

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ФОСФИДА NI-Co-P

Рашидова Камила Хамидовна
Каттаев Нуриддин Тураевич
Акбаров Хамдам Икрамович

Джизакский государственный педагогический университет

Национальный университет Узбекистана

E-mail: komila.rashidova@mail.ru

Аннотация: В работе представлены электрохимические свойства электрокатализаторов для электролиза воды.

Ключевые слова: электролиз, электрокатализаторы, щелочные электролизеры, биметаллический фосфид, каталитическая активность, электрохимическая активность.

ELECTROCHEMICAL ACTIVITY OF BIMETALLIC NI-Co-P PHOSPHIDE

Rashidova Kamila Khamidovna
Kattaev Nuriddin Turayevich
Akbarov Hamdam Ikramovich

Jizzakh State Pedagogical University National University of Uzbekistan

E-mail: komila.rashidova@mail.ru

Abstract: The paper presents the electrochemical properties of electrocatalysts for water electrolysis.

Keywords: electrolysis, electrocatalysts, alkaline electrolyzers, bimetallic phosphide, catalytic activity, electrochemical activity.

В настоящее время благодаря достоинствам металлоидного характера, возможности управления составом, превосходной проводимости и экономической эффективности фосфиды переходных металлов признаны привлекательными каталитическими материалами для щелочных электролизеров. Однако, многообещающий безуглеродный метод

производства H_2 электролизом воды, по-прежнему, остается дорогим методом и требует недорогих эффективных катализаторов для облегчения реакций выделения водорода/кислорода (HER/OER) при расщеплении воды. Производство газообразного H_2 топлива путем электролизного разложения воды открывает перспективу для разработки источника возобновляемой энергии [1-3]. Эффективная реализация такого проекта требует использования высокоэффективных катализаторов, как катодной реакции выделения H_2 (HER: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$), так и анодной реакции выделения O_2 (OER: $4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$) [1-5]. В настоящее время Pt и IrO_2 считаются лучшими для реализации HER и OER, соответственно. Однако их высокая стоимость

Анализ литературных источников значительного количества данных по биметаллофосфидам переходных металлов указывает, что их каталитические свойства на основе таких металлов, как никель, кобальт, медь и железо, сравнительно мало изучены. В этой связи синтез биметаллофосфидных соединений, определение их физико-химических и каталитических свойств в водородной энергетике представляет особый научный и практический интерес. Высокая стоимость катализаторов является основным препятствием для массового применения электролиза воды. В последние годы для электролиза воды применяется недорогие переходные металлы. Никель и его сплавы широко используются в качестве альтернативного материала для эффективного расщепления воды, благодаря их превосходной активности и стабильности [6-8]. В этой работе электрокатализатор Ni-Co-P синтезирован одностадийным гидротермальным методом. Идеальный электрокатализатор должен иметь низкое перенапряжение выделения водорода при промышленных плотностях тока с постоянным значением потенциала.

Электрокаталитическая активность в отношении HER, как показано на рис.1, кривые LSV (Linear Sweep Voltammetry - линейная развертка потенциала) демонстрируют, что электрокатализатор Ni-Co-P обладает превосходной каталитической активностью по сравнению с другими образцами. Для дальнейшего определения электрокаталитической активности можно использовать соответствующие кривые Тафеля, построенные на основе данных LSV (Рис.1).

Анализ области кинетического контроля на LSV кривой (обычно при низких плотностях тока) позволяет определить наклон Тафеля, который

связан с механизмом реакции и скоростью переноса заряда на поверхности катализатора.

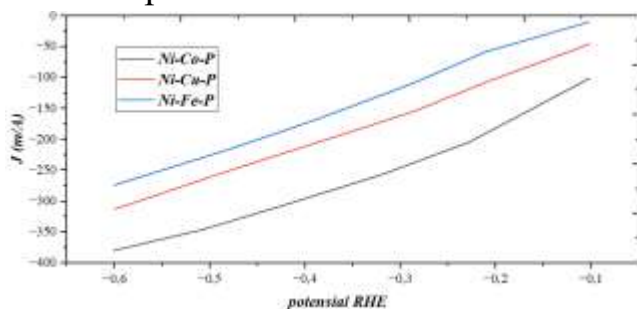
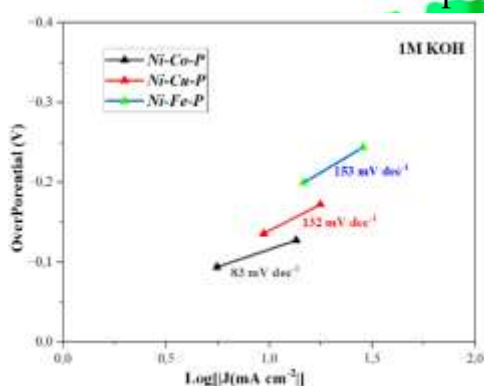


Рис.1. Электрокаталитическая активность биметаллофосфидов.

Более низкий наклон Тафеля указывает на более быструю кинетику (рис.2).



Ni-Fe-P демонстрирует очень большой наклон Тафеля ($153 \text{ мВ/декада}^{-1}$), Ni-Cu-P. ($132 \text{ мВ/декада}^{-1}$), а для Ni-Co-P в среде щелочной наклон Тафеля равна $83 \text{ мВ/декада}^{-1}$, что указывает на то, что Ni-Co-P является наиболее эффективным электрокатализатором.

