

*Х.А. Абдуллин¹, Д.Г. Батрышев¹, М.Т. Габдуллин¹,
Д.В. Исмаилов¹, А.К. Тогамбаева², Е.В. Чихрай²*

¹*Национальная нанотехнологическая лаборатория Казахского
национального университета им. аль-Фараби
Казахстан, Алматы, пр. аль-Фараби, 71*

²*Научно-исследовательский институт экспериментальной
и теоретической физики Казахского национального университета
им. Аль-Фараби, Казахстан, Алматы, пр. аль-Фараби, 71*

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТОВ ОУНТ-CU МЕТОДАМИ ГАЗОФАЗНОГО И ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ

Одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ) получены методом пиролиза в атмосфере водорода и азота при температурах 650–800°C аэрозольных частиц, образованных ультразвуковым распылением раствора этанола и ферроцена. ОУНТ собирались на фильтр, расположенный на выходе из реактора. С использованием полученных слоев ОУНТ методом электролиза и химического осаждения синтезированы композитные образцы, состоящие из ОУНТ и медного слоя.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, ОУНТ, композиты.

Введение

Углеродные нанотрубки (УНТ) обладают высокой механической прочностью, имеют отличные электрические и тепловые свойства. УНТ и композитные материалы на их основе являются весьма перспективными для применения во многих областях, таких как фотовольтаика [1] и электроника на гибких компонентах [2–3]. При этом УНТ можно использовать как каналный материал для создания полупроводниковых приборных структур, так и как электропроводящий слой для прозрачных электродов.

УНТ имеют перспективы для упрочнения разнообразных органических и неорганических матриц, таких как полимерные волокна [4], в аналитической химии для создания газовых, био- и иммунных сенсоров и анализаторов ДНК [5], для изготовления сенсоров на основе нанорезонаторов и пьезорезисторов [6, 7], для применения в системах очистки и обработки воды [8]. Композиты на основе УНТ и металлов перспективны для модификации многих свойств металлов [9], например, для повышения токовой нагрузки проводников [10]. Целью настоящей работы являлась разработка простого метода синтеза одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ) и последующего получения композитов УНТ с металлами.

Методика эксперимента

Синтез углеродных нанотрубок методом химического осаждения из паровой фазы (CVD) был проведен в кварцевом герметичном трубчатом реакторе в потоке водорода с использованием этанола (Et) в качестве источника углерода. В раствор этанола добавлялся ферроцен $C_{10}H_{10}Fe$ ($FeCp_2$) для создания каталитических частиц, содержание Fe в растворе $FeCp_2 + Et$ находилось в пределах 0,01...0,1 мас. %. Аэрозоль раствора $FeCp_2 + Et$ получался с помощью ультразвукового распылителя и подавался потоком водорода и азота в реактор через охлаждающую трубку аналогично работе [11]. Синтез УНТ проводили при температурах 650–800°C. Полученные углеродные нанотрубки осаждались как на внутренних стенках реактора, так и на бумажном фильтре на выходе из реактора. В последнем случае собиралась та часть углеродных нанотрубок, которая уносилась транспортным газом из зоны реакции.

Полученные слои УНТ на фильтровальной бумаге были использованы для создания композитов УНТ-Cu, которые синтезировались путем нанесения медного покрытия на слой УНТ методом электроосаждения, близким к описанному в [10]. УНТ помещались на пластину из алюминия, накрывались фильтром и медным электродом. Электролиз проводился в растворе ацетата меди в этаноле при постоянном потенциале 1 В. Также проводилось химическое осаждение меди на слой ОУНТ, которое проводили в водных растворах, содержащих ионы металлов. Для этого образец ОУНТ на фильтровальной бумаге помещали при комнатной температуре в водный раствор ацетата меди в присутствии алюминиевой пластины на 24–48 часов.

Свойства полученных образцов были изучены методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и спектроскопии комбинационного рассеяния.

Результаты и обсуждение

Исследование комбинационного рассеяния образцов УНТ, осажденных на стенках реактора, показывает, что спектры образцов типичны для многостенных трубок (МУНТ) и состоят из трех основных групп полос: ~ 1360 cm^{-1} (полоса D), ~ 1580 cm^{-1} (полоса G) и ~ 2700 cm^{-1} (полоса G' или 2D), наряду с несколькими пиками низкой интенсивности. Как известно [12, 13], G-полоса соответствует фоновой комбинационно-активной моде сетки sp^2 -углеродных атомов (валентные колебания), в то время как D-полоса в спектрах комбинационного рассеяния соответствует структуре sp^3 -решетки и наблюдается в образцах УНТ из-за неколлинеарных растяжений, вызванных дефектами, адсорбированными комплексами и разупорядочением. Соотношение между интенсивностями пиков D и G может быть использовано для оценки уровня беспорядка и количества дефектов в различных углеродных материалах, и отношение интенсивностей G и D полос $K = I_G/I_D$ характеризу-