

## Электронная микроскопия углеродных наностенок, полученных методом высокочастотного магнетронного распыления

Виноградов А.Я.<sup>1</sup>, Грудинкин С.А.<sup>1</sup>, Баранов М.А.<sup>2</sup>

*grudink.gvg@mail.ioffe.ru*

<sup>1</sup> ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

Углеродные наностенки (УНС) представляют собой пластины графена толщиной несколько нанометров, расположенные перпендикулярно поверхности подложки. УНС образуют на подложке трёхмерную структуру с высокой удельной поверхностью и могут найти применение в суперконденсаторах, устройствах преобразования солнечной энергии, автоэмиссионных катодах, газовых сенсорах и биосенсорах, в качестве носителей катализатора и шаблонов для создания наноструктур.

В большинстве работ для получения УНС в качестве рабочего газа используются газообразные углеводороды и водород, роль которого заключается в травлении аморфной фазы и предотвращении вторичного зародышеобразования УНС. Отличие нашего подхода заключается в том, что мы получаем УНС методом ВЧ (13.56 МГц) магнетронного распыления графитовой мишени в плазме тлеющего разряда в аргоне без добавления водорода. Температура подложки - 600 °С, давление 20 - 50 мТорр, ВЧ мощность 30 - 190 Вт, подложка - кристаллический кремний, кварц, опал и сапфир.

Проведенный ранее анализ данных спектроскопии комбинационного рассеяния света [1] показал, что УНС представляют собой смесь графита и аморфного углерода. В настоящей работе методом сканирующей электронной микроскопии исследовано влияние материала подложки, её предобработки, давления аргона и ВЧ мощности, на параметры структуры УНС, её эволюцию со временем роста и особенности ориентации УНС на профилированных подложках.

Установлено, что УНС с наименьшей толщиной стенок (несколько нанометров) формировались при минимальной скорости напыления (минимальном давлении 20 мТорр и ВЧ мощности 30 Вт). Формирование УНС происходило в три этапа: образование островковых зародышей и их коалесценция; рост УНС преимущественно в высоту; замедление скорости роста в высоту и увеличение толщины УНС при высоте стенок выше 500 нм. Из-за травления растущей пленки продуктами диссоциации молекул остаточных газов - O<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O образование УНС начиналось через ~20 минут после включения разряда и продолжается с нелинейно возрастающей со временем скоростью напыления в течение первых ~10 минут. Дегазация установки путём её предварительного прогрева в течение 3 - 4 часов привела к тому, что рост УНС начинается сразу при включении разряда и происходит с постоянной скоростью напыления. Также обнаружено наличие между подложкой и УНС подслоя, обладающего твердостью, превышающей твердость графита.

### Ссылки

1. S.A. Grudinkin and A. Ya. Vinogradov, Fabrication of carbon nanowalls by radio frequency magnetron sputtering of graphite target in argon plasma, Journal of Physics: Conference Series, **1697** (2020), 012108.