

ЛИТЕРАТУРА

1. Ameta J. et al. Synthesis and characterization of CeFeO₃ photocatalyst used in photocatalytic bleaching of gentian violet //Journal of the Iranian Chemical Society. – 2009. – Vol. 6. – №. 2. – P. 293-299.
2. Naidu V. et al. Magnetic Property Study of Nickel Cerium Substituted Zinc Ferrite Nano Particles //International Journal of Computer Applications. – 2012. – Vol. 40. – №. 4. – P. 7-12.
3. Theofanidis S. et al. Fe-based nano-materials in catalysis //Materials. – 2018. – Vol. 11. – №. 5. – P. 831.

А.Л. Козловский^{1,2}, К.К. Кадыржанов³, М.В. Здоровец^{2,3,4}

¹Казахско-Российский международный университет, Актобе,

²Институт ядерной физики МЭ РК, Алматы,

³Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана,

⁴Уральский федеральный университет, Екатеринбург

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК FeNi НАНОСТРУКТУР

Среди всего многообразия форм наноструктур наибольший интерес представляют полые магнитные наноструктуры, в форме трубок [1-3]. Повышенный интерес к ним обусловлен как с фундаментальной точки зрения, который связан с миниатюризацией размеров и структурных и магнитных свойств, так и с широкими возможностями практического применения нанотрубок. Возрастание интереса к получению и исследованию свойств связано еще и с тем, что многие свойства, в частности магнитная текстура и ориентация магнитных доменов обусловлена не только фазовым составом, но и геометрическими характеристиками структуры [4]. Среди многообразия различных составов наноструктур неослабевающим интересом пользуются железосодержащие или Fe_{100-x}Ni_x наноструктуры, которые благодаря своим магнитным характеристикам нашли широкое применение в области катализа, магнитных носителей со сверхвысокой плотностью записи, биомедицине [5].

В качестве шаблонных матриц для электрохимического осаждения Fe/Ni нанотрубок использовались трековые мембраны с плотностью пор $4,0 \cdot 10^7 \text{ см}^{-2}$ и диаметрами 380 ± 5 нм. Состав раствора электролита для получения железных и железо-никелевых наноструктур: 7-водные сульфаты железа и никеля – FeSO₄×7H₂O, NiSO₄×7H₂O в необходимом молярном соотношении, борная – H₃BO₃ и аскорбиновая C₆H₈O₆ кислоты. Все растворенные компоненты

переливались в одну колбу, и, для контроля уровня pH, к ним добавлялась аскорбиновая кислота. Все использованные химические реактивы имели чистоту ч.д.а (содержание основного компонента выше 98 %) или х.ч (содержание основного компонента более 99 %).

Исследование структурных характеристик и элементного состава, полученных нанотрубок проводилось с использованием растрового электронного микроскопа «Hitachi TM3030» с системой микроанализа «Bruker XFlash MIN SVE» при ускоряющем напряжении 15 кВ. Рентгеноструктурный анализ проводился на дифрактометре D8 ADVANCE ECO (Bruker, Германия) при использовании излучения $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda=1.54060 \text{ \AA}$). Для идентификации фаз и исследования кристаллической структуры использовалось программное обеспечение Bruker AXSDIFFRAC.EVA v.4.2 и международная база данных ICDD PDF-2.

Для определения влияния условий осаждения на кристаллическую структуру был проведен PCA синтезированных образцов при различных условиях синтеза. На рисунке 1 представлены рентгеновские дифрактограммы синтезированных образцов.

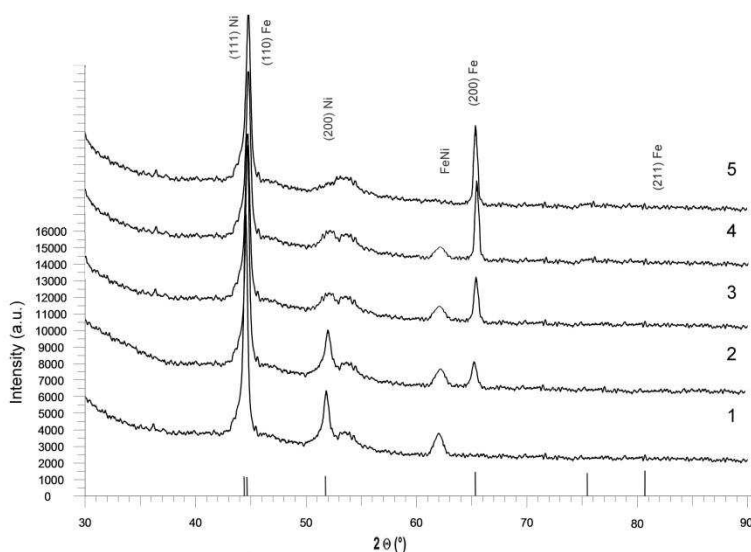


Рисунок 1 – Рентгеновские дифрактограммы исследуемых образцов: 1) $\text{Fe}_{21}\text{Ni}_{79}$; 2) $\text{Fe}_{39}\text{Ni}_{61}$; 3) $\text{Fe}_{62}\text{Ni}_{38}$; 4) $\text{Fe}_{81}\text{Ni}_{19}$; 5) $\text{Fe}_{100}\text{Ni}_0$

