

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR**

1995-yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

2024/6-SON
ILLOVA TO'RPLAM

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

A.I.Zokirov, B.B.Axmedov

Optik xususiyatlari o'zgartirishga ega bo'lgan yuqori temeperaturali CdTe kvant nuqtalari sintezi

5

KIMYO

N.N.Mamatkulov, D.X.Muxammadjonovna

M-tolil xlorasetat asosida M-tolil-4-metilfenoksiasetat sintez usuli

10

Sh.X.Karimov

Tabiiy manbalardan xitin ajratib olishning delipidlash bosqichi tahlili

16

I.Y.Yakubov, K.Kh.Rashidova, N.T.Kattayev, Kh.I.Akbarov

Structural and morphological study of bimetallic phosphide Ni-Cu-P

20

И.Ю.Якубов, К.Х.Рашидова, Н.Т.Каттаев, Х.И.Акбаров

Синтез и свойства электрокатализатора биметаллического фосфида

Ni-Cu-P, предназначенного для электролиза воды

26

S.A.Karimova, M.Y.Imomova, Y.G.Abduganiyev

Rubus cesus L o'simligi ildizi va poyasi tarkibidagi vitaminlarni tahlil qilish

30

M.M.Tojiboyev, Y.G.Abduganiyev, M.Y.Imomova

Equisetum ramosissimum, equisetum arvensis va convolvulus arvensis o'simliklari asosida

olingan "As-arvens" surtmasining farmakologik xususiyatlari

37

X.N.Abdikunduzov

Mahalliy uzum navlari bargi va urug'i tarkibidagi flavonoidlarning sifat va miqdor analizi

42

X.N.Abdikunduzov

Uzumning Pino noir navi tarkibidagi aminokislotalarning sifat va miqdoriy analizi

47

X.N.Abdikunduzov

Mahalliy uzum navlarining urug'i va bargi tarkibidagi uglevodlarning miqdor analizi

51

S.Aripova, I.J.Jalolov, U.R.Maraimova

R.refracta va *R.hybrida* o'simliklari aminokislota va flavonoid tarkibini o'rganish

55

M.Y.Ismoilov, X.T.Tolipov

Helba va Helma o'simliklari urug'i tarkibidagi uglevodlar miqdorini aniqlash

60

A.X.Turdiboyev, Y.G.Abduganiyev, M.Y.Imomova

Tol o'simligidan tayyorlangan aralashmalarni antioksidant faolligini aniqlash

68

BIOLOGIYA

M.P.Yuldasheva, A.E.To'lqinov

Janubiy Farg'ona kanali algoflorasining 2023-2024-yillarda mavsumiy rivojlanishi

72

S.A.Omonova

Vizildoq qo'ng'izlar (Coleoptera, Carabidae) ning morfologik va ekologik xususiyatlari

76

X.Z.To'ychiyeva

Farg'ona vodiysi suv havzalari baliqlarining ektoparazitlari

81

Sh.K.Abduraxmonov

Maktabgacha tarbiya yoshi (3-7)dagilarning anatomo-fiziologik xususiyatlari

84

F.N.Mingboev, J.G.Raximov, M.V.Obidov

Mikrosuvotlarini o'stirish uchun ishlataladigan ozuqa muhitlarining tulari va ularning

tayyorlash tartibi

89

Sh.X.Karimov

Ayrim xasharotlardan xitin ajratib olishda suvda eruvchan moddalardan tozalash

bosqichining tahlili

93

M.R.Shermatov, E.A.Botirov, O.I.Qayumova, M.M.Mukhammedov

The impact of global climate change on the distribution and population dynamics of

epidopterans: the case of the mulberry moth (*Glyphodes pyloalis* walker, 1859)

97



**SUV ELEKTROLIZI UCHUN Ni-Cu-P BIMETALL FOSFID
ELEKTROKATALIZATORINING SINTEZI VA XOSSALARI**

**СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРА БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО
ФОСФИДА Ni-Cu-P, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ**

**SYNTHESIS AND PROPERTIES OF BIMETALLIC PHOSPHIDE Ni-Cu-P
ELECTROCATALYST FOR WATER ELECTROLYSIS**

Якубов Илхам Юлдашевич¹

¹Доцент кафедры химии факультета естественных наук Ферганского государственного университета

Рашидова Камила Хамидовна²

²Доцент кафедры химии и методики ее преподавания Джизакского государственного педагогического университета

Каттаев Нуриддин Тураевич³

³Профессор кафедры физической химии Национального университета Узбекистана

Акбаров Хамдам Икромович⁴

⁴Профессор кафедры физической химии Национального университета Узбекистана

Annotatsiya

Ni-Cu-P sintezi bir bosqichli gidrotermal usul bilan amalga oshirildi. Namunaning strukturavly xususiyatlari skanerlash elektron mikroskopiyasi (SEM), energiya-dispersiv spektroskopiya yordamida o'rGANildi.

