

Модификация проводящих и структурных свойств CVD-графена с использованием магнетронного разряда*

Т.И. Гареев¹, О.В. Зайцев^{1,2}, О.А. Нерушев¹,
Д.В. Сорокин^{1,2}, В.С. Суляева³, Д.В. Смовж¹

¹Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск, Россия

²Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

³Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Исследовано влияние мощности, давления и времени напыления процесса магнетронного распыления на изначальные свойства графена, полученного методом химического осаждения из газовой фазы (CVD). Получены композиты олово – графен путем напыления оловянного покрытия толщиной 5 нм на CVD-графен. Давление рабочего газа варьировалось от 1 до 8 Па, мощность на мишени – от 4 до 16 Вт. Полученные материалы были охарактеризованы с помощью сканирующей электронной микроскопии, энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния света. Определено сопротивление графена до и после напыления. По результатам анализа структурных и электропроводящих свойств определена возможность получения композита без значительного изменения структурных свойств графена. Показано, что на процесс дефектообразования в графене влияют как свойства потока распыленного вещества, задаваемые мощностью и давлением, так и время процесса напыления. Увеличение степени дефектности коррелирует с увеличением времени напыления и уменьшением скорости роста покрытия.

Ключевые слова: магнетронное распыление, CVD-графен, дефектность графена, композит олово – графен.

Введение

В последнее время наблюдается интенсивное развитие исследований, посвященных созданию и изучению материалов на основе структур различной размерности, а также совершенствованию методов их получения. Эти материалы благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам открывают новые горизонты в различных областях науки и технологий. Композитные материалы демонстрируют исключительный потенциал, находя применение в оптоэлектронике, газовых и биосенсорах, электронных накопителях, катализе и системах аккумуляции энергии. Это позволяет рассматривать их в качестве перспективной альтернативы существующим материалам и устройствам. Графен как двумерный углеродный материал занимает особое место среди низко-размерных структур благодаря своим выдающимся тепло- и электропроводящим свойствам, что делает его крайне перспективным для широкого спектра применений, в частности, в области сенсорных технологий. Ключевыми требованиями к таким сенсорам являются высокая селективность, быстрый отклик, чувствительность и стабильность при работе в различных условиях. Использование графена является перспективным как для достижения превосходных свойств, так и для их сочетания в одном материале [1].

Несмотря на изначально уникальные свойства, «чистый» графен не всегда является оптимальным для всех прикладных задач. Идеальный графеновый слой не адсорбирует молекулы, однако его сенсорные характеристики могут быть существенно изменены присутствием примесей на поверхности или структурных дефектов [2]. В связи с этим одним из эффективных способов повышения селективности и чувствительности графена, например, в определении наличия опасных газов, таких как NO₂ в атмосфере, является его целенаправленная модификация газочувствительными наночастицами оксидов металлов. Выбор оловянных наночастиц обусловлен их известными сенсорными характеристиками, что делает рассматриваемый композит крайне перспективным для разработки высокоэффективных чувствительных элементов [3]. Однако модификация графеновой поверхности, в частности степень его дефектности, напрямую определяет проводимость композита и, следовательно, эффективность сенсорных устройств [4]. Таким образом, возникает комплексная задача оптимальной функционализации графена для получения композитов на его основе. Немаловажным в этом вопросе является выбор метода функционализации.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-19-00357, <https://rscf.ru/project/24-19-00357/>.