

ПОЛУЧЕНИЕ Ni_x/Au_{1-x} НАНОТРУБОК МЕТОДОМ ШАБЛОННОГО СИНТЕЗА

А.Л. Козловский, А.С. Загребова, М.А. Ибрагимова

Научный руководитель: доцент, к.ф.т.н. М.В. Здоровец

Институт Ядерной физики МЭ РК,

Казахстан, г. Астана, пр. Абылай хана, 2/1, 010008

E-mail: artem88sddt@mail.ru

THE OBTAINMENT OF Ni_x/Au_{1-x} NANOTUBES BY TEMPLATE SYNTHESIS

A.L. Kozlovskiy, A.S. Zagrebova, M.A. Ibragimova

Scientific Supervisor: Ass. prof. M.V. Zdorovets

Institute of Nuclear Physics of Republic of Kazakhstan, Kazakhstan, Astana, Abylaikhan str., 2/1, 010008

E-mail: artem88sddt@mail.ru

Abstract. *This work is dedicated to methods of obtaining Ni/Au nanotubes by template synthesis using polymer membranes, by sequential chemical and electrochemical deposition of nanotubes. Additionally in the paper their morphological and structural properties. It is found that in contrast to Ni and Au nanotubes, in Ni/Au nanotubes there is the preferential texture direction (111), confirming the assumption that the preferential Ni/Au nanotube growth is along the pore walls of template. EDA and XRD methods have been applied to determine the degree of the oxidation and the appearance of oxide compounds in the structure of the synthesized samples.*

Введение. Одним из наиболее перспективных материалов для создания магнитных носителей лекарств и белков являются нанотрубки на основе никеля и золота. Нанопроволоки и нанотрубки с их удлиненной формой и анизотропией магнитных свойств позволяют преодолеть характерные для наночастиц ограничения [1,2]. По сравнению с нанопроволоками у нанотрубок обнаруживаются некоторые потенциальные преимущества, например, отсутствие магнитной сердцевины, что позволяет создавать наноструктуры с однородными полями коммутации, гарантирующими воспроизводимость результатов; меньшая удельная плотность позволяет плавать в жидкостях (в том числе биологических) и делает их пригодными для применения в биотехнологии; большая удельная площадь поверхности обеспечивает большее количество функциональных связей и, соответственно, перемещения большего количества целевых компонентов при адресной доставке. Применение золотого покрытия позволяет не только защитить магнитный сердечник от коррозии, но и увеличивает количество функциональных групп для привязки лекарственных препаратов.

Экспериментальная часть. В качестве исходного материала использовалась ПЭТФ пленка толщиной 12 мкм марки Hostaphan® производства фирмы «Mitsubishi Polyester Film» (Германия). Пленка облучалась на ускорителе тяжелых ионов ДЦ-60 (Астана, Казахстан) ускоренными ионами криптона с энергией с энергией 1.75 МэВ/нуклон и флюенсом 4×10^7 ион/см² [21,22]. В результате облучения в ПЭТФ пленке образуются латентные треки. Облученные пленки подвергались химическому травлению в 2,2 М растворе NaOH при температуре $85 \pm 0,1$ °С в течение 210с с последующей обработкой в растворах нейтрализации (3,0 М раствор уксусной кислоты и деионизированной воды). Размерность пор

определялась методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) и методом газопроницаемости с помощью уравнения Хагена-Пуазейля. Размерность пор образца составила 430 ± 10 нм.

Исследование структуры и характеристических размеров синтезированных НТ проводилось посредством растровой электронной микроскопии (РЭМ) на микроскопе Hitachi TM3030 с системой энергодисперсионного анализа (ЭДА) Bruker XFlash MIN SVE при ускоряющем напряжении 15 кВ. Изучение диаметров пор и внутренних диаметров находящихся в ПЭТФ шаблонах нанотрубок проводилось манометрическим методом, основанном на измерении изменения давления газа в замкнутой камере при давлении в интервале от 8 до 20 кПа с шагом 4 кПа. Рентгеноструктурный анализ (РСА) проводился на дифрактометре D8 ADVANCE с использованием излучения рентгеновской трубки с Cu – анодом и графитового монохроматора на дифрагированном пучке. Дифрактограммы записывались в диапазоне углов $30-100^\circ 2\theta$, с шагом $0,02^\circ 2\theta$.

Результаты и обсуждение. Для потенциального практического применения в области адресной доставки лекарственных препаратов наибольший интерес представляют золотые наноструктуры с магнитным сердечником. Для получения Ni/Au нанотрубок были совмещены две методики синтеза, где темплатной матрицей для синтеза Ni нанотрубок служит матрица с осажденными Au нанотрубками с толщиной стенок 30 ± 5 нм, подвергаясь с одной стороны предварительной очистке поверхностного слоя от золотого покрытия, образовавшегося в процессе химического осаждения Au. Изучение элементного состава и кристаллической структуры синтезированных Ni/Au нанотрубок было проведено методами ЭДА и РСА. Результаты представлены на рисунке 1.