Аннотация

Синтез Ni-Cu-P проводился одностадийным гидротермальным методом. Структурные свойства образца изучали методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), энергодисперсионной спектроскопии.

Abstract

Ni-Cu-P synthesis was carried out by a one-step hydrothermal method. The structural properties of the sample were studied using scanning electron microscopy (SEM), energy-dispersive spectroscopy.

Kalit so'zlar: hidrotermal sintez, bimetallik fosfid, tuzilish morfologiysi, fazaviy tahlil, elektrokatalizator.

Ключевые слова: гидротермальный синтез, биметаллический фосфид, морфология структуры, фазовый анализ, электрокатализатор.

Key words: hydrothermal synthesis, bimetallic phosphide, structure morphology, phase analysis, electrocatalyst.

Введение

Возобновляемое водородное топливо привлекает все возрастающее внимание в контексте обострения проблем, связанных с нехваткой энергоресурсов и регулированием выбросов CO₂ во всем мире. Однако, многообещающий безуглеродный метод производства H₂ 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 H₂ 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 H₂ (HER: 2H⁺ + 2e⁻ → H₂), так и анодной реакции выделения O₂ (OER: 4OH⁻ → O₂ + 2H₂O + 4e⁻) [4-5]. В настоящее время Pt и IrO₂ считаются лучшими для реализации HER и OER,

KIMYO

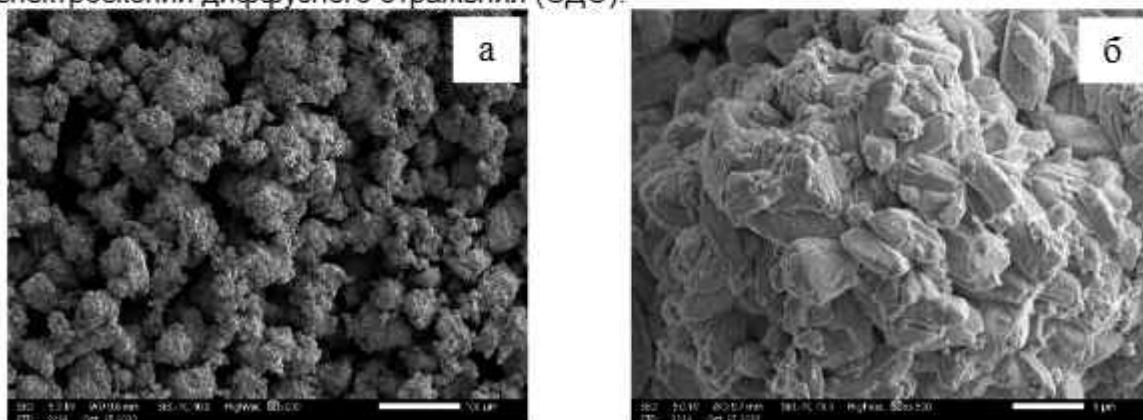
соответственно. Однако их высокая стоимость препятствует практическому использованию в электролизе воды. Следовательно, катализаторы, на основе d-элементов, таких как Fe, Co, Ni и Cu, и их производных, становятся популярными в качестве их замены [6-8]. Целесообразно исследовать представителя этой группы катализаторов электролизного разложения воды - биметаллического фосфида Ni-Cu-P.

При этом важную роль сыграет наличие электрокатализатора с соответствующей электронной структурой, адаптированной с применением различных методов, таких как додирование гетероатомами, контроль граней и образование анионных вакансий в катализаторах на основе соединений переходных металлов [9]. Выявлено, что легирование фосфором также изменяет электронные состояния катализаторов, особенно обеспечивая правильную модификацию HER. Например, некоторые фосфиды переходных металлов (Fe, Co, Ni, Cu, Mo, W) известны как эффективные электрокатализаторы для расщепления воды. В этой связи, в данной работе синтезирован полифункциональный электрокатализатор на основе фосфида никеля металлов смешанного состава (Ni-Cu-P) [10].

