

МОДИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ СЛОЕВ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ОБЛУЧЕНИЕМ И ОТЖИГАМИ

Болотов В.В., Кан В.Е., Князев Е.В., Поворознюк С.Н., Росликов В.Е., Стенькин Ю.А.
Омский научный центр СО РАН, Омск

Многочисленные исследования свойств многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) показали перспективность их использования в разных областях: приборостроении, сенсорике, создании новых материалов и т.д. [1-2]. Применение МУНТ возможно, как в виде слоев, выращенных на различных подложках, так и виде индивидуальных трубок. Слои МУНТ синтезированные на подложке могут использоваться в качестве развитой поверхности для чувствительных металлоксидных слоев (ZnO , SnO_x).[3] Наиболее простым и экономичным методом синтеза слоев МУНТ является химическое осаждение из газовой фазы(chemical vapor deposition-CVD). Данный метод позволяет получать слои вертикально ориентированных МУНТ. Введение в структуру МУНТ дефектов позволяет манипулировать их электрофизическими свойствами. В данной работе представлены результаты исследования морфологии, структуры и электрофизических свойств слоев МУНТ, подвергнутых облучению ионами аргона с ускоряющим напряжением 15 кВ и последующими отжигами в инертной среде.

Слои МУНТ синтезировались методом CVD при пиролизе ацетонитрила и ферроценса. Далее слои МУНТ облучались ионами аргона с ускоряющим напряжением 15 кэВ. Набор дозы проводился в 2 этапа по 6 минут каждый. Затем облученные ионами аргона слои МУНТ, проходили отжиги в атмосфере аргона при температурах 300°C, 600°C в течении 30 минут. Структура МУНТ исследовалась методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) с использованием электронного микроскопа JEOL JEM-2100. Исследования продольной проводимости слоев МУНТ производились на LCR-метре Agilent E4980A. Сопротивление слоев МУНТ определялось из вольт-амперных характеристик(BAX), измеренных в диапазоне от -8 до +8 В. Для исследований применялись сплошные слои МУНТ с захороненными электрическими контактами. Захороненные контакты представляли собой многослойную структуру металлов: хром, молибден и никель. Верхний слой никеля служил плёночным катализатором роста МУНТ в области металлического контакта и обеспечивал сплошность углеродного слоя.

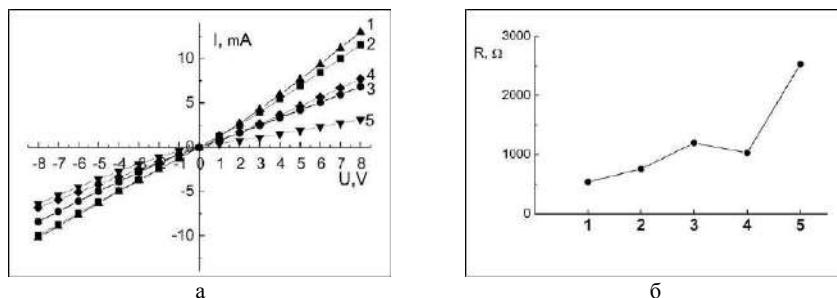


Рис.1. ВАХ (а) и продольное сопротивление слоев МУНТ (б). 1 – Исходные слои МУНТ; 2 – После первого этапа облучения ионами Ar^+ ($t=6$ мин); 3 – После второго этапа облучения ионами Ar^+ ($t=12$ мин); 4 – После облучения и отжига при 300^0C в аргоне; 5 – После облучения и отжига при 600^0C в аргоне

ВАХ исходных слоев имеют линейный вид (Рис.1 А), что характерно для слоев МУНТ, обладающих преимущественно металлическим типом проводимости. Температурные и ионные обработки не меняют вида ВАХ, что свидетельствует об отсутствии гетеропереходов

Секция 2. Неустойчивость, локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

как в местах контакта стенок нанотрубок в слое, так и во внутренней структуре МУНТ. Данные электрофизических исследований указывают на снижение проводимости слоя нанотрубок (рис.1 В точка 2) после первой дозы облучения, что связано с образованием дефектов в структуре нанотрубок. Увеличение дозы облучения, приводит к генерации дефектов в структуре нанотрубок и, как следствие, к дальнейшему снижению проводимости слоя МУНТ (рис.1 В точка 3). Термообработка в инертной среде при 300 °C (рис. 1 В, точка 4) незначительно восстанавливает проводимость слоя. Это можно связать с активизацией термической перестройки точечных дефектов в стенках МУНТ. После отжига при 600 °C (рис. 1 В, точка 5) проводимость слоя МУНТ снижается ~ в 2,5 раза по отношению к проводимости после термообработки при 300 °C, что, вероятно, обусловлено увеличением сопротивления контактов между нанотрубками после отжига функциональных групп с поверхности МУНТ.

В совокупности, полученные данные открывают возможность гибкого регулирования электрофизических свойств слоев МУНТ, синтезированных методом CVD, для применения в приборостроении и сенсорной технике.

В работе было использовано оборудование Омского регионального центра коллективного пользования СО РАН. Работа выполнена по государственному заданию ОНЦ СО РАН в соответствии с Программой ФНИ ГАН на 2013-2020 годы (номер госрегистрации проекта в системе ЕГИСУ НИОКР АААА-А17-117041210227-8).

1. В.В. Болотов, В.Е. Кан, М.Ю. Бирюков, Е.В. Князев, Р.В. Шелягин, Ю.А. Стенькин. //Физика твердого тела, 55, 1360-1363(2013).
2. V.V. Bolotov, P.M. Korusenko, S.N. Nesov, S.N. Povoroznyuk, E.V. Knyazev. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 337, 1-6 (2014).
3. V. V. Bolotov, V. A. Volodin, G. N. Kamayev, V. Ye. Kan, Ye. V. Knyazev, and V. A. Sachkov. AIP Conference Proceedings 2007, 040002 (2018); doi: 10.1063/1.5051929.