О возможности плазмоструйной функционализации углеродных наноматериалов

Р.Х. Амиров1, Н.А. Воробьева2, В.И. Киселев1, М.А. Саргсян1, М.Б. Шавелкина1

1Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва, Россия,  
 [mshavelkina@gmail.com](mailto:mshavelkina@gmail.com)  
2Московский государственный университет, г. Москва, Россия,  
 [natali.vorobyeva@gmail.com](mailto:natali.vorobyeva@gmail.com)

Функционализация углеродных наноматериалов позволяет решить ряд актуальных задач   
в отраслях материаловедения, электрохимии и катализа за счет создания многофункциональных наноструктур с заданными электронными и каталитическими свойствами. Большинство имеющихся методов функционализации связано с методом химического осаждения из газовой фазы (CVD-метод) [1]. Известно применение плазмы для окислительной функционализации при атмосферном давлении [2] и при использовании дугового разряда [3]. Тем не менее, остается задача масштабирования процесса функционализации с максимальным сохранением морфологии наноматериалов. С этой точки зрения интересно использование плазмотронов.

В настоящей работе для функционализации графенов и углеродных нанотрубок применен плазмотрон постоянного тока мощностью до 45 кВт с расширяющимся каналом выходного электрода и вихревой стабилизацией дуги. Преимущество используемого плазмотрона —   
в одновременном вводе источника углерода с рабочим газом и возможности регулирования скорости охлаждения углеродного пара. В качестве рабочего газа использовались гелий и аргон в интервале давлений от 75 до 750 Торр. Источником углерода служил этанол. Предварительно были исследованы спектральные характеристики плазменной струи. Установлено, что ввод этанола в разрядный промежуток незначительно снижает максимальную температуру электронов в аргоновой плазме с 14500 до 14000 К. Были оптимизированы расходы рабочего газа (аргон 3,0 г/с, гелий 0,5 г/с) и этанола (0,027 мл/с).

Методами сканирующей электронной микроскопии, элементного анализа и термического анализа изучены особенности поверхности полученных продуктов. Обнаружено, что графены и углеродные нанотрубки на своей поверхности содержат кислородные группы, которые обеспечивают термическую стабильность структур при окислении на воздухе до 1000 К. Потери массы составляют при этом около 5%. На микроснимках наблюдалась характерная морфология для графеновых структур и нитевидных нанотрубок [2 – 3].

В целом получены экспериментальные данные, показывающие возможность применения плазмотронов для модификации поверхности наноматериалов различными функциональными группами в одну ступень с возможностью масштабирования процесса.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, Грант № 15-08-00165а.

Литература

1. Wei D, Liu Y, Wang Y. // Nano Letters. 2009. V.9(5). P.1752.
2. Kolacyak D. еt al. // Journal of Colloid and Interface Science. 2011. V.359. P.311.
3. Shen B, Chen J, Xue Q. // RSC Advances. 2012. V.2. P.6761.