исследование синтеза графеновых материалов при пиролизе углеводородов в термической плазме

Р.Х. Амиров, Э.Х. Исакаев, М.Б. Шавелкина, \*Т.Б. Шаталова

Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, [mshavelkina@gmail.com](mailto:mshavelkina@gmail.com)  
\*Московский государственный университет, Москва, [shatalova@inorg.chem.msu.ru](mailto:shatalova@inorg.chem.msu.ru)

Большинство имеющихся методов получения графена связаны с механическим или химическим расщеплением графита или эпитаксиальным ростом графеновых пленок. Эти методы не дают возможности получения графена большой площади и высокого качества. Значительный прогресс было достигнут недавно с помощью метода химического осаждения графена из газовой фазы (CVD-метод) на Ni-подложку с последующим перенесением его на произвольную подложку.

Тем не менее, остается задача масштабирования получения графенов. С этой точки зрения весьма перспективно применение термической плазмы, когда используются плазмотроны. Преимуществами предлагаемого подхода по сравнению с электродуговым способом [1] получения графенов являются: возможность существенного увеличения производительности за счет непрерывного режима работы; возможность работы с исходными веществами в различных агрегатных состояниях; возможности оптимизации процесса за счет независимого регулирования в широком диапазоне давления, энерговклада и соотношений расходов плазмообразующего газа и исходного углерод содержащего вещества; возможность формирования потока с использованием различных дополнительных устройств (сопл) и путем изменения геометрических параметров плазмотрона. При использовании плазмоструйного реактора на основе плазмотрона постоянного тока в работе [2] были получены чистые слоистые графены. При этом число графеновых слоев контролировалось расходом этанола. В качестве плазмообразующего газа использовался аргон при атмосферном давлении.

В настоящей работе для синтеза графенов применен плазмотрон постоянного тока мощностью до 40 кВт с расширяющимся каналом выходного электрода и вихревой стабилизацией дуги. В качестве плазмообразующего газа использовался гелий и аргон в интервале давлений от 200 до 730 Торр. Источником углерода служили наиболее доступные и обеспечивающие высокую производительность газы - метан и смесь пропана с бутаном при содержании в газовой фазе от 2 до 20%. Предварительно было исследовано влияние смеси пропан бутана и метана на характеристики плазмотрона, определены предельные их расходы. Варьированием расхода и состава газовой фазы было установлено, что наибольший выход (80%) графенов образуется в среде гелия при 350 Торр при его расходе равном 0,75 г/с. Несколько меньше выход графенов (56%) в аргоне при его расходе 3,75 г/с, но вместе с аморфным углеродом и графитизированными частицами. Образование графенов (обычных листовых и из смятых листов) было доказано методом сканирующей электронной микроскопии. Был зарегистрирован выход графенов большой площади с характерным размером до 1500 нм. Фазовый состав и термическая стабильность полученных материалов были исследованы термическими методами анализа. Удельная поверхность листовых графенов, измеренная стандартным методом, составила 300 м2/г. В целом получены экспериментальные данные, позволяющие поэтапно масштабировать синтез графенов желаемой морфологии.

Литература.

1. Wu Y. et al. // Nano Res. 2010. V.3(9) P.661
2. Kim J. et. al. // Nanotechnology. 2010. V21. P.1