

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕМБРАННОГО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА С ЭЛЕКТРОДАМИ, СФОРМИРОВАННЫМИ НА ГАЗОДИФфуЗИОННОМ СЛОЕ

Гурьянова М.О. (ФТИ им. А.Ф. Иоффе), **Нечитайлов А.А.** (ФТИ им. А.Ф. Иоффе),

Пелагейкина А.О. (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Научный руководитель – кандидат химических наук Краснова А.О.

(ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Введение. Топливный элемент (ТЭ) представляет собой устройство, напрямую преобразующее химическую энергию реагентов в электрическую в результате электрохимической реакции. ТЭ обладает преимуществами по сравнению с традиционными технологиями, основанными на сжигании топлива. К ним относятся: высокий коэффициент полезного действия, отсутствие вредных выбросов, низкий уровень шума, гибкость применения. Ключевым элементом ТЭ является мембранно-электродный блок (МЭБ), который включает три компонента: мембрану, слои катализатора (КС) и газодиффузионные слои (ГДС). Одной из ключевых проблем протонообменных мембранных топливных элементов является кроссовер водорода - диффузия молекулярного водорода через мембрану, который приводит к нежелательным электрохимическим процессам. В частности, уменьшает напряжение разомкнутой цепи, что сказывается на долговечности и эффективности ТЭ. Формирование КС на поверхности мембраны способствует уменьшению контактных электрических сопротивлений, но может приводить к повреждению поверхности и истончению мембраны, что влечет увеличение кроссовера. Альтернативным является прием нанесения КС на поверхность ГДС. Исследование этого подхода являлось целью работы.

Основная часть. Для оценки кроссовера водорода и электрохимически активной площади поверхности платины (ЭАПП) был изготовлен МЭБ с нанесением каталитических чернил на газодиффузионный слой и последующим прессованием сборки ГДС-мембрана-ГДС. Кроссовер водорода оценивали по току окисления газообразного водорода, прошедшего через мембрану. Кроссовер водорода мало менялся при увеличении температуры. При увеличении температуры кроссовер водорода немного увеличивается из-за ускоренной диффузии молекул через мембрану [1], а также термической деградации мембраны. Наблюдался некоторый разброс значений кроссовера водорода в зависимости от температуры, который может быть связан с недостаточной увлажненностью мембраны. Выделяющееся тепло высушивает МЭБ, а недостаточное увлажнение приводит к потере проводимости и увеличению кроссовера.

Кроссовер водорода может вызывать химические реакции, такие как образование гидридов или радикалов [2], которые разрушают поверхность катализатора и мембрану. В результате этих реакций происходит растворение атомов платины, что приводит к уменьшению ЭАПП. ЭАПП рассчитывали по количеству электричества, пошедшего на десорбцию водорода с поверхности платины при снятии циклических вольтамперограмм. Из экспериментальных данных было получено, что с увеличением температуры с 20 до 100°C ЭАПП экспоненциально уменьшается. Помимо влияния кроссовера водорода это может быть связано с агломерацией частиц платины, что приводит к уменьшению количества активных центров для каталитических реакций. При 100°C происходит небольшое увеличение ЭАПП, что может быть связано с изменениями в термодинамике водной и газовой фаз в топливном элементе. Увлажнение мембраны способствует увеличению активности и эффективной площади поверхности катализатора. Также возможной причиной увеличения ЭАПП может быть термическое восстановление поверхности катализатора. При определенных условиях платина восстанавливает свою активную поверхность, так как она была покрыта

адсорбированными частицами, но при высокой температуре процесс десорбции ускорился, поверхность очистилась и активная площадь увеличилась.

Выводы. Исследованы характеристики МЭБ с электродами, сформированными на ГДС. Показано, что при такой технологии МЭБ характеризуется кроссовером водорода, мало зависящим от температуры. ЭАПП с увеличением температуры экспоненциально падает.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-73-10176, <https://rscf.ru/project/24-73-10176/>.

Список использованных источников:

1. Tang, Q., Li, B., Yang, D., Ming, P., Zhang, C., & Wang, Y. (2021). Review of hydrogen crossover through the polymer electrolyte membrane. *International Journal of Hydrogen Energy*.
2. He, Q., Jiang, Y., Xu, P., Liu, J., Liu, H., & Wang, X. (2019). Degradation mechanisms of platinum-based catalysts in proton exchange membrane fuel cells: A review. *Energy & Environmental Science*, 12(11), 3115-3133.