

Разработка и исследование тест-образцов аспектного отношения цилиндрических
нанообъектов в жидких дисперсиях

М.Ф.Власова, Н.И. Сапронова, А.А.Лошкарев Ю.М.Токунов, В.В. Иванов
Московский физико-технический институт (государственный университет)

Жидкие дисперсии наноразмерных объектов на сегодняшний день участвуют в производстве приблизительно половины продукции нанотехнологий. Наиболее широко используются наночастицы металлов, оксидов, карбидов и других соединений, которые находят применение в производствах катализаторов, накопителей энергии, красок, чернил для струйной печати, косметических препаратов, конструкционных материалов и других видов продукции.

В последние годы быстро возрастает доля разработок и объемы производств, использующих несферические наноразмерные объекты, каковыми являются нанопластины – нанообъекты, линейные размеры которых по одному измерению находятся в нанодиапазоне, а размеры по двум другим измерениям значительно больше; и нановолокна, линейные размеры которых по двум измерениям находятся в нанодиапазоне, а по третьему измерению значительно больше. Нановолокна могут быть твердыми (наностержни), полыми (нанотрубки) и являться проводником или полупроводником электрического тока (нанопроволока). На данный момент в массовом производстве большая доля волокнистых наноматериалов используются при производстве объемных композитных материалов и тонких пленок. Однако функциональные свойства наноматериалов и их дисперсий существенно ухудшаются при низкой степени диспергированности частиц, что делает важной задачей исследование методов создания суспензий с эксфолированными частицами и контроль геометрических размеров наночастиц, степени их агломерирования.

В большинстве макроскопических методов анализ размеров частиц основан на моделях сферических частиц. Методы, позволяющие рассчитать геометрические размеры несферических объектов, появились относительно недавно. Примером является метод деполяризованного динамического рассеяния света. Метод основан на регистрации флуктуаций интенсивности поляризованного лазерного излучения, рассеянного на частицах в жидкости. Главный недостаток данного метода – необходимость регистрации очень слабых оптических сигналов. Другой пример – модификация метода акустической спектроскопии в ускоряющемся потоке, разработанная в Центре испытаний функциональных материалов МФТИ. Метод акустической спектроскопии заключается в

расчете размеров частиц по спектрам затухания ультразвука в образце дисперсии исследуемых частиц. Применение ультразвука вместо оптического излучения позволяет характеризовать концентрированные и непрозрачные дисперсии, например, суспензии углеродных наноматериалов. Для исследований подобными методами необходимо разработать способы получения экспериментальных тест-образцов жидких дисперсий с несферическими нанообъектами различной формы, имеющие различные аспектные отношения.

В процессе работы была разработана технология изготовления и модификации тест-образцов аспектного отношения. Изготовлены образцы на основе углеродных нанотрубок, проведена модификация образцов на основе гидроксида лантана и углеродных волокон. Проведены характеристика изготовленных и модифицированных образцов и исследование их стабильности в течение 90 дней. Результатом данной работы является создание набора экспериментальных тест-образцов аспектного отношения углеродных нанотрубок (аспектное отношение – 470), гидроксида лантана (аспектное отношение – 29,5), углеродных волокон (аспектное отношение – 34,9). Все образцы имеют стабильные параметры в течение 90 дней.

Таблица 1 – Геометрические параметры образцов.

Образец	Метод измерений	Средство измерений	Средняя длина нанообъектов, мкм	Средняя толщина нанообъектов, нм	Среднее аспектное отношение нанообъектов
Углеродные нанотрубки	Атомно-силовая микроскопия	NTEGRA Prima	2,2±0,1	5,3±0,4	470±40
Гидроксид лантана	Просвечивающая электронная микроскопия	JEOL JEM-2100	0,38±0,02	13±0,4	29,5±1,7
Углеродные волокна	Просвечивающая электронная микроскопия	JEOL JEM-2100	0,46±0,03	13±0,5	34,9±2

Литература

- 1 Silvia Giordani, Shane D. Bergin, Valeria Nicolosi, Sergei Lebedkin, Manfred M. Kappes, Werner J. Blau, Jonathan N. Coleman, Debundling of Single-Walled Nanotubes by Dilution: Observation of Large Populations of Individual Nanotubes in Amide Solvent Dispersions // *Nanomaterials* 2015, 5(2), 778-791.
- 2 Kun Yang, ZiLi Yi, QingFeng Jing, RenLiang Yue, Wei Jiang, DaoHui Lin, Sonication-assisted dispersion of carbon nanotubes in aqueous solutions of the anionic surfactant SDBS: The role of sonication energy Chinese // *Science Bulletin* June 2013, Volume 58, Issue 17, pp 2082–2090.