Экспериментальная часть. Ni-Cu-P был синтезирован одностадийным гидротермальным методом. Для этого расчетное количество солей никеля (II) и кобальта (II) смешивали с деионизированной водой и перемешивали. Затем добавили нужное количество красного фосфора и оставляли при перемешивании в течение 1 часа. Затем всю реакционную смесь перенесли в автоклав из нержавеющей стали с тefлоновым покрытием и поместили в муфельную печь для проведения процесса при 200°C в течение 24 часов. После остывания весь осадок собирали, несколько раз промывали деионизированной водой, а также этанолом, затем высушивали в сушильном шкафу при температуре 70°C и сохраняли для дальнейшего использования [10-12].

Обсуждение результатов. Синтезированный электрокатализатор был исследован методами Фурье-ИК-спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), энерго-дисперсионной спектроскопии (ЭДС) и спектроскопии диффузного отражения (СДО). В данной работе исследованы структурно-морфологические особенности биметаллического фосфида Ni-Cu-P, синтезированного одностадийным гидротермальным методом [3]. Для синтеза Ni-Cu-P расчетное количества солей никеля (II) и меди (II) растворили в деионизированной воде и при интенсивном перемешивании добавили нужное количество красного фосфора и оставляли при перемешивании в течение 1 часа. Затем всю реакционную смесь перенесли в автоклав из нержавеющей стали с тefлоновым покрытием и поместили в муфельную печь для проведения процесса при 200°C в течение 24 часов. После остывания весь осадок собирали, несколько раз промывали деионизированной водой и этанолом, затем высушивали в сушильном шкафу при температуре 70°C и сохраняли для дальнейшего использования.

Синтезированный Ni-Cu-P был исследован методами Фурье-ИК-спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), энерго-дисперсионной спектроскопии (ЭДС) и спектроскопии диффузного отражения (СДО).



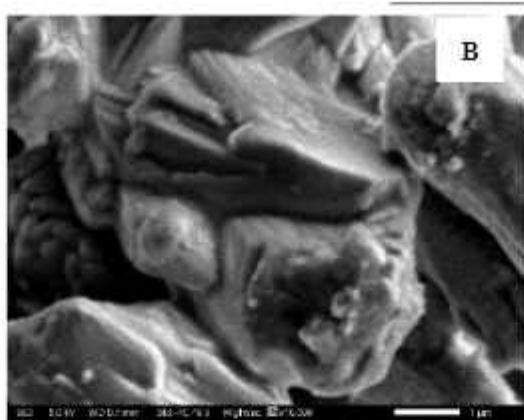


Рис.1. СЭМ-микрофотографии Ni-Cu-P при x200 (а), x3500 (б) и x16000 (в) кратном увеличениях.

Как видно из представленных на рис.1 микроснимках, при небольших увеличениях (x200, рис.1а) структурная морфология биметаллического фосфида представляет собой аморфоподобную гранулярную структуру. Однако при заметных увеличениях (x3500 и x16000, рис.1б-в) обнаруживается наличие минеральных агрегатов, образованных незакономерным скоплением отдельных кристаллов, имеющих правильные формы многогранников.

