

Работа выполнена в рамках группового проектного обучения, группа РЭТЭМ–1602.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Медведев А. М. Печатные платы. Конструкции и материалы. М.: Москва: Техносфера, 2005.
2. Бочкарев М.Н., Витухновский А.Г., Каткова М.А. Органические светоизлучающие диоды (ОСИД) / Н. Новгород: ДЕКОМ, 2011. – 351 с.
3. Ванников А.В., Гришина А.Д., Новиков С.В. Электронный транспорт и электролюминесценция в полимерных слоях // Успехи химии. – 1994. – № 63. – С. 107.

Научный руководитель: В.И. Туев д.т.н. ТУСУР.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КУБИЧЕСКОГО КАРБИДА ВОЛЬФРАМА WC_{1-x} , ПОЛУЧЕННОГО ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

¹К.Н. Шатрова, ²И.И. Шаненков
^{1,2}Томский политехнический университет
ЭНИН ЭПП, ¹группа 5АМ5Е

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается увеличение использования децентрализованных источников электроэнергии. Топливные элементы рассматриваются в качестве автономных источников электроснабжения жилых, общественных и промышленных зданий, источников бесперебойного питания, резервных и аварийных источников электроснабжения. Главными достоинствами топливных элементов являются высокий КПД электрохимического преобразования энергии и отсутствие вредных выбросов. Однако их широкому применению препятствует ряд факторов, основным из которых является дороговизна произведенной электроэнергии. Высокая стоимость электроэнергии, вырабатываемой водородными топливными элементами, обусловлена использованием электродов с нанесенным на них платиновым катализатором. Таким образом, в настоящее время разработка недорогого электрокатализатора с высокой активностью для окисления водорода в топливных элементах является важной задачей [1–4].

С тех пор как R.V. Levy and M. Boudart [5] теоретически доказали, что карбид вольфрама обладает каталитическими свойствами, аналогичными металлам платиновой группы для некоторых химических реакций, ученые стали активно предпринимать попытки его применения в качестве катализатора для окисления водорода. Это также обусловлено тем, что карбид вольфрама является более дешевым и доступным материалом по сравнению с платиной.

На настоящий момент предлагаются различные методы получения карбидов вольфрама для создания катализатора на его основе. V.M. Nikolic, D.L.

Zugic et al. получили наночастицы карбида вольфрама из оксида вольфрама WO_3 путем добавления к нему формальдегида, резорцинола, воды и карбоната натрия с последующим перемешиванием, высушиванием и обработкой в потоке аргона [6]. Полученный таким образом карбид вольфрама модифицировали 10 % платинового электрокатализатора путем щелочного восстановления $NaBH_4$ из H_2PtCl_6 . Синтезированный катализатор имеет почти такую же эффективность и поведение, что и коммерческий платиновый [7]. Каталитические свойства композитов Pt/WC/C, состоящих из карбида вольфрама WC и углерода C, полученных методом пропитки, с последующей модификацией платиной Pt, исследовались в отношении реакции окисления водорода для использования в топливных элементах. Полученный композитный материал Pt/WC/C проявляет высокую стабильность особенно при высоких температурах [8].

В данной работе предлагается метод получения кубической фазы карбида вольфрама WC_{1-x} в процессе прямого плазмодинамического синтеза для дальнейшего его использования в качестве электрокатализатора для окисления водорода.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Предлагаемый способ получения WC_{1-x} основан на использовании коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ) [9]. Более подробно методика проведения эксперимента представлена в нашей работе [10].

В качестве исходного реагента использовался порошок вольфрама, который закладывался в зону формирования плазменной структуры сильноточного дугового разряда.

Импульсное электропитание КМПУ осуществлялось от емкостного накопителя энергии емкостью 6,0 мФ и зарядным напряжением 3,0 кВ. При подключении источника питания разрядный ток протекал по порошкообразной вольфрамовой перемычке. В результате этого, исходный материал переходил в плазменное состояние и ускорялся в графитовой коаксиальной системе, откуда поступал углерод, образуя вольфрам-углеродную плазму.

Плазменный выстрел производился в камеру-реактор, заполненную аргоном при нормальных условиях.

Рентгеновская дифрактометрия (XRD) проведена с помощью рентгеновского дифрактометра Shimadzu XRD7000. Просвечивающая электронная микроскопия (ТЕМ) продукта синтеза выполнена с помощью микроскопа JEOL JEM 2200 F. Электрокаталитические свойства синтезированного карбида вольфрама исследовались с помощью электрохимического анализатора Potentiostat CHI760e (CH Instruments).

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Согласно рентгеновской дифрактограмме, представленной на рисунке 1, в порошке, полученном методом плазмодинамического синтеза, основной фазой является кубический карбид вольфрама WC_{1-x} . А также обнаружено небольшое содержание гексагонального карбида вольфрама W_2C . Количественный анализ показал, что содержание кубического карбида вольфрама составляет 95%.