Анализ дифрактограмм показал следующее: при концентрации железа 80 и 60 % в структуре нанотрубок преобладает ОЦК фаза при этом с увеличением концентрации железа наблюдается увеличение параметра кристаллической решетки с $2,8794 \text{ \AA}$ для $\text{Fe}_{80}\text{Ni}_{20}$ до $2,8854 \text{ \AA}$ для $\text{Fe}_{60}\text{Ni}_{40}$. При этом для образца $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{60}$ наблюдается наиболее интенсивный пик характерный для соединения FeNi_3 с индексами

Миллера (111) с параметром ячейки 3,5131 Å. Для образца Fe₂₀Ni₈₀ в кристаллической структуре наблюдается преобладание ГЦК фазы никеля с параметром элементарной ячейки 3,5695 Å. При аппроксимации линий на дифрактограмме необходимым числом симметричных функций псевдо-Фойгта была определена ширина зарегистрированных линий FWHM, которая позволила охарактеризовать совершенство кристаллической структуры и оценить степень кристалличности. Согласно представленным данным видно, что с увеличением концентрации никеля в структуре увеличивается степень кристалличности, а также меняются основные характеристики кристаллической структуры: параметр элементарной ячейки, средний размер кристаллитов, текстурные коэффициенты. В результате обработки полученных рентгеновских дифрактограмм были определены параметры элементарной ячейки для исследуемых образцов. Результаты расчетов основных параметров кристаллической структуры представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные кристаллической структуры синтезированных нанотрубок

	Параметр кристаллической решетки, Å	Средний размер кристаллитов, нм	Фазовое содержание			Атомное соотношение, %	
			Ni	Fe	FeNi	Ni	Fe
Fe ₁₀₀	2.8627	21	0	100	0	0	100
Fe ₈₀ Ni ₂₀	2.8794	19	5	82	13	19	81
Fe ₆₀ Ni ₄₀	2.8854	18	26	59	15	38	62
Fe ₄₀ Ni ₆₀	3.5131	15	37	45	18	61	39
Fe ₂₀ Ni ₈₀	3.5695	13	68	7	25	79	21

Исследования, посвященные изучению кристаллической структуры и магнитных характеристик, имеют свою ценность с прикладной точки зрения для потенциального применения наноструктур в качестве магнитных устройств для хранения данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vivas L.G., Ivanov Y.P., Trabada D.G., Proenca M.P. Magnetic properties of Co nanopillar arrays prepared from alumina templates. // *Nanotechnology*. – 2013. – V.24. – P.105703.
2. Yen S.K., Padmanabhan P., Selvan S.T. Multifunctional iron oxide nanoparticles for diagnostics, therapy and macromolecule delivery. // *Theranostics*. – 2013. – V.3. – P.986–1003.

3. Rawtani D., Sajan T., Agrawal Y.K. Emerging strategies for synthesis and manipulation of nanowires: a review. // *Rev. Adv. Mater. Sci.* – 2015. – V.40. – P.177–187.

4. Lisiecki I., Pileni M.P. Synthesis of copper metallic clusters using reverse micelles as microreactors // *J. Am. Chem. Soc.* – 1993. – V. 115. – P. 3887.

5. Prunier H., Ricolleau C., Nelayah J., Wang G., Alloyeau D. Original Anisotropic Growth Mode of Copper Nanorods by Vapor Phase Deposition // *Cryst. Growth Des.* – 2014. – V. 14. – P. 6350.

И.А. Ямановская¹, Т.В. Кусова¹, Г.А. Беликов²,
А.С. Краев¹, А.В. Агафонов¹

¹Институт химии растворов российской академии наук им. Г.А. Крестова,

²Ивановский государственный химико-технологический университет

РАЗРАБОТКА РАСТВОРНЫХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ УПОРЯДОЧЕННЫХ МЕЗОПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ И ГИДРОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ И ИХ КОМПОЗИТОВ

Разнообразие мезопористых структур, а также возможность управления их пористостью и модификацией в процессе синтеза в зависимости от практического приложения, вызывает огромный интерес к этим материалам. Упорядоченная структура, большие площади поверхности и объемы пор, а также однородные и настраиваемые размеры мезопор, вследствие использования различных структурообразующих темплатов, позволят применять данные материалы и композиты оксидов металлов в качестве фотокатализаторов, адсорбентов, электродных материалов для суперконденсаторов и др.

Актуальность проведенного исследования определяется тем, что среди химических подходов для получения мезопористых оксидов металлов наиболее перспективен процесс самосборки гибридных органо-неорганических мезофаз, образуемых продуктами гидролиза прекурсоров оксида металла и мицеллярными структурами поверхностно-активных веществ и полимеров в качестве шаблонов в растворах. Представляет значительный научный и практический интерес выяснение механизма формирования структуры мезопористых оксидов металлов и смешанных оксидов в зависимости от типа применяемого темплата, каталитически активных модификаторов, разработка новых мезопористых структур, путем использования различных методов обработки мезоструктурированных