

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ В МАССИВАХ ВЕРТИКАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ВДОЛЬ НАПРАВЛЕНИЯ РОСТА

Букунов К.А.<sup>1</sup>, Чеченин Н.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Физический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва,  
[bukunov.kirill@physics.msu.ru](mailto:bukunov.kirill@physics.msu.ru)

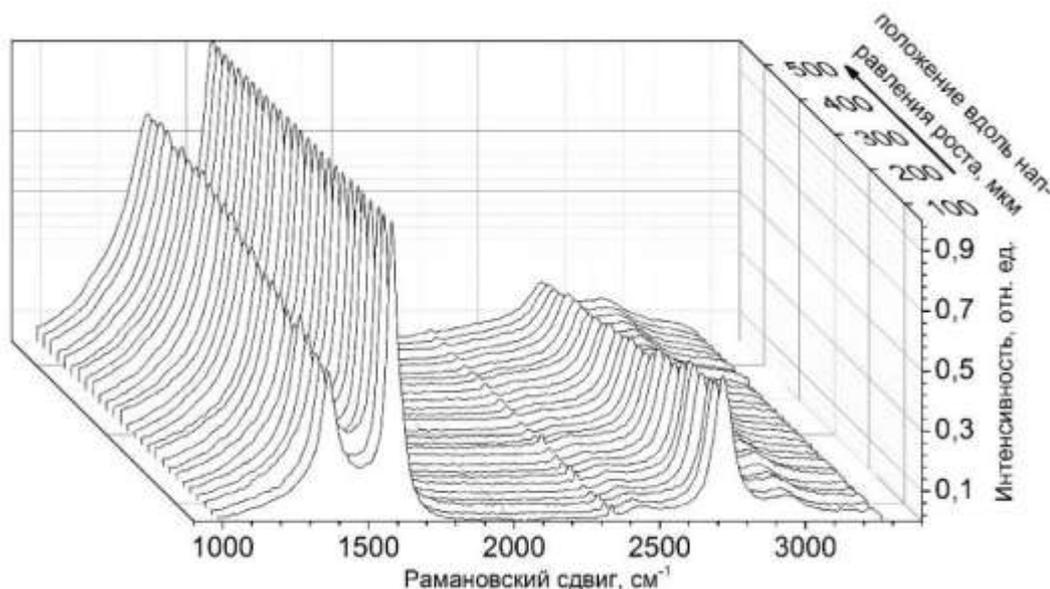
<sup>2</sup> НИИ ядерной физики имени Д. В. Скобельцына МГУ, Москва,  
[nchechenin@yandex.ru](mailto:nchechenin@yandex.ru)

Массивы вертикально ориентированных многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ), полученные методом пиролитического газофазного осаждения, были исследованы методом спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС). Ввиду уникальности, как объёмного наноматериала, и возможности прикладного использования, массивы вертикально ориентированных МУНТ являются перспективным объектом для инновационных технологий. В связи с этим особую важность имеет развитие методов получения массивов МУНТ с высокой степенью упорядоченности структуры, а также методов неразрушающего контроля степени упорядоченности структуры на микроуровне.

Метод спектроскопии КРС чувствителен к наличию дефектов в структуре  $sp^2$ -углеродных материалов, что позволило выявить неоднородное распределение упорядоченности структуры массивов вертикально ориентированных МУНТ вдоль направления их роста. Установлено статистически закономерное изменение спектров КРС в зависимости от расположения локальной пространственной области (ЛПО,  $\sim 1$  мкм) на поверхности массивов вдоль направления их роста. Разложение спектров на компоненты и последующий анализ их зависимостей от расположения ЛПО, а также анализ их взаимокорреляций, позволил выявить типы дефектов и количественно оценить изменение концентрации дефектов вдоль направления роста массивов. На основе полученных данных сделаны предположения о природе формирования дефектов в МУНТ.

