Исследование влияния напряжения смещения при выращивании вертикально ориентированных углеродных нанотрубок методом PECVD

Ильин О.И. [1] , *Чефранов А.А.* [1] , *Соболева О.И.* [1] , *Хомленко Д.Н.* [1] , *Ильина М.В.* [1]

chefranov@sfedu.ru

[1] Южный федеральный университет, Таганрог, Россия

Уже более 30 лет углеродные нанотрубки (УНТ) остаются перспективным объектом научных исследований. Однако открытые недавно аномальные пьезоэлектрические свойства [1, 2] дали новый толчок для разработки устройств нанопьезотроники (наногенераторы, сенсоры вибраций и деформаций, датчики давления). При этом пьезоэлектрический эффект проявляется при легировании УНТ атомами азота и образовании дефектов пиррольного типа. Контролируемо легировать УНТ атомами азота позволяет метод плазмохимического осаждения из газовой фазы (PECVD). Для этого, в процессе роста, к углеродсодержащему газом подмешивается поток аммиака. Стимулировать образование азотных дефектов пиррольного типа в графеновых слоях составляющих УНТ позволяет инициация плазмы. В данной работе проведено исследование влияния напряжения смещения инициированной плазмы на свойства вертикально ориентированных УНТ, получаемых методом PECVD для последующего применения в качестве преобразователей механической энергии (датчики деформации, микрофоны).

Выращивание легированных азотом N-УНТ проводилось на кремниевых подложках с нанесенными методом магнетронного распыления подслоем Mo (100 нм) и каталитическим слоем Ni (15 нм). Выращивание УНТ проводилось методом PECVD в атмосфере ацетилена и аммиака при температуре 550 С°. Время роста составляло 10 мин. Напряжение смещения изменялось в диапазоне 460-535 В. Геометрические размеры N-УНТ оценивалась с помощью метода сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Величина пьезоэлектрического отклика N-УНТ определялась методом силовой микроскопии пьезоотклика (PFM). Структурное совершенство оценивалась методом спектроскопии комбинационного рассеяния света с использованием рамановского микроскопа EnSpectr R532 (длина волны 532 нм). Установлено, что с увеличением напряжения смещения диаметр N-УНТ практически не изменяется и лежит в диапазоне от 54±24 до 60±29 нм. При этом величина пьезоэлектрического отклика линейно уменьшается от 117 до 56 пм/В с увеличением напряжения смещения от 464 до 533 В. Также, по данным рамановских спектров наблюдается снижение дефектности УНТ (отношение интенсивности I_D/I_G) от 0,99 до 0,91.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации; государственное задание в области научной деятельности № FENW-2022-0001 в Южном федеральном университете.

Ссылки

1. M.V. Il’ina, O.I. Soboleva, S.A. Khubezov, V.A. Smirnov, O.I. Il’in, J. low power electron. appl. (2023), **13(1)**, 11.
2. M. Il'ina, O. Il'in, O. Osotova, S. Khubezhov, N. Rudyk, I. Pankov, A. Fedotov, O. Ageev, Carbon (2022), **190**, 348.