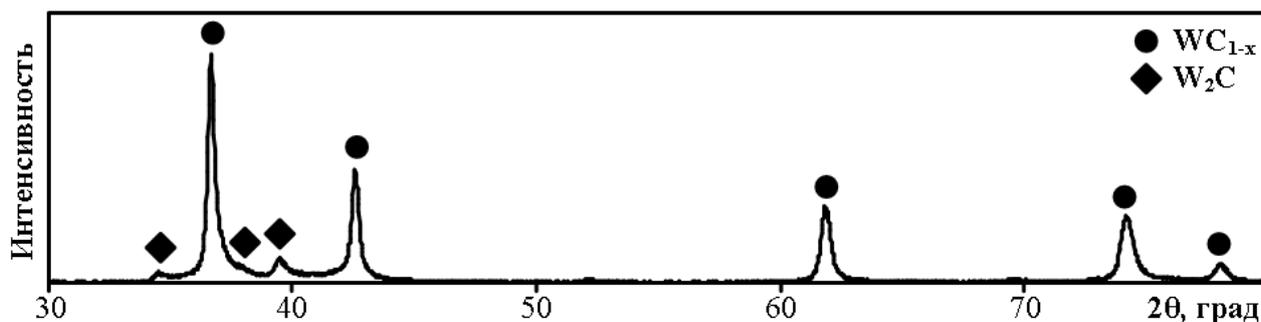


Рис. 1. Результаты рентгеновской дифрактометрии продукта плазмодинамического синтеза

Результаты просвечивающей электронной микроскопии продукта синтеза показали, что материал состоит из двух типов объектов: первый – округлые темные частицы размером менее 100 нм, соответствующие фазе кубического карбида вольфрама; второй – менее плотные объекты, представляющие собой графитовую матрицу (рисунок 2). На дифрактограмме отсутствуют углеродные максимумы, так как он находится в аморфном состоянии.

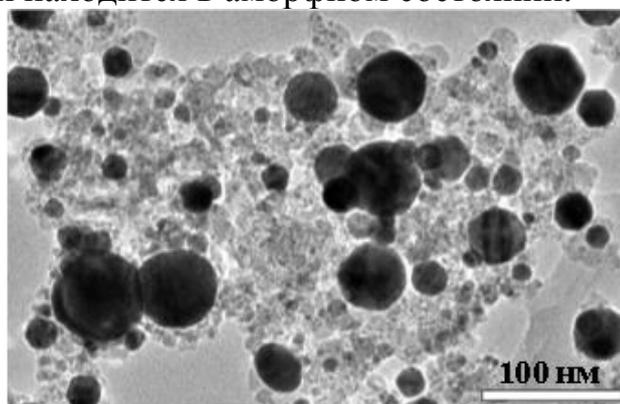


Рис. 2. Результаты просвечивающей электронной микроскопии продукта плазмодинамического синтеза

На рисунке 3 приведены циклические вольтограммы стеклоуглеродного рабочего электрода электрохимического анализатора при отсутствии на нем катализатора, при нанесении на него синтезированного карбида вольфрама и при использовании промышленного каталитического материала HISPEC 3000. Согласно результатам исследований (рисунок 3), кривая цикловольтограммы, полученная при использовании кубического карбида вольфрама, имеет площадь, в несколько раз большую, чем при использовании традиционного платинового катализатора. Это свидетельствует о том, что WC_{1-x} является более активным электрокатализатором для реакции окисления водорода, что обуславливает перспективность его использования в топливных элементах.

