

УДК 53.539.23, 53.539.25

**ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ
НАНОПРОВОЛОК**

Иван Максимович Иванов

*Магистр 2 года,**кафедра «Материаловедение»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: О.М. Жигалина,**доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Материаловедение»**МГТУ им. Н.Э. Баумана, ведущий научный сотрудник ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН*

Среди наноматериалов большой интерес представляют одномерные структуры – нанопроволоки (НП). Одним из способов получения НП является метод матричного синтеза, суть которого состоит в заполнении пор специально приготовленной матрицы требуемым материалом [1,2]. В данной работе в качестве матриц были использованы полимерные трековые мембраны, в поры которых электрохимическим методом осаждались металлы.

Представляется перспективным изучение многокомпонентных НП, которые можно разделить на два типа: гомогенные («сплавы») и гетерогенные (слоевые). Перспективность создания гомогенных НП связана с возможностью варьирования свойств, получения новых, в ряде случаев, более высоких характеристик (что достигается и при получении классических «объемных» сплавов) [3]. Связь условий получения многокомпонентных НП с их структурой и свойствами требует тщательного исследования. Решению этого вопроса и посвящена данная работа.

Для структурных исследований были получены железо-кобальтовые НП двух типов, в зависимости от соотношения Fe/Co: 15/85 и 65/35 соответственно.

Концентрационные профили по длине НП (рис. 1) подтвердили преобладание кобальта в образце 15/85 и железа в образце 65/35. Распределение железа в обоих случаях произошло практически равномерно. При этом экспериментальная концентрация кобальта меньше теоретической примерно на величину, равную концентрации кислорода. Таким образом, кривые распределения кобальта и кислорода являются почти симметричными отражениями друг друга, и можно предположить, что окислению подвержен, в основном, кобальт.

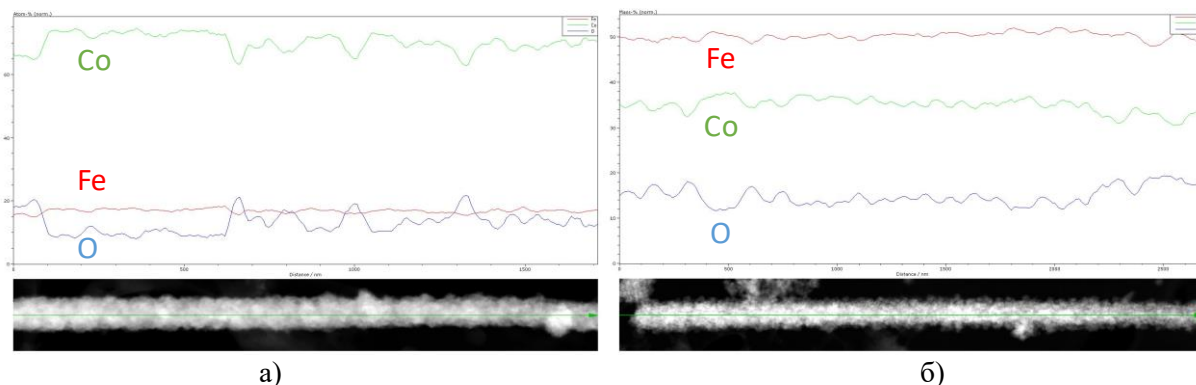


Рис.1. Концентрационные профили по длине нанопроволок Fe/Co с соотношением элементов:
а) 15/85; б) 65/35

Анализ межплоскостных расстояний образца 15/85 показал наличие в нем α Co ($R\bar{6}_3/mmc$), γ Fe ($Fm\bar{3}m$), а также фазы упорядочения CoFe ($Pm\bar{3}m$). Кроме того, присутствует оксид кобальта Co_3O_4 ($Fd\bar{3}m$). В образце 65/35 были обнаружены α Fe ($Im\bar{3}m$), CoFe ($Pm\bar{3}m$) и Co_3O_4 ($Fd\bar{3}m$). Стоит отметить, что межплоскостные расстояния Co_3O_4 практически идентичны межплоскостным расстояниям Fe_3O_4 , поэтому в обоих образцах не исключено присутствие некоторого количества Fe_3O_4 ($Fd\bar{3}m$).

Светлопольные ПЭМ-изображения (рис. 2) позволили обнаружить, что при увеличении концентрации железа (рис. 2, б) на поверхности НП появляются кристаллы размером 20-30 нм, которые, согласно элементному анализу, представляют собой твердый раствор элементов друг в друге.

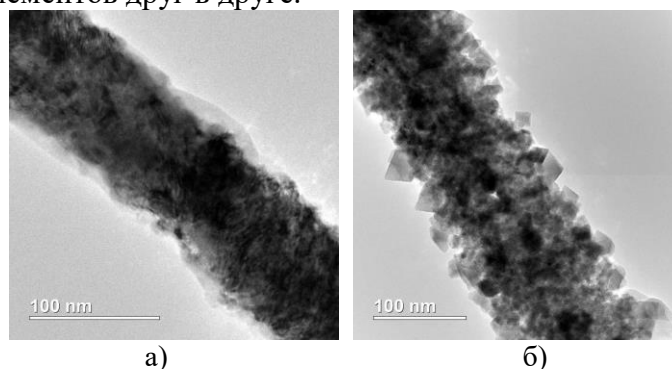


Рис.2. Светлопольные изображения нанопроволок Fe/Co с соотношением элементов:
а) 15/85; б) 65/35

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН.

Литература

1. Whitney T.M., Jiang J.S., Searson P.C., Chien C.L. Fabrication and Magnetic Properties of Arrays of Metallic Nanowires // Science. – 1993, V.261. – pp. 1316-1319.
2. Фролов К.В., Загорский Д.Л., Любутин И.С., Чуев М.А., Перунов И.В., Бедин С.А. Магнитные и структурные свойства нанопроволок Fe-Co, полученных методом матричного синтеза в порах трековых мембран // Письма в ЖЭТФ. – 2017, Т.105. – №5. – С. 297-304.
3. Загорский Д.Л., Долуденко И.М., Черкасов Д.А., Жигалина О.М., Хмеленин Д.Н., Иванов И.М. Слоевые нанопроволоки – матричный синтез, структура и магнитные свойства // Физика твердого тела. – 2019, Т.61. – №9. – С. 1682-1693.