием трех-электродной электрохимической ячейки. Противоэлектродом служила пластина из чистой платины, электродом сравнения – хлорсеребряный электрод. В качестве электролита использовался одномолярный водный раствор серной кислоты. Измерения проводились при скоростях развертки потенциала 5, 10, 20, 40, 80 и 120 мВ/с в диапазоне напряжений от 0 до 1 В. Для измерения электрохимических характеристик композитов MeOx/МУНТ электроды изготавливались из суспензии смеси композита (90 % масс) и поливинилденфторида (10 % масс.) в качестве связующего с добавлением органического растворителя. Полученная суспензия наносилась тонким слоем на стеклянные подложки и сушилась при температуре 70 ºС в течение 2 часов на воздухе, затем раскатывалась в тонкую пленку и окончательно просушивалась при температуре 70 ºС в течение 24 часов. При измерении электрохимических характеристик гибридов MeOx/МУНТ/ПК в качестве электрода использовалась непосредственно кремниевая пластина с пористым слоем, содержащим в порах МУНТ с осажденным оксидом металла.

Анализ данных электронной микроскопии показал, что использованные методы и режимы синтеза позволяют формировать композиты с достаточно равномерным

распределением компонентов (Рис.1). В композитах SnOx/МУНТ оксид олова распределяется равномерно в виде сплошных слоев (магнетронное распыление) или отдельных кластеров (парофазное осаждение). В гибридах МУНТ/ПК и SnOx/МУНТ/ПК также наблюдается достаточно равномерное распределение МУНТ в порах и оксида металла по поверхности углеродных нанотрубок.



(а) (б) (в)

(г) (д) (е)

Рис. 1. РЭМ изображения композитов SnOx/МУНТ: (а) – магнетронное распыление; (б) – парофазное осаждение; (в) – ПЭМ изображение композита SnOx/МУНТ (парофазное осаждение); РЭМ изображения поперечного сечения гибридов: (г) – МУНТ/ПК, (д) – SnOx/МУНТ/ПК (магнетронное распыление); (е) – SnOx/МУНТ/ПК (парофазное осаждение).

Анализ ЦВА кривых электродов, сформированных на основе полученных наноструктурированных композитов, показал увеличение их удельной емкости (до ~ 50% в случае композита MnO_x/МУНТ) за счет протекания окислительно-восстановительных реакций с участием оксидов металлов и ионов электролита. При этом характеристики электродов сохраняются в течение длительного циклирования, что показывает их перспективность при разработке высокоэффективных суперконденсаторов.

Работа выполнена по государственному заданию Омского научного центра СО РАН в соответствии с Программой ФНИ ГАН на 2013-2020 годы (номер госрегистрации проекта в системе ЕГИСУ НИОКТР АААА-А17-117041210227-8). Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ проект № 18-48-550009 р_а. В работе было использовано оборудование Омского регионального центра коллективного пользования СО РАН.

1. Popov K. M., ArkhipovV. E., Kurenya A. G., Fedorovskaya E. O., Kovalenko K. A., Okotrub A. V., Bulusheva L. G. Supercapacitor performance of binder-free buckypapers from multiwall carbon nanotubes synthesized at different temperatures // Phys. Status Solidi B 2016. Vol. 253. P. 2406–2412

2. Несов С.Н., Корусенко П.М., Болотов В.В., Поворознюк С.Н., Ивлев К.Е. Структура композитов на основе многостенных углеродных нанотрубок и оксида олова // Конденсированные среды и межфазные границы. 2018. Т. 20. № 2. С. 237–247.