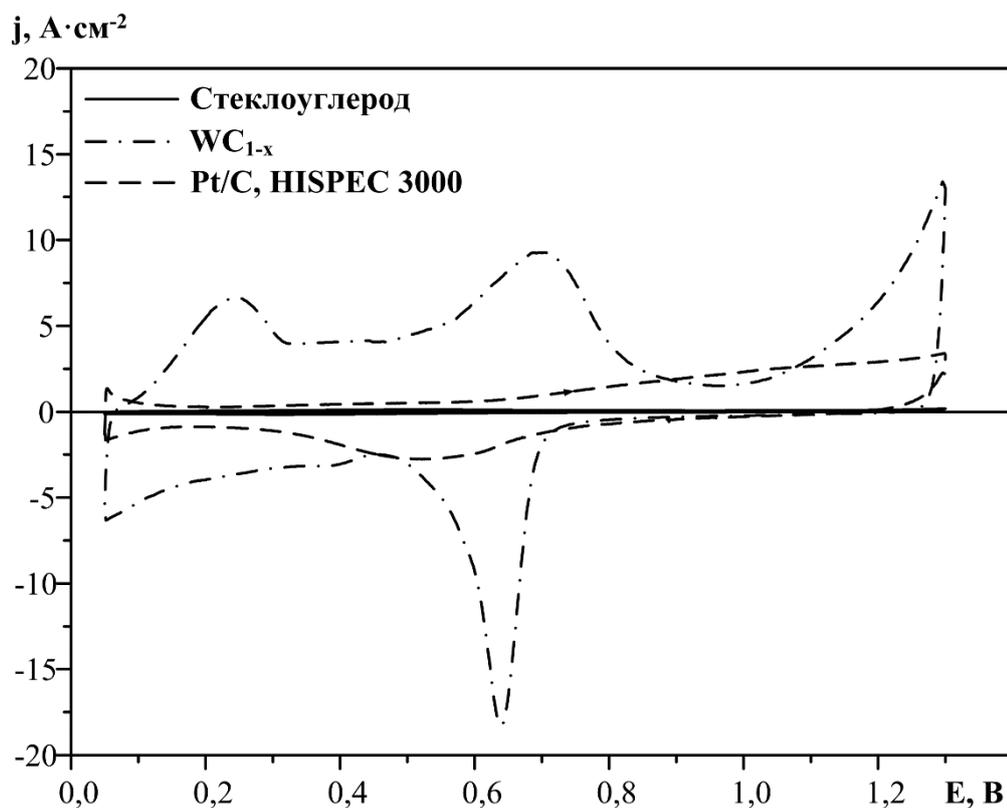


Рис. 3. Результаты циклической вольтамперометрии

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе показана возможность синтеза плазмодинамическим методом порошка кубического карбида вольфрама WC_{1-x} . Полученный материал представляет собой округлые частицы размером до 100 нм, расположенные в углеродной матрице. Обнаружено, что каталитическая активность карбида вольфрама WC_{1-x} выше, чем у промышленного платинового катализатора. Это позволяет рассматривать синтезированный материал в качестве альтернативного катализатора в водородных топливных элементах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Hara Y., Minami N., Itagaki H. Synthesis and characterization of high-surface area tungsten carbides and application to electrocatalytic hydrogen oxidation // *Applied Catalysis A: General*.- 2007.- N 323.- P. 86-93.
2. Kim J., Jang J.-H., Lee Y.-H., Kwon Y.-U. Enhancement of electrocatalytic activity of platinum for hydrogen oxidation reaction by sonochemically synthesized WC_{1-x} nanoparticles // *Journal of Power Sources*.- 2009.- N 193(2).- P. 441-446.
3. Jang J.-H., Kim J., Lee Y.-H., Pak Ch., Kwon Y.-U. Sonochemical synthesis of tungsten carbide-palladium nanocomposites and their electrocatalytic activity for hydrogen oxidation reaction // *Electrochimica Acta*.- 2009.- N 55(2).- P. 485-490.

4. Kuznetsov G.V., Feoktistov D.V., Orlova E.G., Batishcheva K.A. Regimes of water droplet evaporation on copper substrates // Colloid Journal.- 2016.- N 78.- P. 335-339.
5. Levy R.B., Boudart M. Platinum-like behavior of tungsten carbide in surface catalysis // Science.- 1973.- N 181.- P. 547-549.
6. Elezovic N.R., Babic B.M., Ercius P., Radmilovic V.R., Vracar Lj.M., Krstajic N.V. Synthesis and characterization Pt nanocatalysts on tungsten based supports for oxygen reduction reaction // Applied Catalysis B: Environmental.- 2012.- N 125.- P. 390-397.
7. Nikolic V.M., Zugic D.L., Perovic I.M., Saponjic A.B., Babic B.M., Pasti I.A., Marceta Kaninski M.P. Investigation of tungsten carbide supported Pd or Pt as anode catalysts for PEM fuel cells // International Journal of Hydrogen Energy.- 2013.- N 38(26).- P. 11340-11345.
8. Hassan A., Paganin V.A., Ticianelli E.A. Pt modified tungsten carbide as anode electrocatalyst for hydrogen oxidation in proton exchange membrane fuel cell: CO tolerance and stability // Applied Catalysis B: Environmental.- 2015.- N 165.- P. 611-619.
9. Сивков А.А., Пак А.Я. // Патент РФ № 2431947. H05H 11/00, F41B 6/00. Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель. Оpubл. 20.10.2011. Бюл. N 29.
10. Pak A., Sivkov A., Shanenkov I., Rahmatullin I., Shatrova K. Synthesis of ultrafine cubic tungsten carbide in a discharge plasma jet // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials.- 2015.- N 48.- P. 51-55.

Научный руководитель: А.А. Сивков, д.т.н., профессор каф. ЭПП ЭНИН ТПУ.

ОРГАНИЧЕСКИЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

И.С. Банщикова, О.С. Дмитриенко

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Современная энергетика является топливной и более чем на 90% базируется на использовании природных ископаемых, запасы которых на планете ограничены. Это определяет, с одной стороны, необходимость энергосбережения и разработку высокоэффективных методов добычи и переработки всех доступных ископаемых топлив, а с другой – поиск новых источников энергии. В связи с этим на Солнце можно взглянуть как на неиссякаемый источник энергии, который будет светить еще миллиарды лет. В связи с этим на Солнце можно взглянуть как на неиссякаемый источник энергии, который будет светить еще миллиарды лет. Самым распространенным и эффективным методом преобразования солнечной энергии являются солнечные батареи. Существуют неорганические и органические фотоэлементы. Последние, органические, дешевле в производстве, у них меньшие габариты, легкий вес, компактность, по сравнению с неорганическими фотоэлементами [1].