

таблетку диаметром 30 мм. Далее осуществлялся синтез на воздухе и в техническом вакууме. Готовый продукт подвергался рентгенофазовому анализу.

Установлено, что при горении на воздухе идет активное взаимодействие циркония с азотом, находящемся в атмосфере, что приводит к образованию нецелевых фаз в готовом продукте. В техническом вакууме наблюдается значительное снижение фазы нитрида циркония, однако его полное отсутствие получить не удалось, в связи с этим рекомендовано использовать более глубокий вакуум для исключения контакта синтезируемого продукта с азотом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гузман И.Я. Реакционное спекание и его использование в технологии керамики и огнеупоров. Учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1996. – 55 с.
2. Мержанов А. Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: Двадцать лет поисков и находок. Черногловка: ИСМАН, 1989. – 91 с.
3. Итин В. И., Найбороденко Ю. С. Высокотемпературный синтез интерметаллических соединений. Томск: ТГУ, 1989. – 398 с.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАУНДА MECOLINE ОТ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ

Е.В. Кузнецов, Н.М. Ключин, В.К. Соболев, А.Ю.Бородай, С.В. Беденко  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [jonnicki@mail.ru](mailto:jonnicki@mail.ru)

В настоящее время для обеспечения надежности и безопасности эксплуатации ядерных энергетических установок существует необходимость разрабатывать специальные кабельные изделия на основе таких материалов и в таком конструктивном исполнении, которые обеспечивают возможность длительной эксплуатации в полях ионизирующих излучений. Очевидно, что такой разработке должен предшествовать выбор материалов не только на основе анализа их электрофизических, физико-механических и технологических свойств, но и с учетом изменения большинства этих свойств в процессе облучения, т.е. необходимо представление о радиационной стойкости материала.

Для исследования радиационной стойкости материал Mecoline S TP 1013 F подвергался воздействию гамма-излучения на установке ГУ-200. На основании работ [1] и [2] было выбрано 6 величин поглощенной дозы излучения, а именно: 3 кГр; 10 кГр; 30 кГр; 100 кГр; 300 кГр; 500 кГр. Измерения диэлектрических характеристик, а именно относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  и тангенса угла диэлектрических потерь  $tg\delta$ , проводились на оборудовании ИЯ-2Т, ЭС-1ТМ и КР-500М.

По итогам данной работы была исследована зависимость диэлектрических характеристик материала марки Mecoline S TP 1013 F от поглощенной дозы излучения в диапазоне частот 100 Гц–500 МГц и величин поглощенной дозы 3–500 кГр. Было выявлено, что до величины поглощенной дозы 300 кГр изменение значений относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  и тангенса угла диэлектрических потерь  $tg\delta$  незначительно или изменяются в пределах погрешности измерений. Лишь при величине поглощенной дозы 500 кГр возможно намечается рост значений  $\epsilon$  и  $tg\delta$ . В результате возникает необходимость продолжения исследования при величинах поглощенной дозы 700 кГр, 900 кГр и 1,1 МГр.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костромин, В. В. Влияние  $\beta$ -излучения на диэлектрические свойства кабельных изоляционных полимерных материалов/ В. В. Костромин, Б. С. Романов, В. Н. Егоров, В. Л. Масалов// Кабели и провода. – 2014. – N 4 (347). – С. 30-34.

2. Костромин, В. В. Методы исследования диэлектрических свойств электроизоляционных материалов/ В. В. Костромин, Б. С. Романов// Кабель-news. – 2009. – N 8. – С. 38-40.

## СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ Ni И NiFe НАНОТРУБОК, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ В ПОРАХ ИОНО-ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН

Т.Ю. Мейримова<sup>1,2</sup>, А.Л. Козловский<sup>1,2</sup>, Е.Ю.Канюков<sup>3</sup>, Е.Е.Шумская<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт ядерной физики Республики Казахстан,  
Казахстан, Алматы, ул. Ибрагимова, 1, 050032

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева,  
Казахстан, Астана, ул. Сатпаева, 2, 010008

<sup>3</sup>ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»,  
Беларусь, Минск, ул. П.Бровки, 19, 220072

E-mail: [tanay\\_91@mail.ru](mailto:tanay_91@mail.ru)

К наноразмерным структурам из чистых металлов и их сплавов представляется большой интерес, при этом, магнитные материалы, в том числе Fe и Ni и сплавы Ni-Fe являются одними из наиболее приоритетных, благодаря проявлению специфических магнитных свойств, и могут найти практическое применение в наномедицине и наноэлектронике.

В работе представлен метод контролируемого синтеза нанотрубок (НТ) в порах ионо-трековых мембран из полиэтилентерефталата (плотность пор  $10^9$  см<sup>-2</sup>, диаметр  $110 \pm 5$  нм) путем электрохимического осаждения в потенциостатическом режиме (1,5 В) при температуре 25 °С в электролитах Ni: NiSO<sub>4</sub>×6H<sub>2</sub>O, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>, FeNi: NiSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O, FeSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O, NiCl<sub>2</sub>×6H<sub>2</sub>O, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>, Fe: FeSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O, FeCl<sub>3</sub>×6H<sub>2</sub>O, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>. Внутренний диаметр НТ оценен методом газопроницаемости, элементный и фазовый состав, а также кристаллическая структура определены методами растровой электронной микроскопии, энергодисперсионного и рентгеноструктурного анализа. Результаты в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики нанотрубок.

Материал	Элементный состав	Толщина стенки, нм	Структура	Параметр ячейки $a$ , Å	Средний размер кристаллитов, $L$ , нм
Fe	Fe <sub>100</sub>	20	ОЦК	2,8563	16,84
Ni	Ni <sub>100</sub>	20	ГЦК	3,5223	22,64
NiFe	Ni <sub>20,4</sub> /Fe <sub>79,6</sub>	21	ОЦК	2,8635	11,56

Полученные образцы Ni и Fe НТ однофазны, структура характерна для рассматриваемых чистых металлов. NiFe НТ имеют ОЦК структуру с замещением атомов Fe атомами Ni в узлах кристаллической решетки. Результаты проведенных измерений магнитных свойств приведены в таблице 2.

Таблица 2. Магнитные свойства нанотрубок.

Материал	Параллельно НТ			Перпендикулярно НТ		
	$H_c$ , 10 <sup>-4</sup> , Тл	$M_r$ , А·м <sup>2</sup> /г	$M_s$ , А·м <sup>2</sup> /г	$H_c$ , 10 <sup>-4</sup> , Тл	$M_r$ , А·м <sup>2</sup> /г	$M_s$ , А·м <sup>2</sup> /г
Fe, T=300 К	560	47	103	200	51	125
Fe, T=100 К	600	50	109	200	63	138
Ni, T=300 К	300	30	62	20	2	61
Ni, T=100 К	660	43	67	180	8.5	67
NiFe, T=300 К	270	47.5	159	54	3.5	159
NiFe, T=100 К	120	19	166	63	4	165

Отличие рассматриваемых магнитных характеристик сплава NiFe от значения величин коэрцитивности  $H_c$  и намагниченности насыщения  $M_s$  для Ni и Fe НТ обусловлено уменьшением размеров кристаллитов. Очевидна анизотропия магнитных свойств, связанная с малой толщиной стенки (около 20 нм), сравнимой с