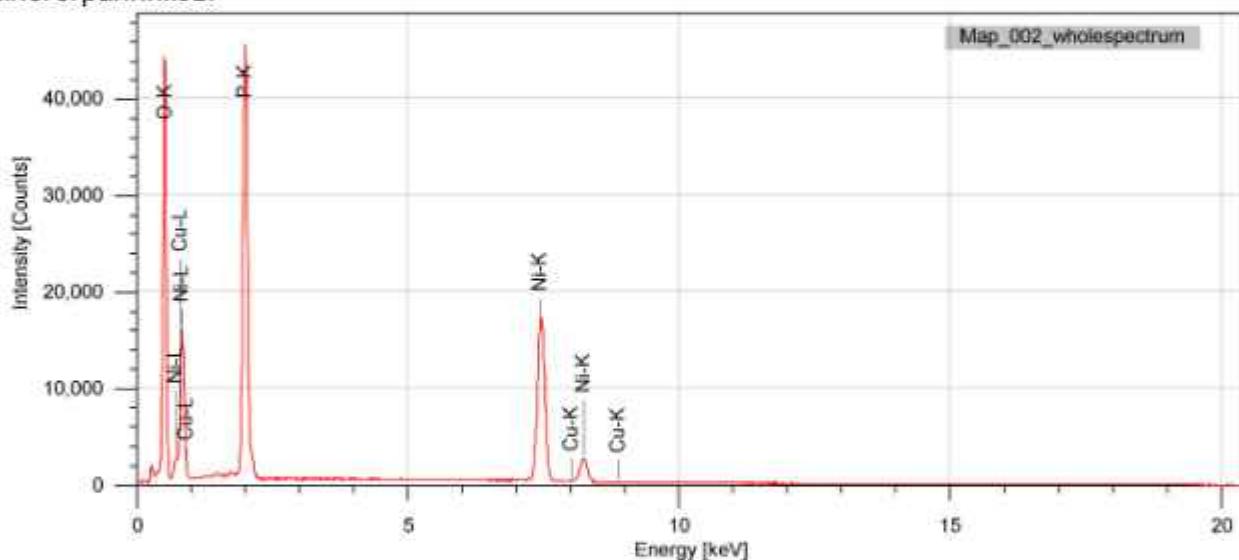
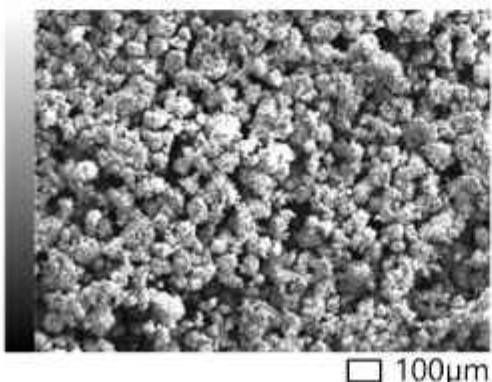


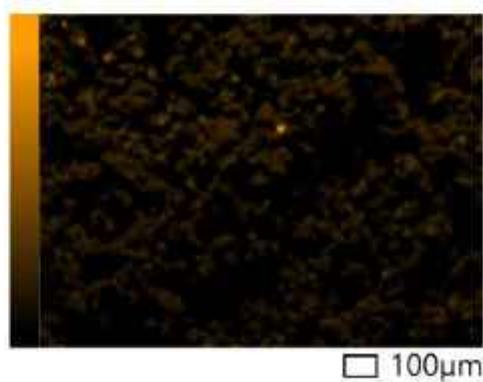
Рис.2. Энерго-дисперсионный спектр Ni-Cu-P.

На энерго-дисперсионном спектре синтезированного биметаллического фосфида Ni-Cu-P (рис.2) обнаруживаются сигналы, относящиеся к атомам Ni, Cu, P, O.

IMG1(1st)



P-K



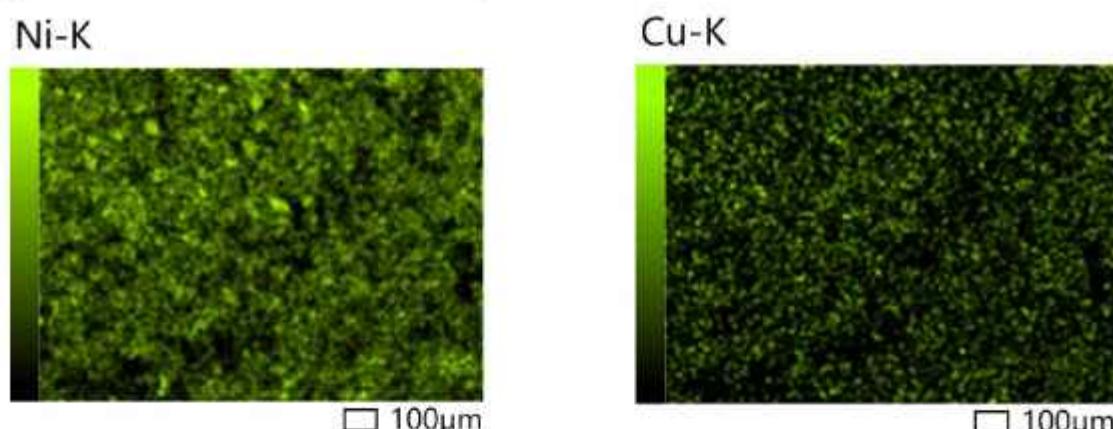


Рис.3. Карты распределения атомов основных элементов, входящих в состав электрокатализатора Ni-Cu-P.

