

**Шуринова Е.В., Ольховик Л.П.**

## **МАГНИТНОЕ СОСТОЯНИЕ В СИСТЕМЕ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ЧАСТИЦ БАРИЕВОГО ФЕРРИТА**

Было проведено экспериментальное исследование результирующего межчастичного магнитного взаимодействия в системах однодоменных частиц высокоанизотропного феррита бария в интервале температуры 300-700 К и магнитного поля до 20 кЭ.

Исследовались системы нанокристаллов (10-100 нм) и микрочастиц (0,1-1 мкм). Модельность систем, классифицируемых по объему частиц ( $V$ ) в сравнении с критическим суперпарамагнитным объемом ( $V_{SO}$ ) как системы малых ( $V_{SO} < V \leq 1000V_{SO}$ ) и больших ( $V > 1000V_{SO}$ ) стонер-вольфартовских (SW) частиц, подтверждена результатами электронно-микроскопических исследований, микродифракцией, рентгеновским фазовым анализом, а также магнитостатическими методами измерений кривых намагничивания, петель гистерезиса и температуры Кюри.

Параметры результирующего взаимодействия – среднее поле взаимодействия ( $H_{int}$ ) и мера взаимодействия ( $\Delta m$ ) определяли путем исследования уплотненных порошковых образцов с использованием соотношения Вольфарта, устанавливающего связь между остаточными намагниченностями  $m_r(H)$  и  $m_d(H)$ , и последующим построением графиков Хенкеля  $m_d = f(m_r)$  и Келли  $\Delta m(H) = m_d(H) - [1 - 2m_r(H)]$ .

Результаты исследований, проведенных на системе нанокристаллов  $BaFe_{12}O_{19}$ , с объемами близкими к критическому, и с большим долевым вкладом структурно-дефектной приповерхностной области, позволили не только выявить динамику изменения с ростом температуры и магнитного поля параметров межчастичного взаимодействия, но и проанализировать их в контексте размерного и поверхностного эффектов. Это дало возможность выявить степень влияния на формирование коллективных эффектов изменения с температурой и полем магнитного состояния отдельно взятой частицы и системы в целом.

Размерный эффект проявился при  $T = 420K$  в виде четко выраженного минимума на температурной зависимости поля взаимодействия как результат перехода  $\sim 10\%$  частиц из магнитостабильного в

суперпарамагнитное состояние.

Подтверждена весомая роль в формировании коллективных эффектов магнитных моментов, локализованных на открытой поверхности частиц и в прилежащих к ней слоях. В частности, для системы нанокристаллов обнаружен отклик параметра  $\Delta m$  на изменение вида «поверхностной» анизотропии от плоскостной к осевой ( $T=650\text{K}$ ). При подходе к температуре Кюри открытой поверхности кристалла ( $T_{CS}^O=680\text{K}$ ), которая на 30 K ниже температуры Кюри нанокристаллического порошкового образца, наблюдается уменьшение до нуля интервала полей  $\Delta H$  значимого по величине параметра  $\Delta m$ . Следствием целенаправленного изменения физико-химического состояния поверхности магнитоустойчивых микрокристаллов явилось изменение не только величины, но и знака параметра  $\Delta m$ .

В результате была получена обобщенная ( $\Delta m - H - T$ ) диаграмма магнитного состояния отражающая установленные корреляционные связи между размерным, поверхностным и коллективным эффектами малых частиц.

