

## **Эффективный композитный катализатор на основе модифицированных углеродных нанотрубок для источников тока с прямым преобразованием энергии**

**Глебова Надежда Викторовна** – младший научный сотрудник Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе. **(г.Санкт-Петербург)**

**Нечитайлов Андрей Алексеевич** - кандидат технических наук, научный сотрудник Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе. **(г.Санкт-Петербург)**

**Варганов Виктор Борисович** – кандидат технических наук, начальник лаборатории Государственного научного центра РФ ФГУП "Государственного научно-исследовательского института химии и технологии элементоорганических соединений". **(г.Москва)**

**Чигирев Дмитрий Алексеевич** - сотрудник Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина). **(г.Санкт-Петербург)**

**Аннотация:** Описана разработанная технология эффективного катализатора на основе модифицированных углеродных нанотрубок для источников тока с прямым преобразованием энергии.

**Ключевые слова:** Водородная энергетика, воздушно-водородные топливные элементы, нанокатализатор, углеродные нанотрубки, источник водорода.

Разработана технология эффективного композитного катализатора для мембранно-электродных блоков воздушно-водородных топливных элементов.

Разработка технологии состояла из следующих этапов:

1. Выбор хорошо диспергируемых углеродных нанотрубок, что позволяет создавать равномерные по своему составу и структуре слои

Крайне важным для обеспечения близких величин локальных плотностей токов в активном слое мембранно-электродного блока твердополимерного топливного элемента (МЭБ ТЭ) является его структурная однородность. Для обеспечения необходимых структурных характеристик композита из большого числа углеродных нанотрубок (УНТ) был проведен отбор наиболее подходящих. По способности образовывать устойчивые однородные дисперсии выбраны УНТ фирмы Плазмас. Такая склонность УНТ типа Плазмас к образованию устойчивых дисперсий объясняется особенностями их структуры. Они состоят из отдельных структурных элементов и имеют небольшую длину, в отличие от, например, УНТ фирмы Таунит, которые представляют собой переплетенные волокна.

2. Разработка приемов модификации

2.1 Плазмохимическая обработка углеродных нанотрубок

УНТ фирмы Плазмас получены методом дугового разряда между графитовыми электродами в жидкой углеводородной среде. Структуру таких УНТ изучали методом просвечивающей электронной микроскопии. УНТ получают прямыми, без дефектов; один конец полусферический, другой – конический. В дальнейшем трубки подвергались плазмохимической модификации, для этого использовали обработку в высокочастотном плазменном разряде в среде аргона с последующей обработкой активированных нанотрубок азотом. При плазмохимической модификации в первую очередь открываются закрытые полусферические концы, вносятся дефекты в поверхностную структуру. УНТ с открытыми концами легко подвергаются химической модификации, на них можно присоединять кислородсодержащие группы атомов.

2.2. Химическая модификация в азотной кислоте

При химической модификации в азотной кислоте на открытые концы УНТ присоединяются кислородсодержащие группы атомов, которые, как было установлено, принимают участие в переносе электрона на молекулу кислорода, причем скорость переноса заряда тем больше, чем больше концентрация этих групп [1].

3. Изготовление мембранно-электродных блоков спрей-методом.

Разработанная технология позволяет изготавливать МЭБ с высокой удельной мощностью и эффективным использованием платины. Это связано с тем, что, как было установлено, УНТ играют как кинетическую, так и структурную роль.

Присутствие модифицированных углеродных нанотрубок способствует существенному увеличению скорости переноса заряда на катоде на поверхности платины. Эффект связан с наличием в структуре нанотрубок кислородсодержащих групп атомов, принимающих участие в переносе электронов.

Они уменьшают диффузионное сопротивление слоя за счет образования структуры транспортных пор, увеличивают порог конденсации паров воды, защищают поверхность платины от блокирования Нафионом. Это позволяет изготавливать слои большей толщины (20 – 40 мкм) по сравнению с традиционной (до примерно 10 мкм), и достигать большую удельную электрическую мощность при работе МЭБ.

С использованием разработанной технологии изготовлены МЭБ воздушно-водородных топливных элементов с удельной мощностью до 425 мВт/см<sup>2</sup> (24 0С) и до 580 мВт/см<sup>2</sup> (80 0С) при большей (до 4 раз) эффективности использования платины, по сравнению с традиционным коммерческим катализатором типа Е-ТЕК.

Для обеспечения источника тока на основе изготовленных МЭБ водородом планируется использование генераторов водорода, разрабатываемых в ГНЦ РФ «ГНИИХТЭОС», основанные на каталитическом разложении растворов боргидрида натрия, которые могут обеспечить производительность - до 660 л/час; энергоемкость – 2 кВт·ч; водород - 99,999 %.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ ГК № 16.516.11.6135, НШ-3008.2012.2. Авторы выражают благодарность Филиппову А.К. за предоставление УНТ.

*Список литературы:*

1. Глебова Н.В., Нечитайлов А. А., Гурин В.Н. Особенности электровосстановления кислорода на нанокompозите платинированная углеродная сажа – функционализированные углеродные нанотрубки // ПЖТФ. 2011. Т. 37, вып. 14. С. 32-38

{social}