Наличие на энерго-дисперсионном спектре сигнала, относящегося к атому кислорода, по-видимому, объясняется протеканием реакции в водной среде.

Как видно из карт распределения (рис.3), атомы основных элементов, входящих в состав образца, распределены равномерно, что, в свою очередь, свидетельствует о равномерном протекании процесса синтеза биметаллического фосфива по всему объему образца. Можно также видеть из данных рис.3, атомы основных элементов, входящих в состав Ni-Cu-P, повторяют структурную морфологию образца.

Значение запрещенной зоны (~ 1,3 эВ), найденное по результатам исследования электронного строения оптическим методом в интервале длины волн 380-730 нм, дает основание полагать, что синтезированный биметаллический фосфид Ni-Cu-P можно использовать в качестве эффективного электрокатализатора для расщепления воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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.*, 2013, Vol. 4, pp. 1-7.
2. Min Wang et. al. A highly efficient Fe-doped Ni₃S₂ electrocatalyst for overall water splitting // *Nano Res.*, 2021, Vol. 14, pp. 4740-4747.
3. Hyogyun Roh et. al. Various metal(Fe, Mo, V, Co)-doped Ni₂P nanowire arrays as overall water splitting electrocatalysts and their applications in unassisted solar hydrogen production with STH 14 %. *Applied Catalysis B: Environmental Sci.*, 2021, Vol. 297, 420-434.
4. Li Wei et. al. A Hierarchically Porous Nickel-Copper Phosphide Nano-Foam for Efficient Electrochemical Splitting of Water // *Nanoscale*, 2017, Vol. 9, pp. 4401-4408.
5. V.N. Nguyen, L. Blum. Electrochemical Generation of Syngas from Water and Carbon Dioxide at Industrially Important Rates // *Chem. Ing. Tech.*, 2015, Vol. 87, pp. 354-375.
6. M. Götz, J. Lefebvre, F. Mörs, A. McDaniel Koch, F. Graf, S. Bajohr, R. Reimert, T. Kolb. Renewable Power-to-Gas: A technological and economic review // *Renew. Energ.*, 2016, Vol. 85, pp. 1371-1390.
7. I.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, J. Rossmeisl. Universality in Oxygen Evolution Electrocatalysis on Oxide Surfaces // *Chemcatchem*, 2011, Vol. 3, pp. 1159-1165.
8. H. Dau, C. Limberg, T. Reier, M. Risch, S. Roggan, P. Strasser. The Mechanism of Water Oxidation: From Electrolysis via Homogeneous to Biological Catalysis // *Chemcatchem*, 2010, Vol. 2, pp. 724-761.
9. C.L. McCrory, S. Jung, J.C. Peters, T.F. Jaramillo. Benchmarking Heterogeneous Electrocatalysts for the Oxygen Evolution Reaction // *J. Am. Chem. Soc.*, 2013, Vol. 135, pp. 16977-16987.
10. P. Du, R. Eisenberg. Catalysts made of earth-abundant elements (Co, Ni, Fe) for water splitting: Recent progress and future challenges // *Energy Environ. Sci.*, 2012, Vol. 5, pp. 6012-6021.
11. W. T. Hong, M. Risch, K. A. Stoerzinger, A. Grimaud, J. Suntivich, Y. Shao-Horn. Toward the rational design of non-precious transition metal oxides for oxygen electrocatalysis// *Energy Environmental Sci.*, 2015, Vol. 8, pp. 1404-1427.
12. Qijie Mo, Wenbiao Zhang, LiuqingHeXiang Yu, Qingsheng Gao. Bimetallic Ni_{2-x}CoxP/N-doped carbon nanofibers: Solid-solution-alloy engineering toward efficient hydrogen evolution // *Applied Catalysis B: Environmental Sci.*, 2019, Vol. 244, pp. 620-627.