

УДК 538.9

Исследование малостенных углеродных нанотрубок под давлением до 60 ГПа

А.М. Паньков^{1,2}, М.Ю. Попов^{1,2,3}, А.Н. Кириченко¹, Б.А. Кульницкий^{1,2},

И.А. Пережогин^{1,2}, В.З. Мордкович^{1,2}, А.Р. Караева¹,

П.Б. Сорокин^{1,2,3}, В.Д. Бланк^{1,2}

¹Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

³Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Использование УНТ в качестве материала или составляющей композита в автомобильной и авиакосмической промышленности является одним из наиболее привлекательных направлений. Исследования трансформаций УНТ под высокими давлениями позволяют оценить износостойкость и понять перспективы использования УНТ в чистом виде или как составная часть композитов.

В данной работе образцы УНТ, закладывались в сдвиговую алмазную камеру высокого давления (СДАК). Исследования образца УНТ, полученных методом CVD, под давлением проводились в сдвиговой камере с алмазными наковальнями (СКАН). Основу СКАН составляют 2 алмазные наковальни, закрепленные на твердосплавных подставках напротив друг друга. Одна наковальня (верхняя) закреплена неподвижно, а другая (нижняя) закреплена на поршне, который может вращаться, что позволяет создать в образце сдвиговую деформацию.

Для изучения структуры образца после воздействия давления использовалось оборудование ЦКП в ФГБНУ ТИСНУМ. В опыте были использованы алмазные наковальни диаметром 350 микрон, между которыми помещался образец в вольфрамовой гasketке. Размеры отверстия в гasketке для образца не превышали одной трети диаметра кулеты. Отверстия были получены электроискровым методом.

Образец представляет из себя малостенные УНТ(2-5 слоев). Образец под давлением подвергается контролируемой сдвиговой деформации за счет вращения наковален. Уменьшая таким методом гистерезис структурных фазовых переходов получаем однородную фазу. В результате фазового перехода наблюдается эффект самомультипликации давления, связанный со скачком упругих модулей.

Давление в образце измерялось методом пьезоспектроскопии по спектрам КРС, снятым из вершины алмазной наковальни. Спектры КРС получены с помощью рамановского-микроскопа Renishaw Invia.

После снятия давления образцы извлекались из гasketки для дальнейших исследований с помощью просвечивающего электронного микроскопа JEM – 2010(ПЭМ). ПЭМ изображения образца показали, что поверхностные слои УНТ трансформируются в углеродные нанокластеры меньшего размера(Рис. 1 и 2).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, проект 14.577.21.0090 (уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57714X0090).

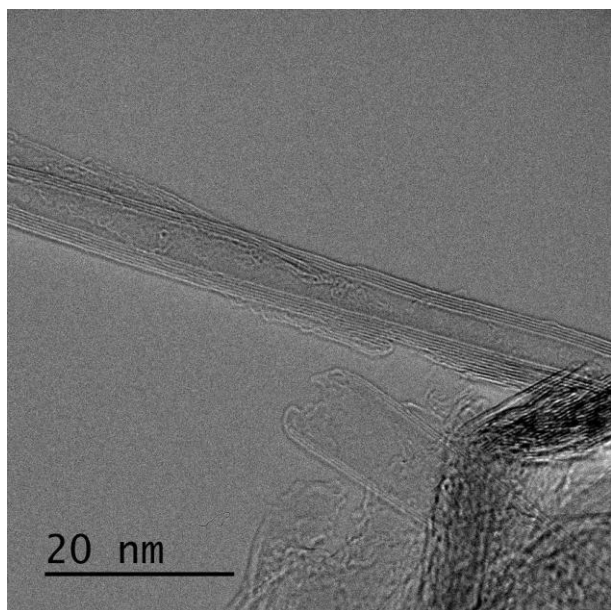


Рис. 1 : УНТ с различным количеством слоев

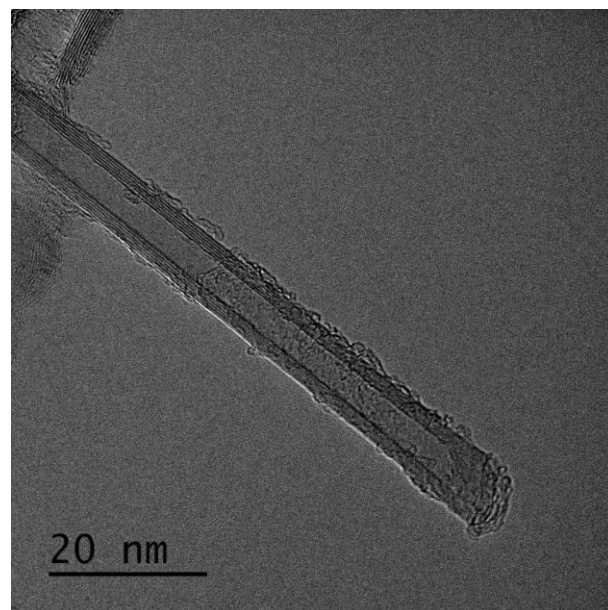


Рис.2 : Углеродные нанокластеры на поверхности УНТ