Рис.2. Кривая Тафеля для биметал

Анализ электрохимической импедансной спектроскопии приготовленных образцов показывает (Рис.3а), что Ni-Co-P имеет меньший диаметр полуокружности Найквиста по сравнению с другими соединениями никеля, что указывает на гораздо более низкое сопротивление переносу заряда и скорость переноса электронов.

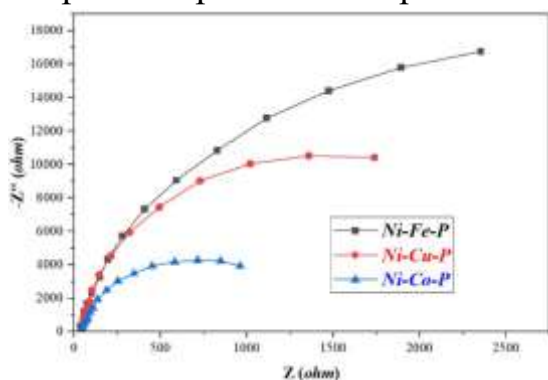
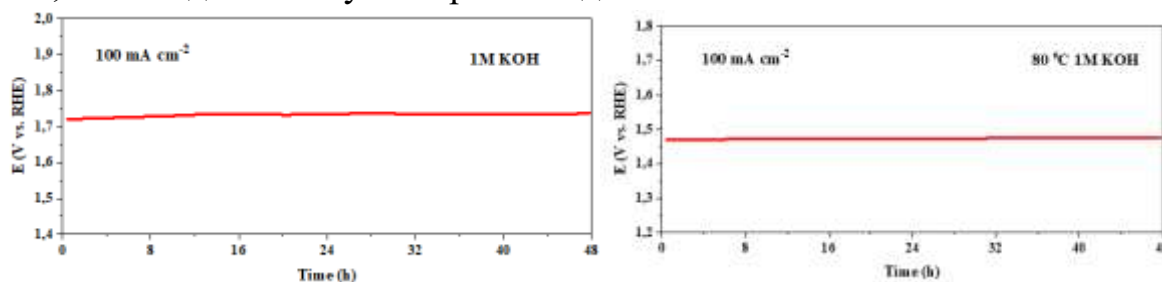


Рис.3. Импедансна спектроскопия биметалло фосфидов.

Чтобы оценить долговечность электрокатализатора Ni-Co-P в 1 М КОН, проводили последовательные хронопотенциометрические измерения, при 100 mA/cm^2 . В течение 48 часов перенапряжение увеличивалось примерно на 18 мВ, что свидетельствует о превосходной стабильности Ni-Co-P

**Рис.4. Хронопотенциометрические кривые биметаллофосфидов.**

Способность Ni-Co-P сохранять стабильное значение потенциала (E , В vs RHE), при высокой плотности тока и температуре указывает на его надёжность в длительной работе в качестве электрокатализатора. Таким образом, он представляет собой перспективный катализатор для промышленного применения в реакции кислородного выделения (OER) (Рис.17).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Min Wang¹ et. al. A highly efficient Fe-doped Ni_3S_2 electrocatalyst for overall water splitting // Nano Res. 2021, 14 (12) 4740–4747.
2. 1. A. Grimaud, K.J. May, C.E. Carlton, Y.-L. Lee, M. Risch, W.T. Hong, J. Zhou, Y. Shao-Horn, Double perovskites as a family of highly active catalysts for oxygen evolution in alkaline solution, Nat. Commun. 4 (2013) 1–7.
3. Li Wei et. al. A Hierarchically Porous Nickel-Copper Phosphide Nano-Foam for Efficient Electrochemical Splitting of Water // Nanoscale, 2017, 9, 4401-4408.
4. V. N. Nguyen and L. Blum. Electrochemical Generation of Syngas from Water and Carbon Dioxide at Industrially Important Rates // Chem. Ing. Tech.-2015. -Vol. 87. -P. 354-375.
5. M. Götz, J. Lefebvre, F. Mörs, A. McDaniel Koch, F. Graf, S. Bajohr, R. Reimert and T. Kolb. Renewable Power-to-Gas: A technological and economic review // Renew. Energ. -2016. -Vol.85. -P. 1371-1390.

6. C. Man, H. Y. Su, F. Calle-Vallejo, H. A. Hansen, J. I. Martinez, N. G. Inoglu, J. Kitchin, T. F. Jaramillo, J. K. Norskov and J. Rossmeisl. Universality in Oxygen Evolution Electrocatalysis on Oxide Surfaces // Chemcatchem. -2011.-Vol. 3. -P. 1159-1165.

7. H. Dau, C. Limberg, T. Reier, M. Risch, S. Roggan and P. Strasser. The Mechanism of Water Oxidation: From Electrolysis via Homogeneous to Biological Catalysis // Chemcatchem. -2010. -Vol. 2. -P. 724-761.

8. C. C. L. McCrory, S. Jung, J. C. Peters and T. F. Jaramillo. Benchmarking Heterogeneous Electrocatalysts for the Oxygen Evolution Reaction // J. Am. Chem. Soc. -2013. -Vol. 135. -P. 16977-16987.

