

УДК 53.539.23, 53.539.25

**СИНТЕЗ И ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ  
НАНОПРОВОЛОК**

Иван Максимович Иванов

*Магистр 1 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 привлекают одномерные структуры – нанопроволоки (НП) [1]. Одним из способов получения таких НП является метод матричного синтеза. Суть метода состоит в заполнении требуемым материалом пор в специально подготовленной матрице [2].

Представляется перспективным изучение слоевых НП. Такие НП состоят из чередующихся вдоль НП слоев, различающихся по составу. В этом случае наиболее интересным приобретаемым свойством является гигантское магнетосопротивление (ГМС) – квантомеханический эффект, наблюдаемый в тонких металлических плёнках, состоящих из чередующихся ферромагнитных и немагнитных слоев. Эффект состоит в существенном изменении электрического сопротивления такой структуры при различном взаимном направлении намагниченности соседних слоев [3].

Требует тщательного исследования связь условий получения массивов слоевых НП с их структурой и свойствами. Решению этого вопроса и посвящена данная работа.

Образцы для структурных исследований были получены гальваническим осаждением массивов Cu/Ni в поры трековых мембран. При этом время осаждения одного слоя увеличивалось по мере заполнения поры. В качестве критерия, определяющего длительность осаждения, был выбран протекший заряд, рассчитанный теоретически.

Н первой серии экспериментов предполагалось получить НП с толщиной слоёв в 100 нм. Карты распределения химических элементов (рис. 1) показали наличие слоистой структуры в полученных НП. Однако средняя толщина слоев (13 нм) оказалась ниже ожидаемой примерно в 7,5 раз. Вероятной причиной этого является влияние изменения плотности, диффузии и других неучтенных в расчете свойств, появляющихся при переходе к наноразмерным величинам.

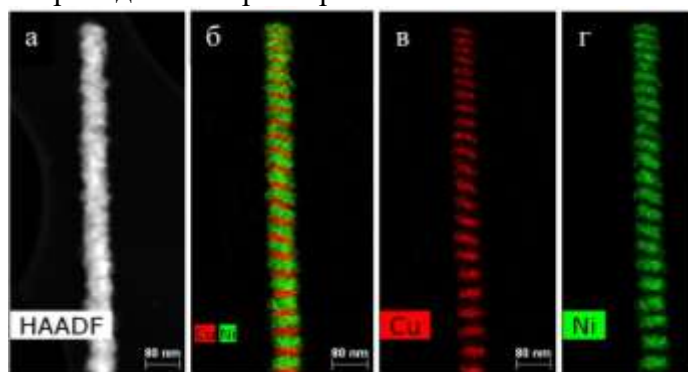


Рис. 1. Расположение слоев в образце первой серии экспериментов: а) ПРЭМ-изображение с z-контрастом, б-г) карты распределения химических элементов

В следующей серии экспериментов ставилась задача уменьшения толщины слоев до 5 нм. Однако в этом случае чередование металлов вдоль оси НП прекращалось, образовывались структуры типа «Core/Stick» (в этом случае оболочка из никеля окружает сердечник из меди). Пример приведен на рисунке 2.

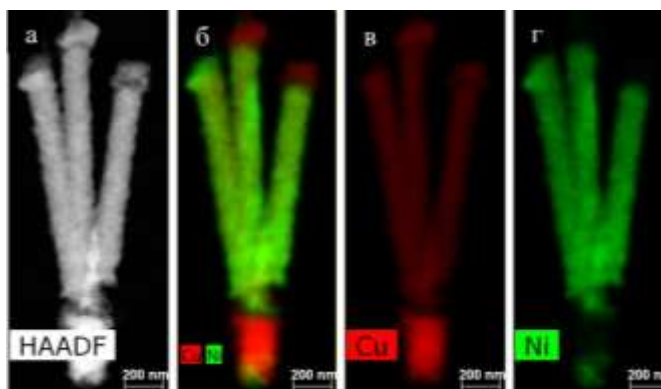


Рис. 2. Расположение слоев в образце второй серии экспериментов: а) ПРЭМ-изображение с z-контрастом, б-г) карты распределения химических элементов

Можно предположить, что причина возникновения таких структур связана с особенностями диффузии различных ионов в условиях ограниченной геометрии и времени (узкий поровый канал, малое время осаждения и малая длительность импульса). Выяснение причин данного явления требует дальнейшего исследования.

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

### Литература

1. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 416 с.
2. Бедин С.А. Получение и исследование металлических реплик на основе трековых мембран: дис. ... канд. ф.-м. наук: 01.04.7. М., 2012. 136 с.
3. Никитин С.А. Гигантское магнитосопротивление // Соросовский обзорный журнал. 2004. Т. 8, № 2. С. 92—98.