

структуре нанотрубок с 12% при 1.25 В до 46% при 2.0 В, что свидетельствует о преобладании потенциала восстановления селена над потенциалом восстановления железа в процессе синтеза. Увеличение концентрации селена приводит к незначительному изменению степени кристалличности, что обусловлено процессами замещения ионов железа ионами селена в узлах кристаллической решетки в процессе синтеза.

Полученные наноструктуры обладают большим потенциалом применения их в качестве анодных материалов литий-ионных батарей благодаря высокой степени кристалличности и трубчатой формы, обладающей развитой поверхностью для литирования.

1. Wulfhekel W. et al., Physical Review B. 68, 144416, (2003).
2. Osterloh F. E., Chemical Society Reviews. 42, 2294-2320 (2013).

ХАРАКТЕРНЫЕ ВРЕМЕНА РЕЛАКСАЦИИ КЛАСТЕРА ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ МАГНИТНЫХ АНИЗОТРОПНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Зверев В.С.^{1*}, Амбаров А.В.¹, Камалтдинов В.Р.¹

¹) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: vladimir.zverev@urfu.ru

CHARACTERISTIC RELAXATION TIMES FOR THE MULTICORE MAGNETIC ANISOTROPIC NANOPARTICLES

Zverev V.S.^{1*}, Ambarov A.V.¹, Kamaltdinov V.R.¹

¹) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In the present work the characteristic relaxation times of the individual cluster from the ensemble of ferro-particles are investigated theoretically. The dipole-dipole interaction is taken into account using the modified mean field theory. It is assumed that the magnetic moment of the ferroparticles is described by the Neel mechanism. Two cases of the mutual orientation of the external magnetic field and the easy magnetization axis are considered and analytical dependences are obtained.

Изучение характеристик суспензий, состоящих из магнитных частиц, которые в свою очередь обладают необычными свойствами - одно из направлений исследований магнитомягких материалов, в том числе магнито-реологических жидкостей. Доклад посвящен особому типу частиц, применяемых при синтезе современных феррожидкостей. Этот тип частиц может быть определен как частицы, содержащие в себе ансамбль нанокристаллов с различной степенью плотности упаковки, а пространственная структура этого ансамбля зафиксирована

полимерной оболочкой. В англоязычной литературе для рассматриваемых частиц устоялся термин «multicore particles» [1], а в данной работе будем называть их магнитными капсулами.

В основе многих экспериментальных методик (спектрометрия, магниторелаксометрия) изучения магнитных материалов лежат те или иные свойства времени релаксации намагниченности системы [2]. В работе теоретически исследуются характерные времена релаксации отдельного кластера из ансамбля феррочастиц при учете диполь-дипольного взаимодействия. Предполагается, что магнитный момент феррочастиц меняется по неелевскому механизму, при котором происходит преодоление энергетического барьера, вызванного кристаллографической анизотропией. В теоретическом плане без учета размагничивающих полей, магнитные капсулы схожи с магнитными частицами, внедренными в твердую матрицу. Это позволяет описать вращательное движение магнитного момента случайной феррочастицы с помощью определения свойств решения стохастического уравнения Ландау-Лившица, в которое вводится дополнительное слагаемое, позволяющее учесть межчастичные диполь-дипольные взаимодействия на уровне модифицированной теории среднего поля первого порядка [3]. Рассмотрены случаи взаимной ориентации внешнего магнитного поля и оси легкого намагничивания. Теоретически рассчитана временная зависимость намагниченности кластера из однодоменных частиц, находящегося в переменном внешнем поле, а также реакция магнитной капсулы на выключение внешнего постоянного магнитного поля.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 18-72-00109.

1. Tombácz E., Turcu R. et al., Biochemical and Biophysical Research Communications, 468, 3 (2015)
2. Bogren S. et al, International Journal of Molecular Sciences, 16, 9 (2015)
3. Ivanov A.O., Zverev V.S., Kantorovich S.S., Soft Matter, 12,15 (2016)