В работе также обсуждаются фундаментальные аспекты интерпретации особенностей спектров КРС МУНТ по отношению к спектрам других  $sp^2$ -углеродных наноматериалов, а также связь данных особенностей с распределением дефектов. Предложен метод комплексного графического представления спектральных особенностей МУНТ с целью развития стандарта для эмпирической классификации и сравнения структуры различных образцов данного объёмного наноматериала с помощью спектроскопии КРС.

Данные, полученные в результате исследования, могут быть полезными как в развитии фундаментальных представлений о механизме роста МУНТ, так и в практических приложениях использования массивов МУНТ в качестве армирующего компонента нанокompозитов.



## ПРОВОДИМОСТЬ КОМПОЗИТОВ С РАЗЛИЧНО ОРИЕНТИРОВАННЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

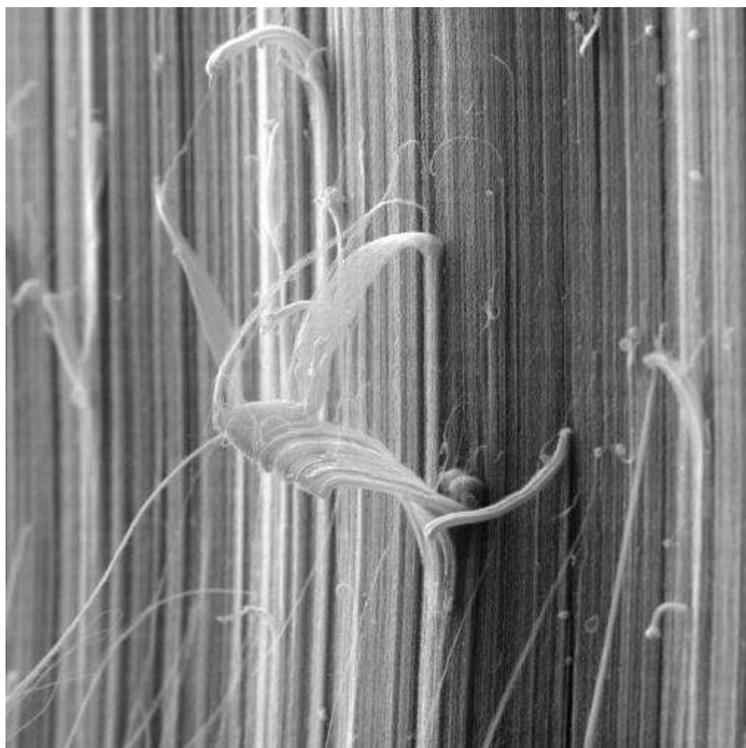
Воробьева Е.А.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

vorkate89@mail.ru

В работе рассматривается влияние включения различного вида углеродных нанотрубок на анизотропию проводимости полимерного композитного материала. В качестве полимерной матрицы используется эпоксидная смола, а наполнителем служат как коммерческие неориентированные углеродные нанотрубки, так и полученные на установке пиролитического газофазного осаждения массивы вертикально ориентированных углеродных нанотрубок (УНТ). В работе показано, что при добавлении небольшого количества УНТ композит становится проводящим (электропроводность возрастает на порядки), а теплопроводность увеличивается в разы именно с ориентированными нанотрубками.

Для анализа влияния контактного теплового сопротивления между УНТ и эпоксидной смолой было проведено моделирование процесса теплопередачи в пакете Comsol Multiphysics. Целью проведения математического моделирования было проанализировать результаты эксперимента по измерению теплопроводности материала методом лазерной вспышки. Сопротивление на границе УНТ-полимер оказывает влияние на теплопроводность композита. Преимущество композитов с массивом ориентированных УНТ: нанотрубки охватывают всю толщю полимера в направлении оси ориентирования, обеспечивая тем самым прямой путь для переноса теплоты через композит.



Изображение ориентированных углеродных нанотрубок, полученное с помощью сканирующего электронного микроскопа LYRA3 TESCAN НИИЯФ МГУ.