

Суперпарамагнитное состояние в системе нанокристаллов гексаферрита: условия его проявления и блокировки

А.Ю. Божко

Научные руководители: проф. Л. П. Ольховик, асп. К. А. Мозуль
Кафедра общей физики

К наиболее характерным и впечатляющим свойствам ферромагнитных частиц следует отнести, прежде всего, суперпарамагнетизм (СПМ), который проявляется при достижении частицами критического объема V_s . Данный параметр, кроме зависимости от температуры и константы эффективной магнитной анизотропии ($V_{so}=25\text{кТ/КВ}$) [1], связан с величиной

$$V_{SH} = V_{so} \left(1 - \frac{H}{H_a^{ef}} \right) \quad [1].$$

внешнего магнитного поля следующим соотношением:

В данной работе предполагалось исследовать роль внешнего магнитного поля в формировании СПМ состояния в системе наночастиц ($d \leq 100$ нм) высокоанизотропного гексаферрита $\text{BaCo}_{0,8}\text{Ti}_{0,8}\text{Fe}_{10,4}\text{O}_{19}$. Данный состав - один из аналогов высокоплотной магнитной записи среди оксидных магнитов [2]. Для диагностики магнитного состояния использовался метод, предложенный в работе [3]. В связи с этим были получены температурные зависимости намагниченности $\sigma(T)$ при фиксированных значениях внешнего магнитного поля. Температурно-полевым интервал охватывал $T=(300-T_c)\text{К}$, $H=(1-5,5)\text{кЭ}$.

На экспериментальных кривых $\sigma(T)$ отчетливо проявляется главный признак постепенного изменения состояния системы частиц от магнитоустойчивого (МУ) до суперпарамагнитного (СПМ) – аномалия в виде размытого по температуре максимума (из-за распределения частиц по размерам, соответственно, H_a по V_{SH}). С ростом $H_{вн}$ максимум смещается в сторону более низких температур; амплитуда его постепенно снижается и для случая $H=4\text{кЭ}$ наблюдается только слабо выражается аномалия в виде изгиба на кривой $\sigma(T)$. Она проявляется при $T=285^\circ\text{С}$ только на кривой $d\sigma/dT=f(T)$. Определение критических температур блокировки $T_{BH}^{(1)}$ (начало СПМ перехода частиц системы) и $T_{BH}^{(2)}$ (завершение данного процесса) позволило построить в $(H-T)$ формате диаграмму магнитного состояния, а также выяснить неоднозначную роль внешнего магнитного поля: при $H_{вн} < H_a^{ef}$ поле активизирует термический СПМ переход, при $H > H_a^{min}$ поле постепенно блокирует магнитные моменты всех частиц системы как магнитоустойчивых, так и суперпарамагнитных.

[1] Pfeiffer H. Relaxation behavior of magnetic particle assemblies due to thermal fluctuations// *Phys. Stat. Sol.(a)*.- 1990.- V.120.- P.233-245.

[2] Toshiaki M. Progress of magnetic recording media// *The BKSTS Journal*.- 1985.- V.67, №9.- P.526-529.

[3] Pfeiffer H., Schüppel W. Temperature dependence of the magnetization in fine particle systems and the Hopkinson effect. Application to barium ferrite powders // *J. Magn. Mater.* – 1994. – Vol. 30. – p. 92 – 98.