**Особенности перемагничивания наночастиц ядро-оболочка на основе MnFe3O4**

**Ващенкова А.Р. 1, Комлев А.С.2**

1*студент,* 2*аспирант*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,физический факультет, Москва, РоссияE–mail: *vashchenkova.ar21@physics.msu.ru*

Наноматериалы постоянно привлекают внимание и интерес ученых из различных областей. Одним из интересных объектов этого типа являются наночастицы из магнитнотвердой и магнитномягкой фазы, имеющие структуру ядро-оболочка (core@shell). Core@shell наночастицы в обсуждаемом случае представляют собой структуру, в которой магнитномягкая фаза (shell) окружает магнитнотвердую фазу (core), образуя ядро и оболочку. Наличие обменно-связанных магнитнотвердой и магнитномягкой фаз в частице позволяет существенным образом изменить процесс перемагничивания такой системы. К ряду важных параметров, определяющих свойства магнитных наночастиц, можно отнести магнитную восприимчивость, коэрцитивную силу, намагниченность насыщения, остаточную намагниченность, магнитную анизотропию [1]. Стоит отметить, что магнитные наночастицы перспективны для использования в качестве элементов каталитических устройств, материалов постоянных магнитов, компонент лекарственных препаратов [2, 3].

В представляемой работе мы исследовали магнитные свойства core@shell наночастиц с ядром из магнитномягкого соединения на основе MnFe2O4 и оболочкой из магнитнотвердой фазы на основе CoFe2O4. Использование выбранных соединений позволяет в значительной степени изменять коэрцитивную силу ядра и оболочки частиц, а создание core@shell структуры стало возможно за счет близости их кристаллических структур. Изучаемые наночастицы внутри одной серии отличаются друг от друга толщинами оболочки и небольшой вариацией элементного состава материала ядра и оболочки. Для изучения процессов перемагничивания образов с целью определения характерных полей взаимодействия внутри системы использовался метод вибрационной магнитометрии (LakeShore S7407). Рентгеноструктурные измерения были выполнены с целью получения дополнительной информации о структуре и свойствах наночастиц. Результаты исследований показали, что максимальное значение полей взаимодействия (имеются ввиду обменное и диполь-дипольное взаимодействия) между ядром и оболочкой достигается при равных соотношениях объемов ядра и оболочки в частице.

Данное исследование представляет интерес не только с точки зрения прикладных исследований, но и позволяет определить особенности перемагничивания core@shell частиц, в которых ядро и оболочка имеют разную коэрцитивную силу, что вызывает особый интерес для дальнейших синхротронных исследований.

*Комлев А.С. благодарит фонд БАЗИС за стипендиальную поддержку. Авторы выражают благодарность за поддержку гранта Минобрнауки России № 075-15-2021-1353. Работа выполнена при частичной поддержке Программы развития МГУ имени М.В. Ломоносова.*

**Литература**

1. Ferreira M. C. [и др.]. Understanding the Dependence of Nanoparticles Magnetothermal Properties on Their Size for Hyperthermia Applications: A Case Study for La-Sr Manganites // Nanomaterials. 2021. № 7 (11). C. 1826.

2. Govan J., Gun’ko Y. K. Recent Advances in the Application of Magnetic Nanoparticles as a Support for Homogeneous Catalysts // Nanomaterials. 2014. № 2 (4). C. 222–241.

3. Yang Y. [и др.]. REE Recovery from End-of-Life NdFeB Permanent Magnet Scrap: A Critical Review // Journal of Sustainable Metallurgy. 2017. № 1 (3). C. 122–149.