

Концентрационные зависимости проводимости $(1-x)\text{Eu}_2(\text{WO}_4)_3 - x\text{WO}_3$ имеют немонотонный характер (рис. 1), максимум проводимости зафиксирован при содержании WO_3 5 мол. %.

Проводимость композита данного состава приблизительно на порядок выше проводимости вольфрамата европия. Таким образом, композитный эффект в исследуемой системе присутствует. Причиной возрастания ионной проводимости в исследуемой гетерогенной системе $\text{Eu}_2(\text{WO}_4)_3 - \text{WO}_3$ при добавлении электронного проводника WO_3 , вероятно, является образование поверхностной микрофазы с высокой ионной проводимостью при твердофазном растекании WO_3 по поверхности зерен $\text{Eu}_2(\text{WO}_4)_3$. Аналогичный эффект был обнаружен ранее для системы $\text{Sm}_2(\text{WO}_4)_3 - \text{WO}_3$ [1].

1. А.Ф. Гусева, Н.Н. Пестерева, Е.Л. Востротина, Д.Д. Отческих, Д.А. Лопатин *Электрохимия*, 56, 475–480 (2020).

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДОВ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ НА ОСНОВЕ НАНОТРУБОК ДИОКСИДА ТИТАНА И УГЛЕРОДА

Силенков С.Е.¹, Потанина М.Д.¹, Мартемьянов Н.А.¹,
Камалов Р.В.¹, Вохминцев А.С.¹, Вайнштейн И.А.^{1,2}

¹) НОЦ НАНОТЕХ, Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

²) Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: s.e.silenkov@urfu.ru

CHARACTERISTICS OF SUPERCAPACITORS ELECTRODES BASED ON TITANIA AND CARBON NANOTUBES

Silenkov S.E.¹, Potanina M.D.¹, Martemyanov N.A.¹, Kamalov R.V.¹,
Vokhmintsev A.S.¹, Weinstein I.A.^{1,2}

¹) NANOTECH CENTER, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

²) Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

TiO_2 -NT and CNT based electrodes have been fabricated by anodizing and pyrolysis and characterized by scanning electron microscope. Electrochemical performances such as specific capacitance, energy and power have been calculated in frame of the galvanostatic charge-discharge curves analysis.

Нанотубулярные структуры на основе диоксида титана (TiO_2 -НТ) являются перспективной матрицей при создании электродов для устройств накопления и хранения энергии, а именно, суперконденсаторов (ионисторов) [1, 2]. Емкость таких устройств увеличивают, модифицируя массивы нанотрубок путем термического отжига и/или обработкой в плазме, а также создавая композиты на основе

TiO₂-НТ электродов [1–3]. Цель данной работы заключалась в синтезе и исследовании электрохимических характеристик исходных и модифицированных углеродными нанотрубками (УНТ) электродов TiO₂-НТ методом гальваностатического заряда-разряда (ГЗР) при помощи разработанного виртуального прибора в LabVIEW.

Синтез электродов TiO₂-НТ осуществлялся методом анодирования в двух-электродной ячейке в потенциостатическом режиме при напряжении 60 В и температуре 20 °С в электролите на основе этиленгликоля с добавками фторида аммония и воды [3]. Исследовались два типа электрода: на основе термически обработанных TiO₂-НТ (Э1) и на основе композита УНТ/TiO₂-НТ, допированного УНТ методом пиролиза этанола (Э2). Кроме того, был собран прототип суперконденсатора из двух электродов Э1, разделенных сепаратором, пропитанным водным раствором NaOH. Морфологические параметры оксидных слоев изучались на растровом электронном микроскопе SIGMA VP Carl Zeiss. Определение электрохимических характеристик электродов проводилось методом ГЗР при варьировании тока в диапазоне 5–100 мкА.

Показано, что синтезированные слои TiO₂-НТ представляют собой массивы вертикально ориентированных на подложке нанотрубок длиной 3.5 мкм, с внутренним диаметром 70–80 нм и толщиной стенок 30–40 нм. УНТ диаметром 10–30 нм и длиной от десятков нм до десятков мкм располагаются на поверхности оксидного слоя.

Продемонстрировано, что экспериментальные ГЗР-кривые исследуемых электродов имеют пилообразную форму и демонстрируют почти линейное изменение напряжения в диапазоне –0.8÷1.4 В. Определены значения удельных емкостей при варьировании тока для электродов Э1 и Э2 – 8–96 мкФ/см² и 1.8–2 мФ/см², соответственно. Также были измерены ГЗР-кривые для суперконденсатора и определена его удельная емкость 4.3–16.5 мкФ/см², рассчитаны значения удельных величин для энергии 0.6–11.1 мкВт*ч/см² и мощности 4.0–7.2 мВт/см². Полученные данные удовлетворительно согласуются с независимыми исследованиями [1, 2] модифицированных электродов на основе нанотрубок диоксида титана.

Исследование выполнено в рамках инициативного научного проекта FEUZ-2020-0059 Минобрнауки РФ.

1. D. Pan et al., J. Mater. Chem. A, 2, 11454 (2014).
2. X. Liu et al., Nano Lett., 12, 1690–1696 (2012).
3. R.V. Kamalov et al., Adv. Sci. Lett., 22, 688–690 (2016).