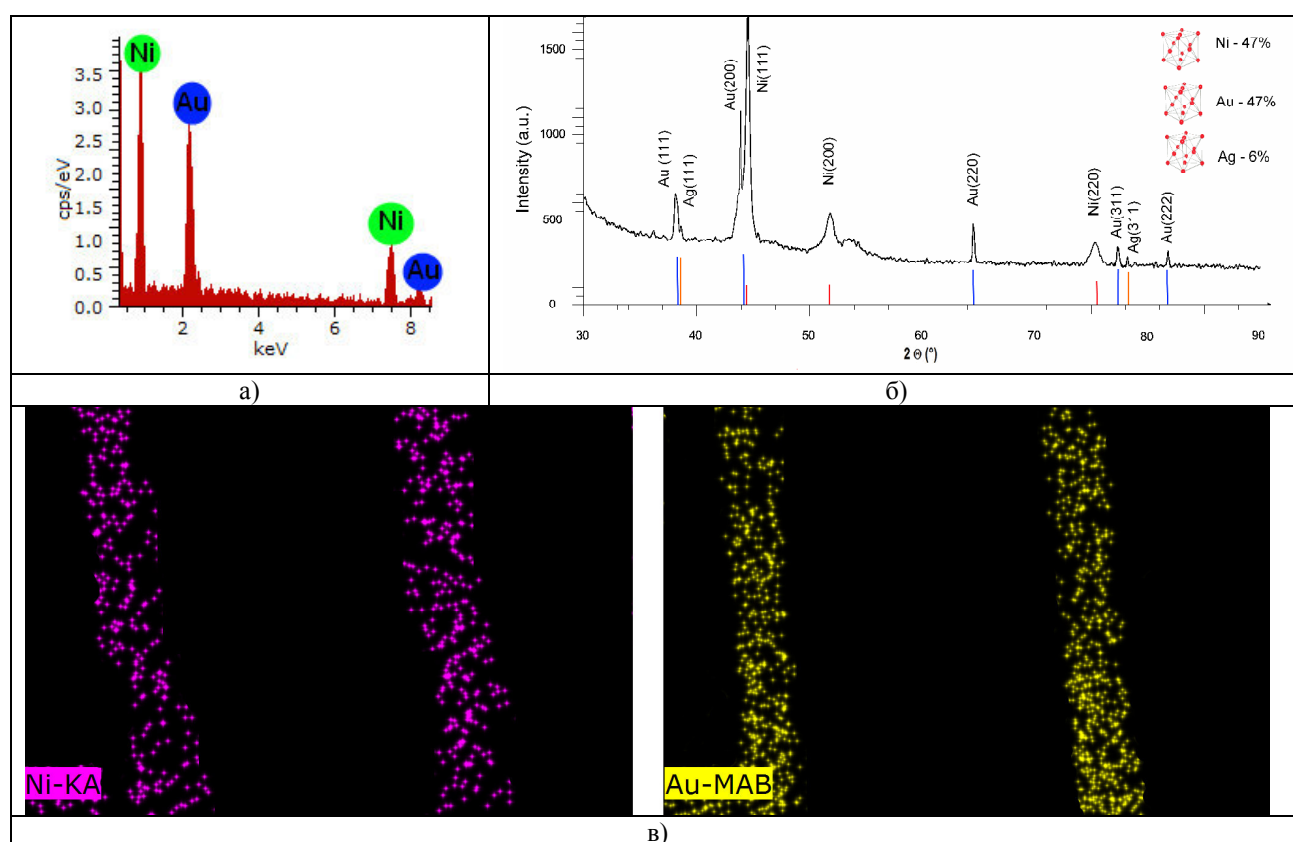


Рис. 1. а) ЭДА спектр Ni/Au нанотрубок; б) Рентгенограмма Ni/Au нанотрубок; в) результаты картирования Ni/Au нанотрубок

Согласно результатам ЭДА атомное соотношение металлов Ni/Au в структуре нанотрубок составило 48/46 соответственно, наличие 6% Ag обусловлено присутствием серебра в структуре Au нанотрубок. Анализ рентгеновской дифрактограммы позволил сделать следующие выводы о структуре: синтезированные образцы представляют собой двухфазные нанотрубки с фазой ГЦК – Ni с параметром $a = 3,5216 \text{ \AA}$ и ГЦК – Au с параметром $a = 4,0763 \text{ \AA}$. Увеличение параметра a для ГЦК – Ni может быть обусловлено наличием в кристаллической структуре твердого раствора замещения атомами Au атомов Ni в решетке, размеры которых меньше атомов Au (115 нм для Ni и 144 нм для Au). Наличие Ag в структуре нанотрубок также подтверждается наличием малоинтенсивных пиков Ag на рентгенограмме. Вклад каждой фазы в кристаллическую структуру (вставка на рисунке 1б) оценивался по площадям соответствующих пиков, что хорошо согласуется с результатами ЭДА.

Заключение. В работе представлена методика создания Ni/Au нанотрубок методом темплатного синтеза с использованием полимерных мембран, последовательного химического и электрохимического осаждения нанотрубок, проводится детальное изучение их морфологических и структурных свойств. Для получения Ni/Au нанотрубок были совмещены две методики синтеза, где темплатной матрицей для синтеза Ni нанотрубок служит матрица с осажденными Au нанотрубками с толщиной стенок 30 ± 5 нм, подвергшаяся с одной стороны предварительной очистке поверхностного слоя от золотого покрытия, образовавшегося в процессе химического осаждения Au. Методами РЭМ, ЭДА и РСА установлено, что в Ni/Au нанотрубках присутствует выделенное текстурное направление (111), что подтверждает предположение о преимущественном росте Ni/Au нанотрубок вдоль стенок пор темплата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bucak S., Yavuztürk, B. Sezer A. D. Magnetic Nanoparticles: Synthesis, Surface Modifications and Application in Drug Delivery // Recent Adv. Nov. Drug Carr. Syst. – 2012. – Vol. 2. – P. 165–200.
2. Liu Z., Zhang Q., Shi G.J. Solvothermal synthesis and magneto-optical properties of $Zn_{1-x}Ni_xO$ hierarchical microspheres // Magn. Magn. Mater. – 2011. – Vol. 323. – № 7. – P. 1022–1026.