

УДК 537.533.3, 66.087

## ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИТОВ: УГЛЕРОДНЫЙ НОСИТЕЛЬ-НАНОЧАСТИЦЫ МЕТАЛЛОВ

Алена Эдуардовна Суфиянова

*Студент 4 курса,*

*кафедра «Материаловедение»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: Жигалина О.М.*

*доктор физико-математических наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, ведущий научный сотрудник ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН*

В последнее десятилетие во всем мире ведутся интенсивные исследования и поиск более совершенных, экологически чистых, альтернативных источников энергии. Солнечная энергия, ветер и вода являются перспективными источниками энергии, но у них есть практический недостаток - зависимость от времени суток или погодных условий. Среди альтернативных источников электроэнергии ведущая роль принадлежит водородным топливным элементам (ТЭ), в том числе элементам на твердополимерной протонпроводящей мембране [1]. Одна из наиболее простых окислительно - восстановительных реакций: окисление водорода  $H_2$  и восстановление кислорода  $O_2$  с последующим образованием воды ( $H_2O$ ) является основой этого перспективного способа преобразования энергии и производства электроэнергии. При создании водородных ТЭ нового поколения необходимо обеспечить сбалансированное сочетание электронно-ионной проводимости, газопроницаемости и каталитической активности основных составляющих – электродов, а также уменьшать содержания благородных металлов-катализаторов, таких, как платина или палладий. Решение этой проблемы, как было показано в [1-3], лежит на пути создания новых композитов со сложной структурой, основными компонентами которых являются углеродные электропроводящие материалы и платина.

Метод электроспиннинга обеспечивает возможность формировать из углеродных волокон высокопористые маты, а последующая поверхностная и/или термическая обработка позволяет наносить на них частицы металлов. Комбинация химической и термической обработки дает возможность направленно изменять структуру, химический состав волокон и получать функциональные материалы для работы в качестве газодиффузионных катодов (ГДК) [2] мембранно-электродного блока топливного элемента на протонпроводящей полибензимедазольной мембране.

В связи с этим, целью данной работы было установление структуры нанокompозитов УНВ@Me: углеродных нановолокон (УНВ) с сажей и наночастицами металлов ( $Me = Pt, Ni, Zr$ ) с максимальной каталитической активностью. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: выявление методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) взаимного расположения и относительного распределения наночастиц металлов, их морфологии и тонкой структуры.

Установлено, что добавки сажи увеличивают площадь поверхности УНВ. Показано, что в процессе нанесения и отжига частицы платины размером до 10 нм равномерно покрывают поверхность УНВ (рис. 1). Морфология наночастиц может быть различной в зависимости от условий нанесения. Нанесение при комнатной

температуре приводит к образованию частиц игольчатой формы длиной до 20 нм и диаметром 1...3 нм, при повышенной температуре образуются частицы сферической формы, размером 2...3 нм. Установлено, что никель осаждается на поверхности частиц железа, образуя структуры типа ядро-оболочка размером 5...40 нм, частицы циркония имеют размеры не более нескольких нм и равномерно располагаются на поверхности углеродных волокон (рис. 2).

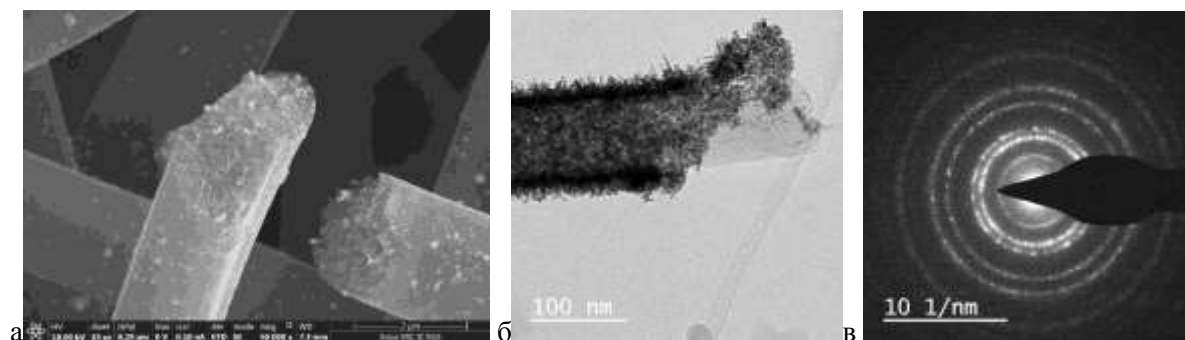


Рис.1. Структура нанокompозитов: а)РЭМ-изображение пористых торцов волокон с частицами Ni; б-в) платинированное волокно и соответствующая электронограмма

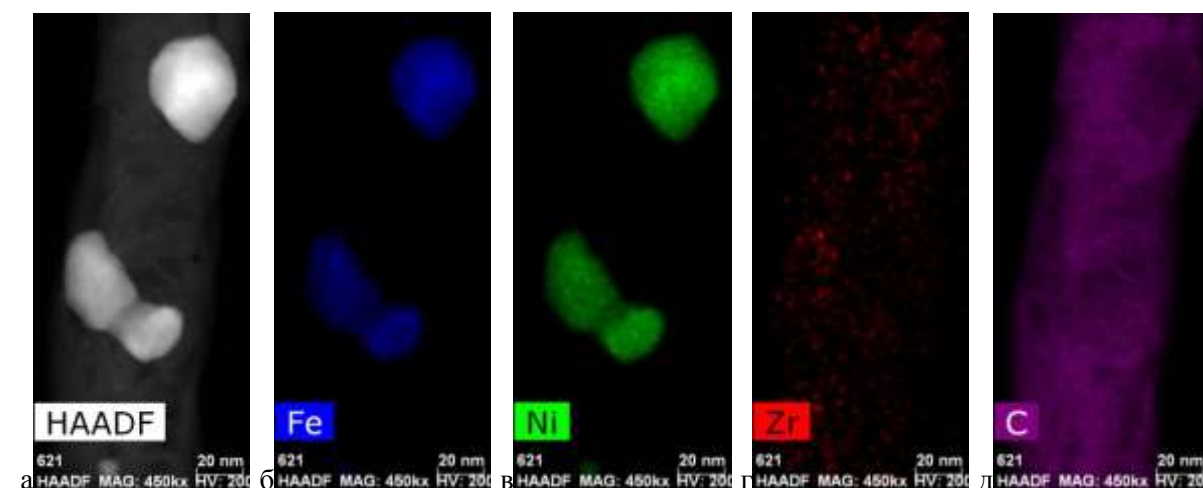


Рис. 2. Элементный анализ фрагмента отдельного волокна с частицами металлов: а) изображение с z-контрастом, б-ж) карты распределения отдельных химических элементов

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП ФНИЦ  
«Кристаллография и фотоника» РАН

### Литература

1. Wang Y., Chen K.S., Mishler J., Cho S.C., Adroher X.C. Appl. // Energ., 2011,v. 88, p. 981-1007.
2. Пономарев И.И., Пономарев Ив.И., Филатов И.Ю., Филатов Ю.Н., Разоренов Д.Ю., Волкова Ю.А., Жигалина О.М., Жигалина В.Г., Гребенев В.В., Киселев Н.А. // ДАН. Сер. физ., 2013, Т.448. - № 6. - С. 670-674.
3. Жигалина В.Г., Жигалина О.М., Пономарев И.И., Хмеленин Д.Н., Разоренов Д.Ю., Пономарев Ив.И., Киселев Н.А. // Наноматериалы и наноструктуры - XXI век, 2012, № 4. - С. 36-40.