Синтез графанов в плазмоструйном реакторе

Амиров Р.Х., 1Канашенко С.Л., Шавелкина М.Б., 2Шаталова Т.Б.

Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва, Россия,  
 [mshavelkina@gmail.com](mailto:mshavelkina@gmail.com)  
1Научно-исследовательский институт биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича  
 РАМН, г. Москва, Россия, [serkanash@mail.ru](mailto:serkanash@mail.ru)  
2Московский государственный университет, г. Москва, Россия,  
 [shatalova@inorg.chem.msu.ru](mailto:shatalova@inorg.chem.msu.ru)

Среди множества углеродных материалов особый интерес привлекает графен — отдельный моноатомный слой из атомов углерода. Благодаря уникальному строению элементарной ячейки, графен демонстрирует уникальные механические, оптические и электронные свойства. Однако полуметаллический характер проводимости графена затрудняет его реальное применение в полупроводниковой электронике. Одним из перспективных направлений в фундаментальных исследованиях и технологических приложениях является химическая модификация графена с целью изменения его электронной структуры. Гидрирование позволяет изменять параметры запрещенной зоны, превращая графен в настоящий полупроводник или изолятор. Гидрированный графен может использоваться для хранения водорода или найти применение в топливных элементах [1]. На сегодняшний день продемонстрирована возможность успешного гидрирования графена с использованием неравновесной водородной плазмы [2], пучков атомов водорода, электронно-индуцированной диссоциации водород-силсесквиоксана [3], процессом восстановления Берча [4]. Для гидрировании использовался графен, предварительно полученный с помощью механического отщепления [2] либо CVD-методом [3].

Нами показана возможность прямого синтеза гидрированных графеновых материалов в плазмоструйном реакторе [5]. Материалы получены в объеме при разложении прекурсоров углерода (углеводородов) с помощью плазмотрона постоянного тока мощностью до 45 кВт при давлении ниже атмосферного. Из углеводородов использовались: метан, ацетилен и пропан-бутан. В качестве плазмообразующего газа - гелий и аргон. Элементный анализ, сканирующая электронная микроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния света и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия показали, что в синтезированных малослойных образцах присутствует атомарный водород, достигая соотношения с углеродом 1 : 4. Экспериментально установлена зависимость степени гидрирования от параметров плазменной струи и геометрии мишени. Расчеты химической кинетики показывают присутствие в составе струи плазмы высокой концентрации атомарного водорода в области нуклеации углеродного пара. При нагревании образцов наблюдалось выделение водорода, что подтверждает термогравиметрия в атмосфере аргона до температуры 1500оС. Сделан вывод о возможности прямого синтеза графана в плазмоструйном реакторе.

Работа выполнена при поддержке грантами РФФИ : 16-08-00145 , 15-08-00165 и 16-08-00081.

Литература

1. Subrahmanyama K.S., Kumara P., Maitraa U., Govindaraja A.,Hembramb K.P.S.S, Waghmareb U.V., Raoa C. N. R Natl Acad. Sci. , 2011, 108, 2674.
2. Elias D.C., Nair R.R., Mohiuddin T.M.G., Morozov S.V., Blake P., Halsall M.P., Ferrari A.C., Boukhvalov D.W., Katsnelson M.I., Geim A.K., Novoselov K.S. Science, 2009, 323, 610.
3. Pumera M., Wong C.H. Chem Soc Rev., 2013, 42, 5987.
4. Eng A.Y., Poh H.L., Šaněk F., Maryško M., Matějková S., Sofer Z., Pumera M. ACS Nano. 2013, 7, 5930.
5. Amirov R., Isakaev I., Shavelkina M., Shatalova T. Journal of Physics: Conference Series 2014, 550, 012023.