

ЭЛЕКТРОЛИЗЕР ВОДЫ С БАРЬЕРНЫМ СЛОЕМ

Касцова А.Г. (ФТИ им.А.Ф.Иоффе), Краснова А.О. (ФТИ им.А.Ф.Иоффе),

Пелагейкина А.О. (ФТИ им.А.Ф.Иоффе)

Научный руководитель – доктор технических наук, Нечитайлов А.А.

(ФТИ им.А.Ф.Иоффе)

Введение. Идея создания барьерных слоев для увеличения срока службы различного рода электрохимических систем прямого преобразования энергии используется и описана в ряде научных публикаций. В работе [1] продемонстрирована способность графена проводить протоны, при этом выступать барьерным слоем в отношении других ионов и молекул, в том числе, что очень важно, и молекулы водорода. В исследовании [2] отмечаются преимущества композитной мембраны Nafion с политетрафторэтиленом, такие как низкая стоимость, высокая механическая прочность и не сильное набухание.

Основная часть. Настоящая работа направлена на решение научной проблемы деградации электролизера воды с протон-проводящей мембраной. С целью ускорения процесса деградации в качестве анодного катализатора вместо иридия была выбрана платина. Для создания барьерного слоя в работе использовали малослойный графен и политетрафторэтилен (ПТФЭ) марки Ф-4Д. Для получения графена использовали технологию, основанную на диспергировании терморасширенного графита в присутствии протонпроводящего полимера Nafion, проявляющего поверхностно-активные свойства. Материал Ф-4Д обладает гидрофобными свойствами.

Были изготовлены следующие мембранно-электродные блоки (МЭБ): стандартный МЭБ (состав электрода: 80% Е-ТЕК (40% Pt), 20% Nafion); МЭБ с барьерным слоем из графена (состав электрода: 80% Е-ТЕК (40% Pt), 20% Nafion); МЭБ с барьерным слоем из ПТФЭ (состав электрода: 60% Е-ТЕК (40% Pt), 20% Nafion, 20% Ф-4Д).

Для исследования МЭБ в режиме электролизера все образцы подвергались потенциостатической нагрузке (2,5 В), в течение которой фиксировалось падение тока. После этого снимали вольт-амперные характеристики (ВАХ) в диапазоне от 1 В до 3 В.

Также для диагностики МЭБ измеряли напряжение разомкнутой цепи (НРЦ) в режиме топливного элемента (ТЭ). Когда топливный элемент работает в условиях разомкнутой цепи или при очень низкой плотности тока, потери при переходе водорода сквозь мембрану могут оказывать заметное влияние на потенциал ТЭ. Процесс перехода водорода негативно влияет на МЭБ: приводит к снижению срока службы и эффективности работы, деградации мембраны и образованию агрессивного пероксидного радикала.

В результате исследований выявлено, что использование барьерного слоя из графена не отразилось на показателях плотности тока образца. В то время как плотность тока МЭБ с барьерным слоем из ПТФЭ при тех же значениях потенциала снижается почти в два раза. Время работы стандартного образца при 2,5 В составило 12,4 ч, после чего характеристики резко ухудшились. Для МЭБ с барьерным слоем из графена время работы составило 19,5 ч, для МЭБ с барьерным слоем из ПТФЭ – 144 ч, оба образца продолжают исправно работать.

Измерения НРЦ показали, что для модифицированных МЭБ наблюдается снижение перехода водорода сквозь мембрану. Кроме того, меняется кинетика процесса перехода водорода, в случае МЭБ с барьерными слоями процесс падения потенциала в начальный период происходит медленнее. Это говорит о том, что скорость перехода водорода через мембрану также снижается.

Выводы. Проведен анализ работы изготовленных МЭБ. Выявлено, что модифицированные МЭБ по сравнению со стандартным образцом демонстрируют более продолжительный срок службы и снижение влияния перехода водорода сквозь мембрану, чем предупреждают деградацию мембраны.

Список использованных источников:

1. Proton transport through one-atom-thick crystal / S. Hu, M. Lozada-Hidalgo, F.C. Wang, A. Mishchenko // Nature. – 2014. – V. 516. – P. 227-230.
2. Degradation mechanism study of PTFE/Nafion membrane in MEA utilizing an accelerated degradation technique // T. Jao, G. Jung, S. Kuo, W. Tzeng, A. Su // International Journal of Hydrogen Energy. – 2012. – V. 37. – No. 18. – P. 13623-13630.