

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 620.3:544.16

DOI: 10.17223/00213411/62/5/175

А.И. ВЕРШИНИНА, М.С. РЫБАКОВ, М.В. ЛОМАКИН, И.М. ЧИРКОВА, Н.С. ЗВИДЕНЦОВА, С.Д. ШАНДАКОВ

ВЛИЯНИЕ HAuCl_4 НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕТОК ОДНОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, СИНТЕЗИРУЕМЫХ АЭРОЗОЛЬНЫМ МЕТОДОМ С ДОБАВКАМИ АНТРАЦИТА***Ключевые слова:** углеродные нанотрубки, аэрозольный синтез, электрические свойства, допирование.

Допирование золотохлористоводородной кислотой (HAuCl_4) является эффективным методом улучшения электрических характеристик однослойных углеродных нанотрубок (ОУНТ) [1]. В данной работе исследуется влияние HAuCl_4 на электрическое сопротивление сеток ОУНТ, синтезируемых с использованием этанола и угля марки А (антрацит).

Синтез ОУНТ осуществлялся аэрозольным методом химического осаждения из газовой фазы [2, 3]. Синтез проводился при установочной температуре 825 °С, суммарном расходе аргона 800 см³/мин и расходе этанола 0.2 см³/мин с растворенным в нем ферроценом (200 част./млн). Смесь этанола и ферроцена обогащалась частицами антрацита в соотношении 800, 12800, 50000 част./млн. Доля ферроцена и антрацита определялась как отношение числа атомов соответственно железа и углерода к числу молекул спирта. Помол антрацита производился при помощи планетарной шаровой мельницы Pulverisette 7 с добавлением этилового спирта в процессе помола. Осаждение ОУНТ проводилось в течение 15 мин на нитроцеллюлозные фильтры диаметром 45 мм. С целью уплотнения полученных сеток, образцы ОУНТ переносились на подложки и смачивались этанолом. В качестве допанта использовался 0.1 М водный раствор HAuCl_4 , разбавленный до 20 мМ этанолом, который наносился по каплям (0.1 мл) на сетки ОУНТ с последующим высушиванием сеток при комнатной температуре. Исследования образцов методом спектроскопии комбинационного рассеяния (КР) света проводились с помощью спектрометра Horiba LabRam HR-800 (при $\lambda = 633$ нм). Измерения электрического сопротивления образцов выполнялись двухконтактным методом с использованием программно-аппаратного комплекса NI ELVIS II.

На рис. 1 представлены КР-спектры ОУНТ без добавок антрацита до и после обработки HAuCl_4 . Спектры содержат ряд характерных областей для ОУНТ: *RBM*-полоса (100–300 см⁻¹), тангенциальные *D*- (1308 см⁻¹) и *G*- (1591 см⁻¹) моды. Увеличение интенсивности *D*-пика относительно *G*-пика свидетельствует о допировании ОУНТ. На вставке рис. 1 показана *RBM*-область КР-спектра в исходном состоянии и после обработки раствором HAuCl_4 . Пики в области 190–220 см⁻¹ отвечают возбуждению металлических ОУНТ, а пики в областях ~150 и 250–290 см⁻¹ соответствуют возбуждению полупроводниковых ОУНТ [2]. Как видно из рис. 1, относительное уменьшение интенсивности пиков *RBM*-полосы после обработки характерно для металлических ОУНТ (пики при 192 и 196 см⁻¹). Это свидетельствует о большем влиянии HAuCl_4 на металлические ОУНТ по сравнению с полупроводниковыми трубками. В диапазоне *RBM*-полосы наблюдается также сдвиг пиков в область более высоких частот у обработанных ОУНТ относительно исходных нанотрубок, что можно связать с допированием ОУНТ.

На рис. 2 представлены КР-спектры сетки ОУНТ с добавкой антрацита 50000 част./млн. Сравнение кривых 1 на рис. 1 и 2 показывает неравномерность изменения интенсивности отдельных пиков *RBM*-полосы при внесении антрацита в реакционную смесь, как и в случае синтеза с использованием угля марки К [4]. Обработка в растворе HAuCl_4 приводит к некоторому сдвигу *RBM*-пилов относительно их исходных положений (рис. 2, кр. 2). В области *G*-моды у обработанных сеток наблюдается

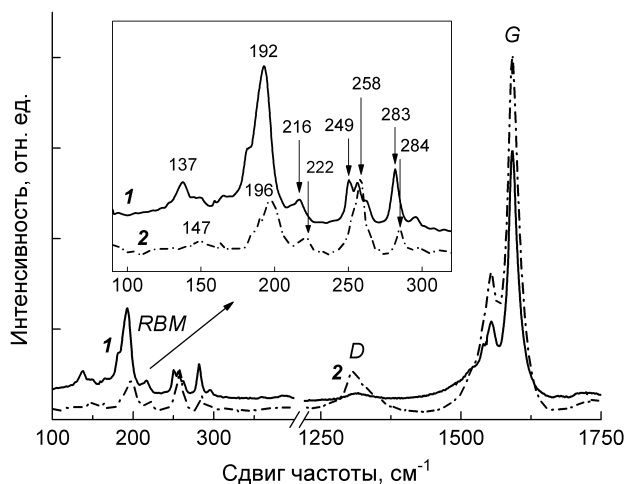


Рис. 1. КР-спектры ОУНТ до (кр. 1) и после (кр. 2) обработки HAuCl_4

* Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (проект № 3.6418.2017/8.9).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>